

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft =  
Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della  
Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 90 (1907)

**Rubrik:** Conférences faites aux assemblées générales

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



**CONFÉRENCES**

**FAITES**

**AUX ASSEMBLÉES GÉNÉRALES**

---

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

# Der mutmassliche Zustand der Schweiz und ihrer Umgebung während der Eiszeit

von

Prof. Dr. F. MÜHLBERG, Aarau.

---

## *Hochgeehrte Versammlung!*

Im grossartigen Schauspiel des Weltentheaters sind die Eiszeit und die sich daran schliessende Gegenwart nur die letzten Szenen des vorläufig letzten Aktes, der mit der Entwicklung des Festlandes in Zentraleuropa begonnen hat. Die vorher während langer Epochen im Meere abgelagerten und verfestigten Sedimentgesteine traten zuerst am Ende der Jura-Periode im Norden der Schweiz bis in den nördlichen Aargau und bis zum Nordrand des Aarmassivs über den Wasserspiegel. Gegen das Ende der Kreideperiode war bereits das ganze Juragebiet Festland, am Ende der Eocaenperiode das ganze Alpengebiet. Hier wurde sodann ein förmliches Bergland dadurch erzeugt, daß nach und nach weit von Süden her mehrere Überfaltungsdecken in einer Gesamtmächtigkeit von über tausend Meter, einer Länge von mehreren hundert Kilometer und einer Breite von 50 und mehr Kilometer über das noch tief liegende Gebiet der alpinen Zentralmassive mehr oder weniger wagrecht allmählich bis an den jetzigen Nordrand der Alpen geschoben wurden.

Von älteren feinen Festländern her wurde dieses neue Festland durch eine Flora und Fauna besiedelt, die

sich bereits so hoch entwickelt hatten, daß alle Repräsentanten derselben mit den heute noch lebenden bereits im Klassen- und Ordnungs-Charakter, viele sogar im Familien- und Gattungs-Charakter übereinstimmten. Ja, wenigstens eine Pflanzenart, *Wellingtonia gigantea*, die kalifornische Riesentanne, hat sich aus jener Zeit bis heute erhalten.

Mit dem ersten Auftauchen über das Meeresniveau begann naturgemäß die Erosion des entstandenen und sich weiter erhebenden Festlandes.

Zwischen diesem neuen Bergland im Süden und dem Gebiet der heutigen Vogesen und des Schwarzwaldes im Norden und über einen großen Teil des heutigen Juragebietes hinweg erstreckte sich damals eine flache Mulde, die da und dort während eines Teiles der Eocaenzeit und des Anfanges der Oligocaenzeit mit seichten Seen erfüllt war. Auch in der späteren Oligocaenzeit war diese Mulde noch durch eine Niederung im Gebiet des mittleren Jura (zwischen den Linien Biel-Pruntrut im Westen und Olten-Basel im Osten) mit dem Gebiet der heutigen ober-rheinischen Tiefebene in Verbindung. Längs des südlichen Teiles dieser Mulde vom Ostende des heutigen Bodan und weiterher bis zum Ostende des jetzigen Lemman floß ein großer Strom, der die aus dem östlichen und südlichen Bergland erodierten Materialien als mächtige Kieffschichten ablagerte, die später zu Nagelfluh verkittet wurden. In der Folge ist diese Nagelfluh teils durch die weiter nordwärts vorgeschobenen Ueberfaltungsdecken zwischen dem heutigen Genfer- und Thunersee überdeckt, teils durch Erosion zu einzelnen Bergen wie Rigi, Roßberg, Speer etc. zerstückelt worden. Der feinere Sand und Schlamm wurde seitwärts in der übrigen Mulde angeschwemmt und nachträglich zu den Sandsteinen und Mergeln der Molasse verfestigt. —

Aus der großen Mächtigkeit dieser Ablagerungen folgt, daß während derselben die Molassemulde stetig im Betrage der Aufschüttung unter das Niveau der diese Materialien herbeischwemmenden Zuflüsse gesunken ist.

Die Zwischenlagerung von Meeresmolasse beweist, daß die Senkungen während derselben rascher stattgefunden haben als die Aufschüttung, so daß ein seichtes Meer den Talboden vorübergehend überfluten konnte. Indem die Flüsse ihr Einzugsgebiet unausgesetzt erodierten, wurde das Meeresbecken allmählig ausgefüllt; die hineingeschwemmten Materialien sind seither zu dem als Baustein hochgeschätzten Muschelsandstein und den sonstigen Gesteinen der helvetischen Meeresmolasse verkittet worden.

Während der Meeresüberflutung fand die Tiefland- und Ufer-Flora und Fauna der älteren Molassezeit Zuflucht in den nördlichen und südlichen Erosionsgebieten und konnte später von hier aus während der Ablagerung der oberen Süßwassermolasse die früheren Gebiete wieder besiedeln, freilich in einem etwas abweichenden, den seither veränderten Verhältnissen angepassten Formenbestand.

Am Ende der Ablagerung der Meeresmolasse konnten Gerölle von Buntsandstein aus den Vogesen oder dem Schwarzwald noch bis in das aargauische Molasseland verschwemmt werden. Zur Zeit der Ablagerung der Oberen Süßwassermolasse trennte bereits eine Wasserscheide, die sich in der Richtung der Vellerat-Kette südlich des heutigen Beckens von Delsberg, von da südlich des Matzendorfer Stierenberges über den Hauenstein und Brugg und über den Randen nach Schwaben hinzog, ein Gebiet mit aus dem Schwarzwald und den Vogesen stammenden Flußgeröllen vom südlichen Molasseland mit Geröllen und Sanden alpiner Herkunft.

In der Folge erreichte die Molasseablagerung wenigstens im südlichen Teil der Mulde eine Mächtigkeit von über 1000 Meter. Ebenso beträchtlich, oder weil die ins ferne Meer verschwemmten feineren Schlammteile und gelösten Stoffe dazu gechnet werden müssen, noch viel grösser, muss die gleichzeitige Abtragung der Vorläufer der Alpen gewesen sein.

Aus der Pliocaenzeit fehlt jede Spur von Ablage-

rungen auf der Nordseite der Alpen. Während dieser Zeit hat offenbar die Hauptaufstauung und Faltung des Jura und der Alpen und die Hebung der Zentralmassive samt ihren Überfaltungsdecken stattgefunden. Zugleich wurde der mittelschweizerische Talboden zu einem Hochland emporgehoben und dessen Südrand zu langen Antiklinalen aufgerichtet. Dadurch wurde das Gefälle der Gewässer verstärkt, so daß zugleich neuerdings eine beträchtliche Abtragung der Alpen, des Jura und des Molasselandes eintrat.

Diese kräftige Erosion hat seither durch die ganze Quartärperiode bis in deren letzte Episode, die Gegenwart, fortgedauert, jedoch mit der Modifikation, daß sich daran nicht nur Regen, Quellen und Flüsse, sondern mehrmals aus den Alpen weit auf und über das Molasseland vordringende Eismassen beteiligt haben. Die anderwärts in den Pliocaenschichten erhaltenen Pflanzenreste beweisen nämlich, dass das Klima der Schweiz inzwischen kühler geworden war. Jetzt konnten sich auf den Hochgebirgen Gletscher bilden. Damit begann die Eiszeit.

---

Wenn es in der Gegenwart keine Gletscher gäbe, an denen man die Gesetze ihrer Entstehung und Wirkung erfahrungsgemäß ermitteln kann, würden wahrscheinlich die erratischen Blöcke, die Moränen, die Gletscherschliffe und Rundhöckerformen der Alpen und ihres Vorlandes ein unlösbares Rätsel geblieben sein; denn keine menschliche Phantasie hätte zur theoretischen Rekonstruktion grosser Vergletscherungen ausgereicht. In der Tat hat zuerst ein Gensjäger im Bagnetal namens Perraudin<sup>1)</sup> aus seinen

---

<sup>1)</sup> Nachträglich macht mich Herr Dr. Schumacher, Landesgeologe in Straßburg, auf eine Angabe, die ich hier bestens verdanke, aufmerksam, derzufolge schon in der Mitte des 18. Jahrhunderts Wallmorainen der Niederterrassen-Periode bei Wesserling im Elsaß als solche d. h. als Ablagerungen früherer dortiger Gletscher erkannt

Beobachtungen an den heutigen Gletschern und dem Vorkommen erratischer Blöcke und Moränen und Gletscherschliffen weit über und ausserhalb derselben bis Martigny die Vermutung geäußert, die Gletscher müssen früher viel mächtiger und ausgedehnter gewesen sein, ja sich über Martigny hinaus erstreckt haben. Indem der wallisische Ingenieur Venetz diese Auffassung weiter verfolgte, kam er dazu, die Lehre einer früheren Eiszeit zum erstenmal im Jahre 1821 an der Jahresversammlung der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Bern zu verkünden. Seither blieben die Gletscher und die Eiszeit ein ständiges Traktandum der Naturforscher, unter denen Agassiz und Charpentier weit hervorrangen.

Im Jahre 1852 veröffentlichte Alfred Escher von der Linth die erste Übersichtskarte der schweizerischen Moränen und alten Gletschergebiete. Alphons Favre unternahm vom Jahre 1867 an mit zahlreichen Mitarbeitern in allen Kantonen eine genauere Feststellung der glacialen Ablagerungen. Im Kanton Freiburg bemühte sich um die Untersuchung der Moränen und erratischen Blöcke Professor Auguste Pahud; in seinem Eifer für die Sache, drohende Gefahr nicht achtend, hat er inmitten seiner Arbeit in der Sarine seinen vorzeitigen Tod gefunden. Ehre seinem Andenken!

Gegenüber den vielen Bekämpfern der neuen

---

worden sind. Ueber die Verhandlungen der außerordentlichen Versammlung der französischen geologischen Gesellschaft zu Porrentruy, 5. bis 12. September 1838, an der Agassiz seine Ansicht von der vollständigen Vergletscherung Europas vorgetragen hat, berichtet nämlich das Bulletin de la Société géologique de France, I. série, t. IX, 1837–1838, Paris 1838, p. 410: « Monsieur Leblanc confirme les résultats présentés par M. Agassiz » .... « et il ajoute, que la ressemblance de ces amas à des moraines est assez frappante pour que les propriétaires de Wesserling, Suisses d'origine, aient donné ce nom il y a quatrevingt ans à celui qu'on trouve à l'est de leur établissement ».

Lehre, unter denen namentlich Leopold von Buch anlässlich der von ihm oft besuchten Jahres-Versammlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft sich hervorgetan hat, war es schon ein Triumph der wissenschaftlichen Forschung, daß diese Lehre einer Vergletscherung des rings um die Alpen gelegenen Gebietes sowie der analogen Gebirge Europas und anderer Erdteile bald allgemeine Anerkennung gefunden hat.

Anfänglich war man zufrieden damit, von *einer* einheitlichen Eiszeit zu sprechen und schloß aus der Lagerung der Moränen und erratischen Blöcke auf den höchsten und tiefsten Formen des heutigen Landschaftsreliefs, die jetzigen Berge und Täler seien bereits vor dem Vordringen der Gletscher aus dem ursprünglichen Molasse-Hochland durch Erosion modelliert worden. Aber schon Guyot und Ramsay äußerten die Ansicht, die Gletscher seien nach einem Rückzug neuerdings vorgedrungen. Im Jahre 1869 vertrat ich die Annahme zweier Vergletscherungen, einerseits wegen der Überlagerung älteren Glacial-Schotter durch jüngere Moränen, anderseits wegen des vorgerückten Verwitterungszustandes der äußeren Moränen (der dépôts éparpillés Guyots) und später auch wegen der Zwischenlagerung erratischer Blöcke zwischen einem tieferen, verwitterten, älteren und einem höheren frischen jüngeren glacialen Schotter.

Allein diese Annahme zweier Vergletscherungen fand anfänglich den Beifall der damaligen ersten Autoritäten auf diesem Gebiete nicht. Sie wurde jedoch in der Folge dadurch überholt, daß Penk und Brückner im Vorland der Ostalpen drei verschiedene fluvioglaciale Schotter, jeden mit besonderer Verwitterungsschicht übereinander, als je in interglacialen Perioden verwitterte Bödeli dreier verschiedener Vergletscherungen unterscheiden konnten.

Die diesen östlichen, übereinanderliegenden Schottern entsprechenden Schotter der Schweiz hatten sich bisher der richtigen Deutung entzogen. Da sie hier nicht aufein-



ander, sondern auf verschieden hohen Erosionsflächen älterer Formationen zwischeneinander — die älteren Schotter auf höherem, die jüngeren auf tieferem Niveau — liegen, glaubte ich, sie als Ablagerungen der Schmelzwasser der beim Zurückweichen der größten Gletscher zuerst eisfrei werdenden Rücken der Berge betrachten zu müssen. Indem Du Pasquier sie mit den östlichen Schottern zu parallelisieren suchte, kam er zu der Annahme, daß auch in der Schweiz vor der größten Vergletscherung und vor der Erosion der Täler des Molasselandes und der Alpen ältere Vergletscherungen und deren Dauer entsprechende Schotterablagerungen (in den eisfreien Zwischenzeiten Erosionen des Molasselandes) stattgefunden haben. Daher unterschied man von nun an das Alter dieser Schotter nach ihrer Höhenlage und bezeichnete sie demgemäß als Deckenschotter, Hochterrasse und Niederterrasse.

Gutzwiller erkannte dann, daß im Rheintale bei Basel und von dort aufwärts ein höherer älterer und ein tiefer jüngerer Deckenschotter zu unterscheiden seien, daß also nicht nur eine dreimalige, sondern eine viermalige Vergletscherung der Schweiz angenommen werden müsse.

Ich konnte die Unterscheidung zweier Deckenschotter im Jahre 1896 an den bezüglichen Verhältnissen im Aargau, dem Gebiete der mannigfaltigsten und größten Entwicklung der eiszeitlichen Ablagerungen, bestätigen. In konsequenter Anwendung der herrschenden Lehrmeinung, wonach jedem Schotter von bestimmter Höhenlage eine besondere Vergletscherung entsprechen soll, mußte ich die Hypothese einer fünffachen Vergletscherung der Schweiz aussprechen. Damit ist gesagt, daß die Entstehung des Hochterrassenschotters im strengen Sinne des Wortes (d. h. der Schotter, die in der Regel nur bis 70 m, ausnahmsweise 120-140 Meter über dem Niveau der benachbarten Flüsse aufgeschüttet wird) einer anderen, älteren Periode mit anderen Umständen zugeschrieben werden muß als die Ablagerung der Moränen und erratischen Blöcke der

größten Vergletscherung auf den Erosionsflächen aller älteren Formationen und Schotter, die wir im Aargau sowohl bis zur Höhe von 350—450 Meter über der Talsole und auf dieser selbst finden.

Seither ist nicht nur das Studium der glacialen Bildungen bedeutend gefördert worden, sondern man hat auch versucht, die erodierende Wirkung der Gletscher auf ihre Unterlage in dem von ihnen bedeckten Gebiet, überhaupt alle, besonders auch die klimatischen Verhältnisse und den Bestand der Flora und Fauna in den Zeiten während und zwischen den Vergletscherungen festzustellen. Dabei wird es besonders nötig sein, die älteren Angaben über organische Reste in eiszeitlichen Ablagerungen, die noch nicht auseinander gehalten worden waren, zu überprüfen und überhaupt alle Ablagerungen aller Gletschergebiete, soweit sie unterschieden werden können, genauer als bisher auseinander zu halten und zu kartieren.

---

Setzen wir voraus, seit der Aufstauung der Alpen und des Jura in der Pliocaenzeit habe keine erheblich höhere Aufstauung mehr stattgefunden, so beweist das Fehlen oder doch die Seltenheit von Gesteinen der tiefer gelegenen Formationen der Alpen im älteren Deckenschotter, daß die Alpen beim Beginn der Eiszeit bedeutend weniger erodiert also höher gewesen sein müssen als heute. Zum gleichen Schluß führt die Betrachtung, daß alle alpinen Materialien der Moränen und Schotter, die heute in den Vorlanden der Alpen ausgebreitet und die noch größere Masse des feinen Schlammes und der gelösten Stoffe, die durch die Flüsse der Eiszeit ins Meer getragen worden sind, an ihre frühere Lagerstätte in den Alpen zurückversetzt, diese wesentlich erhöhen würden. Auch der Bau selbst der höchsten Gipfel der Alpen, der Jungfrau, des Matterhorns und des Montblanc beweist, daß sie und ihre Umgebung weit und breit früher viel, sagen wir 1000 und mehr Meter höher gewesen sind als heute.

Die Täler der Alpen und des Molasselandes bestanden also vor der ersten Vergletscherung und vor der Bildung des Deckenschotter noch nicht, resp. sie waren nicht so tief wie heute. Die Auflagerungsfläche des älteren Deckenschotter bezeichnet das Niveau der tiefsten Stellen der damaligen mittelschweizerischen Hochebene. Von da aus müssen wir die Talsole der damaligen Flüsse mit entsprechendem Gefälle alpenaufwärts verlängert denken.

Wenn also die Sole des älteren Deckenschotter auf dem Siggisberg unterhalb Baden 570 m, auf dem Heitersberg oberhalb Baden 610 m, und auf dem Uetliberg 800 m über Meer, also 240 resp. 450 m über der heutigen Talsole liegt, hat während der ersten Vergletscherung an Stelle des Zürichersees noch ein Hochplateau von der Höhe des Albiskammes bestanden und muß die Sole des Linttales in den Alpen mindestens 600 m höher gelegen haben als heute. Schon damals wie später war die Gegend der heutigen Mündung der Aare in den Rhein und von da abwärts das tiefste Gebiet der Nordschweiz dem sowohl die Gletscher als die Flüsse zuströmten. Im Osten ragten die Lägern, im Westen die höheren Gipfel des Jura darüber empor.

Der Uetliberg ist die von den Alpen entfernteste Stelle der Schweiz, wo Moräne mit älterem Deckenschotter wechsellagert. Außerdem beweisen gekritzte Gerölle, die mein Freund Ausfeld sel. zuerst im Deckenschotter auf den „Hohen Felsen“ bei Kulm gefunden hat, die Nähe der damaligen Gletscher. Also haben sich die Gletscher zu jener Zeit etwa bis zum Uetliberg und bis zu den Höhen bei Kulm erstreckt, während sie sich bei der letzten Vergletscherung im Limmattal 15 km weiter und 430 m tiefer bis Killwangen, und im Winental 3 km weniger weit, und 200 m tiefer, bloß bis Zezwil ausgedehnt haben.

Der ältere Deckenschotter hat bei Baden eine Mächtigkeit von 50 m., das mag einer mittleren Abtragung der Alpen in mehr als doppeltem Betrage entsprechen.

Die Sole des in der zweiten Eiszeit aufgeschütteten zweiten, jüngeren, tieferen Deckenschotter liegt am Bruggerberg 440 m, im Teufelskeller bei Baden 490 m über Meer, also ca. 120—130 m unter der Sole des älteren Deckenschotter, aber immer noch 100—130 m über der jetzigen Talsole. Daraus folgt, daß in der Zeit zwischen der Ablagerung der beiden Deckenschotter an den betreffenden Stellen und in mehr als  $\frac{9}{10}$  des alpinen Vorlandes nicht nur der ältere Deckenschotter wieder abgetragen, sondern auch die Oberfläche des darunter liegenden Molasselandes durch Erosion um 120—130 m vertieft worden ist; also ist das Vorland im Ganzen um 170 bis 180 m abgetragen worden. Diese beträchtliche Abtragung war nur möglich, wenn zu dieser Zeit die Verwitterungsprodukte der Alpen, die Trümmerhalden und Bergsturmassen nicht innert kurzer Frist durch Gletscher ins Mittelland verfrachtet werden konnten, mit anderen Worten, wenn damals die Gletscher sich ganz ins Innere der Alpen zurückgezogen hatten, oder ganz verschwunden waren, also während einer Interglacialzeit.

Die Ablagerung des jüngeren Deckenschotter wird als die Folge eines neuen Vorstoßes der Gletscher betrachtet, als ein Schotter, der außerhalb und unterhalb des Gletscherrandes durch dessen Schmelzwasser verfrachtet worden ist. Seine Mächtigkeit beträgt am Bruggerberg ca. 70 m. Da aus damaliger Zeit in der Schweiz keine Moränen bekannt sind, die auf die unmittelbare Gegenwart des Gletschers hinweisen würden, kann über die Ausdehnung dieses Gletschers nur gesagt werden, daß sie innerhalb des heutigen Vorkommens des jüngeren Deckenschotter geblieben und geringer gewesen ist, als die der ersten Vergletscherung. Die Alpen sind zugleich um den Betrag der von den Gletschern weggeführten Verwitterungsprodukte erniedrigt worden.

Nachher müssen sich die Gletscher neuerdings in die Alpen zurückgezogen haben oder ganz verschwunden

sein. Denn es folgte eine neue lange Periode der Erosion, während der nicht nur der weitaus größte Teil des jüngeren Deckenschotter wieder ausgewachsen, sondern auch die Unterlage der älteren verfestigten Gesteinsmassen im Aargau bis auf, vielleicht sogar unter das Niveau der heutigen Talsole, also um 100—130 m vertieft wurde. Die gesamte Vertiefung von der Oberkante des jüngeren Deckenschotter an abwärts beträgt also in der Gegend von Brugg 170—210 Meter. In entsprechendem Betrage wird auch das gesamte Alpengebiet und der Jura neuerdings erodiert worden sein.

Auf die neue Denudationsfläche wurde während einer späteren Periode, resp. während der dritten Vergletscherung der Hochterrassenschotter in der Umgegend von Brugg in einer Mächtigkeit von 120 bis 140 m abgelagert. Sein Innenrand liegt weit innerhalb der äußeren Wallmoränen der letzten Vergletscherung im Lintgebiet östlich von Wetzikon, im Reußgebiet südlich Bremgarten und Baar, im Aaregebiet östlich Spiez und im Rhonegebiet nach Dr. B. Aeberhardt weit südlich von Freiburg. Er bezeichnet das Maximum der möglichen Ausdehnung des dritten oder Hochterrassengletschers. Da der Hochterrasse des Rhonegletschergebietes im Kanton Aargau, Solothurn, Bern und Freiburg wallisische Gerölle gänzlich fehlen, dürfte man die betreffenden Schotter mit Dr. Aeberhardt wohl eher als bloß fluviale Bildung, denn (der gewöhnlichen Auffassung gemäß) als fluvioglaciale Ablagerung der größten Vergletscherung ansehen.

Wahrscheinlich gehören die verkitteten Schotter der Baarburg, des Lorzetobels, der Sihlschlucht und des Altschloß bei Wädenswil dieser Stufe an.

Aus der Überlagerung erodierter verkitteter und zum Teil verwitterter Hochterrasse durch erratische Blöcke und Moränen im aufschlußreichen Aargau folgt, daß wir die dritte Vergletscherung von einer späteren, vierten unterscheiden müssen, in der die Gletscher der Nordschweiz

nicht nur die ganze mittelschweizerische Hochfläche überdeckt und deren Täler ganz ausgefüllt haben, sondern über den westlichen Jura bis in die Nähe von Besançon und über den nördlichen Jura bis über Basel hinaus vorge drungen sind. Hier mögen sie sich mit den Gletschern der Vogesen und des Schwarzwaldes vereinigt haben. Im Osten erstreckten sie sich bis nördlich von München und in die Nähe von Graz. Gleichzeitig drang aus dem Norden eine zusammenhängende Eisdecke bis über Rotterdam, Erfurt und Krakau, blieb aber durch eine ca. 300 Kilometer breite eisfreie Zone vom alpinen Gletschergebiet getrennt.

Der Rhonegletscher wurde damals am südwestlichen Jura hoch aufgestaut und sandte einen Teil seiner Masse bis über Lyon, während der grössere Teil das ganze Gebiet zwischen dem Jura und dem Napf und den nördlich des Kettenjura gelegenen Tafeljura bis ca. 5 Km. westlich der Mündung der Aare in den Rhein überdeckte und hier mit dem Reuß-, Linth- und Rheingletscher zusammenstieß. Denn der Kies auf dem Oedenholz, der keineswegs, wie Brückner glaubt, von höheren Altmoränen, die hier fehlen, abgeschwemmt sein kann, enthält keine wallisischen Gesteine, wohl aber Windgellenporphyr und Sernifite.

Freiburg war damals unter 800 m, Biel 850 m, Olten 500 m, das Rheintal bei Kaiseraugst noch unter 360 m hohen, Luzern und Zug unter 1000 m hohen Eismassen begraben.

Die Schneegrenze lag ca. 1200 m tiefer als heute und es ragten nur die höchsten Kämme des Jura, z. B. der Weißenstein, die Lägern und diejenigen Teile der Alpen als lokale Zufluchtsstätten der Flora aus dem Eise hervor, die durch ihre jetzt noch scharfkantigen Formen zum Unterschied von den mit Gletscherschrammen versehenen Rundhöckerformen der tieferen Gehänge beweisen, daß sie von der abschleifenden Gewalt der Gletscher nicht betroffen worden sind.

Die größte Ausdehnung der Gletscher ist weder im Jura noch nördlich von Basel durch wallförmige Endmoränen, sondern nur durch zerstreute erratische Blöcke und Grundmoränen angedeutet. Das beweist, daß die Gletscher diese Ausdehnung nur relativ kurze Zeit eingenommen haben. Auch im Rückzugsgebiet ist höchstens bei Möhlin die Andeutung eines Moränenwalles erkennbar<sup>1)</sup>. Also muss sich auch der Rückzug der Gletscher ziemlich rasch und gleichmäßig vollzogen haben.

Über den Betrag dieses Rückzuges widersprechen sich die wenigen Befunde und deren Deutungen. In der Höttingerbrekzie, am Südabhang der nördlich Innsbruck gelegenen Berge, hat man z. B. Überreste einer Flora gefunden, deren meiste Arten mit den heute in dieser Gegend lebenden übereinstimmen. Nur zwei: *Buxus sempervirens* und *Rhododendron ponticum* kommen dort nicht mehr vor. Hierauf gestützt und indem man in Abweichung von früheren vielleicht richtigeren Deutungen die Ablagerung der Brekzie der Zeit nach dem Rückzug der großen Gletscher zuschrieb, glaubte man schließen zu müssen, damals habe

---

<sup>1)</sup> Der flache, niedere, vom Nordabhang des Zeiningerberges aus vorspringende Hügel kann nicht, wie es in Peuk und Brückners großem und verdienstvollen Werk « Die Alpen im Eiszeitalter » p. 486 geschieht, als Endmoraine der größten Vergletscherung angesehen werden; er ragt kaum um einen Fünftel der Talweite ins Rheintal vor und läßt nur Grundmorainenmaterial erkennen. In den wenig nördlich dieses Hügels gelegenen bis 10 Meter tiefen Eisenbahneinschnitten kam kein Morainenmaterial zum Vorschein. Kaum 10 km südwestlich davon fand ich am Nordabhang des 656 Meter hohen Schwarzwald nordwestlich Sissach einen erratischen Block des Rhonegebietes ca. 250 Meter höher als der höchste Punkt des Hügels resp. 360 Meter höher als der Rheinspiegel bei Möhlin. Also muß der Gletscher im dortigen Rheintal mindestens noch 360 Meter mächtig gewesen sein. — Die Angabe p. 493 desselben Werkes, eine Rückzugsmoraine ziehe sich westlich der Aare von Mandach nach Schlatt und östlich über das Hochterrassenfeld von Tegerfelden, ist ganz unrichtig. Die von C. Moesch als erratisch bezeichneten Blöcke bei der Mandacher Mühle sind aus der Nähe abgestürzte Blöcke diluvialer Nagelfluh.



in jener Gegend ein erheblich wärmeres Klima selbst als heute geherrscht, die Gletscher seien also noch weiter zurückgewichen als heute. Allein dieser Schluß ist trügerisch. Der Buchsbaum deutet keineswegs auf ein wärmeres Klima, kommt er doch im Buchsgau an den südlichen Gehängen gerade des Teils des Jura am häufigsten vor, wo einzig der Weinbau nicht gedeiht. *Rhododendron ponticum* kann aber gar wohl in ähnlicher Weise an jene vor dem Nordwind geschützte Stelle, die der Mittagssonne und der Föhnstrasse des Brennerpasses gegenüber liegt, gelangt sein, wie verschiedene südliche Pflanzen an die Föhnstraßen im Innern der Schweizeralpen.

Außerdem widersprechen die Schnecken des interglacialen Lösses der Annahme eines warmen Klimas zu jener Zeit. Löss findet sich bei uns nur außerhalb der von den letzten Gletschern bedeckten Gebiete. Er ist also sicher erst in der letzten interglazialen Periode nach der größten, aber vor oder während des Anfanges der letzten Vergletscherung abgesetzt worden.

Gegenüber der Annahme, es sei von den Fluten angeschwemmter Schlamm, hat sich die von mir wegen seines Vorkommens über dem Niveau der möglichen höchsten Überschwemmungsgebiete in Uebereinstimmung mit Richt-hofen von jeher festgehaltene Vermutung bestätigt, er sei die Ablagerung einer aeolischen Deflation von Verwitterungsboden.

Darin hat man 32 Arten Schnecken gefunden; davon sind 14 heute noch in diesen Gegenden häufig, andere dagegen sind selten und lieben höhere kühlere Gegenden, so gerade *Succinea oblonga*, die häufigste Lössschnecke, die jetzt nur bei Petersburg in analoger Häufigkeit verbreitet ist; drei Arten kommen jetzt nur noch in arktischen und alpinen Gebieten vor. Außerdem spricht auch die Flora der interglacialen Schieferkohlen nicht für ein wärmeres Klima als heute. Ferner beweist die Tatsache, daß die sehr weichen, lehmigen Grundmoränen der größten



Gletscher im Reußtal unterhalb Mülligen, im Aaretal bei Beznau, im Rheintal bei Wallbach seither noch nicht erodiert worden sind, gegen eine lange Interglacialzeit. Der größten Vergletscherung mag also die fünfte, letzte, bald gefolgt sein.

Die zum Teil wahre Amphitheater bildenden mächtigen Wallmoränen des Rhonegletschers bei Wangen an der Aare, des Aaregletschers bei Bern, des Reußgletschers bei Wauwil, Staffelbach, Zezwil, Seon, Mellingen, des Lint- und Rheingletschers bei Killwangen, Bülach und Schaffhausen deuten einen langen Stillstand während der größten Ausdehnung der 5ten, jüngsten Vergletscherung an. In allen Rückzugsgebieten derselben lassen sich in ziemlich übereinstimmenden Abständen Moränenwälle erkennen als Zeichen ebenso vieler Stillstände oder auch vorübergehender Vorrückungen der nach und nach auf ihr heutiges Gebiet zurückgehenden Gletscher. So erkennen wir im aargauischen Seetal die aus mehreren Wällen bestehende Endmoräne bei Seon; 4 Kilometer rückwärts den Moränenwall am Nordende des Hallwilersees; noch 12 Kilometer südlicher einen Moränenwall am Nordende des Baldeggersees. Noch südlicher verzeichnet Brückner 5 kleinere Wälle am Ende und im Becken des Vierwaldstättersees, und endlich kommt in allen Tälern im Innern der Alpen je ca. 10—20 km vom Rande der heutigen Gletscher entfernt noch mindestens je ein deutlicher Wall vor; der Lungenstutz im Madaranertal dürfte von diesen Wällen am bekanntesten sein.

Diesen Wällen des Reußgebietes entsprechen im Gebiet des Lintgletschers die Moränen bei Killwangen, Schlieren, Zürich, im oberen Zürichsee zwischen Rapperswil und Hurden und im Sernftal bei Steinibach. — Aus der verwischten Form der zweitäußersten Wälle, z. B. am Nordende des Hallwilersees und aus der Überlagerung des Innenrandes der Niederterrasse, d. h. der durch die Schmelzwasser der letzten Vergletscherung in den Erosionsrinnen der Hochterrasse und der älteren Formationen bis 35 m

über den Spiegel der heutigen Flüsse abgelagerten Schotter habe ich auf einen vorübergehenden Vorstoß der Gletscher nach der Ablagerung der zweiten Wälle geschlossen.

Ohne Zweifel trug in der letzten Eiszeit auch der höhere westliche Jura lokale Gletscher. In der Nähe von Aarau findet man am Südabhang des Jura eine Ablagerung, die nur als lokale Schneehaldenmoräne zu deuten ist.

Die Südgrenze der gleichzeitigen nordischen Gletscher lag wenig nördlich Berlin, das eisfreie Feld zwischen ihnen und den Alpengletschern war also mindestens 540 km breit.

Entsprechend dem Rückzug der Gletscher stieg stufenweise auch die Schneegrenze auf die jetzigen Höhen zurück und begannen die Flüsse die eisfreigewordenen Randseen der Alpen mit Schotter und Schlamm, den Erosionsprodukten der Berge, zu füllen.

Nachdem schon am Ende der zweiten Interglacialzeit die Täler wenigstens im mittelschweizerischen Hügel-land auf ihre jetzige Tiefe ausgewaschen waren, hat seither trotz der Weichheit der Molasse und der Lockerheit des Hochterrassenschotters und trotz der gewaltigen Mächtigkeit der großen Gletscher der vorletzten und letzten Eiszeit keine erhebliche Vertiefung, ja im Gebiet des Hochterrassenschotters nicht einmal eine Ausspülung oder Ausschürfung bis auf die frühere Talbreite stattgefunden.

Das und manches andere, worüber ich hier hinweggehen muß, scheint zwar gegen die in neuerer Zeit wieder kräftig verfochtene Annahme Ramsay's und Tyndall's zu sprechen, die Vertiefung der Alpentäler und der Randsee-Becken sei der Wirkung der Gletscher zuzuschreiben. Doch macht anderseits der Umstand, daß in Gebieten vorzeitlicher Vergletscherung in anderen Erdteilen Seen analoger Art gerade innerhalb der Wallmoränen gelegen sind, diese Annahme höchst wahrscheinlich.

Die Erosion der Niederterrasse durch die in den Seen von Schotter entlasteten Flüsse hat seither erst in den unteren Talgebieten eine terrassenförmige Gestaltung der

Talsole zu bewirken vermocht. Sonst hat sich die Bodengestaltung, wie sie durch die letzte Vergletscherung gebildet worden ist, ziemlich unverändert erhalten.

Waren die Randseen am Schluss der Erosion der Molassetäler vor der Zeit der Hochterrassenbildung noch nicht vorhanden, so lagen die Alpentäler um den Betrag eines den Seelängen entsprechenden Gefälles der Talsole höher als jetzt. Wer annimmt, die letzte Interglacialzeit habe lange gedauert, kann der Folgerung nicht ausweichen, ihr, und nicht den Gletschern die seitherige Erosion der sog. Taltröge der Alpentäler zuzuschreiben. Dafür spricht außer anderen Gründen noch die Tatsache, daß gemäß einer Mitteilung des Herrn F. A. Forel in den Rückzugsgebieten der heutigen Gletscher keine analogen Ueber-tiefungen sichtbar geworden sind, nicht einmal beim Rhonegletscher trotz seines Steilabfalls von 450 m. Sicher sind seinerzeit nicht bloß diese Taltröge, sondern die ganzen Täler, so weit ihre Abhänge Rundhöckerform haben, mit Gletschern erfüllt gewesen. So war gewiß das Lauterbrunnental bei Mürren bis 1900 m über Meer gleich 1100 m über der Talsole und in einer oberen Breite von 5 km mit Eis erfüllt, nicht bloß bis zur Höhe des Taltroges 700 m über der Talsole in einer Breite von bloß 1200 m. Warum soll da nur ein so enger Taltrog ausgeschürft worden sein?

---

Sowohl bei geologischen Prozessen als bei der Umgestaltung und den Wanderungen der Pflanzen und Tiere spielt die Zeit eine wichtige Rolle. Zur Bemessung derselben benutzen wir die Dauer eines Denudationsmeters, das ist die Zeildauer, in der ein Gebiet durch Erosion im Mittel um einen Meter abgetragen wird.

Von A. Heim sen. ist aus dem Betrag der Ablagerungen im Vierwaldstättersee ermittelt worden, daß das Reußgebiet durchschnittlich in 4140, sagen wir rund 4000 Jahren je um einen Meter abgetragen wird und daß seit

der Ablagerung der Quermoräne im Grund der Vierwaldstättersee bei Kindlismord ca. 16000 Jahre vergangen sein müssen. Also sind wohl seit dem Beginn des Rückzuges der letzten Vergletscherung von den äußersten Wallmoränen ca. 30,000 Jahre verflossen. Außerdem hat die Ablagerung des 35 m mächtigen Schotter der Niederterrasse, der eine mittlere Abtragung der Alpen im doppelten Betrag entsprechen mag, die Zeit von 70 Deundationsmeter also 4,000 mal 70 oder 280,000 Jahre erfordert. Wenn wir also die zum Vorstoß der Gletscher nötige Zeit nicht einmal berücksichtigen, so müssen wir schliessen, die letzte Vergletscherung habe ca. 310,000 also mindestens rund 300,000 Jahre gedauert. In den vorausgegangenen Interglacialzeiten ist die Molasse der Mittelschweiz in den Talgebieten durchschnittlich ca. 250 m erniedrigt worden, wozu noch die Erosion des älteren und jüngeren Deckenschotter und des Hochterrassenschotter im Gesamtbetrag von zirka 240 m zu rechnen ist. Bringen wir als Mittel der Abtragung nur 250 m in Rechnung, so ergibt sich, daß die zwei ersten interglacialen Zeiten zusammen mindestens 1 Million und die 5 Vergletscherungen, von denen zwar die drei älteren, der größeren Mächtigkeit ihrer Schotter gemäß, länger gedauert haben müssen als die zwei letzten, zusammen mindestens fünfmal 300,000 oder  $1\frac{1}{2}$  Millionen Jahre, die ganze Eiszeit also mindestens  $2\frac{1}{2}$  Millionen Jahre gedauert haben muß.

Mindestens ebenso lang mag die vorangegangene Pliocaenzeit mit der Aufstauung der Alpen, mindestens zehnmal so lang die noch ältere Miocaen- und Oligocaenzeit mit der Ablagerung der Molasse und der Ueberschiebung der alpinen Ueberfaltungsdecken gedauert haben. Diese Zeiten sind nicht zu lange, um die seit der Eocaenzeit eingetretenen Entwicklungen und Wanderungen der Flora und Fauna zu erklären.

---

Die erste Besiedelung des zentraleuropäischen Festlandes mit Pflanzen und Tieren wird mit dessen Entstehung, also im Nordosten der Schweiz während der Kreideperiode, im westlichen Jura im Anfang und in den Alpen am Ende der Eocaenzeit stattgefunden haben. Die Pflanzen der Oligocaenzeit weisen auf ein subtropisches, die der oberen Miocaenschichten auf ein etwas kühleres mediterranes Klima. Als zur Pliocaenzeit die Alpen eine die heutige um mehr als 1000 m übertreffende Höhe erreichten und bereits lokale Gletscher trugen, müssen analoge Zonen des Pflanzenwuchses daran ausgebildet gewesen sein wie die, die wir antreffen, wenn wir etwa heute von Genua aus zu den höchsten Alpengipfeln aufsteigen. Das war die Zeit, in der die entsprechenden Floren bis und mit der nivalen Flora sich zum erstenmale von entlegenen hohen Gebirgen einwandernd oder aus früheren Floren wärmerer Zonen sich entwickelnd hier angesiedelt haben. Durch die folgenden Vergletscherungen sind zwar die Pflanzen und Tiere jeweilen in den weiteren Umkreis der Alpen verdrängt worden. Von dort werden in den Interglacialzeiten jeweilen vorwiegend einem abnehmend kühleren Klima angepaßte Arten in die eisfreien Gebiete zurückgewandert, die größere Wärme erfordernden Typen des Pliocaens, die Löwen, Rhinocerosse etc. in ihren südlicheren Wohngebieten verblieben sein. Obschon also in der vorletzten Eiszeit ein gewaltiger Panzer von Gletschern und Schneefeldern das Pflanzen- und Tierleben in der Schweiz fast ganz ausschloß, und wir den Anfang der heutigen Besiedelung des größten Teiles der Schweiz der folgenden Interglacialzeit zuschreiben müssen, müssen wir doch die Entwicklung und Herkunft der Flora und Fauna von weit früheren Perioden ableiten. Denn die seitherige Flora und Fauna war zur Zeit der größten Vergletscherung in deren Umkreis, ja sogar in einem Teil des Schweizer Jura schon vorhanden und bereit, von den allmählig eisfrei werdenden Gefilden sofort Besitz zu ergreifen.

So folgten der zurückweichenden nordischen Eiskappe aus dem bisherigen Wohngebiet in der Zone zwischen München und Erfurt die seitherigen nordischen Pflanzen und Tiere, und aus derselben Zone den Alpengletschern die alpine Flora und Fauna. Die Wälder kehrten aus ihren entfernteren Zufluchtsstätten mit einem geringeren Artenbestand als früher hieher zurück.

Diese Hin- und Herwanderungen mögen sich auf weite Fernen erstreckt haben und boten so der Mischung der Arten verschiedenster Herkunft reiche Gelegenheit. Sie wiederholten sich anlässlich der letzten Vergletscherung, während deren direkt um den Eismantel auch in der Ebene eine alpine Flora lebte. Nur von alpinen Pflanzen, z. B. *Dryas octopetala*, *Salix reticulata*, *Rhododendron ferrugineum* und auch von einer jetzt arktischen *Salix polaris* hat man Blätter in den Schlammablagerungen innerhalb der äußeren Wallmoränen gefunden. Zu St. Jakob bei Basel in einer direkten Entfernung von 30 km außerhalb der damaligen Stirn des Rhone-Gletscher fand J. B. Greppin jedoch in einer mergeligen Schicht der Niederterrasse Reste von Tieren und Pflanzen der jetzigen Bergregionen. Die Wälder werden also damals wie heute nicht weit vom Eisrand entfernt gewesen sein.

Wenn vielleicht in 50 Jahren neuerdings eine Diskussion über die Herkunft unserer Lebewelt im Schoße unserer Gesellschaft angeordnet wird, wird vielleicht der Geologe, gestützt auf die Arbeiten von tausend anderen Forschern, den Botanikern und Zoologen sagen können, was heute noch nicht genügend bekannt ist, wo die Festländer lagen, aus denen die ersten dem Luftleben angepassten Organismen in das cretazische und tertiäre zentral-europäische Festland eingewandert sind, wohin sich die Lebewesen zur Zeit der Vergletscherungen geflüchtet, was für Überreste sie dort in günstigen Ablagerungen zurückgelassen haben und auf welchem Wege sie wieder einwandern konnten.

---

Vom Klima während der großen Vergletscherungen können wir uns heute eine recht lebhafte, auf eigene Erfahrung gestützte Vorstellung machen, wenn wir hören einerseits, daß eine Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur um  $4^{\circ}$  C. genügen würde, um die Gletscher so weit wie bei der letzten Vergletscherung vordringen zu lassen, und anderseits, daß gerade die erste Hälfte des Monats Juli 1907, an dessen Ende ich meine Darlegungen vorzutragen die Ehre habe, in den höheren Lagen des nordalpinen Gebietes sich durch eine um ca.  $4^{\circ}$  C. unter dem Mittel dieser Jahreszeit liegende Temperatur ausgezeichnet hat. Da jedoch gemäß den gefälligen Mitteilungen des Herrn Dr. Maurer, Vorsteher der eidg. meteorolog. Zentralanstalt in Zürich, gleichzeitig anderwärts, schon im Tessin, Temperaturüberschuß herrschte, können wir das nicht als Anfang einer neuen Eiszeit betrachten. Denn die neuestens von verschiedenen Forschern ermittelte Übereinstimmung der glacialen Ablagerungen in anderen Erdteilen auch auf der südlichen Halbkugel (Kilimandscharo, tropisches und gemäßigtes Südamerika) mit denen Europas beweist, daß die Eiszeit mit ihren wichtigsten Phasen auf der ganzen Erde gleichzeitig, also nicht durch lokale, sondern durch kosmische Ursachen bedingt war. Wir werden also erst dann die Ursachen der Eiszeit mit ihren Temperaturschwankungen kennen und die Möglichkeit der Wiederkehr großer Vergletscherungen beurteilen lernen, wenn wir wissen werden, durch welche Umstände die riesige Wärmestrahlung der Sonne und deren Schwankungen durch Aeonen bedingt werden.

---

LES  
RÉIMMIGRATIONS POSTGLACIAIRES  
DES FLORES EN SUISSE

PAR

le Dr JOHN BRIQUET.

---

On sait que lors de l'extension maximale des grands glaciers alpins quaternaires, — pendant la période *rissienne* — le territoire helvétique tout entier était recouvert par les névés et par la glace, les moraines glaciaires frontales étant toutes situées bien au-delà de nos frontières politiques. Aussi l'étude des phénomènes cinétiques qui ont abouti au repeuplement floristique de notre pays, doit-elle prendre comme point de départ la dernière période interglaciaire, celle qui a séparé la phase *rissienne* de la phase *würmienne*.

Les documents que nous possédons sur la période interglaciaire Riss-Wurm permettent de préciser, dans une certaine mesure, quelle flore caractérisait alors nos plateaux et nos vallées en aval des glaciers en retrait. Les tufs de Frurlingen, près de Schaffhouse, les lignites de Dürnten et de Wetzikon montrent que les formations silvatiques (sapin, épicéa, pin sylvestre, if, bouleau, érable) étaient les mêmes qu'aujourd'hui. Les plantes herbacées, dont les empreintes ont été retrouvées dans la brèche de Hoetting (fraisier, *Viola odorata*, *Polygala Chamaebuxus*, *Majanthemum*, *Bellidiastrum Michellii*) sont dans le



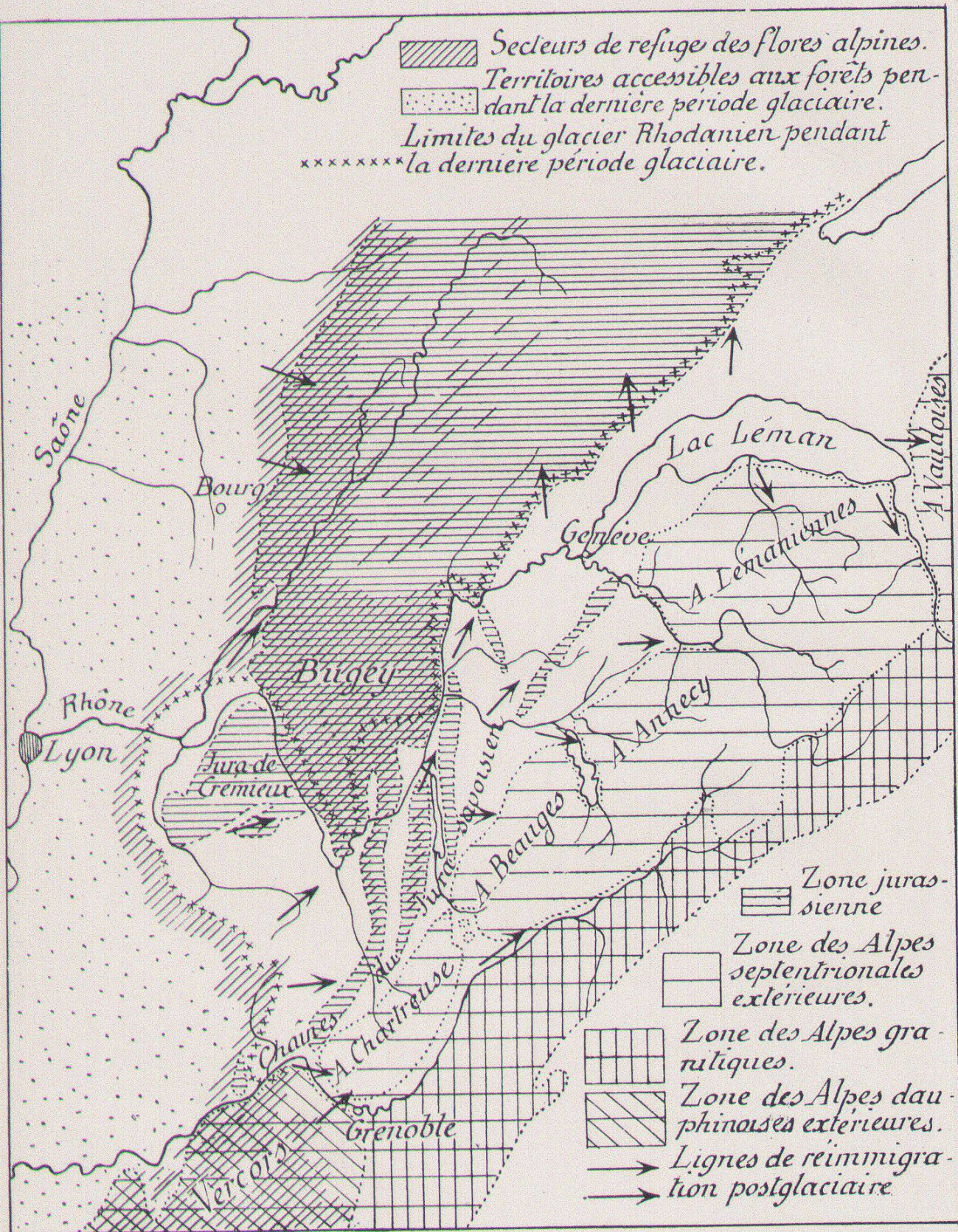


Fig. 1. Carte du terrain de réimmigration postglaciaire des flores dans le bassin supérieur du Rhône (front rhodanien),



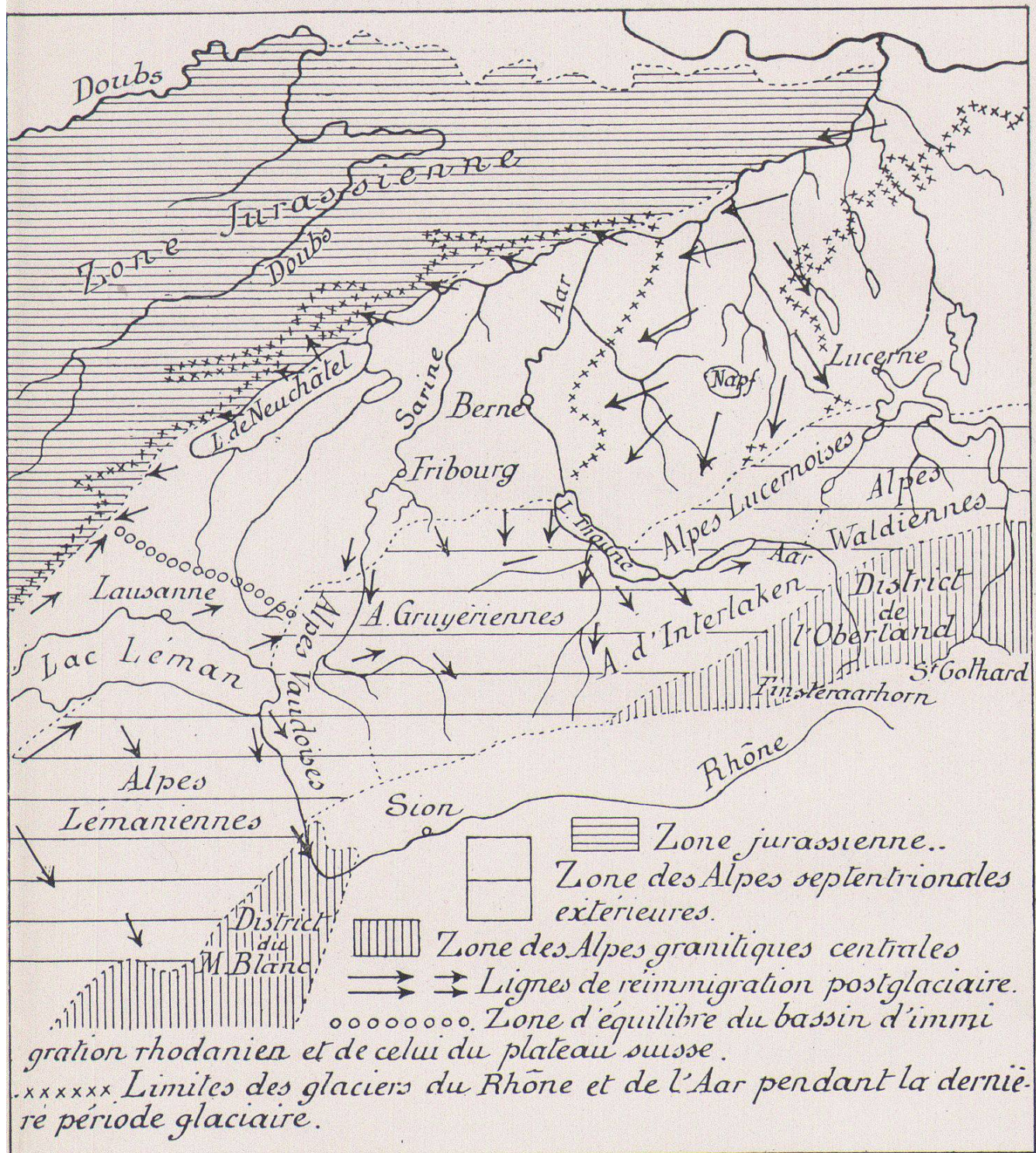


Fig. 2. Carte du terrain de réimmigration postglaciaire dépendant du territoire de refuge du Napf.



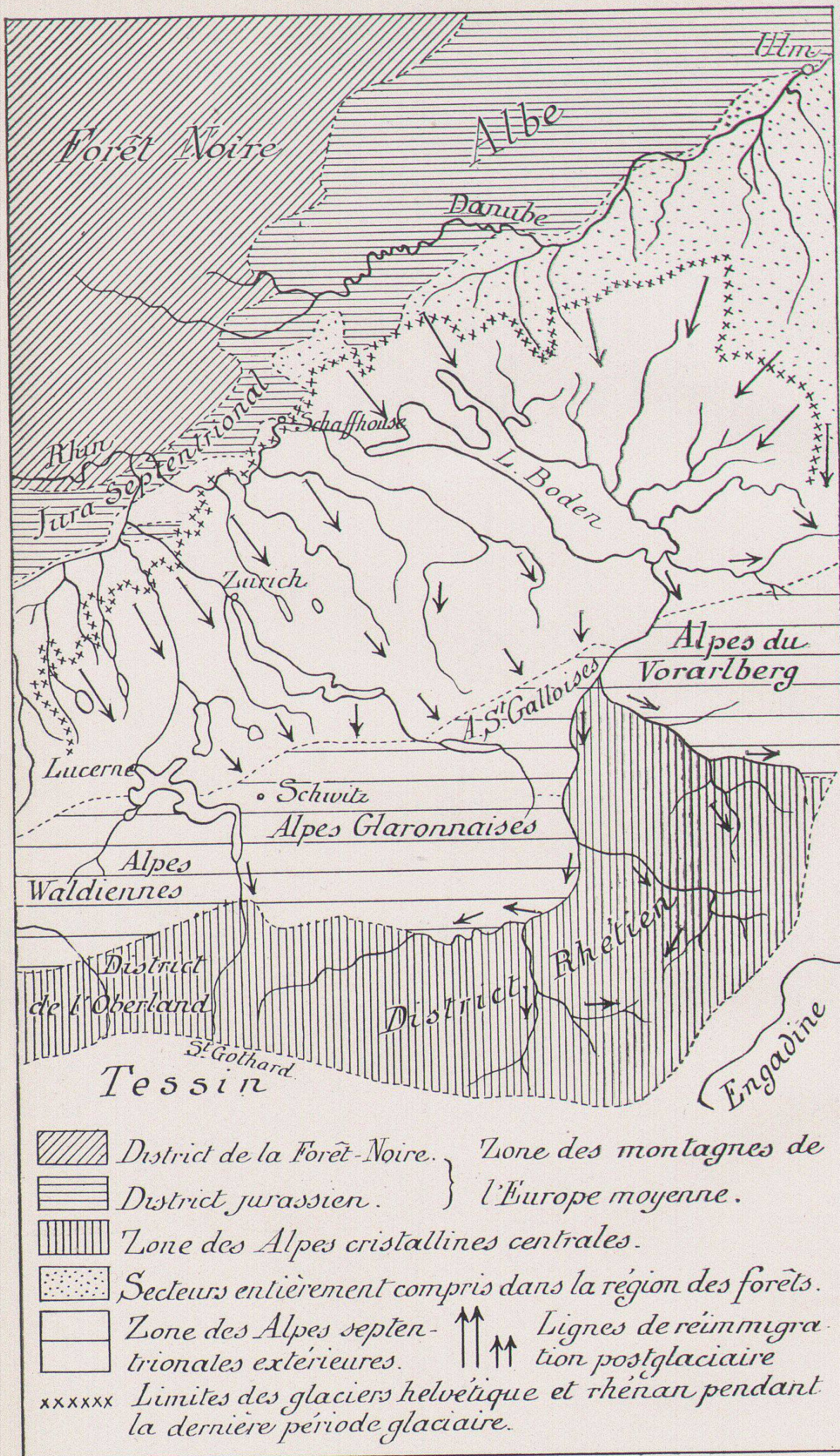


Fig. 3. Carte du terrain de réimmigration postglaciaire dépendant du front suisse septentrional.



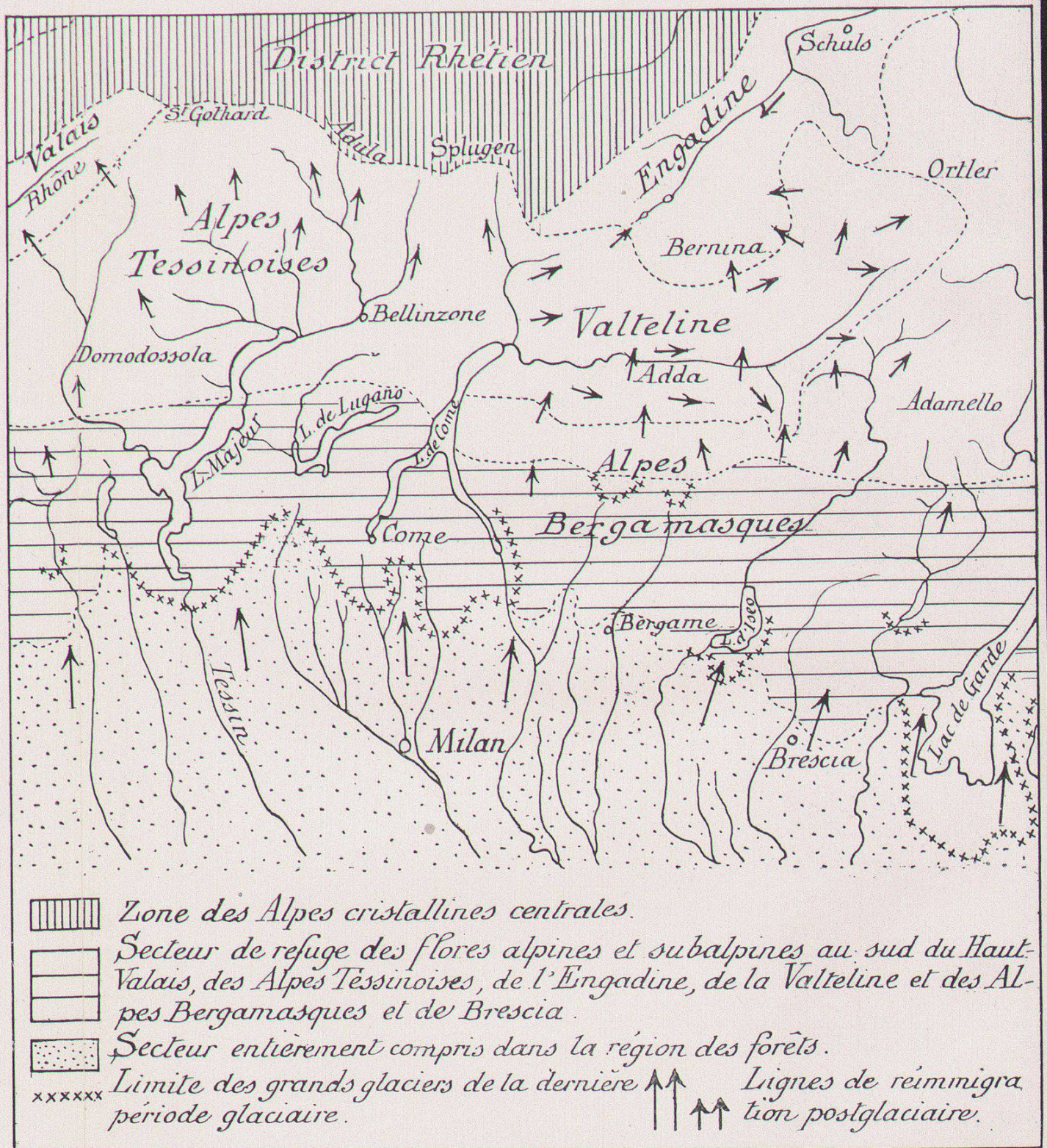


Fig. 4. Carte du terrain de réimmigration postglaciaire dépendant du front sud de la Suisse à l'E. du Valais.



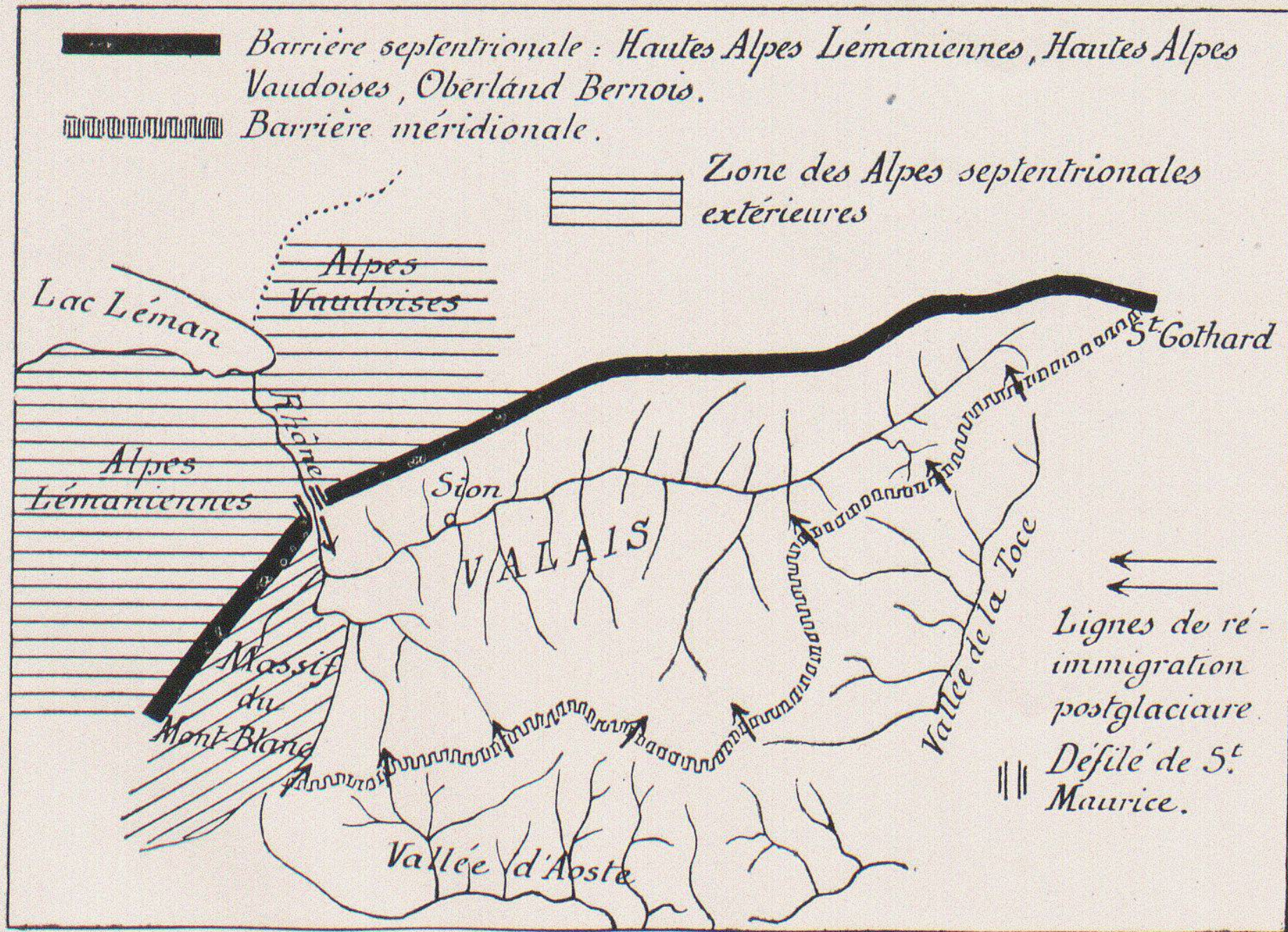


Fig. 5. Carte du terrain de réimmigration postglaciaire dans le Valais.



même cas. La présence fréquente du buis et surtout celle du *Rhododendron ponticum* à Hoetting et sur le versant S. des Alpes, indique que, sur certains points, le climat était même peut-être un peu plus favorable qu'il ne l'est actuellement. Quelques rares formes étrangères aux flores actuelles (en particulier le *Brasenia purpurea*, maintenant localisé dans l'Amérique du Nord) ne changent pas grand chose à l'ensemble du tableau. Ce que l'on sait des flores subalpine et alpine de cette époque par les tufs du Lautaret confirme aussi la très grande analogie des flores altitudinales d'alors avec celles d'aujourd'hui.

\* \* \*

Survient la dernière période glaciaire, la période würmienne. Les glaciers, réduits pendant longtemps à des langues localisées au fond des plus hautes vallées alpines, grossissent de nouveau. Ils envahissent les plaines, et l'erratique recouvre les restes de la végétation interglaciaire dont il vient d'être question. Les moraines sont poussées sur certains points presque aussi loin que l'avaient été celles de la période rissienne, sur d'autres, elles le sont assez pour que le caractère floristique général du pays soit modifié de fond en comble. La Suisse presque entière est en effet convertie en un vaste glacier qui s'appuie à l'E. aux glaces autrichiennes et à l'W. aux glaces piémontaises et françaises. Au N., les moraines würmiennes passent au-delà du lac de Constance pour toucher à Schaffhouse ; elles descendent un peu au-delà du confluent du Rhin et de la Thur, décrivent une sinusoïde irrégulière plus ou moins parallèle au cours de l'Aar, vont longer au sud la base des Alpes de Lucerne et d'Unterwald, et remontent enfin par Berthoud en dépassant Wangen pour venir s'appuyer au Jura soleurois. Sur le versant S., même phénomène : les moraines terminales sont situées au-delà d'Ivrée pour la Doire-Baltée, à plusieurs kilomètres au sud des lacs d'Orta et Majeur, d'où

elles remontent à Varèse et s'étendent de nouveau au sud des lacs de Lugano et de Come (Cantu, Fecchio, Carate, Merate). Ajoutons qu'à l'W., la glace retenue par la muraille jurassienne remplit tout le bassin du Rhône et s'étend jusqu'au plateau de Crémieu près d'Ambérieu et de Lyon.

Que sont devenues à cette époque les flores qui caractérisaient la Suisse pendant la période interglaciaire précédente?

Au fur et à mesure que le climat se détériorait, que la ligne des neiges permanentes s'abaissait, que les glaciers progressaient dans les vallées, les emplacements occupés par les flores étaient successivement rendus inhabitables. En revanche, des emplacements favorables se constituaient en aval des précédents. En résumé, il se produisait un déplacement *bathypète* des régions altitudinales de végétation. Les formations qui étaient haut-alpines pendant la période interglaciaire, et qui le sont actuellement, devenaient alpines, puis descendaient dans la région montagneuse, enfin se localisaient sur les massifs périphériques entre la ligne des neiges permanentes et les glaciers valléculaires d'une part et la limite supérieure des forêts d'autre part. Or la limite des neiges permanentes pendant la dernière période glaciaire était à environ 1300-1400 m. pour les glaciers de la Sihl et de la Minster, lesquels peuvent servir de norme en ce qui concerne le nord-est de la Suisse. Pour les glaciers du Pilate et de l'Emme, cette ligne était à environ 1350 m. Quant au glacier helvétique, formé par la confluence des glaciers du Rhône (branche septentrionale) et de l'Aar, la ligne des neiges descendait à 1100-1200 m. Si l'on tient compte du fait qu'à Culoz le glacier du Rhône déposait encore des blocs erratiques à 1200 m., on doit en conclure, avec M. Brückner, que la plus grande partie du glacier helvétique — lequel s'étendait sur le plateau suisse entre les préalpes vaudoises, fribourgeoises, ber-

noises et le Jura — avait une surface située au-dessus de la ligne des neiges permanentes. Le Valais était rempli par un glacier dont la surface atteignait encore une altitude de 1600 m. au défilé de St-Maurice, dépassant d'au moins 400 m. la ligne des neiges permanentes. Au Tessin, sur le versant S. de nos Alpes, la limite supérieure des neiges permanentes est maintenant fixée à 1600 m. par M. Penck, ce qui est un niveau de 1200 m. inférieur, au moins, au niveau actuel.

Il est évident, dans ces conditions, que la végétation qui, pendant la période interglaciaire Riss-Wurm, recouvrait la Suisse, a été ensuite en très grande partie refoulée hors de son territoire. Dès lors, la première question qui se pose est celle-ci : Dans quelle mesure les flores interglaciaires ont-elles été refoulées hors de leurs emplacements ? Et la seconde question, corollaire de la première, sera : Quelles sont les régions qui ont servi de territoire de refuge pendant la période glaciaire würmienne et d'où, des temps plus favorables étant survenus, elles sont réimmigrées dans leur ancien domaine ?

\* \* \*

Dans quelle mesure les flores ont-elles été refoulées hors de leurs emplacements pendant la période glaciaire würmienne ?

Cette question comporte une double réponse, selon qu'il s'agit de la végétation en dessous de la limite supérieure des forêts, ou des formations dont l'habitat normal est situé au-dessus de cette limite.

La distance moyenne qui sépare la limite supérieure des forêts de la limite des neiges permanentes peut être fixée dans l'état actuel de nos Alpes à 700-800 m. Si l'on admet que le climat glaciaire a été dû à une température annuelle plus basse et à un excès d'humidité, avec prépondérance de ce dernier facteur, cette distance a été peut-être plus faible pendant les temps würmiens, au



moins sur certains points. En tout cas, le climat humide indispensable au développement des glaciers, exclut que cette distance ait été plus considérable qu'actuellement, comme c'est le cas encore aujourd'hui dans d'autres massifs montagneux du bassin de la Méditerranée. Cela étant, on peut fixer la limite supérieure des forêts sur le versant N. des Alpes à environ 500-600 m. d'altitude pour la partie N.-E de notre pays, à environ 400-500 m. pour la partie N.-W., et à environ 800 m. sur le versant S. des Alpes.

Il résulte de ces faits que toute la végétation comprise dans la région forestière, avec ses formations si nombreuses et si variées, a été presque entièrement refoulée hors du territoire suisse. Les seuls points sur lesquels les formations silvatiques ont pu encore toucher notre territoire sont situés à la lisière septentrionale de notre pays entre Bâle et Schaffhouse, et au sud dans la zone étroite qui entourait les langues des glaciers insubriens. A l'W., il faut descendre la vallée du Rhône jusqu'à la lisière de Crémieu (près Lyon) pour trouver un terrain accessible aux forêts.

En ce qui concerne la végétation alpine, en entendant par là l'ensemble des formations dont la distribution normale est située au-dessus de la limite forestière supérieure, les conditions étaient un peu meilleures. Étaient en effet accessibles au développement des formations alpines :

1° Au nord, une zone étendue sur tout le front septentrional de notre pays, depuis les moraines situées au N. du lac de Constance jusqu'à celles du glacier de l'Aar en aval de Wangen. Cette zone, comprise entre la limite supérieure des forêts et la ligne des neiges, présente des stations favorables au maintien de formations alpines calcifuges sur la molasse et l'erratique, et au maintien des calcicoles sur les calcaires des chaînons jurassiques. C'est le *territoire* (ou la *lisière*) *de refuge septentrional*.

2° Au N.-W., un vaste territoire essentiellement molassique, dont le massif du Napf forme le centre et le point culminant, et qui s'étendait entre Wangen, Berthoud, Worb, l'Entlebuch et Willisau. Nous appellerons cette région le *territoire de refuge du Napf*.

3° A l'W., il faut suivre le Jura français de Bâle jusqu'au Bugey et au massif de la Grande-Chartreuse pour trouver une lisière susceptible de recevoir l'ensemble des formations alpines. C'est la *lisière de refuge jurassienne* ou *rhodanienne*.

4° Sur le versant S. des Alpes, les conditions étaient beaucoup plus favorables. Par delà la chaîne pennine, des territoires étendus se développaient entre la ligne des neiges (1500-1700 m.) sur les flancs des Alpes Grées et sur le versant S. des Alpes pennines. Nombreuses étaient les croupes qui, dans la région insubrienne, s'élevaient au-dessus des langues glaciaires tout en restant au-dessous de la ligne des neiges permanentes. Enfin toute la partie méridionale des Alpes bergamasques et des Alpes de Brescia échappait à la glaciation générale. Nous avons donc sur le versant S. des Alpes trois territoires de refuge principaux : le *territoire pennin* (en rapport étroit avec celui des Alpes Grées), le *territoire insubrien*, et le *territoire bergamasque*.

Tels sont, sommairement esquissés, les territoires de refuge qui ont pu servir à reconstituer les flores helvétiques. Il va sans dire que, la plupart du temps, les emplacements de refuge proprement dits de la période würmienne portent aujourd'hui une flore *complètement différente* de celle de jadis. Ils ne comportent de traces visibles du rôle qu'ils ont joué qu'exceptionnellement au moyen de reliques glaciaires, et celles-ci n'appartiennent jamais en propre aux formations nivales. Ce n'est que lorsqu'un territoire de refuge possède des sommets élevés que ceux-ci peuvent encore présenter à l'époque actuelle des échantillons de la flore qui ornait jadis leurs pieds, et où

ils ont pu trouver jusqu'à présent des conditions favorables à leur conservation. Les Alpes bergamasques sont un exemple de ce cas au total le moins fréquent.

On peut se demander si une conservation de la flore alpine pendant la dernière période glaciaire n'a pas pu s'effectuer *au-dessus* de la limite des neiges, à l'intérieur du territoire glacié, sur les pentes dénudées par l'avalanche ou sur les rochers à pic ? Cette thèse a été soutenue avec talent l'an dernier au sein même de notre société par M. le Dr Brockmann, afin d'expliquer la localisation de certaines espèces rares en Valais et dans la Haute-Engadine. Ces espèces seraient un reliquat de la flore alpine interglaciaire (Riss-Wurm), lequel aurait subsisté à travers la dernière phase glaciaire dans ces territoires privilégiés. En fait, tout en ayant l'air de combattre l'existence des territoires de refuge, ce qui nous paraît absolument paradoxal, M. Brockmann multiplie ces derniers abondamment en les plaçant jusque dans l'intérieur des régions glaciées, au-dessus de la limite des neiges persistantes !

Examinons de plus près la thèse de M. Brockmann.

Il convient tout d'abord de noter qu'il ne peut s'agir ici que d'espèces nivales dont la présence possible au-dessus de la ligne des neiges permanentes a été constatée sûrement à l'époque actuelle. L'immense majorité de nos formations silvatiques, subalpines et beaucoup de formations alpines échappent donc à cette possibilité. Pour elles, la nécessité d'un remplacement venant du dehors du territoire non glacié est inéluctable et *entraîne l'existence de territoires de refuge d'une façon absolue.*

En ce qui concerne le petit nombre d'espèces nivales qui ont été constatées au-dessus de la limite des neiges, il convient de remarquer qu'elles ne dépassent pas beaucoup cette limite si l'on s'en tient aux listes publiées jusqu'à présent. Aux Grands-Mulets, dans la chaîne du Mont-Blanc, on a constaté 24 espèces nivales à 3050 m. ; dont

une seulement (*Silene acaulis*) arrive à 3470 m. Or, dans la chaîne du Mont-Blanc (versant N.) la ligne des neiges permanentes oscille entre 2800 et 2900 m. Nous-même, au col du Géant en 1889, nous n'avons pu relever à 3360 m., en cherchant minutieusement, que 3 Phanérogames : *Silene acaulis* (presque stérile), *Ranunculus glacialis* (nain et presque stérile, à fleurs déformées), *Androsace glacialis* (en floraison peu abondante, mais normale). Et cependant, sur le versant S. du Mont-Blanc, la ligne des neiges permanentes monte à 3000 m. ! D'une façon générale, nous avons toujours été frappé de voir, au cours de nos herborisations personnelles, la disparition très rapide des Phanérogames nivales au-dessus de la ligne des neiges permanentes. Et ce qu'il importe surtout de noter, c'est que toutes ces plantes peuvent être renouvelées par le vent à très courte distance d'une façon constante. Au Cervin, au Saint-Théodule, au col du Géant, aux Grands-Mulets, pour nous en tenir aux exemples classiques, et qui nous sont le plus connus, les porte-graines voulus se trouvent tous dans un rayon d'un kilomètre de distance à vol d'oiseau. Nulle part, les espèces supernivales ne constituent de véritables formations ; elles se présentent en échantillons tout à fait isolés, à l'état sporadique, tels que doivent végéter des individus accidentellement amenés par le vent. Il en est de même pour les cas remarquables de présence fortuite de diverses Phanérogames, en Valais très au-dessus de la limite des neiges <sup>1)</sup>. Ce sont là des conditions tout autres que celles

---

<sup>1)</sup> *Ranunculus glacialis* à 4275 m. au Finsteraarhorn ; *Draba Zahlbruckneri* à 3600 m. dans les Alpes de Zinal ; *Silene exscapa* à 3600 m. au Mont-Rose ; *Cherleria sedoides* à 3800 m. au Mont-Rose ; *Saxifraga biflora* à 4200 m. au Cervin ; *S. moschata* à 4000 m. au Finsteraarhorn ; *S. planifolia* à 4200 m. au Cervin ; *Erigeron uniflorus* à 3600 m. au Mont-Rose ; *Artemisia Mutellina* Vill. à 3540 m. au Triftjoch ; *Chrysanthemum alpinum* à 3680 m. dans les Alpes de Bagne ; *Androsace glacialis* à 4200 m. au Cervin ;

qui auraient permis à la flore caractéristique des versants septentrionaux de la Bernina de se maintenir pendant des milliers d'années au-dessus de la limite des neiges, à une distance de 200 kilomètres à vol d'oiseau du front des glaciers du Rhin et de 50 kilomètres des territoires de refuge bergamasques.

Il est très difficile de se faire une idée exacte de la manière dont les choses se passent dans les régions arctiques, parce que la limite des neiges permanentes y est encore beaucoup plus compliquée à déterminer que dans les Alpes. Les Phanérogames que l'on trouve à des latitudes aussi élevées que Discovery Bay (82° 44' N. ! ) constituent de vraies formations dont l'existence est d'ailleurs rendue possible par le voisinage de la mer, dégelée au moins pendant une courte période estivale. Le mode de répartition des individus n'a aucun rapport avec celui que l'on observe aux hautes altitudes dans nos Alpes. Les îlots de végétation qui ont été souvent relevés dans l'intérieur du Groenland, à des latitudes plus basses, au milieu des glaces, rentrent dans les colonies caractéristiques pour les *nunataks*, aussi bien dans le domaine de la flore arctique que dans les Alpes. Ces îlots, comparables au Jardin de la mer de glace dans la chaîne du Mont-Blanc, sont situés *au-dessous* de la limite des neiges permanentes et ne peuvent entrer en ligne de compte. Pour autant que les faits actuellement connus permettent de le dire, les régions arctiques ne se comportent donc pas autrement que nos Alpes au point de vue qui nous occupe.

Une autre considération qui sert de base à l'argumentation de M. Brockmann, c'est le fait du climat continen-

---

*Primula hirsuta* à 3600 m. au Mont-Rose; *Poa laxa* à 3630 m. au Lyskamm; etc. — On trouvera toutes les indications se rapportant au Valais réunies dans l'excellent *Catalogue de la Flore valaisanne* de M. H. Jaccard. Malheureusement, les ascensionnistes ont régulièrement oublié d'indiquer si les plantes mentionnées développaient leurs fleurs, et encore bien moins si elles fructifiaient, ce qui est capital.

tal actuel de la Haute-Engadine et du Valais, comparé à celui des régions avoisinantes. L'auteur pense que pendant la dernière période glaciaire, le climat devait aussi être relativement plus favorable dans le Valais et dans l'Engadine, de sorte que la persistance d'une flore alpine au-dessus de la limite des neiges permanentes a dû en être rendue plus facile dans ces deux territoires. — Nous ne pensons pas que cette affirmation — que l'auteur n'étaye d'ailleurs d'aucune preuve quelconque — puisse résister à un examen sérieux. Le climat continental, relativement chaud et sec, de la Haute-Engadine et du Valais, n'est pas uniquement dû à la « Massenerhebung », surtout pour le Valais. Avec une « Massenerhebung » analogue à celle de la chaîne pennine, et un thalweg plus élevé à Chamonix que dans le Bas-Valais, les versants N. du Mont-Blanc ont un climat beaucoup plus humide que le climat valaisan. Il faut tenir compte, au Valais surtout, de l'orientation de la vallée, de la réverbération intense des pentes rocheuses dégarnies de neige, de l'échauffement formidable du thalweg pendant la période estivale, du fait que plusieurs chaînes maîtresses attirent les nuages, soit au S. soit à l'W. et en provoquent souvent la condensation prématurée en pluie et en neige à une distance considérable du fond de la vallée. Mais tout cela n'est valable qu'avec le climat actuel ! Figurons-nous le Valais rempli de glace jusqu'à 2000 m., la surface du glacier dépassant de plusieurs centaines de mètres la ligne des neiges permanentes. Bien loin de posséder un climat relativement plus chaud et moins humide que les montagnes plus extérieures pendant les temps würmiens, on ne peut se représenter cette région au cours de la dernière période glaciaire que comme moins favorisée pendant l'été, plus froide, plus humide, avec une insolation moindre due à une évaporation superficielle intense provoquant la formation de brouillards épais et fréquents, enserrés entre les arêtes des chaînes côtières.

Si des espèces alpines ont pu persister au-dessus de

la limite des neiges permanentes pendant toute la durée de la dernière période glaciaire, ce n'est sûrement pas en Valais et dans la Haute-Engadine, mais au voisinage des territoires de refuge où leur présence ne change pas grand chose aux mouvements floristiques que nous allons esquisser. Nous n'excluons pas absolument la possibilité d'une persistance sporadique de l'une ou l'autre de nos espèces nivales à l'intérieur de la Suisse glaciée pendant les temps würmiens, mais nous n'oserions pas l'affirmer. Nous ne pouvons d'ailleurs pas, pour des raisons climatologiques — et aussi pour des raisons floristiques sur lesquelles nous reviendrons plus loin — attribuer à ce facteur la richesse floristique particulière du Valais et de la Haute-Engadine.

\* \* \*

Etant admis que la conservation de plantes alpines nivales au-dessus de la limite des neiges permanentes n'a pu jouer qu'un rôle insignifiant au point de vue de l'histoire de notre flore, prise dans son ensemble, et que la conservation de toutes les autres formations a été impossible, il convient maintenant d'examiner comment s'est effectué l'odyssée des flores en Suisse.

Le premier point à fixer dans cette étude est de savoir quelle était la végétation qui suivait immédiatement les glaciers dans leur retrait. Des renseignements nous sont fournis sur ce point par l'étude des poches à lignites incluses dans l'erratique au cours des mouvements oscillatoires des glaciers würmiens en retraite. Celles-ci nous montrent que partout, sur les deux fronts nord et sud de la Suisse, ainsi que sur le front du glacier du Rhône, la forêt suivait de près la retraite du glacier. Les espèces silvatiques qui ont été relevées dans les poches dites « interstadiales » sont partout les mêmes qu'aujourd'hui (pin, mélèze, sapin, épicéa, érables, peupliers, saules, etc.). Et si les horizons profonds des tourbières révèlent un étage à



*Dryas*, le fait que cette espèce est associée à diverses plantes aquatiques non arctiques montre bien que le climat en aval des glaciers ne possédait nullement un caractère extrême.

Le processus de colonisation peut être étudié encore de nos jours sur les moraines d'abandon récent. Il y a là un sujet d'études digne de tenter les jeunes botanistes. Ce que l'on en sait permet d'affirmer que sur les terrains siliceux, c'est en général par les Lichens, les Algues et les Muscinées que commence la prise de possession. Ces premiers colons sont suivis par des plantes à appareil végétatif souterrain traçant (*Ranunculus glacialis*, *Cerastium filiforme*, *Geum reptans*, etc.) auxquelles se joignent des Graminées telles que les *Poa minor*, *laxa* et *cenisia*. Le travail des lombrics, important pour la constitution d'une bonne terre végétale, ne commence guère avant que le tapis de graminées ait pris une certaine consistance. Sur les terrains calcaires, les Lichens jouent un rôle moins important, et le développement des Phanérogames est souvent concomitant avec celui des Muscinées. Dans les deux cas, il suffit de un à deux siècles pour que la forêt ait complètement repris pied sur le terrain abandonné par la glace.

Au point de vue cinétique, l'observation des hautes vallées actuelles montre que la progression de la végétation s'effectue beaucoup plus rapidement sur les flancs du glacier que sur son front, surtout quand il s'agit de glaciers valléculaires. D'autre part, la végétation des moraines terminales montre dans ce dernier cas un mélange de plantes alpines et de plantes des régions inférieures ascendantes. Il faut remonter souvent très loin en amont sur les flancs du glacier, pour rencontrer une végétation alpine pure.

En Suisse, nous pouvons, pour l'ensemble de notre flore, distinguer autant de fronts de réimmigration primitive que nous avons établi de principaux territoires de



retraite. Envisageons rapidement ces fronts de réimmigration.

1° Le front ouest ou *rhodanien* est de beaucoup le plus connu de tous (Pl. III) : il fait l'objet de nos études spéciales depuis plus de vingt ans et les résultats de nos travaux ont été complétés et admis dans leurs grandes lignes par tous ceux qui se sont occupés de l'histoire floristique des Alpes occidentales et du Jura. La disposition particulière des chaînes jurassiennes en anticlinaux parallèles à beaucoup diminué l'influence de la lisière de refuge sous-jurassienne française, en exagérant l'importance de la voie valléculaire rhodanienne. Celle-ci à son tour a été une des plus tardives à collaborer activement à la reconstitution de nos flores, à cause de l'extrême développement du glacier du Rhône. Les emplacements de refuge pour la flore alpine à l'extrémité du glacier du Rhône étaient essentiellement situés sur les nunataks du Bugey, du Jura savoisien et de la Grande-Chartreuse, en y ajoutant les lisières morainiques périphériques. L'écartement régulier des chaînes jurassiennes d'un côté, des Alpes calcaires de la Savoie de l'autre, présente des conditions très favorables à la vérification des principes que l'on peut déduire de la disposition de la voie d'immigration. C'est ainsi que, à hauteur égale, et à égalité de station, il se trouve que, à un petit nombre d'espèces près, toute la flore montagnarde jurassienne jusqu'au Mont-Tendre se retrouve dans le district savoisien. La maximum d'identité entre les chaînes jurassiennes et le district savoisien est situé dans les régions inférieures où les conditions biologiques sont analogues. L'identité diminue à mesure que l'on s'éloigne du pivot de la Grande-Chartreuse et que les différences entre les sommets jurassiens et alpins s'accroissent. En dehors de ces règles, les parties du district savoisien qui offrent le plus d'analogie avec la flore jurassienne sont celles qui bordent la voie valléculaire. Toutes ces prévisions ont été vérifiées par l'exploration, et d'au-

tres encore. Malgré que dans la partie méridionale, le Jura se résolve en chaînes isolées dans la molasse et généralement de faible altitude, de sorte que le contact orographique est partiellement interrompu et les migrations rendues moins faciles, les affinités de la flore des sommets du Haut-Jura sont toutes avec la flore des Alpes calcaires de la Savoie. On trouve des deux côtés de la voie valléculaire le *Aconitum Anthora*, *Dianthus caesius*, *Alsine liniflora*, *Hipericum Richeri*, *Erysimum ochroleucum*, *Arenaria grandiflora*, *Centranthus angustifolius*, *Sideritis hyssopifolia*, *Anthyllis montana*, *Scrophularia Hoppei*, pour ne citer que des espèces jurassiennes inconnues des botanistes suisses en dehors du Jura. Alors que les éléments occidentaux ont pu en partie s'étendre très loin vers le nord en suivant les chaînes jurassiennes, elles ont été plus souvent arrêtées à l'extrémité des Alpes Lémaniennes par la profonde et large plaine de l'extrémité du Léman, ce qui explique le caractère occidental plus affaibli des Alpes Vaudoises.

Quant aux Alpes granitiques — accessibles tardivement à cause de leur situation centrale et de la hauteur très considérable de leurs massifs culminants — elles sont naturellement pauvres sur tous leurs versants septentrionaux dépendant du bassin valléculaire rhodanien. Cette pauvreté relative provient de l'uniformité du sous-sol et du fait que la plupart des espèces calcifuges qui les caractérisent se retrouvent sur les grès des chaînes extérieures. Il en est ainsi par exemple des versants septentrionaux du Mont-Blanc. En revanche, le versant S. de cette chaîne est fort riche parce que sa colonisation a procédé des riches territoires de refuge de la lisière des Alpes Grées (bassin d'Aoste).

2° Le *territoire de refuge du Napf* comprend le plateau molassique situé entre les moraines frontales des glaciers de l'Aar et du Rhône, le Jura septentrional et les préalpes au sud-ouest du Pilate. Au premier abord, le

plateau suisse entre les Alpes et le Jura semble constituer une voie d'immigration valléculaire très analogue à celle du bassin du Rhône, avec une disposition en bordure symétrique des Alpes et du Jura à droite et à gauche de cette voie (Pl. IV). Et en effet, beaucoup de faits curieux de distribution s'expliquent par la recolonisation des préalpes suisses, du Pilate au Pays d'En-Haut, et du Jura septentrional et central (versant suisse), par la voie valléculaire du plateau. Ainsi l'*Androsace lactea*, caractéristique pour le Jura au nord du Mont-Tendre, se retrouve dans la chaîne du Stockhorn, de l'autre côté de la voie valléculaire. Ainsi encore le *Cardamine trifolia* de Pouillerel se retrouve à Rossinière, dans le Pays d'En-Haut. D'autre part, le *Gentiana asclepiadea* et le *Primula Auricula* (ce dernier dans les cluses à l'état de relique glaciaire) sont des espèces alpines abondantes dans les préalpes suisses et jouant dans le Jura septentrional un rôle analogue à celui qu'elles remplissent dans le Jura savoisien. Mais indépendamment de cela, la région siliceuse du Napf a été dégarnie de glace pendant les temps würmiens et a pu fonctionner comme territoire de refuge pour des plantes calcifuges alpines, permettant ainsi l'immigration de certains types silicicoles — par ailleurs plus spéciaux aux terrains primitifs et rares en Suisse — sur l'erratique du Jura ou sur le flysch des Alpes extérieures. L'exemple le plus remarquable est celui du *Meum athamanticum* qui existe dans le Jura neuchâtelois. La richesse très grande des tourbières jurassiennes est certainement dûe aussi à la présence de ce territoire de refuge qui a été rapidement accessible à la flore des sagnes. Beaucoup d'espèces caractéristiques des sagnes jurassiennes se retrouvent dans les tourbières des Alpes extérieures suisses (en particulier les *Carex heleonastes* et *Scheuchzera palustris*), alors que leur absence est très remarquable dans les tourbières des Alpes savoisiennes. Du secteur d'immigration du Napf dépendent les Alpes fribourgeoises (y compris le pays

d'En-Haut) et les massifs plus septentrionaux jusqu'à la trouée du Lac des Quatre-Cantons. La zone d'enchevêtrement des bassins d'immigration rhodanien et du plateau suisse occupe tout le sous-district des Alpes vaudoises. Le bassin supérieur de la Sarine appartient déjà plus nettement à la voie d'immigration septentrionale (*Draba incana*, *Senecio aurantiacus*, *Pedicularis Oederi*). La différenciation actuelle des flores alpines de l'extérieur à l'intérieur est la même dans ce secteur que dans le bassin du Rhône : les noyaux granitiques situés les plus en arrière (Oberland bernois) sont aussi les plus pauvres.

3° Le front d'immigration *septentrional* comprend les fronts avancés des anciens glaciers helvétiques et du Rhin. On peut le diviser en deux secteurs, dont l'un pour le glacier helvétique *de la trouée du lac des Quatre-Cantons jusqu'à Eglisau*, et l'autre à l'est d'Eglisau (Pl. V).

Dans le premier secteur, le territoire de refuge est plus morcelé ; il comprend pour les plantes alpines les dos molassiques émergés entre les affluents actuels de l'Aar depuis Wigger jusqu'à la Töss, et la zone prémorainique qui longe le Jura d'Olten au Rhin. Les rapports floristiques entre cette partie du Jura, la Forêt Noire et le Hinterland alpin ont dû être, lors de la retraite des glaciers, assez intimes. La présence simultanée de plantes calcifuges rares, à la fois dans la Forêt Noire et dans ces Alpes, vérifie cette prévision (*Meum athamanticum*, *Hypochaeris uniflora*). De ce secteur d'immigration dépend toute la partie des Alpes septentrionales comprise entre le bassin du lac des Quatre-Cantons et la trouée de Wallenstadt. C'est peut-être le moins favorisé des secteurs d'immigration.

Le deuxième secteur embrasse le front du glacier du Rhin en aval du Lac de Constance, duquel dépendent les Alpes St-Galloises, appenzelloises et une grande partie des Alpes grisonnes. La zone d'alimentation comprend de nombreux points émergés dans l'éventail du glacier rhénan et dans la zone prémorainique qui s'étend jusqu'au

pied de l'Alb. Il faut sans doute attribuer à ce facteur la riche série de reliques alpines que possède cette dernière région, et que M. Gradmann a si bien étudiées. L'abondance des *Androsace lactea*, *Anemone narcissiflora* et *Pedicularis foliosa* résume bien ce caractère. D'autre part les reliques glaciaires étudiées par M. Hegi sur les anciens nunataks würmiens de l'Oberland zurichois (« Refugien <sup>1</sup> » Hegi) confirment le rôle de refuge joué par ces massifs.

Pour toute cette partie de la Suisse, l'analyse des voies de migration des anciens territoires de refuge et des mouvements des flores est presque entièrement à faire. On conçoit que nous ne puissions ici qu'en esquisser le programme.

4<sup>e</sup> Le *front sud*, avons-nous dit, a été plus favorisé que le front nord. Mais sur notre territoire, il n'y a guère à envisager — abstraction faite de quelques dépendances valaisannes ou grisonnes sur le versant sud des Alpes — que le Tessin (Pl. VI). Et cependant le Tessin avait la réputation d'avoir une flore alpine pauvre, ce qui ne pouvait que difficilement s'accorder avec les territoires de refuge bien représentés dans sa partie méridionale. Or, les recherches faites ces dernières années par plusieurs botanistes, en particulier par M. Chenevard, ont complètement modifié les anciennes données. Chaque saison d'explorations apporte son contingent d'acquisitions nouvelles, si bien qu'actuellement le Tessin a presque rattrapé le Valais comme richesse alpine. L'histoire cinétique des éléments floristiques du Tessin ne pourra être entamée que lorsque nous posséderons un inventaire bien rédigé de la riche flore de cette région; ce n'est pas le cas actuellement.

\* \* \*

Il nous reste à envisager deux territoires dont l'histoire paraît moins facile à élucider, au premier abord, que

---

<sup>1</sup>) Terme employé dans un sens différent du nôtre.

celle des précédents : l'Engadine et le Valais. Ces deux territoires ont ceci de particulier que leur flore ne se rattache que partiellement aux voies normales d'immigration valléculaires. L'Engadine présente des rapports floristiques beaucoup plus grands avec les Alpes du Tyrol méridional et italiennes voisines qu'avec les massifs qui bordent le cours inférieur de l'Inn. D'autre part, le Valais, tout en présentant nombre d'espèces alpines évidemment arrivées par la voie valléculaire rhodanienne (exemple typique *Pedicularis Barrelieri*), se distingue abondamment des flores rhodaniennes par des éléments que l'on ne retrouve que sur le revers méridional des Alpes, et qui caractérisent le bassin d'Aoste et les bassins plus méridionaux du Piémont. Ce qui est particulièrement important à relever, c'est que la richesse du Valais ne se concentre pas exclusivement sur les plantes alpines, et spécialement nivales, *mais touche à toute la série des formations* y compris les plus thermophiles du fond des vallées. Cette constatation nous amène à dire quelques mots, en terminant, de la période post-glaciaire chaude et sèche qui seule permet de donner une explication rationnelle de ces faits : la *période xérothermique*.

L'existence de la période xérothermique est évidente au point de vue géologique si l'on étudie les loess post-glaciaires du Valais et de la vallée du Rhin que M. Fröh a fait connaître. Elle ne l'est pas moins si on tient compte des restes de petits quadrupèdes steppiques que M. Nüesch a découverts au Schweizersbild. La présence dans le thalweg du Valais de formations entières qui sont étrangères à la voie valléculaire rhodanienne française et suisse établissent l'existence de cette période avec tout autant de certitude. Les *Genista radiata*, *Ephedra helvetica*, *Artemisia vallesiaca*, *Oxytropis pilosa*, *Onobrychis arenaria*, *Potentilla Gaudini*, *Trisetum Cavanillesii*, *Poa concinna*, etc., qui donnent leur cachet à la garide valaisanne, ne se retrouvent en partie que dans les bassins d'Aoste, de la

Tarentaise, de la Maurienne, de Suse, etc., et non pas dans la voie valléculaire rhodanienne. Dans les formations montagnardes et subalpines, les mêmes faits se présentent : les *Hugueninia tanacetifolia*, *Silene valesia*, *Geranium aconitifolium* et *divaricatum*, *Asphodelus albus*, etc. ont en Valais une petite aire qui se rattache à celle plus étendue de ces espèces dans les Alpes Grées et occidentales. Les faits géobotaniques confirment donc les données géologiques et paléontologiques pour postuler, après la, période glaciaire würmienne, une période xérothermique caractérisée par des phases de climat plus chaudes et plus sèches, à caractères d'ailleurs inégaux suivant les régions considérées. Celle-ci a eu pour conséquence une surélévation considérable de la limite des neiges permanentes, élévation d'autant plus marquée qu'il s'agit de territoires à climat continental comme le Valais. La richesse du Valais en plantes méridionales est donc due, non seulement à l'arrivée d'une florule méridionale rhodanienne (*Buffonia*, *Ranunculus gramineus*, *Helianthemum canum*, *Cotinus Coggygria*, *Lonicera etrusca*, *Stipa capillata*, *Trigonella monspeliaca*, etc.), mais à un degré plus marqué encore à une immigration — par dessus les cols de la chaîne pennine — d'éléments xérothermiques méridionaux (fig. 5). Il en a été de même pour une grande partie des éléments qui constituent la trame des formations subalpines et alpines.

En ce qui concerne l'Engadine, les communications avec le bassin de l'Adige par l'intermédiaire du Vintschgau, et les cols qui établissent le passage avec la Valteline jusques et y compris le col de la Maloja, ont certainement joué un rôle analogue à celui des cols de la chaîne pennine en Valais (fig. 4). L'élévation considérable du fond de la vallée n'a sans doute pas permis l'invasion de formes aussi méridionales qu'en Valais ; cependant la présence des *Dracocephalum austriacum*, *Stipa pennata*, *Centaurea maculosa* et de quelques autres espèces thermophiles, montre que celles-ci ne font pas entièrement défaut. Quant aux



plantes appartenant aux formations alpines, leur immigration postglaciaire se rattache en grande partie aux territoires de refuge transalpins.

Tout récemment M. Brockmann a nié la possibilité de cette explication à la suite de sa remarquable étude sur le vallon de Poschiavo, parce qu'il n'a pas pu constater la présence de 29 espèces sur le versant S. du col de la Bernina, alors que ces espèces existent sur le versant N., ce qui est en contradiction, pense l'auteur, avec les postulats de la théorie des territoires de refuge. Nous avons, il faut l'avouer, été étonné de cette conclusion sommaire. Le Poschiavo n'est, en effet, qu'un des vallons qui descendent du massif de la Bernina dans la Valteline. L'étude des vals Viola et Grosina au N.-E., des vals Fontana, Malenco et Masina au S.-W. pourrait combler, peut-être dans une large mesure, cette lacune apparente. Il est bien dangereux de spéculer ainsi sur la florule d'un petit vallon pour démolir des données qu'une étude d'ensemble rend inéluctables. Quand, par exemple, on passe du Val Tournanche dans la vallée de St-Nicolas en Valais, on a l'impression de rencontrer sur le versant N. de la chaîne pennine une flore plus riche; mais si on établit la comparaison entre le Val Tournanche et les vallées de Tourtemagne ou d'Anniviers, on a l'impression contraire. Les causes qui ont pu, dans la suite des temps, augmenter ou diminuer la richesse locale d'un vallon ou d'une vallée sont si nombreuses qu'il faut se garder de généraliser le résultat de l'étude d'un territoire trop restreint.

La Valteline, ainsi que tous ses vallons afférents, a été entièrement glaciée pendant les temps würmiens. Ce n'est donc pas là qu'il faut chercher un territoire de refuge important, mais plus au sud. Que l'un ou l'autre des vallons de la Valteline ne renferme pas actuellement la totalité des 29 espèces manquantes de M. Brockmann, cela n'a pas d'importance au point de vue du phénomène en général. Si nous examinons à ce point de vue, et de plus



près, la liste des 29 espèces signalées, comme manquant au Poschiavo par l'auteur, nous constatons que 20 d'entre elles se retrouvent dans les Alpes bergamasques <sup>1)</sup>, territoire de refuge très important pour toute cette partie des Alpes, et dont M. Brockmann ne parle pas. Pour nous, la présence actuelle de ces espèces dans ce dernier territoire, dont la partie méridionale a fonctionné comme massif de refuge glaciaire, suffit pour expliquer l'origine des stations situées dans le massif de la Bernina, sans qu'il y ait lieu de recourir à d'autres hypothèses. D'autre part, sur ces 20 espèces, il en est au moins 16 qui, à notre connaissance, n'ont jamais été aperçues par aucun botaniste au-dessus de la limite des neiges permanentes <sup>2)</sup> et auxquelles l'explication d'une persistance perglaciaire préconisée par l'auteur ne saurait en aucun cas s'appliquer ! Quant aux 9 espèces qui paraissent manquer en l'état actuel (extrêmement imparfait) de nos connaissances sur les Alpes bergamasques — et qui sont peut-être venues dans le massif de la Bernina du N.-E., de l'W. ou du N.-W. — il en est 8 au moins qui n'ont, elles non plus, jamais été constatées au-dessus de la limite des neiges permanentes <sup>3)</sup>.

Il y aurait beaucoup à ajouter si nous avions le temps d'entrer dans un examen plus détaillé des mouvements de flore qui se sont effectués sous l'influence de la

---

<sup>1)</sup> Ce sont les : \* *Kobresia bipartita*, *Carex incurva*, \* *Tofieldia palustris*, \* *Salix caesia*, \* *S. glauca*, *Viscaria alpina*, *Dianthus glacialis*, \* *Ranunculus pyrenaeus*, \* *Astragalus alpinus*, \* *Phaca frigida*, *Oxytropis lapponica*, \* *Hedysarum obscurum*, \* *Helianthemum alpestre*, \* *Viola calcarata*, \* *Gentiana lutea*, \* *Horminum pyrenaicum*, \* *Plantago montana* \* *Scabiosa lucida*, \* *Centaurea Rhaponticum*, \* *Crepis alpestris*.

<sup>2)</sup> Ces 16 espèces sont précédées d'astérisques dans la liste précédente.

<sup>3)</sup> Ce sont les : *Carex microglochin*, *Juncus arcticus*, *Allium Victorialis*, *Viola pinnata*, *Campanula thyrsoidea*, *Erigeron neglectus*, *Crepis conyzifolia* (*grandiflora*) et *Crepis montana*.

période xérothermique et des intéressants problèmes que celle-ci soulève. Le cadre d'une simple conférence ne le permet pas. Nous croyons cependant en avoir assez dit pour faire comprendre aux naturalistes en général le sens dans lequel sont dirigées nos études actuelles, et le puissant intérêt qui s'attache aux recherches géobotaniques en vue d'élucider l'histoire des mouvements des flores de notre pays.

---

# Die postglaziale Einwanderung der Tierwelt in die Schweiz

von

Prof. Dr. F. ZSCHOKKE (Basel).

---

Die Tierwelt der Schweiz trägt heute den Stempel der allgemein verbreiteten Fauna Mitteleuropas. Wald und Wiese, See und Teich beherbergen eine Tiergesellschaft, deren Wohnbezirk sich weit ausdehnt, und manche ihrer Vertreter führen mit Recht den Namen von Weltbürgern.

Aus diesem über weite Räume sich erstreckenden Meer einer beinahe kosmopolitischen Fauna aber, erheben sich, zerstreuten Inseln vergleichbar, engbegrenzte Bezirke kleiner Sonderfaunen. Oft handelt es um einzelne eingestreute Arten, oft aber auch um mehrere Formen, die zu einer Tiergesellschaft zusammengefügt, sich nach Herkunft, Bau und Lebensweise mehr oder weniger scharf abheben von der faunistischen Umgebung.

Solche Kolonien fristen ihr Leben gewöhnlich an Stellen von speziellen äußeren Bedingungen. Besonders begünstigen extreme Jahrestemperaturen, hohe oder tiefe, das Vorkommen dieser Fremdlinge. Aber auch die geologische Beschaffenheit und Geschichte des Ortes scheint für die Entstehung und Erhaltung der Inseln von nicht geringer Bedeutung zu sein. Es muten die fremdartigen Einsprengungen in die Tierwelt der Schweiz an, wie zurückgelassene Reste einer Vergangenheit von anderem klimatischem und geologischem Gepräge. Nach ihrer Zusammensetzung indessen, ihrem faunistischen Charakter,

gehen die heterogenen Einschlüsse in der Schweizerfauna weit auseinander.

Längst schon wandte sich die Aufmerksamkeit der Forscher und der Laien auf die nordischen und arktischen Elemente in unserer Tierwelt. Sie bevölkern die Burg der Hochalpen und den Norden Europas, um im Zwischengebiet zu fehlen, oder doch nur in vereinzelt Refugien von nordisch-glacialem Charakter, im kalten Quellwasser der deutschen Mittelgebirge, auf Dünen und in Mooren in weit auseinander gerissenen, kleinen Beständen aufzutreten.

Auf den Kämmen und an den Hängen der Alpen kehren die Schneehühner und Schneehasen Skandinaviens wieder; die lebendig gebärende Eidechse steigt auf einsam gelegene Firninseln, sie bevölkert in Zentraleuropa die Horste der Mittelgebirge und dringt, ihren Schwesterarten weit voraneilend, gegen den Nordpol vor.

Auch in dem großen Heer der landbewohnenden wirbellosen Tiere ist gewissermaßen die Erinnerung von früherem faunistischem Zusammenhang zwischen arktischem Norden und zentraleuropäischem Hochgebirge nicht erloschen. In Lappland, Skandinavien und Grönland leben die nächsten Verwandten hochalpiner Landschnecken; die Käfer des Oberengadins und des Wallis bevölkern Nordrußland und Skandinavien, und auf den Blütenkelchen der Alpenflora, auf den nordisch-alpinen Pflanzen glazialer Torfmoore und Moränen des Flachlandes, wiegen sich die Falter Nordsibiriens und der europäischen Arktis.

Neuere Beobachtungen haben das Bild faunistischer Konvergenz der weit auseinander liegenden Ländergebiete noch erweitert und vertieft. *Carl* weist auf den hochnordischen Charakter der meisten von ihm in der Schweiz gesammelten Springschwanz-Arten hin, und *Faes* fand unter den Tausendfüßern des Wallis eine Reihe sonst nur aus Norddeutschland, Schottland, Dänemark und Skandinavien bekannter Formen.

Vor allem aber brachte in jüngster Zeit das immer reger werdende Interesse an der Organismenwelt des Süßwassers, die immer sorgfältiger durchgeführte Durchsuchung von See, Teich, Fluß und Bach eine unerwartete Bereicherung unserer Kenntnisse über den Zusammenhang der Tierwelt des Nordens und der Schweiz. Was seit längerer Zeit für die Edelfische unserer Gewässer, die Forellen, Saiblinge, Felchen bekannt war, ihr nordischer Ursprung, scheint auch für die niedere aquatile Tierwelt zu gelten. Vier oder fünf Lokalitäten des uns umgebenden Süßwassers beherbergen heute noch Kolonien nordischer Tiere: die dunkle und kalte Tiefe der großen subalpinen Seebecken, die freien Wasserschichten, die dem Plankton zum Tummelplatz dienen, die mit reicher Hand durch das ganze Alpengebiet ausgestreuten Hochgebirgsseen, die das Schmelzwasser des Gletschers speist, der schäumende Gebirgsbach und die tief temperierte, unterirdische Wasserader.

Strudelwürmer, Wassermilben, niedere Krebse und wohl auch einige Borstenwürmer vertreten in den Tiefen des Leman, des Vierwaldstätter- und Neuenburgersees den Norden und seine Tierwelt. Schon liegen einige Anzeichen vor, daß das ganze Heer der von *Penard* im Grundschlamm entdeckten typischen Tiefenrhizopoden auch nordisch weite Verbreitung besitze.

Seit den in die neueste Zeit fallenden Untersuchungen *G. Burkhardts* in der Schweiz, *Steuers* in Oesterreich, *Wesenberg-Lunds* und *Sven Ekmans* in Dänemark und im skandinavischen Norden und Gebirge kann kaum noch ein Zweifel bestehen über die enge Zusammengehörigkeit der niederen Krebse der borealen Gebiete und der Gewässer Mitteleuropas, die einst unter dem Einfluß allgemeiner Vergletscherung standen. Das drückt sich in der Faunistik und Biologie so klar aus, daß *Ekman* mit vollem Recht die arktischen Gegenden und die Hochgebirge der nördlichen temperierten Zone in eine tiergeographische Region, die boreo-subglaziale, zusammenfaßt. Besonders die unge-

zählten Mengen freischwebender Krebse unserer Seen, die einen großen Teil des Planktons darstellen, sind nach ihrer Verwandtschaft und Lebensweise nordische Geschöpfe.

Im Gletschersee der Hochalpen, dessen Eisrinde nur für kurze Dauer sich löst, spielt sich unter arktischen Bedingungen polares Tierleben ab.

Extreme äußere Verhältnisse prägen dem schäumenden Gebirgsbach einen durchaus besonderen faunistischen Charakter auf. Kosmopoliten und Ubiquisten, die in den See in reicher Menge Einzug halten, meiden das tosende und stürzende Wasser. Der Wildbach bietet einer morphologisch und biologisch angepaßten und spezialisierten Tiergesellschaft Heimat. Zu seinen Bewohnern zählen, wie dies *Steinmann* zusammenstellt, eine Reihe nordischer Tiere. An Zahl von Arten stehen in dieser Schar die Wassermilben in erster Linie; es fehlen dem überfluteten Moos unserer Gießbäche aber auch nicht boreale Krebse und Würmer. Dabei verdient Beachtung, daß in den rasch fließenden Gewässern der Mittelgebirge auch hochalpine Arten ihren Wohnsitz aufschlagen, und daß sogar einige Tiere des Nordens und zugleich der großen und dunkeln Seetiefen das bewegte Wasser der Gebirgsbäche aufsuchen.

Der unterirdische Bachlauf endlich mit seiner nordischen Temperatur ist bereit, borealen Flüchtlingen Aufnahme zu gewähren. Soweit die noch dürftigen Untersuchungen Schlüsse gestatten, leben in den Höhlengewässern die Trümmer einer nordisch-glacialen Fauna.

So hätten wir Einblick in die Tatsache gewonnen, daß in die Fauna der Schweiz sich nordische Elemente einstreuen. Sie beleben in geschlossenerem Bestande terrestrisch das Hochgebirge; sie bilden inselartige Einsprengungen im Jura und Flachland, auf Torfmooren, vorzeitlichen Moränen und alten Gletscherböden, und sie drängen sich wie Verbannte zusammen im kalten Wasser der Seetiefen, der Gletscherweiher in den Alpen und des Sturzbaches.

Zu diesen nordisch-glacialen Tierinseln liefern das Gegenbild faunistische Oasen von der Sonne reichlich getroffener Südhänge. An solchen Halden, denen der Wald fehlt, und die sich durch Trockenheit und Aufspeicherung der Wärme auszeichnen, herrscht in der Schweiz kein Mangel. Die heißen Berghänge des Rhonetales bis über Sitten hinauf und zum Teil diejenigen seiner Seitentäler, die reben- und wiesenreichen Halden, die den Nordrand des Genfersees begleiten, die der strahlenden Sonnenwärme ausgesetzten nach Süden gerichteten Abfälle der Juraketten von Genf bis nach Schaffhausen, südlich, südöstlich oder südwestlich sich ausbreitende Berghalden der nördlichen Voralpen mögen als wenige Beispiele genügen. An solchen Oertlichkeiten sammelt sich eine eigentümliche Tiergesellschaft in meistens scharf umschriebenen, gegen die umgebende Fauna des Waldes und der feuchten Wiese deutlich sich abgrenzenden Kolonien. Allen ihren Vertretern ist die ausgiebige Sonnenbestrahlung erstes Lebensbedürfnis; alle, sogar die Schnecken unter ihnen, können Feuchtigkeit in hohem Grade entbehren, lange dauernde Epochen von Hitze und Trockenheit ungestraft überstehen. Sie bilden Wärme liebende, xerotherme oder xerophile Einschlüsse in der allgemein verbreiteten Tierwelt der Umgebung. Die nächsten Verwandten der xerothermen Elemente unserer Fauna leben oft in weit entlegener Ferne des Südens, Südostens und Südwestens.

Das isolierte Vorkommen südlicher Cicaden und Spinnen bei Innsbruck erwähnte schon *Kerner von Marilaun*; *Brunner von Wattenwyl* fiel in der Umgebung von Wien die Gegenwart echter Steppenheuschrecken auf, und *Bugnion* fand in der Talsohle des Wallis Kolonien südlicher Insekten der verschiedensten Ordnung. In einer Wiese mitten im sonnenreichen Rebgebiet des Genfersees entdeckte *Forel* die der Riviera entstammenden Ameisen *Camponotus aethiops*, *C. lateralis* und *Plagiolepis pygmaea* in Gesellschaft einer langen Reihe von für die heißen Südhalden typischen Gliederfüßern und Weichtieren.

Eine treffliche Behandlung der Frage nach dem Vorkommen, der Zusammensetzung und der historischen Bedeutung der xerothermen Kolonien in der Schweiz verdanken wir *Stoll*. Er zählt die Tiere auf, welche trockene Wärme aufsuchen, und so ergibt sich ein gar buntes faunistisches Bild. Die Schnecken finden darin Vertretung in einer Anzahl Arten der Gattungen *Helix* und *Pupa*, alles kleinere Formen mit weißlichen oder bräunlichen Gehäusen; zu ihnen gesellen sich die Bewohner heißer Kalkfelsen, das südliche *Cyclostoma elegans* und *Buliminus detritus*. Einige Spinnen des Südens und Südwestens gehören in die xerotherme Gesellschaft; besonders ausgiebig aber nehmen an ihrer Zusammensetzung Anteil die verschiedenen Ordnungen der Insekten; die Heuschrecken mit *Mantis religiosa*, der Gottesanbeterin, um nur ein Charaktertier zu nennen, Libellen und Neuropteren, Käfer und an sonnedurchglühten Sandhalden nistende Grabwespen und Bienen und die sie begleitenden Parasiten aus dem Stamm der Hymenopteren. Auf das Auftreten südlicher Ameisen am Genfersee wurde schon hingewiesen. Die Verbreitung von Schmetterlingen des Südens und Südostens beschränkt sich nicht etwa auf das mit dem Mittelmeerbecken in offener Verbindung stehende Tessin und auf die warme Talspalte des Wallis, selbst nördlich der Alpen fliegen auf sonnigen Wiesenhängen Falter des mediterranen Gebietes. Auch die wanzenartigen Insekten und die Fliegen scheinen der xerothermen Fauna typische Bestandteile zu liefern.

So darf wohl von einer besonderen, vielfach fremdartigen Tierwelt der abschüssigen, waldlosen Südhalde gesprochen werden. Spezielle klimatische Verhältnisse, Trockenheit und intensive Besonnung, führen dort eine tierische Gesellschaft zusammen, die sich wesentlich von der Fauna des Waldes und der flachen, vom Nordwind bestrichenen Wiese unterscheidet.

In den xerothermen Kolonien herrschen im allgemeinen die Vertreter des Südens und Südwestens vor, doch



fehlen auch nicht Faunenelemente des Ostens und Nordostens.

Gewissenhafte Nachforschungen der jüngeren Zeit zeigen, daß die Schweiz aus dem Osten schon vor langen Epochen faunistischen Zuzug erhielt, und daß die Tierwelt wohl auch heute noch nicht zum Stillstand gekommen ist. Auf diesem Wege mögen einige der langsam sich verbreitenden Schnecken, wie *Helix candicans*, unser Land erreicht haben.

Ein besonders anziehendes Beispiel nördlicher und östlicher Invasion aber bieten die niederen Crustaceen der stehenden Gewässer, vor allem die schwebenden und freischwimmenden Glieder des Planktons. Noch vor wenigen Jahren hielt man diese nach Bau und Lebensweise so mannigfaltigen Krebse für Weltbürger, ungeeignet irgend welchen Aufschluß zu geben über tiergeographische Probleme. Seit aber eine junge Schule von Zoologen der Schweiz und Skandinaviens nicht nur die Systematik, sondern auch die Biologie all' dieser niederen Organismen näher betrachtete, seit *Steuer* die Entomostraken der alten Donau bei Wien studierte und *Brehm* das Plankton der Seen der Ostalpen, sind gerade die im System tiefstehenden Krebse zu den beweiskräftigsten Stützen und Argumenten geworden, wenn es gilt, Zusammenhänge der Tiergeographie zwischen dem hohen Norden, dem fernen Osten und den zentraleuropäischen Alpenländern aufzudecken.

Die pelagisch in großen und kleinen Wasserbecken lebende Gattung *Diaptomus* bietet ein übersichtliches Bild west-östlicher Aufeinanderfolge der einzelnen Arten und des früheren Vormarsches der verschiedenen Formen in westlicher Richtung. Bis zur Limmat herrscht die wohl von Norden und Westen eingedrungene Art *D. laciniatus*; sie ist begleitet von *D. gracilis*, der östlich der Limmat in Gesellschaft des Rädertierchens *Asplanchna priodonta* die faunistische Führung im Süßwasserplankton übernimmt. In Steiermark aber und bei Pettau, östlich vom Bacher-

gebirge, verschwindet auch *D. gracilis* und das mit auftretende Rotator, um *D. Zachariasi*, dessen Herrschaft sich weit über Ungarn erstreckt, und *Asplanchna syrinx* den Platz zu räumen. Am Ostrand der österreichischen Alpen endlich, im Seengebiet von Lunz, findet *Diaptomus* Vertretung in der für die Karpathen typischen Form *D. tatricus*. *D. Zachariasi* und *D. tatricus* sieht *Brehm* als östliche Zuwanderer der letzten Interglacialzeit an, die sich zuerst weit nach Westen verbreiteten, später aber vor der Invasion nordischer Diaptomiden wieder nach Osten zurückwichen. *D. tatricus* speziell fand letzte Zuflucht am Ostrand der Alpen und in den Karpathen und geht heute, in einzelne Kolonien getrennt, die Wege lokaler Variation und Formenbildung.

Auf die Einwanderung der Tiere von Osten und Westen, aus Norden und Süden und auf das nicht immer friedliche Aufeinanderstoßen der verschiedenen Zuwanderer soll später noch kurz eingegangen werden. Einstweilen genüge der Ueberblick über die heutige Zusammensetzung der schweizerischen Tierwelt.

Aus der Niederung mit ihrer mitteleuropäischen Fauna von Wald und Wiese erhebt sich das ragende Hochgebirge. Es bildet die große und zusammenhängende Heimat alpiner und nordischer Tiere, die im Flachland und Mittelgebirge nur noch einzelne durch glaziale Vergangenheit und Geschichte ausgezeichnete Refugien bewohnen. Das tief temperierte Wasser der Seegründe, der Sturzbäche, der Höhlengewässer, der Schmelzwasserteiche wird belebt von stenothermen Kaltwasserbewohnern, und manche Ähnlichkeit verbindet diese glaziale Tierwelt mit der Fauna des hohen Nordens und des Gebirgs. An sonnigen und trockenen Südhängen dagegen, denen der Wald fehlt, fristet eine xerotherme Tiergesellschaft ihr Leben. Ihr genetischer Zusammenhang weist nach Süden und Südwesten, in gewissen Teilen aber auch nach Osten und Südosten.

Wie kam dieses faunistische Bild seit der letzten großen Vergletscherung zustande, unter welchen Umständen und woher hielten die heutigen Tiergesellschaften ihren Einzug in die Schweiz?

Ueber den Zustand der Fauna in den ersten Inter-glacialzeiten liegen sichere Daten kaum vor. In dem letzten Intervall zwischen zwei großen Vereisungsperioden mögen östliche und nördliche Zuwanderer verschiedener Art in unserer Gegend sich eingefunden haben. Das gewaltige neue Anschwellen der Gletscher aber vertrieb diese Tierwelt. Die Neubesiedlung setzt ein mit dem allmäligen Rückzug der Eismassen, der zu ihrer endlichen Einschränkung auf das Hochgebirge und den Norden führte. Von dort an datiert auch die tierische Wiederbevölkerung. Sie schließt sich an die Glazialzeit an und stellt sich in ihrem Verlauf und in ihrem faunistischen und zoogeographischen Charakter als eine notwendige Folge der durch die vorausgehende allgemeine Vergletscherung geschaffenen Bedingungen dar.

Vor Anbruch der Eiszeit lebte im Norden eine arktische Fauna; die Alpen und ihre Gewässer bevölkerten alpine Tiere. Das zwischenliegende weite Gebiet mit seinen ausgedehnten Süßwasserbecken beherbergte höheren Temperaturen angepasste Geschöpfe und widerstandsfähige, eurytherme Ubiquisten. Ueber die Wasserfauna der großen praeglacialen Seen, über ihre Cypriden und Daphniden besonders, haben fossile Einschlüsse in obermiocäne Mergelablagerungen genügendes Licht verbreitet.

Die Gletscher stiegen zu Tal und die Eismauern des Nordens bewegten sich nach Süden. Sie trieben die Tierwelt aus dem Gebirge in die Niederung, aus polaren Breiten in die gemäßigte Zone Europas. Die ursprünglich getrennten Faunenelemente der Alpen und der Arktis vermengten sich, und zu der so entstehenden Mischfauna gesellten sich die eurythermen Bewohner des vom Eis freibleibenden Gebiets, soweit es ihnen glückte, unter den veränderten Bedingungen ihr Leben weiter zu fristen. Von

der Mischung schlossen sich wohl nur wenige streng hochalpine und arktische Tiere aus; sie verließen nicht die Gletscherränder und ihre eisigen Schmelzwassertümpel.

Der vom Eis freibleibende Landstreifen zwischen den Gletscherstirnen trug den Charakter der nordischen Tundra, und der Tundra entsprach auch Zusammensetzung und Gepräge der großen und kleinen Tierwelt. An Arten und Individuen dürfte kaum Mangel geherrscht haben, und besonders das tieftemperierte aber thermisch viel mehr als die Luft ausgeglichene Wasser wird eine Heimstätte für eine mannigfaltige Gesellschaft von Kaltwassertieren gewesen sein.

Die Gletscher fluteten endlich zurück nach den Kämmen der Gebirge und gegen den Pol. Ihrem Rückzug und ihren häufigen Versuchen neuer Vorstöße folgte die alpin-arktische Fauna aus der sich allmählig erwärmenden Ebene Zentraleuropas. So erhielten der arktische Norden und das Hochgebirge gemeinsame Bewohner, Abkömmlinge der glazialen Misch- und Tundrafauna. Jeder der beiden weit getrennten Bezirke aber nahm auch besondere, rein arktische oder rein hochalpine Flüchtlinge auf. In der Ebene verschwand die glaziale Tierwelt, oder fristete ein kümmerliches Dasein an einzelnen Oertlichkeiten, die ihren eiszeitlichen Charakter mehr oder weniger treu bewahrten. In den Mittelgebirgen öffneten sich für einzelne Kolonien alpin-arktischer Tiere Refugien von engbegrenztem Umfang.

Auch die eiszeitliche Tierwelt des Süßwassers floh nach Norden und stieg empor in die Gebirge, in die kleinen Hochseen, die der Gletscher speist. Sie lieferte die Elemente für das Kälte liebende und lichtscheue Plankton der großen subalpinen Seebecken und fand in denselben Wasserbehältern im Schlamm der dunkeln und kalten Tiefe eine letzte Zuflucht.

Fast am reinsten aber lebt der glaziale Faunencharakter im schäumenden Gebirgsbach weiter, der mit seinen



extremen Bedingungen die Ubiquisten ausschließt, den zersprengten Resten einer Fauna kalter Zeiten aber eine willkommene Zufluchtsstätte öffnet. Auf Grund faunistischer und biologischer Erwägungen kommt *Steinmann* geradezu zum Schluß, daß alle echten Gebirgsbachtiere, die heute der Ebene fehlen, als Glazialrelikte aufgefaßt werden müssen.

Die Bäche aber wiesen den zersprengten Eiszeittieren den Weg in die äußersten Refugien, in die Sackgassen der Quellen und der unterirdischen Wasserläufe. So entstanden die auseinandergerissenen Kolonien von *Planaria alpina*, die kleinen Gesellschaften der Bythinellen, die in den kühlen Waldquellen der Mittelgebirge isoliert die Pfade spezifischer Differenzierung wandeln.

Die Glazialzeit brachte unserer Fauna auch die nordischen Salmoniden und Trüschchen. Ihnen dienten als regelmäßig beschwommene Wanderstrassen die kalten Schmelzwasserströme. Mit der Abnahme des Wasserreichtums nahmen Forellen, Saiblinge und Felchen in unseren Gewässern ständigen Aufenthalt und nur der gewaltige Schwimmer Lachs durchmißt noch jährlich die reißender gewordenen Ströme in gesetzmäßiger, in ihren ersten Anfängen auf die Eiszeit zurückreichender Wanderung.

Das die nördlichen Meere auf weite Strecken ausüßende Schmelzwasser bot manchen marinen Tieren Gelegenheit zum Uebergang in wenig salziges Wasser und zum Vordringen in den Kontinent. Auch diese Tierwelt flutete bis in unser Land und ihre letzten Spuren leben heute zum größten Teil in der Tiefe der Gewässer weiter, als Turbellarien und Cytheriden von marin-nordischem Anstrich.

Nicht nur das Vorkommen und die geographische Verbreitung läßt einen Teil unserer Fauna als Ueberrest einer glazialnordischen Tierbevölkerung deuten, biologische Erscheinungen erlauben denselben Schluß. Sie erklären sich ungezwungen durch die Annahme arktischen Ursprungs

gewisser Elemente der umgebenden Tierwelt. So weist die heute noch manchen Tieren anhaftende Fähigkeit winterlicher Fortpflanzung und Laichablage auf die Zeiten ausgedehnter Vergletscherung zurück; die Lichtscheu des tierischen Planktons findet Deutung als eine sekundäre Eigenschaft, erworben durch die Gewohnheit, die kalten d. h. tiefen und dunkeln Wasserschichten aufzusuchen. Degenerationserscheinungen im wärmeren Wasser, Veränderungen in der Vermehrungsweise und im jährlich sich abspielenden Cyclus, Verlust der zweigeschlechtlichen Fortpflanzung und Bildung von Lokalrassen gehören zu den biologischen Erscheinungen, welche die tiergeographischen Schlüsse über den Zusammenhang der niederen Crustaceenfauna des Nordens und der alpinen und subalpinen Region mächtig unterstützen.

So erklärt sich die Einsprengung arktisch-hochalpiner Tierinseln in die Fauna Mitteleuropas und besonders der Schweiz verhältnismäßig leicht, als eine notwendige tiergeographische und biologische Folge der Gletscherzeit.

Schwieriger mag die Beantwortung der Frage nach der historischen Bedeutung der xerothermen Kolonien trockener Südhänge erscheinen.

Doch schwinden auch hier die Schwierigkeiten vor dem Gewicht der Funde, die darauf hinweisen, daß während des Rückgangs der Gletscher auf die Zeit der nordischen Tundra eine Epoche der Steppen mit trockenem, kontinentalem, wärmerem Klima folgte. In der postglacialen Säugetierwelt, vom Schweizersbild und im Kesslerloch bei Thayingen, die *Rütimeyer*, *Studer*, *Nuesch*, *Hescheler* u. a. untersuchten, liegen die Reste sowohl hochnordischer Geschöpfe, wie typischer, subarktischer Steppenbewohner, deren Existenz an waldlose, weite Flächen gebunden war. Dabei bleibt die noch offene Frage für uns einstweilen ohne Bedeutung, ob die Periode von Tundra und Steppe sich zeitlich scharf voneinander absetzte, oder ob die beiden verschiedenen Formationen wenigstens zeitweise nebeneinander

bestunden. Der Tierwelt der Tundra entstammen die Knochentrümmer von Eisfuchs und Schneehase, von Lemming und Mammut, von Renntier und Schneehuhn; die Steppe bevölkerten Ziesel und Hamster, Pferd und Wildesel.

*Nehring* nimmt an, daß die Versteppung der Tundren nach der Haupteiszeit sich vollzog. Die charakteristische Tier- und Pflanzenwelt der Steppen soll sich, nach dem genannten Autor, zwischen der zweiten und dritten oder letzten großen Vereisung aus dem Osten nach Mitteleuropa bewegt haben. Sie überdauerte mit vielfacher Einschränkung die Glazialperiode, hielt sich nach dem Abschluß derselben noch längere Zeit und flutete dann, unter Zurücklassung von Relikten, ostwärts zurück. In diese Zeit würde wohl auch das von *Brehm* nachgewiesene Vordringen von Planktontieren in die subalpinen Wasserbecken in der Richtung von Osten nach Westen fallen.

Wie dem auch sein möge, die subfossilen Funde und die Daten der Phytogeographie deuten darauf hin, daß zwischen den Schluß der Vereisung und Tundrabildung und die Jetztzeit mit ihren Wäldern sich eine Periode der weiten, baumlosen Fluren, der Steppen, einschob. Es herrschte ein „xerothermes“ Klima im Sinne *Briquets*, kontinental, trocken und warm.

Ohne weiteres erhebt sich nun die Frage, die *Stoll* in seiner Abhandlung „Ueber xerothermische Relikten in der Schweizer Fauna der Wirbellosen“ prüft, ob die wärmeliebenden Tierkolonien der waldlosen Südhänge nicht etwa letzte Ueberreste einer früher weiter verbreiteten Fauna seien. So erhalten die xerophilen Tierinseln erhöhtes Interesse. Sie sind vielleicht Trümmer einer zur Zeit des warmen, trockenen Steppenklimas eingewanderten Welt von Organismen. Die Temperatur fiel, Wald überzog allmählig die Steppe, und mit ihm hielt auch die Waldfauna ihren siegreichen Einzug. Die Wärme und Trockenheit liebende Tierwelt unterlag; nur an Oertlichkeiten mit xerothermen Bedingungen, an den wasserarmen Südhängen

des Juras, an den Rebenhügeln des Genfersees, in der heißen Talfurche des Wallis, hielt sie Stand in weit auseinander gesprengten Beständen.

Wie früher die kalte und feuchte Tundra ihre Relikte in der Schweizer Fauna zurückließ, im Hochgebirge und im eisigen Wasser, so nun auch die trockene, warme Steppe.

Gestützt auf seine sorgfältigen Untersuchungen kommt *Stoll* zum Schluß, daß „keine zoogeographischen Daten vorliegen, die gegen die Existenz einer besonderen, xerothermischen Klimaperiode sprechen, wohl aber eine Reihe von Tatsachen, die eine solche höchst wahrscheinlich machen“. Dafür spricht der Fund der fossilen Steppenfauna am Schweizersbild, die Gegenwart blühender Kolonien südlicher Tierformen im Wallis und am Genfersee, das regelmäßige Auftreten xerophiler Tiergesellschaften von südlichem Habitus an thermisch besonders ausgezeichneten Lokalitäten, an Süd- und Südwesthalden der Schweiz. Für viele dieser Tiere wäre eine Einwanderung unter den heutigen klimatischen Verhältnissen an ihre jetzigen, isolierten Standorte ausgeschlossen.

Die von ihren südlichen Stammesgenossen weit getrennte xerotherme Tiergesellschaft des Wallis muß in vergangenen Zeiten größerer Trockenheit und Wärme den Weg längs des Genfersees durch das Tor von St. Maurice gefunden haben. Längst aber ist die xerotherme Brücke, die einst Wallis mit Südfrankreich verband, zusammengestürzt. Als ein letzter Zwischenpfeiler erhebt sich etwa noch der trockene Wiesenhügel am Genfersee, auf dem *Forel* die südlichen Formen von Ameisen fand. Die abgetrennte Kolonie im Wallis aber fand Zeit, den Weg der Varietätenbildung zu beschreiten.

Für einen großen Teil der xerothermen Zuwanderer mag die weite Pforte am Lemman, zwischen Jura und Alpen, das Eingangstor gebildet haben. Der dort einflutende Tierstrom läßt sich vom Genfersee bis zum Rheintal verfolgen.



Aber auch der Osten sandte, wie gezeigt wurde, zur Zeit der Versteppung Sendlinge für Festland und Wasser westwärts. Vielleicht wählten manche der Ankömmlinge gleichzeitig die Straße aus Nordosten und aus Südwesten.

Die Zunahme der Feuchtigkeit und die Abnahme der Wärme, neue klimatische Schwankungen also, riefen einer allmählichen Ausdehnung gewaltiger Wälder. Damit entschied sich das Schicksal, der Rückgang und teilweise Untergang der xerothermen Tierwelt, und öffneten sich auf allen Seiten weit die Tore zum Einzug der mitteleuropäisch-zentralasiatischen Waldfauna. Sie beherrscht heute die Schweiz. Ihr gehört, mit Ausnahme weniger abgeschnittener Relikteninseln früherer Faunen, die Hochebene und der Jura; sie versuchte auch zu verschiedener Zeit und an verschiedenem Ort mit wechselndem Glück in das Hochgebirge vorzudringen.

Aber noch nicht sind diese neuesten und jüngsten Tierströme zum Stillstand gelangt, noch ist die Besiedlungsbewegung in Fluß, und die Ankömmlinge von Westen und Osten, von Norden und Süden haben noch nicht alle das ganze Territorium erobert. Eine allgemeine, gleichmäßige Mischfauna ist noch nicht entstanden. Besonders langsam sich bewegende, flügellose Festlandbewohner, Schnecken, Spinnen, Tausendfüßer befinden sich noch auf dem Vormarsch.

Vom Mittelmeer her schickt der Süden seine Sendboten in das offenliegende Tessin. Mediterrane Eidechsen, Schlangen und Frösche, begleitet von südlichen Mollusken, von Skolopendern, Skorpionen und Insekten der Mittelmeergegenden prägen der Tessiner Tierwelt einen fast xerothermen Charakterzug auf.

Die Waldschnecke *Tachea sylvatica* sucht von Westen kommend die Aarelinie zu überschreiten, *Helix zonata* steht im Bergell an ihrer Ostgrenze, während *H. rhaetica* und *H. obvia* umgekehrt auf ihrer Reise nach Westen den Osteingang der Schweiz, die Malserheide, Martinsbruck

und Tarasp erreicht haben, und *Campylaea ichthyomma* ihre Vorposten bis nach Churwalden vorschob.

Ueber die Pässe Graubündens und Wallis, sofern sie nicht Firn und Eis ungangbar machen, über die Schwelle der Maloja, den tiefen Sattel des Ofenpaß, die alte Völkerstraße des Simplon, über den St. Bernhard und Col Ferret, ziehen, wie *Faes*, *Rothenbühler* und *Carl* zeigen, in stetem, langsamem Zug Tausendfüßer des Südens und Südostens.

Eine faunistische Grenzlinie, die in den Alpen Graubündens die landbewohnenden Zuwanderer von Osten von der westlichen Tierwelt trennt, hat in klarer Weise *Carl* festgestellt. Er stützt sich dabei auf das Vorkommen der wenig beweglichen und von klimatischen Bedingungen in hohem Grade abhängigen Diplopoden, einer Gruppe der Tausendfüßer. Als Wall zwischen westnördlichen und ostsüdlichen Vertretern der genannten Abteilung erheben sich die Bergketten, welche das Inntal im Nordwesten begrenzen. Jenseits dieser Linie, zwischen Albula und Tödi, am Oberrhein und in seinen Seitentälern, liegt eine Uebergangszone. In ihr mischen sich die Diplopoden aus dem Westen und Norden mit den äußersten Vorposten aus Norditalien und Südostösterreich.

Der Schluß, den die Verteilung der Tausendfüßer im bündnerischen Hochgebirge erlaubt, nämlich auf die Existenz einer faunistischen Scheidelinie zwischen Inn und Rhein, findet seine Stütze im geographischen Verhalten anderer Landbewohner, der Schmetterlinge und Heuschrecken. Die von Osten her vorgeschobenen Posten dieser verschiedenen Tiergruppen stehen im Engadin und auf der Lenzerheide im Herzen Graubündens. Manche der östlichen Zuwanderer haben den Schweizerboden nicht erreicht. So lebt der einzige Landbutegel Europas, *Xerobdella lecomtei*, in Steiermark und Niederösterreich, auf den kahlen Felsenplateaus des Karsts, in den karnischen und julischen Alpen und im Gebirgssystem der Karawanken. Er fehlt dem Hochgebirge von Tirol, der Schweiz und von Frankreich.

Dies mag umso auffallender erscheinen, als der Egel seine Blutnahrung bei einem im ganzen Alpengebiet weit verbreiteten Wirt, dem schwarzen Bergsalamander holt.

Nicht immer fällt es leicht, die Ueberreste der alten xerothermen Steppenfauna von den neueren Einwanderern zu unterscheiden. Es wird noch mannigfacher faunistischer und systematischer Arbeit bedürfen, um die Ufer der verschiedenen Tierströme abzugrenzen, die seit dem Rückgang der Gletscher durch die Schweiz fluteten. Die postglaciale Besiedlungsgeschichte unseres Landes deckt sich mit der Geschichte seiner geologischen und klimatischen Verhältnisse. Diesen allgemeinen Satz im Einzelnen zu prüfen und zu stützen, bildet eine schöne Aufgabe für die Zukunft. Sie mag vor allem auch gewidmet sein, der jungen Generation schweizerischer Zoologen, die heute hoffnungsfreudig rings um uns aufwächst.

---

# ATLAS INTERNATIONAL DE L'ÉROSION

PAR

le prof. E. CHAIX (Genève).

---

Comme beaucoup d'entre vous, je fais, depuis de longues années, des photographies géophysiques pour mes études personnelles ou pour mon enseignement. Cela m'a fait faire diverses constatations qui m'ont amené à entreprendre la publication dont il va être question.

1° La plus belle description d'un phénomène physique vaut rarement une bonne photographie accompagnée de quelques mots d'explications ;

2° Chacun doit constater que ses meilleures séries de photographies scientifiques présentent des lacunes qu'il est difficile de combler ;

3° Il arrive parfois que l'on comprend mal la description d'un phénomène, ou que deux personnes désignent, sans s'en douter, sous un même nom deux phénomènes différents ;

4° Même quand on sait plusieurs langues, on ne comprend pas toujours bien ce que représente exactement une expression étrangère et on a de la peine à trouver un équivalent en français ;

5° Enfin tout professeur déplore l'impossibilité de se procurer de bons clichés diapositifs de tous les phénomènes géophysiques.

Pour combler les lacunes nos 1 et 2, il faudrait une *publication photographique* abordable pour tous et dont les documents fussent puisés à toutes les sources possibles.



Pour parer à la difficulté n° 3, il faudrait avoir quelque chose comme un dictionnaire géophysique avec photographies pour préciser ou même remplacer les définitions ; et il faudrait que cette publication fût polyglotte, pour remédier à la difficulté de traduction.

Enfin, pour le bien de l'enseignement, il faudrait qu'on pût se procurer tous ces documents *sur verre*.

Il va sans dire que toutes ces idées ne sont pas nouvelles, mais leur exécution n'a pas été complète :

Une des plus intéressantes séries de photographies géophysiques se trouve dans *La Terre* de M. A. Robin, — mais on ne peut pas se procurer ces beaux clichés pour projections lumineuses. Les botanistes ont des publications splendides, mais aussi sans le document sur verre. — En ce qui concerne la nomenclature, les modèles du genre sont l'*Atlas international des nuages*, de M. Riggenschach et ses collègues, et *Les Dislocations de l'Ecorce terrestre*, de MM. Alb. Heim et de Margerie, — mais sans documents diapositifs. — La Société de géographie de Chicago a lancé des séries de diapositifs, mais seulement météorologiques.

Bref, chacun sera d'accord, sans doute, que la publication de documents photographiques de géophysique est désirable. Mais comment y arriver ?

Il m'avait d'abord semblé que le Congrès de géographie de 1908 aurait pu entreprendre la chose, et c'est l'idée exposée dans l'article paru dans *Le Globe*, à Genève, 1907, *Utilité d'un Atlas international de l'Erosion*. Mais j'ai dû reconnaître qu'un travail de ce genre demandait une direction *personnelle*.

Les quelques géophysiciens auxquels j'en ai parlé ont approuvé l'entreprise et ont donné parfois d'excellents conseils. Mais je tenais beaucoup à une collaboration, que j'ai eu le plaisir d'obtenir : celle de M. le prof. J. Brunhes. Je savais, en effet, qu'il partageait la plupart de mes idées.

En outre il est venu une aide inattendue : un Genevois, ami de la géologie, approuvant l'idée de la publication, a mis à ma disposition une certaine somme pour commencer l'affaire. Peut-être obtiendrons-nous encore quelque aide du même genre.

En nous basant sur les photographies de phénomènes d'érosion que nous possédons (env. 300), nous avons adopté en gros le plan suivant (qui d'ailleurs sera peut-être modifié encore) :

I. Erosion ou destruction :

Simple désagrégation (plutôt mécanique) ;

Altération (plutôt chimique) ;

Ruissellement ;

Erosion (mécanique) par l'eau courante, la glace, la mer.

II. Dépôt ou construction :

Dépôt par chute simple ;

Dépôt remanié, par l'eau, par la glace ;

Dépôt dans l'eau tranquille.

Toutefois notre classement n'est pas un classement absolument *causal* ; nous nous basons autant que possible sur la *forme* sans vouloir préjuger la *cause*, d'autant plus qu'elle est souvent inconnue et que nos documents doivent justement servir à sa recherche.

En outre, à la fin de chacun des chapitres, nous réunissons quelques phénomènes complexes, pour amorcer les applications et études qui restent à faire : origine des vallées, combinaison de l'érosion et du dépôt, etc.

Notre but est donc de réunir des documents illustrant *le mécanisme de l'érosion et du dépôt* ; notre publication doit être une analyse des deux phénomènes ; cette étude des phénomènes *dans leur détail* servira d'introduction nécessaire à l'étude *morphologique générale*, dans laquelle nous ne ferons que de petites incursions.

Divers géographes préconisaient une publication de morphologie générale ou même de géophysique générale. Certes, c'est à cela qu'il faudrait arriver ; mais il faut un *commencement* en toute chose. M. Brunhes et moi possédons déjà un grand nombre de documents sur le mécanisme de l'érosion et du dépôt ; avec l'aide des collègues nous réunirons certainement toute la série nécessaire ; nous espérons vous montrer quelque chose dès l'année prochaine et parfaire la publication en deux ou trois ans. Pour une Morphologie ou une Géophysique générales, il faudrait infiniment plus de temps, et des épaules et des poches plus larges. Quelqu'un entreprendra peut-être un jour ce travail, et le nôtre se trouvera constituer deux chapitres de la plus grande œuvre.

Mais nous sollicitons vivement votre aide sous trois formes :

- 1° votre approbation et votre appui moral ;
  - 2° vos conseils ou indications pratiques ;
  - 3° la communication de vos photographies des phénomènes d'érosion et de dépôt, avec autorisation de les reproduire éventuellement sur papier et sur verre.
-

# LE PROBLÈME DE L'ÉROSION ET DU SURCREUSEMENT GLACIAIRES

PAR

le prof. Dr JEAN BRUNHES.

---

Recouvrant tous les faits de structure et se liant à tous les faits de démolition qui avaient préparé la morphologie actuelle des Alpes suisses et de la zone subalpine, les glaciers de l'époque quaternaire ont imprimé au sol helvétique de très visibles et généraux traits superficiels.

Il est impossible d'entreprendre aucune étude de sciences naturelles se rapportant à la Suisse sans tenir compte des faits glaciaires, et cette assemblée nous a montré d'une manière précise à quel point les géologues, botanistes et zoologistes se préoccupent à bon droit des destinées imposées à la partie de la terre émergée que nous habitons, par les quatre grandes glaciations. A fortiori, les géographes, dont le dessein premier est d'expliquer la forme du terrain, doivent-ils s'efforcer avant tout de discerner, dans le paysage et dans la structure terrestre, ce qui incombe à l'action glaciaire.

Je ne rappellerai pas ici les débuts de la glaciologie. Je me contenterai d'évoquer les grands noms de Charpentier, Venetz, Agassiz, et je mentionnerai surtout la perspicacité divinatrice de Jean-Pierre Perraudin, de ce paysan de Lourtier, qui observa tout à la fois les phénomènes de transport et les phénomènes d'usure par les glaciers. Dans



la brève et dense notice que notre collègue et ami, M. F.-A. Forel a consacrée à ce précurseur, il a reproduit les deux fragments documentaires les plus significatifs, et je me permets de vous les citer à mon tour :

Le premier est une page authentique de Charpentier :

« La personne que j'ai entendue pour la première fois émettre cette opinion (l'hypothèse qui attribue à des glaciers le transport des débris erratiques) est un bon et intelligent montagnard nommé Jean-Pierre Perraudin, passionné chasseur de chamois, encore vivant au hameau de Lourtier, dans la vallée de Bagnes. Revenant, en 1815, des beaux glaciers du fond de cette vallée, et désirant me rendre le lendemain dans la montagne de Mille au Saint-Bernard, je passai la nuit dans sa chaumière. La conversation durant la soirée roula sur les particularités de la contrée et principalement sur les glaciers qu'il avait beaucoup parcourus et qu'il connaissait fort bien. Les glaciers des montagnes, me dit-il alors, ont eu jadis une bien plus grande extension qu'aujourd'hui. Toute notre vallée jusqu'à une grande hauteur au-dessus de la Dranse a été occupée par un vaste glacier qui se prolongeait jusqu'à Martigny, comme le prouvent les blocs de roche qu'on trouve dans les environs de cette ville et qui sont trop gros pour que l'eau ait pu les y amener. Quoique le brave Perraudin ne fit aller son glacier que jusqu'à Martigny, probablement parce que lui-même n'avait peut-être guère été plus loin, et quoique je fusse bien de son avis relativement à l'impossibilité du transport des blocs erratiques par le moyen de l'eau, je trouvai néanmoins son hypothèse si extraordinaire, si extravagante même, que je ne jugeai pas qu'elle valût la peine d'être méditée et prise en considération ».

Le 2<sup>me</sup> document est écrit par Perraudin lui-même :

« *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 val-lons) et dont je ne connaissais pas la cause, après bien des 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 moins 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 J.-P. Perraudin <sup>1)</sup>.

Depuis lors, les naturalistes ont fait plus qu'observer les actions de détail des glaciers, ils ont tenté surtout de juger leur œuvre d'ensemble, et tour à tour cette œuvre est apparue comme plus grande, puis comme plus restreinte. Après avoir mis au compte des glaciers une part prépondérante du travail de démolition et d'érosion de nos régions montagneuses, les géographes ont été plutôt tentés de réduire le rôle démolisseur des glaciers et ils en ont fait par excellence des agents conservateurs du modelé. L'opinion générale en était là lorsqu'en 1899 le professeur Penck, alors professeur à l'Université de Vienne, aujourd'hui professeur à l'Université de Berlin, l'un des plus méthodiques explorateurs des Alpes et le maître de toutes les études de topographie glaciaire, profita du Congrès géographique international de Berlin pour attirer l'attention des observateurs sur l'importance du travail opéré par les glaciers. Les glaciers ont « surcreusé » les Alpes. Le mot était nouveau, ce mot d'*Übertiefung* que Kilian a très heureusement traduit par « surcreusement »; et l'on peut dire aussi que l'idée était nouvelle; à l'heure où elle fut si vigoureusement exprimée et si habilement défendue, elle était révolutionnaire. Depuis huit ans, géographes et glaciologues des Etats-Unis et des pays euro-

---

<sup>1)</sup> F.-A. Forel, *Jean-Pierre Perraudin* (Bul. Soc. Vaudoise Sc. nat., XXXV, n° 132).

péens ont multiplié les recherches et les discussions pour élucider le problème du vrai rôle joué par les glaciers.

Penck et Brueckner viennent de nous donner l'énorme ouvrage *Die Alpen im Eiszeitalter*<sup>1)</sup> qui est la condensation de toutes les études fragmentaires sur le glaciaire des Alpes et en même temps le dossier original de leur propre théorie. Pour eux, les glaciers ont été les principaux facteurs de l'approfondissement des vallées alpines et, dans le glacier, c'est la glace qui est elle-même le facteur principal de l'arrachement et du surcreusement.

Que faut-il penser de cette thèse qui a été si féconde et comment pouvons-nous comprendre aujourd'hui le mécanisme destructif du travail par le glacier ? C'est à ces questions que je voudrais répondre le plus brièvement possible en examinant d'une manière critique les traits essentiels de la morphologie glaciaire. Après avoir soumis à l'analyse critique les faits caractéristiques généraux de ce modelé, je grouperai quelques faits morphologiques sporadiques mais qui n'en sont pas moins typiques et qui possèdent à ce titre une valeur exceptionnelle.

## I.

### Faits caractéristiques généraux de la morphologie glaciaire.

Si nous réduisons à l'essentiel les caractères de la morphologie des vallées glaciaires, nous pourrions les ramener à trois chefs :

1°. — Le profil transversal de ces vallées est en U. Tandis que les vallées torrentielles toutes fraîches se tra-

---

<sup>1)</sup> Huit livraisons de ce grand ouvrage ont déjà paru à Leipzig, chez Tauchnitz : l'impression et l'illustration sont dignes du texte. Voir l'excellent article synthétique publié sur la partie suisse de ce livre par M. Paul Girardin, sous le titre, *Le modelé du Plateau suisse à travers les quatre glaciations* dans la *Revue de géographie annuelle* du prof. Vélain, I, 1906-1907, p. 339-371.

duisent en coupe verticale par un V très aigu et se traduisent aussi en plan par des courbes topographiques dessinant des V très aigus vers l'amont, les grandes vallées glaciaires comme la vallée du Rhône, la vallée de l'Aar, la vallée du Rhin, etc., se traduisent en coupe comme en plan par des U.

2°. — Le profil longitudinal d'une vallée glaciaire est un profil en escaliers. Tandis que le cours d'eau arrivé à maturité se rapproche de plus en plus du profil longitudinal régulier qui sera le profil d'équilibre, le glacier laisse à découvert après son retrait une vallée qui se décompose en paliers successifs. A chacun de ces paliers correspond même le plus souvent une topographie à courbes fermées, et l'on sait par ailleurs que cette topographie à courbes fermées est le trait caractéristique par excellence de la topographie des grands espaces, comme la Finlande ou le Norddeutsches Flachland, qui ont été longtemps occupés par une calotte glaciaire.

3°. — Lorsque le glacier s'est retiré et que ses glaciers affluents se sont retirés aussi, on découvre un manque de correspondance entre le plafond des vallées affluentes et de la vallée principale. Tandis que la correspondance des niveaux résultant de l'érosion régressive paraît être le cas normal des confluent des réseaux hydrographiques, la discordance apparaît au contraire comme un fait de morphologie glaciaire. Cette différence de niveau au confluent est appelée par Penck *Mündungsstufe*, et nous avons proposé de l'appeler en français « gradin de confluence ».

Tous ces faits se rencontrent avec une étonnante et normale régularité dans tous les grands sillons alpins qui ont été les lits de grands fleuves de glaces, et ce sont bien en vérité des marques distinctives de la sculpture déterminée par les glaciers eux-mêmes.

Mais ces faits sont-ils aussi spécifiquement et exclusivement glaciaires qu'on semble le supposer? Sans nier, encore une fois, leur généralité et leur valeur expressive, nous voudrions, par une sorte de critique interne démon-



trer qu'il n'y a peut-être pas entre les procédés de travail du glacier et les procédés de travail des eaux courantes autant d'opposition ni une aussi forte antinomie qu'on le prétend.

Constatons d'abord qu'en bien des points, le travail torrentiel et le travail proprement glaciaire voisinent et se mêlent. Là où des glaciers ont longtemps séjourné et où il ne se trouve pas aujourd'hui de cours d'eau défini, là, par conséquent où la morphologie est restée à peu près identique à celle qu'elle était sous la glace du glacier, nous découvrons des faits authentiques d'action torrentielle. Que sont en effet ces énormes marmites du *Gletschergarten* de Lucerne ou du seuil de Maloja sinon les effets des mouvements tourbillonnaires des eaux ruisse-lantes? On les appelle *Gletschermühlen*; mais ces « moulins de glaciers » ne sont que des moulins d'eaux tourbillonnant.

Reprenons l'un après l'autre les traits regardés comme caractéristiques de l'action glaciaire.

1°. *Profil transversal en U*. — Voici comment nous analysions les détails de ce type de profil en U dans un mémoire récent :

« Transportons-nous dans une vallée très nettement surcreusée, comme la vallée de la Lütschine Blanche à Lauterbrunnen, au pied du massif de la Jungfrau, et considérons le trog ou l'auge de cette vallée glaciaire en face de cette cascade du Staubbach que nous citions précisément tout à l'heure. Quels sont les deux éléments qui produisent la forme en U? Des parois verticales dans le haut, et vers le bas des pentes de puissants éboulis, dont les parties inférieures ont été çà et là reprises, remaniées et étalées par les eaux de ruissellement, terminant ainsi la pente normale raide de l'éboulis par la pente normale beaucoup plus douce du cône de déjection. Examinons chacun de ces éléments topographiques ou morpho-





a) FRONT DU  
GLACIER DE  
SAAS FEE o o  
(VALAIS) o o



Le glacier s'est partagé en deux bras qui ont laissé subsister entre eux une longue échine rocheuse qui porte le nom de *Lange Fluh*. — De plus en avant de la langue droite du glacier (partie gauche de la figure), on constate, avec une très grande netteté, comment les eaux torrentielles sous-glaciaires de cette langue concentrées en deux chenaux latéraux principaux, travaillent elles-mêmes à leur tour à mettre en saillie une bosse rocheuse secondaire.

b) CONFLUENCE  
DU GLACIER DE  
VUIBEZ ET DU  
GLACIER D'AROLLA  
(VALAIS)



A son point terminus là même où il rejoint le glacier d'Arolla (dont on voit bien vers le bas sur la figure la structure en bandes alternantes), le glacier de Vuibez a laissé en saillie vers le centre une énorme bosse de roche en place.







Le glacier d'Aletsch, en se réduisant de volume et en se retirant, a laissé à découvert des parties de son lit récent non seulement en avant de son front actuel, mais encore parfois sur le côté même du trog dans lequel il est logé; c'est ainsi qu'en descendant de Belalp et en abordant le glacier par sa rive droite, on traverse d'abord un lit latéral que les glaces n'occupent plus aujourd'hui et qui se trouve séparé du lit principal par une longue échine longitudinale de roche en place.

(Photographie de M. Jean Brunhes, 1906.)



logiques : les courbes des pentes dues soit aux éboulis soit au ruissellement n'ont rien de spécifiquement glaciaire ; et quant aux parois des falaises verticales, elles ne sont pas ou ne sont plus moutonnées ; elles ont cette irrégularité scoriacée qui résulte de l'éboulement et de l'écroulement. Donc si la forme d'ensemble du profil transversal est celle de l'auge, cette forme glaciaire résulte de la juxtaposition de deux parties qui n'ont rien de proprement glaciaire.

« Transportons-nous en un autre point des Alpes suisses, dans cette portion de trog glaciaire de la vallée de l'Aar qui est comprise entre la gorge de l'Aar et le lac de Brienz, entre Meiringen et Brienz, et que l'on peut si aisément dominer, puis juger, soit du haut du Kirchet, soit de la route du Brünig, soit de la chute supérieure du Reichenbach. Or comment est constitué ce trog typique, plus large et à fond plus plat que le précédent ? Le fond plat qui produit la base horizontale de l'U résulte du colmatage de l'Aar, et de toute évidence, c'est un élément morphologique fluvial. Quant aux deux parois donnant les branches de l'U, elles sont moins simples, plus hautes et plus étagées qu'elles ne l'étaient dans la vallée de la Lütchine Blanche à Lauterbrunnen : elles se composent de petits méplats séparés par des à-pic ; or, les méplats sont interprétés comme des lambeaux de terrasses glaciaires tandis que les parois des à-pic, sans porter aucune trace glaciaire, sont encore des parois d'écroulement. Et cette analyse nous conduit à cette conclusion inattendue : c'est que les éléments de la forme générale en U qui caractérisent le plus nettement l'U, c'est-à-dire la base horizontale et les branches verticales, ne sont pas glaciaires, tandis que les petits paliers échelonnés aux flancs des parois et qui interrompent la verticalité de ces falaises sont les seules portions du profil transversal qui représentent l'authentique morphologie glaciaire. Et ce que nous disons de la vallée de l'Aar, nous pourrions le dire



de la vallée du Rhône, de la vallée de l'Isère, de la vallée de l'Inn, de la vallée de l'Adige. Toutes ces grandes auges glaciaires ne sont constituées en auges caractérisées que par des éléments morphologiques qui relèvent de l'érosion des eaux courantes et des suites normales de cette érosion » <sup>1)</sup>).

Mais allons plus loin. Certaines formes de vallées fluviales très jeunes se caractérisent aussi par un profil en U; tous ces lits de cours d'eau engagés et enfoncés dans des roches assez résistantes et qui portent le nom de canyon, — canyons du Colorado, du Tarn, de la Sarine, — sont constitués par un fond approximativement horizontal entre deux rives à peu près verticales, et le profil de ces vallées indiscutablement fluviales rappelle donc le profil en U des vallées ou des lits glaciaires.

2° *Profil longitudinal en escaliers.* — Or, toutes les vallées fluviales qui sont jeunes comme le sont nos vallées alpines se décomposent également en escaliers. L'action des glaciers a préformé cette morphologie en escaliers, mais des cours d'eau d'autres pays qui n'ont pas subi de glaciations nous révèlent que les cours d'eau commencent leur travail de régularisation du profil par étapes comme par saccades, et que le lit de tout cours d'eau jeune se décompose en un chapelet de biefs plus ou moins brusquement séparés les uns des autres.

Quant aux courbes fermées que nous rencontrons dans le dessin topographique des pays glaciaires, nous les rencontrons aussi dans le figuré détaillé des lits de nos rivières. Si nous dressons, en effet, des cartes à grande échelle de ces lits fluviaux, nous voyons à quel point la fosse creusée au pied de la rive concave d'un méandre s'exprime nécessairement par des courbes fermées. Et

---

<sup>1)</sup> *Erosion fluviale et érosion glaciaire* dans *Revue de géographie annuelle*, I, 1906-1907, p. 284-285.

jusque dans les plus petits ravins, dans les minuscules chenaux des eaux courantes, nous découvrons, à notre grande surprise, sur la topographie du fond, de fréquentes courbes fermées, Ayant étudié de près toute une série de petits chenaux élémentaires, j'ai tenu à relever avec la plus grande précision l'allure vraie du lit, et j'ai imaginé pour cela d'en prendre des moules authentiques à l'aide d'une cire végétale dite *cérésine* qui fût à la fois assez souple pour respecter les moindres détails et assez rapide à se durcir pour que l'opération ne fût pas trop compliquée. J'apporte ici toute une collection de reliefs en plâtre obtenus d'après ces moules<sup>1</sup>; et si nous examinons ensemble cette topographie-miniature, nous constatons que bien des tronçons de ces reliefs torrentiels qui sont ici en grandeur naturelle pourraient être aisément pris pour des levés topographiques de vallées glaciaires à  $1/25000$  ou à  $1/50000$ . Défions-nous, je le veux bien, de ces ressemblances très apparentes entre phénomènes d'aussi dissemblables dimensions, mais il n'en est pas moins vrai que, par l'analyse minutieuse des plus petits chenaux, puis des lits plus grands de ruisseaux, puis des lits de plus importantes rivières, etc., nous rejoignons d'une manière étonnamment analogue et continue la topographie qui est incontestablement torrentielle à la topographie qui passe pour être proprement glaciaire.

3° *Gradins de confluence*. — Et nous pourrions en dire tout autant des gradins de confluence. Si nous contemplons, pour ainsi dire, de haut, tout un réseau hydrographique, nous voyons la nappe superficielle des affluents et la nappe superficielle du cours d'eau prin-

---

<sup>1</sup>) J'ai présenté à la Société helvétique ces reliefs eux-mêmes, et j'en ai publié, à titre de spécimens, deux levés topographiques à 1:4 faits par un de mes élèves, M. Cesare Calciati, dans l'article cité: *Erosion fluviale et érosion glaciaire* (*Revue de géographie annuelle*, I, 1906-1907, fig. 4 et 5, p. 286 et 287).

cial se rejoindre au même niveau. Ce raccord si curieux et comme prémédité paraît bien l'un des faits essentiels de la géographie proprement hydrographique. Mais si, plongeant notre regard au-dessous de la nappe supérieure, nous tentons, par des sondages, de vérifier l'allure vraie du fond, nous reconnaissons que très souvent le point de confluence de deux cours d'eau est marqué par un véritable gradin. Ce gradin est plus ou moins sensible, il tend à s'atténuer, à mesure que le fleuve vieillit, mais il existe, et il est souvent même, par rapport aux dimensions totales du lit en longueur et en largeur, de proportions tout à fait comparables aux gradins de confluence des lits glaciaires.

Il faut donc reconnaître que, s'il y a en toute vérité une morphologie glaciaire qui, par sa physionomie d'ensemble, s'oppose très nettement à la morphologie fluviale, les détails de cette morphologie, au lieu d'être rigoureusement le propre des faits glaciaires, rappellent des détails analogues de la morphologie fluviale.

## II.

### **Faits sporadiques typiques de la morphologie glaciaire.**

Lorsqu'on veut étudier l'action des eaux courantes sur le fond de leur lit, on peut, soit par l'observation, soit par des sondages, apprécier dans une certaine mesure la marche des faits ; mais, lorsqu'il s'agit de discerner l'action propre des glaciers sur leur fond, le problème est bien plus malaisé.

On peut essayer de pénétrer sous le glacier : Joseph Vallot a ainsi pénétré de quelques dizaines de mètres sous la Mer de glace ; Paul Girardin a tenté également un commencement d'exploration sous-glaciaire ; Flusin et Lory ont exploré la grotte du Grand névé de Belledune ; mais en mettant bout à bout tous les tronçons de lits actuel-

lement glaciaires que nous connaissons, nous serions bien en peine de faire un ruban de 500 mètres.

Un second procédé qui peut nous permettre d'approcher de la réalité des faits localisés sous le glacier, ce sont les forages ; l'on sait avec quel succès Bluemcke et Hess, à l'aide des magnifiques subventions du Club alpin autrichien et allemand, ont méthodiquement multiplié les forages sur le glacier d'Hintereis<sup>1</sup>. Ces expériences ont été très fécondes. Toutes les données qu'elles ont fournies sur la vitesse et sur la température des différentes couches de glace des glaciers sont de tout premier ordre. Quant à la connaissance de la topographie du lit par ces points de forage nécessairement très espacés, et atteignant rarement la roche en place du fond, elle ne saurait qu'être fragmentaire.

Dans l'impuissance où nous sommes d'atteindre, pour ainsi dire, le fond du glacier, et de voir de nos propres yeux, en pleine activité, le mécanisme de son travail, il ne nous reste qu'un dernier moyen de tenter la découverte de ce que nous cherchons : c'est d'examiner les parties du sol terrestre qui ont été le plus récemment délaissées par les glaciers ; c'est là qu'on aura de toute évidence, le plus de chances de rencontrer les formes propres au modelé glaciaire dans un état de fraîcheur et de conservation qui autorise à en tirer quelques générales conclusions.

Les glaciers d'aujourd'hui sont presque tous en retrait. Après la grande période de crue de la première partie du XIX<sup>e</sup> siècle, qui a marqué une des avancées les plus considérables des systèmes glaciaires survenues durant tous les temps historiques, il s'est manifesté un recul général de ces mêmes appareils qu'ont à peine atténué ou arrêté les petites oscillations de cette crue secondaire que Forel a spirituellement appelée « la crue fin du XIX<sup>e</sup> siècle ».

---

<sup>1</sup>) Voir Paul L. Mercanton, *Forages glaciaires* (*Arch. Sciences physiques et naturelles*, 110<sup>e</sup> année, IV<sup>e</sup> période, XIX, 1905, p. 367-379 et 451-471).



Pour qui veut découvrir le vrai modelé glaciaire par l'étude des « laisses » glaciaires, l'heure est très opportune, puisque les glaciers sont en train de découvrir leur lit au lieu de tendre à le recouvrir.

1° *Bosses*. — Or, parmi tous ces glaciers qui sont en pleine retraite, beaucoup laissent apparaître au milieu de leur dernière masse de glace des proéminences de roche en place, des bosses qui partagent même le plus souvent le fond du glacier en deux langues. Soit que la roche se trouve très nettement saillante, comme au glacier supérieur de Grindelwald, comme au glacier de Vuibez affluent du glacier d'Arolla, comme au glacier d'Oberaletsch, affluent du glacier d'Aletsch ; — soit que la présence de la proéminence centrale du fond se manifeste simplement par un bombement du glacier, — soit que cette saillie rocheuse présente l'apparence d'une longue échine découverte, en contact avec la glace, comme au glacier de Saas-Fee (Lange Fluh) ou immédiatement en avant du front actuel du glacier de Zanfleuron, — partout les phénomènes correspondent à une morphologie très distinctive, à savoir, le renflement du fond rocheux du lit du glacier vers son centre. Voir les figures des Planches VIII et IX : ces figures sont inédites et s'ajoutent par suite, sans aucun double emploi, aux documents photographiques déjà publiés dans *Erosion fluviale et érosion glaciaire* : c'est ainsi que la fig. 10, p. 298, de ce précédent mémoire représente la bosse du glacier supérieur de Grindelwald, et les fig. 11 et 12, p. 300 et 301 la bosse du glacier d'Oberaletsch.

2° *Platten*. — Dès que nous descendons les vallées à la tête desquelles stationnent les glaciers actuels, en suivant par conséquent la route le long de laquelle ils ont si longtemps transporté leurs masses de glace, nous sommes encore frappés par des traits de relief qui rappellent à s'y méprendre ces bosses chauves que nous venons de noter

et de grouper : il s'agit de saillies en forme de croupes qui présentent des caractères si uniformes que, dans la plus grande partie des Alpes allemandes, les paysans leur ont spontanément donné le nom de *Platten*; ce terme générique évoque l'idée d'une espèce de seuil callex; et très souvent aussi, sur la partie d'amont de cette croupe s'est établie une minuscule agglomération qui a profité de la situation et de l'orientation. Ces *Platten* sont arrondies et modelées selon le même type que les bosses proprement glaciaires; elles sont séparées des deux versants de la vallée par deux dépressions qui les flanquent, et très souvent l'une de ces deux dépressions est aujourd'hui beaucoup plus profonde que l'autre, car elle est le siège actuel du lit torrentiel repris, creusé, approfondi par les eaux. Comme exemples de *Platten*, signalons celle que nous avons observée et déjà décrite dans le Loetschental, celle qui se trouve en avant du glacier d'Aletsch, en avant du glacier de Fiesch, celle aussi que l'on observe au-dessous du glacier de Durand (Val d'Anniviers), ou du glacier d'Uebeltal (Tyrol). (Voir les photographies de plusieurs de ces bosses dans l'article *Erosion fluviale et érosion glaciaire*).

3° *Inselberge*. — Descendons encore plus bas dans les grandes vallées alpines. Ça et là, au milieu du fond, se dressent des îlots, parfois très doux de forme, souvent boisés, souvent aussi dominés par quelque château ou quelque petite ville, et qui doivent jouer dans nos recherches de topographie morphologique, un rôle aussi considérable que celui qu'ils ont effectivement joué en géographie humaine : monticules boisés de Salzbouurg, butte de Riva, buttes de Sion, grand Belpberg du Quertal de l'Aar, entre Berne et Thoune, etc., tous ces vrais îlots se dressant au milieu des vallées glaciaires sont bien en vérité des *Inselberge*, ainsi que les a dénommés Penck, d'après l'un d'entre eux, le très célèbre Iselberg, situé près d'Innsbruck. Et, pour prendre des exemples tout proches de nous, et appartenant à la vallée de la Sarine, nous constatons deux

*Inselberge* très représentatifs : celui de Château d'Œx et celui de Gruyères. Dans le bassin de Château d'Œx, rempli de moraines et de cônes de déjection, une butte crétacique s'élève en plein milieu, représentant seule dans le sens transversal, le pointement des roches en place. A l'aval, et en avant de cette butte crétacique, s'en trouvent trois autres de plus en plus petites qui sont comme le prolongement longitudinal de cette crête centrale. C'est sur le plus élevé et le principal de ces *Inselberge* qu'a été construit le vieux château. Du pays d'En-haut, suivons le cours de la Sarine et arrivons à la Gruyère : la vallée est comme coupée par une petite élévation rocheuse qui s'allonge, celle-là transversalement ; et, sur cette saillie, ont été bâtis le château et la petite ville de Gruyères. L'*Inselberg* de Gruyères est bien un *Inselberg*, séparé par une dépression très nette du versant de la rive droite et par une dépression moindre, quoique encore visible, du versant de la rive gauche. Un pédoncule rocheux rattache Gruyères à ce flanc gauche, mais ce pédoncule est si surbaissé que la voie ferrée électrique, récemment construite, le traverse par une petite tranchée, sans même qu'on ait eu besoin de construire un tunnel.

4° *Barres*. — Un quatrième fait morphologique doit être encore rapproché des trois précédents.

Ce sont les barres, ces curieuses barres qui interrompent complètement le thalweg de quelques vallées alpines et qui sont souvent l'occasion et le lieu de vallées épigénétiques. Dans un mémoire qui remonte à 1901, le Professeur Lugeon a étudié l'origine de ces cas d'épigénie. Je n'examinerai pas ici ces barres à ce point de vue, mais je les observerai au point de vue de leur forme générale. Qu'il s'agisse de la barre de St-Maurice dans le Valais, qui coupe la vallée transversale du Rhône supérieur, ou qu'il s'agisse du Kirchet à travers la vallée de l'Aar en amont de Meiringen, ou qu'il s'agisse encore des barres multiples de la Haute-Engadine, et notamment de la barre ro-

cheuse qui ferme la vallée en aval de St-Moritz déterminant le lac bien connu (voir fig. 6, 7 et 8 de notre mémoire *Erosion fluviale et érosion glaciaire*), etc., ces faits de topographie si originaux manifestent toujours une prééminence vers le milieu de la vallée. Les deux dépressions latérales ont été soumises à des destinées très variables : tantôt l'une d'elles est comblée de moraines, tantôt au contraire elle laisse voir encore la roche presque à nu ; tantôt l'autre a été vigoureusement approfondie par l'action tourbillonnaire des eaux courantes et nous offre aujourd'hui le spectacle d'une gorge à marmites, tantôt au contraire l'eau du ruisseau ou de la rivière présente s'étale sur l'ensellement d'origine glaciaire. Ce qu'il importe avant tout de noter, c'est la physionomie d'ensemble qui rattache directement ces formes à la forme des trois types d'accidents topographiques que nous avons précédemment analysés.

Entre tous ces faits, il existe une concordance trop nette pour que nous ne soyons pas autorisés à en tirer quelques conclusions. Il semble bien que là où le glacier est passé et où il a respecté sur son fond quelque relief en sensible saillie, il l'ait surtout respecté dans la partie qui correspond au milieu de son cours. Le glacier détermine ainsi une forme qui est tantôt *bosse*, tantôt *Platten*, tantôt *Inselberg* et tantôt *barre*, mais qui toujours révèle une plus grande activité de travail sur les bords qu'au centre. N'est-il pas légitime d'en déduire que la glace toute seule n'opère pas le creusement sous-glaciaire ? Là où la glace est la plus abondante et mue de la vitesse la plus grande, le creusement nous est révélé moins puissant. Là, au contraire, où se trouvent les principales zones de fusion, sur les deux côtés du glacier, là par conséquent où les eaux ont le plus de chance de se coaliser et de former des filets torrentiels plus ou moins continus et plus ou moins forts, il se trouve que le creusement semble, en général, être plus important.



C'est, d'autre part, un fait bien curieux que ce dédoublement quasi normal de l'émission torrentielle sous-glaciaire ; lorsque les eaux échappent au glacier, elles tendent à se réunir et à ne plus former qu'un thalweg. Mais en bien des cas, les eaux sortent du glacier sous la forme de deux ou même de plusieurs chenaux correspondant approximativement aux deux flancs du glacier : ce phénomène, nous l'avons observé nous-même bien des fois et nous renvoyons tout simplement à la fig. de la Planche VIIIA qui accompagne cette conférence ; les bonnes cartes topographiques nous le révèlent aussi, témoin le levé à  $\frac{1}{5000}$  que Paul Girardin a fait du glacier des Evettes et qu'il a publié dans le premier numéro de la *Zeitschrift für Gletscherkunde* ; témoin aussi les nombreuses et élégantes feuilles déjà parues de la carte de l'Islande à  $\frac{1}{50000}$  ; témoin le nouveau levé que M. Paul Girardin vient de publier à 1 : 5000 : *Le Glacier de Bézin en Maurienne* dans le *Bulletin de la Société neuchâteloise de Géographie* (XVIII, 1907) : voir la planche ainsi que tout ce qu'il est dit du double écoulement de part et d'autre de l'échine rocheuse terminale (de la page 84 à la page 87).

Signalons à titre de fait de confirmation cette curieuse expérience faite au glacier du Rhône, rapportée par Forel et à laquelle l'étonnement des deux glaciéristes qui en ont été les témoins donne une singulière valeur :

« Le 22 août, à 8 h. 30 du matin, nous avons versé 2 kilogrammes de fluorescéine, en solution sodique, dans un ruisseau qui longeait la rive droite du glacier, au pied de la grande moraine marginale, au lieu dit le *Golfe des Moraines*, en amont de la grande chute de glaces. Ce ruisseau d'un débit de  $0^m^{32}$  par seconde, se précipitait dans un puits pour se perdre dans le glacier.

« Après avoir versé la couleur dans ce ruisseau, pendant que nous descendions la Saas pour nous rapprocher de la porte du Rhône où nous voulions surveiller l'apparition de la fluorescéine, nous avons fait une constatation

intéressante. A 9 h. 15 environ, l'eau du ruisseau qui sort du flanc droit du glacier, à côté de la grande chute des glaces, et qui forme cascade de quelques dix mètres de hauteur avant de s'enfoncer de nouveau sous le glacier, nous apparut coloré en beau vert fluorescent. C'était notre ruisseau du Golfe des Moraines, qui, au lieu de descendre sous le corps du glacier, comme nous l'avions supposé, pour aller se jeter au milieu du thalweg, dans le torrent sous-glaciaire du Rhône, avait gardé pendant longtemps son indépendance, en restant latéral pour sortir même du glacier, et pour ne rejoindre le torrent principal que dans les derniers cents mètres de son trajet sous-glaciaire » <sup>1)</sup>.

Lorsque nous constatons, d'une part, la « famille » si variée et si riche de ces faits morphologiques sporadiques, et, d'autre part, l'existence si fréquente du double écoulement torrentiel glaciaire, nous ne sortons pas de l'ordre des faits positifs, et ce que nous apportons comme dossier d'observations ne saurait être ni discuté ni contesté. A ce dossier nous ajoutons un essai d'interprétation de l'érosion glaciaire et, sur ce dossier nous l'appuyons, quitte à déclarer très nettement que là commence l'hypothèse et que là doit intervenir, si l'on veut, la discussion critique.

La coïncidence de ces faits indéniables nous amène, en effet, à croire que le facteur principal du creusement sous le glacier — et donc par le glacier, — ce sont les eaux courantes. Ces eaux sont toujours liées au glacier. Il n'y a pas de glacier qui ne subisse dans sa masse, et pour le moins en quelque saison de l'année, quelque effet de fusion; des glaciers septentrionaux, qui, pendant de longs mois, donnent naissance à une très faible quantité d'eau de fusion fournissent, à certains moments et en certains cas, des eaux sous-glaciaires si abondantes

---

<sup>1)</sup> *Les variations périodiques des glaciers*, Dix-neuvième rapport, 1898 (Berne, 1899), p. 4.

qu'elles se traduisent par de véritables débâcles. Charles Rabot a très heureusement attiré l'attention sur la fréquence et sur l'importance de ces débâcles, ainsi que sur les conséquences de ces « coups d'eau » au point de vue des phénomènes de creusement violent et de dépôt rapide. Les appareils glaciaires qui n'auraient pas de torrent glaciaire creuseraient-ils, et les rares glaciers qui n'ont jamais exercé qu'une faible influence sur le relief ne seraient-ils pas précisément ceux qui seraient dépourvus de cet adjuvant si puissant?

En une série de mémoires antérieurs, j'ai montré à quel point l'action et la « tactique » tourbillonnaires expliquaient le pouvoir d'attaque des eaux courantes; les eaux torrentielles sous-glaciaires ont ce pouvoir parce qu'elles ont cette tactique. La glace n'a aucun moyen, ni correspondant ni équivalent, de multiplier à un tel degré sa force vive; et nous ne saurions comprendre qu'en recourant à une hypothèse gratuite des actions aussi importantes à mettre au compte de la glace toute seule. Les eaux sous-glaciaires qui circulent en général sur les deux flancs du glacier, travaillent là tout comme elles travaillent ailleurs. Elles attaquent le fond par places et par saccades; elles doivent tout naturellement créer au début deux sillons à peu près semblables à ces canyons ou à ces gorges que nous observons si souvent à ciel ouvert; et, vers le milieu du fond du glacier, là où les eaux semblent se réunir et s'accumuler avec moins de régularité, le travail est moindre et la roche reste en saillie. Après le travail des eaux et simultanément avec ce travail, la masse de la glace, qui est animée d'un mouvement très net de descente, agit à son tour par son poids et par son frottement; la glace opère son travail qui est un travail d'arrachage et de polissage, de nettoyage et de rabotage. La roche en marche qu'est le glacier s'arqueboute et s'appuie, pour ainsi dire, sur les deux sillons entamés par les eaux sous-glaciaires; sa prise sur la roche du fond est d'autant

plus grande ; et lorsque l'action dure longtemps, tous les reliefs du centre du cours sont eux-mêmes débités et emportés ; mais, lorsque le glacier se retire avant d'avoir pu achever complètement son œuvre de creusement propre, les protubérances qui subsistent doivent avoir tout naturellement cette forme caractéristique de saillie vers le centre, que nous avons soigneusement décrite et signalée.

Ainsi s'expliqueraient tout à la fois et ces faits sporadiques et les faits caractéristiques généraux des vallées glaciaires : la liaison que nous avons établie entre certains éléments de la topographie regardée comme proprement glaciaire et de la topographie fluviale se comprendrait d'une manière toute naturelle, puisque à l'élaboration du trog glaciaire lui-même coopérerait, dans une certaine mesure, l'action des eaux courantes ; et, quant à la forme par excellence de ce trog, le profil transversal en U, il résulterait de la mise en présence de deux parois approximativement verticales appartenant aux deux canyons primitifs sous-glaciaires : le glacier comme agent incessant d'usure et de déblaiement parvient à la longue à supprimer tout relief central ; et, à ce même titre, il avive incessamment le pied de la « falaise » à peu près verticale de chacun de ces canyons latéraux, si bien que l'érosion latérale des versants n'existe pour ainsi dire pas : ils ne subissent que des actions de creusement direct et d'écroulement. En fin de compte, le lit du glacier est bordé de parois qui ont la raideur des flancs d'un canyon ou du mur presque vertical d'une falaise de roche dure battue par les vagues de la mer.

### Conclusions

Le glacier creuse donc à sa manière, mais la glace ne travaille pas seule. Les eaux, les eaux sous-glaciaires, qui font partie intégrante de tout appareil glaciaire vivant, opèrent elles aussi à leur manière, et cette manière est la manière forte, la manière d'attaque vigoureuse à l'aide



des tourbillons. Un appareil glaciaire qui n'aurait aucune eau de fusion, qui ne serait jamais l'occasion de débâcle serait-il un facteur de creusement? Encore un coup, nous ne le pensons pas; et c'est sans doute à des cas de cet ordre, d'ailleurs assez rares, qu'il faudrait faire remonter la responsabilité des exemples qu'on a pu observer et citer de très faible ou de nulle érosion glaciaire.

En associant ainsi ces deux forces: actif creusement par les eaux courantes et rabotage par la glace, on explique toutes les formes essentielles des vallées dites glaciaires.

D'autres, en vérité, ont fait parfois appel, pour expliquer la morphologie glaciaire, à l'action des eaux, des eaux torrentielles, des eaux sous-glaciaires, mais en leurs hypothèses, et suivant leur raisonnement, il semble toujours que l'action des eaux corresponde à un « acte » déterminé, puis l'action de la glace à l'« acte » suivant. Cette alternance des « péripéties » tantôt glaciaires, tantôt fluviales, leur a fait concevoir des phases successives, phases de creusement torrentiel, phases de creusement glaciaire, et, pour eux, le creusement torrentiel impliquait presque nécessairement une période de retrait des glaces, une période de ruissellement préglaciaire ou interglaciaire.

Mon effort d'interprétation se rattache dans une certaine mesure, à ces théories qui joignaient la puissance d'érosion torrentielle à la puissance d'érosion glaciaire; mais il s'en distingue nettement par les relations qu'il suppose entre ces deux types d'érosion<sup>1</sup>. Pas de succession

---

<sup>1</sup>) Mon collègue de Zurich, M. le professeur Fröh, m'écrivait à la date du 13 décembre 1907: « D'après ma conférence à St. Gall lors de la réunion annuelle de la Société helvétique des sciences naturelles, vous pouvez constater que nous nous trouvons d'accord sur un point (Kilian, vous et moi, et tous les trois d'une manière indépendante), c'est que pendant l'époque quaternaire les vallées des Alpes et du Vorland alpin n'ont pas été modelées exclusivement par les glaciers. Et encore vous-même, vous allez plus loin: vous constatez, grâce à l'érosion sous-glaciaire, une érosion importante des

forcée, mais simultanée. En même temps que la glace des glaciers, et sous le glacier, et à l'âge même du plein développement du glacier, et en proportion même de la masse de glace qui s'est accumulée dans le lit glaciaire, les eaux sous-glaciaires mènent leur train, et leur œuvre propre prépare l'arrachement et le façonnement final par la glace.

Eaux et glace travaillent ensemble, collaborent et coopèrent, s'entr'aidant sans cesse pour l'œuvre définitive qui sera le trog glaciaire. L'érosion torrentielle sous-glaciaire est seulement guidée et comme nous l'avons dit ailleurs « disciplinée » par le glacier<sup>2</sup>; cette distribution des courants d'écoulement et la discipline de l'érosion fluviale qui en résulte suffisent à déterminer quelques-uns des traits essentiels et spécifiques de ce modelé défini qui est le modelé glaciaire. La collaboration érosive de l'eau et de la glace du glacier légitiment encore un coup la dénomination différentielle d'érosion glaciaire.

Conception moins abstraite, qui sépare moins les diverses forces et les divers facteurs travaillant à l'œuvre finale, et qui nous paraît, par son principe d'irrégulière brusquerie et de fréquente simultanéité, correspondre beaucoup plus à l'ensemble des faits réels que la géographie physique constate et qu'elle s'efforce d'expliquer.

---

glaciers puisque vous leur accordez la possibilité d'emporter une multitude de bosses, d'échines, de colonnes vertébrales entre les deux gorges latérales et fluvio-glaciaires que vous décrivez. Quant à votre manière d'expliquer la genèse du surcreusement, je ne suis pas encore persuadé; mais chaque observation faite par chacun de vous nous aidera à nous comprendre mutuellement ». — Voir d'ailleurs J. FRUEH, *L'érosion glaciaire au point de vue de sa forme et de son importance* (Compte rendu de la Société helvétique dans *Archives des Sc. phys. et nat.*, XXII, p. 351-354); et W. KILIAN, *L'érosion glaciaire et la formation des terrasses* (*La Géographie*, XIV, 1906, p. 261-274).

<sup>2</sup>) *Sur une explication nouvelle du surcreusement glaciaire* (*Comptes rendus Académie Sciences*, séance du 5 juin 1906).

---

# LOUIS AGASSIZ

et son séjour à Neuchâtel de 1832 à 1846

PAR

le prof. M. DE TRIBOLET

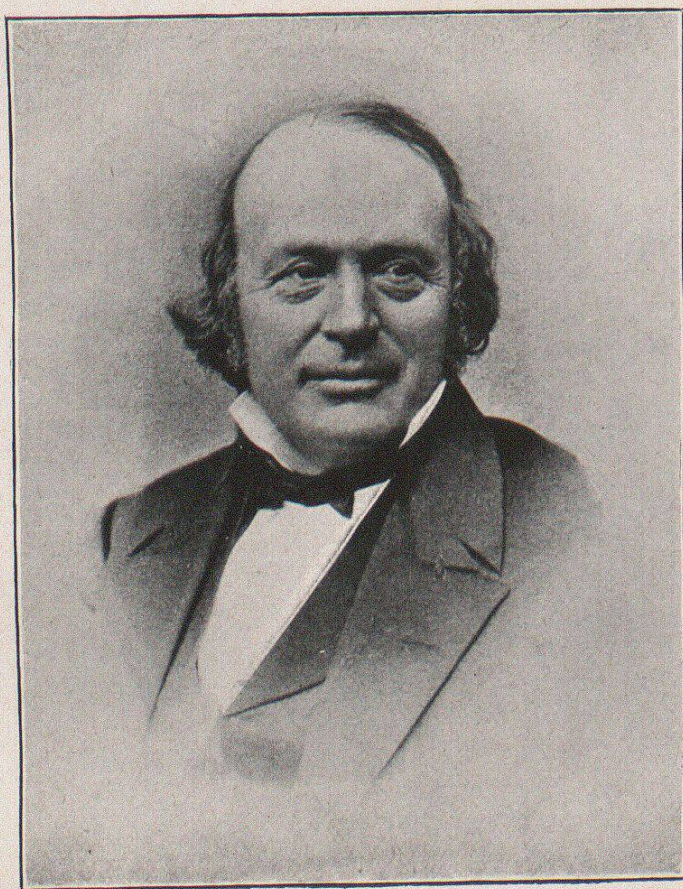
---

Parmi les savants dont la Suisse romande peut avec raison s'honorer, Agassiz est certainement un de ceux dont la réputation est le plus populaire. Ses prodigieuses capacités, son talent exceptionnel d'observation, la facilité avec laquelle il se mettait au fait de toutes les questions et abordait les sujets les plus divers, le grand mouvement intellectuel qu'il a développé partout où il a vécu, la valeur de ses propres recherches, ont fait de son nom l'un des plus grands de la science au XIX<sup>e</sup> siècle. Avec cette belle assurance qui fut un des traits de sa nature expansive, il écrivait de Munich à son père, le 14 février 1829 : « Je voudrais que l'on pût dire de Louis Agassiz : il fut le premier naturaliste de son siècle, bon citoyen et bon fils, aimé de tous ceux qui le connurent. Je sens en moi la force d'une génération entière pour travailler à ce but et je veux l'atteindre si les moyens ne me manquent pas... » Tels étaient, à vingt-deux ans, son programme et son rêve. Personne ne niera qu'ils se soient réalisés, et si Agassiz n'a pas été le premier, il a certainement été l'un des premiers naturalistes du siècle passé. N'était-ce pas assez pour justifier toutes ses ambitions ? Et n'est-ce pas la raison pour laquelle nous nous trouvons réunis en ce lieu, afin de célébrer à notre tour l'anniversaire de sa naissance !



PL. X

FÊTE DU CENTENAIRE DE L. AGASSIZ  
à Motier (Ct. de Fribourg) 1807-1907.



Jean Louis Rodolphe Agassiz  
né à Motier, 1807, † Cambridge (Mass.), 1873.



La carrière d'Agassiz, si on fait abstraction du temps de son enfance, comprend deux périodes distinctes d'une longueur presque égale, — à peu près un quart de siècle chacune —, la première avant, la seconde après son départ pour le Nouveau Monde.

Pendant la première période de sa vie, passée en grande partie à Neuchâtel, période dans laquelle il se trouvait dans toute la fraîcheur de la jeunesse et toute la vigueur de cet âge d'or du talent, il fit dans le domaine encore peu connu de la paléontologie ces investigations qui l'ont placé au premier rang des hommes scientifiques de son temps. C'est aussi à cette époque qu'il commença ses recherches zoologiques, qui n'arrivèrent que plus tard à leur point culminant, et qu'il exposa la conception hardie d'une ère glaciaire universelle, qui aurait été la clôture des temps géologiques, et à laquelle son nom reste perpétuellement attaché.

Dans la seconde période, poursuivant ses travaux avec une ardeur nouvelle sur un théâtre plus vaste, admirablement approprié à sa puissance intellectuelle, cet homme nous apparaît comme le grand maître des sciences naturelles, non seulement auprès de ceux qui sont chargés de les enseigner, mais auprès d'une nation toute entière. La sympathie générale et une assistance efficace faisaient encore défaut à ce genre d'études. Dès son arrivée, Agassiz adressa à la nation de chauds appels auxquels elle répondit généreusement. L'école de Cambridge, le Musée Agassiz, l'école d'histoire naturelle d'Anderson, dans l'île de Penikese, comme aussi l'intérêt éveillé universellement en faveur de la science, sont les monuments durables de l'influence bienfaisante qu'il a exercée dans sa seconde patrie.

A Neuchâtel, comme ailleurs en Suisse, la première moitié du xix<sup>e</sup> siècle est marquée par un réveil intellectuel accentué. Le mouvement scientifique créé sous l'influence de Cuvier devait y avoir son retentissement.

Avant 1830 on peut dire que tout était à créer dans ce domaine. Les sciences n'étaient pas enseignées et les études littéraires seules ou presque seules dominaient.

Mais finalement un courant nouveau se manifeste et les Conseils de la Bourgeoisie se décident à faire quelques concessions à l'enseignement scientifique, qui prenait dans le monde une place et une influence prépondérantes. Il en résulta la création de deux chaires, l'une de mathématiques, l'autre de physique et de chimie. Mais jusque là personne n'avait songé à l'enseignement de l'histoire naturelle.

C'est alors que Louis Coulon, un de vos anciens présidents — dont plusieurs d'entre vous se rappellent sans doute encore la sympathique figure —, vint suppléer à cette lacune en cherchant à obtenir une place au soleil pour la science qui lui était chère. Formé par de bonnes études à Paris, éclairé par le contact des savants naturalistes qui brillaient en France à cette époque, il sentait, mieux que personne, ce qui manquait pour mettre Neuchâtel en état de prendre sa part des recherches organisées dans tous les pays civilisés. Mais pour y parvenir, il fallait trouver un homme animé des mêmes intentions et de la même ardeur que lui, un professeur capable et surtout assez désintéressé pour se contenter des conditions modestes qu'on pouvait lui offrir. Grâce à l'initiative de Coulon, un jeune savant du plus brillant avenir allait devenir le chef et l'âme du mouvement scientifique qui illustra Neuchâtel il y a déjà plus d'un demi-siècle.

Le nom de L. Coulon est aujourd'hui inséparable de celui d'Agassiz. C'est à lui que nous devons l'établissement de ce naturaliste à Neuchâtel. C'est lui qui sut découvrir et encourager ce génie naissant, en lui fournissant les moyens de mettre en lumière ses talents de professeur et en lui procurant, pendant la plus belle période de cette vie laborieuse, à cette époque de jeunesse ardente et enthousiaste, un asile tranquille pour élaborer et publier les

multiples travaux qui ont, à juste titre, fondé sa réputation.

Je passe sur l'enfance et la jeunesse de notre savant compatriote et j'en arrive à son séjour à Paris, où il termina ses études et fit la connaissance de Cuvier et de Humboldt, qui lui restèrent attachés et devinrent ses protecteurs.

Distinguant chez le jeune médecin les preuves d'un réel mérite et ayant pu apprécier la valeur de ses premiers travaux, Cuvier mit à sa disposition, avec une libéralité aussi rare que remarquable, tous les matériaux que lui-même avait réunis pour une histoire des poissons fossiles, renonçant à s'en servir pour enrichir l'œuvre de son protégé. Cet héritage ne pouvait tomber en de meilleures mains et un pareil acte de désintéressement scientifique honorait autant celui qui en avait eu la pensée que celui qui en était l'objet.

La connaissance qu'Agassiz fit de Cuvier fut le point de départ de sa vocation. La proposition du grand naturaliste était séduisante, aussi ce puissant encouragement acheva-t-il de décider sa carrière. Il avait compris qu'il touchait à un moment critique de sa vie et qu'il était temps de prendre une décision définitive. Confiant dans son étoile, il prend bravement son parti ; il sera naturaliste. Hélas ! si ce n'était pas pour lui le chemin de la fortune, c'était au moins celui, plus glorieux, de la renommée.

A la mort de Cuvier, en mai 1832, il s'agissait de terminer l'*Histoire naturelle des poissons* que le grand savant laissait inachevée. Valenciennes lui proposa de s'associer à ce travail en lui faisant des propositions fort engageantes. Mais la nostalgie du pays natal l'emporte et il refuse les ouvertures qui lui sont faites. Il est trop peu Français de caractère et désire trop vivement s'établir en Suisse pour préférer la place qui lui est offerte.

Le jeune homme caressait, en effet, l'idée — suivant en cela les désirs de sa mère — de venir s'établir à Neu-

châtel, où il avait des parents, et se trouverait plus rapproché de sa famille, qui était venue habiter Concise. C'est alors qu'il s'adressa à Louis Coulon, l'âme de tout ce qui s'y faisait alors dans le domaine des sciences naturelles, lui exprimant le désir d'obtenir une place de professeur au collège. Seul, en effet, Coulon pouvait lui tendre la main pour le tirer d'embarras et lui aider à prendre dans le monde la situation qu'il ambitionnait.

« Ce qui me fait surtout désirer de quitter une grande ville, écrit-il à Coulon le 20 juin 1832, et ce qui me fait préférer pour mes recherches scientifiques le séjour de Neuchâtel à toute autre position, c'est que chez vous je pourrai vivre beaucoup plus paisiblement et que j'aurai beaucoup plus de facilité à poursuivre dans la campagne l'étude que dorénavant je me propose surtout de faire... Du reste, la privation des grandes collections n'est pas très sensible lorsqu'on peut les visiter de temps en temps et elle est bien compensée par la contemplation immédiate de la nature ».

Coulon encourage Agassiz en lui disant que la création d'une chaire d'histoire naturelle n'est pas chose impossible et lui demande s'il se contenterait de 70 à 80 louis par an pour 10 heures de leçons par semaine. Il ajoute qu'il ne peut pas attendre le moment de le voir et de l'avoir pour collègue. 80 louis ! ce n'était pas très lucratif, mais Agassiz ne recherchait pas la fortune. Il accepte avec reconnaissance cet humble salaire, qui fait rire aujourd'hui, car c'était son salut.

Cependant Coulon avait trop escompté l'avenir et ne s'était pas inquiété de l'assentiment de la Bourgeoisie, qui était d'un avis contraire et ne désirait nullement la création d'un nouvel enseignement. Elle craignait de compromettre les finances de la Ville, car un déficit de 4000 fr., causé par la récente construction d'un nouveau bâtiment d'école et les événements politiques de l'année précédente, l'avaient rendue sage et prévoyante.



Il fallut l'intervention de Coulon pour aplanir les difficultés que rencontrait la création de cette nouvelle chaire d'histoire naturelle. Mais Coulon avait trouvé dans son protégé l'homme qu'il cherchait tant; il avait deviné en lui le génie capable d'éveiller dans son pays, par sa parole ardente et par son activité, l'amour des sciences de la nature et eût fait l'impossible pour l'avoir à ses côtés et faciliter l'essor de cette brillante intelligence, si remplie de promesses. Se chargeant lui-même de ce que la Bourgeoisie n'osait entreprendre, il se mit à la tête d'une liste de souscriptions qu'il recueillit lui-même une à une avec cette intrépidité calme, mais irrésistible de l'homme convaincu, et bientôt il était en état d'offrir au jeune docteur un modeste traitement annuel de 2000 francs, assuré pendant trois ans. Ainsi donc Neuchâtel ouvrait le premier ses portes et ses bras à Agassiz. On sait qu'il y resta fidèle et que c'est dans cette petite ville que s'écoula la première partie de sa carrière scientifique.

Enchanté d'avoir enfin trouvé une situation, d'avoir un poste fixe que son imagination lui représente comme une fortune, Agassiz arrive pour en prendre possession. Il inaugurerait enfin une vocation qui devait faire le bonheur de sa vie, car enseigner fut pour lui une passion, ce qui explique l'influence extraordinaire qu'il exerça dans la suite sur ses élèves. Il débutait donc comme professeur libre, sous les auspices d'un groupe de généreux citoyens.

Les cours commencèrent en automne et Agassiz prononça sa leçon d'ouverture le 12 novembre 1832, en présence d'un nombreux public, sur les relations entre les différentes branches de l'histoire naturelle et les tendances actuelles de toutes les sciences. Son succès fut grand et le jeune professeur séduisit dès cette première leçon son nombreux auditoire. Grand, bien fait, possédant une figure aimable et un regard brillant d'intelligence, il gagnait la sympathie de tous ceux qui l'approchaient. Sa physionomie était franche et ouverte, son caractère attachant. Il y

avait dans son enseignement, comme dans sa conversation, quelque chose de chaleureux, de communicatif, de familier et d'élevé. Il savait adapter son langage à l'état d'esprit de ceux qui l'écoutaient ; un entrain que rien ne pouvait contenir s'unissait chez lui à la facilité et au charme de la diction. Toujours prêt à créer des théories, à les discuter, à exposer des idées nouvelles, il captivait ses auditeurs par la verve et la clarté de son exposition. Il sut éveiller dans l'esprit de ses étudiants des besoins intellectuels élevés et leur communiquer cette soif de connaître, cette ardeur au travail, cet amour du bien et de la vérité qui furent la passion de toute sa vie.

Le professeur suppléait au manque de matériel d'enseignement par des excursions qu'il faisait avec ses étudiants aux environs de Neuchâtel, excursions dans lesquelles il initiait ses élèves à la pratique de l'histoire naturelle. Ces courses, en vue desquelles il avait publié un petit opuscule : *Tableau synoptique des principales familles naturelles des plantes* (1833), étaient des fêtes pour les étudiants, qui voyaient dans leur maître un compagnon alerte, plein d'entrain, de vigueur, de gaieté, et dont toute la personne éveillait en eux le feu sacré de la science.

A côté de ses leçons et afin d'associer le public à son activité, le nouveau professeur donne des cours publics et des conférences dont le produit est appliqué à l'agrandissement du Musée d'histoire naturelle. Grâce à l'autorité de sa parole, au charme de sa voix et de sa figure, il passionnait ses auditeurs qui restaient suspendus à ses lèvres, même lorsqu'il traitait les sujets les plus abstraits. Aussi les questions qui préoccupaient les naturalistes pénétraient-elles, assure-t-on, jusque dans les salons. Ce talent de parole qu'Agassiz possédait à un haut degré, fut un de ses principaux moyens d'action et contribua grandement à sa célébrité.

Ce n'est qu'en 1835 que les Conseils de la Bour-

geoisie décrétèrent la fondation d'une chaire d'histoire naturelle et qu'Agassiz, de professeur libre qu'il était auparavant, devint professeur régulier. Neuchâtel, et non plus l'initiative privée, offrait ainsi au jeune savant la position stable qu'il ambitionnait et dont il avait besoin pour se livrer à ses études de prédilection.

Si le nouveau professeur se préoccupait des besoins de son enseignement, il s'inquiétait davantage encore de ses études personnelles et de la publication de leurs résultats. Il avait l'esprit trop vaste et trop remuant pour s'enfermer dans une spécialité et se jetait résolument dans les plus vastes entreprises, comme s'il avait senti ses forces inépuisables. Un des traits distinctifs de son caractère était, en effet, une curiosité passionnée qui le poussait à tout ; à cette curiosité toujours active s'ajoutait une mémoire dont l'étendue tenait du prodige et une facilité singulière de passer d'un travail à un autre, immédiatement, sans effort, faculté qui peut-être a contribué plus que toute autre à multiplier son temps et ses forces.

A Neuchâtel, le jeune savant n'a plus, comme à Munich et à Paris, des collections importantes à consulter, des quantités de matériaux à utiliser ; il n'a pas non plus des savants prêts à venir à son aide. Mais il est le premier, le chef, et il rallie autour de lui un groupe de personnes qui rappellent sur un théâtre plus modeste la petite Académie qu'il avait créée pendant le cours de ses études à Munich. Avec la confiance d'un homme pourvu des ressources de la puissance et de la fortune, il se mit à réunir autour de lui tous les éléments d'un centre scientifique. Il sut se créer des collaborateurs qui ne tardèrent pas à devenir ses amis et il se trouva ainsi au centre d'une réunion d'hommes distingués qui, s'encourageant et s'éclairant mutuellement, ont contribué avec lui à la publication des beaux et nombreux ouvrages qui ont à la fois créé sa réputation et illustré son séjour à Neuchâtel. Nul n'ignore la part qui revient à ses collaborateurs, surtout

à Desor et Ch. Vogt, jusqu'à Hercule Nicolet, son lithographe, amateur passionné d'entomologie, qui est l'auteur d'un beau travail sur les Podurelles, paru dans les Mémoires de notre Société.

Agassiz avait déjà conçu, pendant ses études, le plan d'un grand ouvrage sur les poissons d'eau douce. C'est le premier dont il se soit sérieusement occupé, et celui peut-être qui a été le plus constamment le but des travaux et des efforts des premières années de sa vie scientifique. Cet ouvrage considérable, plein de faits nouveaux et intéressants, intitulé *Histoire naturelle des poissons d'eau douce de l'Europe centrale*, et qui avait été entrepris sur un plan très vaste, est malheureusement resté inachevé. Il n'en parût que trois livraisons, publiées en collaboration avec Ch. Vogt et qui traitent de l'embryologie et de l'anatomie des Salmonides.

Mais il n'avait pas tardé, sur les conseils de Cuvier, à étendre ses recherches des poissons vivants aux poissons fossiles, et alors s'ouvrit devant lui ce vaste champ dans lequel il devait recueillir une si riche moisson. Les *Recherches sur les poissons fossiles* sont aussi une de ses premières conceptions. Ce bel ouvrage, qui peut être regardé comme la continuation des « Recherches sur les ossements fossiles » de Cuvier, lui valut les distinctions flatteuses de diverses Académies et Sociétés, et les applaudissements des savants les plus distingués. C'est dans cette œuvre, qui reste un des principaux monuments de sa gloire, que brillent surtout les qualités éminentes du savant paléontologiste et que sa riche imagination prend tout son essor en se laissant cependant toujours guider par une critique sage et raisonnée, basée sur un travail consciencieux et sur une analyse minutieuse des plus petites parties de l'organisme.

La *Monographie des poissons fossiles du vieux grès rouge ou système dévonien*, etc., vint compléter tôt après la publication la plus importante qu'Agassiz ait créée pendant son séjour à Neuchâtel.



Mais la prodigieuse activité de cet homme ne pouvait être satisfaite par un seul objet d'études. Il avait l'esprit trop vaste, il était trop entreprenant pour réserver son attention à une seule classe du règne animal. Malgré l'incroyable labeur qu'exigeaient ses recherches sur les poissons, il s'occupa aussi des mollusques, qui furent de sa part l'objet d'études neuves et originales. La comparaison des coquilles fossiles avec les coquilles vivantes occupa premièrement son esprit. Il publia ainsi tout d'abord un *Mémoire sur les moules des Mollusques vivants et fossiles* (1839), auquel succédèrent des *Etudes critiques sur les Mollusques fossiles* (1840-45) et une *Iconographie des coquilles tertiaires* (1845). Les Echinodermes firent de sa part et de celle de Desor l'objet de travaux importants. Il trouve dans les fossiles des marnes et calcaires jaunes de Neuchâtel, qu'Aug. de Montmollin venait de décrire sous le nom de « terrain crétacé du Jura », les matériaux d'une première étude sur les Echinodermes de cette époque (1835), la plupart encore inconnus; puis il publie les *Monographies d'Echinodermes vivants et fossiles* (1838-42), la *Description des Echinodermes fossiles de la Suisse* (1839-40) et le *Catalogue raisonné des Echinides* (1847).

Agassiz semblait voué d'une manière presque exclusive aux recherches de zoologie et de paléontologie. Mais bientôt ces deux domaines ne lui suffirent plus et un champ de recherches nouveau vint s'offrir à lui. Chacun connaît aujourd'hui la théorie glaciaire, chacun a entendu parler de l'ancienne extension des glaciers, bien loin au delà de leurs limites actuelles, des roches polies résultant de leur frottement, des blocs erratiques qu'ils ont transportés à de grandes distances et à de grandes hauteurs. Mais avant 1837 tout cela était ignoré ou tout au moins la question n'avait encore été soulevée et discutée que très discrètement.

Deux hommes dont les noms, malheureusement trop ignorés, restent attachés à cette grande découverte, Venetz et

Jean de Charpentier, étaient seuls dépositaires d'une théorie fondée sur des observations irréfutables. Mais cette théorie était tellement en désaccord avec les idées reçues, elle était si hardie, que ces modestes savants n'osaient pas la proclamer, parce qu'ils ne parvenaient pas à la faire prendre au sérieux. Elle rencontrait de nombreux incrédules et parmi eux Agassiz lui-même. Charpentier lui fournit l'occasion de la vérifier, en l'invitant à passer ses vacances de 1836 auprès de lui. Enthousiasmé par ces découvertes, à la vue d'un champ nouveau d'investigation, converti par Charpentier lui-même aux idées nouvelles, il devint aussi ardent à les défendre qu'il l'avait été auparavant à les combattre.

Le 24 juillet 1837, la Société helvétique des Sciences naturelles se réunissait pour la première fois à Neuchâtel. Agassiz, nommé président, profita de la circonstance pour développer devant cet auditoire d'élite la théorie glaciaire. Son discours d'ouverture, qui contenait des idées si extraordinaires pour l'époque, eut un retentissement considérable. Présenté avec l'autorité d'une réputation et l'ascendant d'un grand enthousiasme, il ne pouvait manquer de faire sensation. Les contradicteurs furent nombreux, car jusqu'alors les géologues avaient unanimement attribué à l'action de l'eau le transport des blocs erratiques et les roches polies et striées. Aussi on comprend leur fureur en présence des assertions hardies d'un jeune savant de trente ans, qui venait bouleverser les idées reçues. Agassiz s'attira les foudres de Léop. de Buch, les protestations d'Elie de Beaumont et les murmures de tous les partisans des anciennes doctrines. Les uns juraient par la glace, les autres par l'eau et les torrents.

Cependant le jeune savant ne se borne pas à discuter avec des paroles. Fournir des preuves, apporter la démonstration des faits qu'il avance devient le seul souci du courageux novateur qui n'était pas homme à reculer devant les fatigues d'une pareille tâche. En présence d'une

théorie aussi nouvelle, la discussion devait nécessairement se porter sur les glaciers actuels, car pour admettre que les glaciers des Alpes aient pu s'avancer jusqu'au Jura il fallait savoir en vertu de quelles lois ils se meuvent dans leurs limites. C'est dans ce but qu'il entreprit pendant huit années consécutives, de 1838 à 1845, ces fameuses expéditions alpestres qui eurent dans le monde scientifique un si grand retentissement, expéditions poursuivies avec autant d'ardeur que de persévérance et d'intrépidité, et conduites avec la patience d'un bénédictin et l'exaltation d'un croisé.

Ce sont ces expéditions glaciologiques que Desor a popularisées dans deux volumes aujourd'hui fort rares, les *Excursions et séjours dans les glaciers et les hautes régions des Alpes*, où se trouve racontée au jour le jour la vie de ces pionniers aventureux de la science.

Tandis qu'Agassiz et ses compatriotes s'établissaient sur le glacier de l'Aar, son ami et collègue Arn. Guyot, avec une abnégation fraternelle jamais démentie, lui venait en aide en étudiant les terrains erratiques semés par les anciens glaciers disparus au nord et au sud des Alpes, et y consacrait ses vacances pendant sept années consécutives. Ses études faisaient partie du plan général, car tous les résultats obtenus étaient réciproquement communiqués et comparés. Même pendant ses excursions Guyot adressait à Agassiz les observations qu'il faisait, lui soumettant ses doutes, faisant appel à son expérience.

Agassiz fit paraître en 1840 le résultat de ses premières observations dans les Alpes valaisannes sous le titre *Etude sur les glaciers*. Son intention était de publier sur ce sujet un grand ouvrage en trois volumes. Le premier devait renfermer le résultat de ses observations personnelles, le second les travaux de Guyot et dans le troisième Desor exposerait le phénomène erratique en dehors de la Suisse. Le premier volume seul fut publié en 1847, sous le titre *Nouvelles études et expériences sur les gla-*

*ciers actuels*. Il renferme un résumé des observations faites pendant les séjours au glacier de l'Aar. Pendant qu'il était sous presse, son auteur partait pour les Etats-Unis et la publication de l'ouvrage magistral, le *Système glaciaire*, conçu par les trois collaborateurs, ne fut jamais reprise.

Sans doute l'idée-mère du rôle que les glaciers ont joué dans les phénomènes géologiques appartient avant tout à Venetz et il est juste de revendiquer pour Charpentier la priorité des recherches qui ont établi solidement cette théorie. Mais l'ardeur d'Agassiz, son dévouement scientifique, celui de ses amis, en particulier Desor et Vogt, contribuèrent pour une grande part à faire avancer et à populariser la question des glaciers. Et si Agassiz a reçu une puissante impulsion de ses deux prédécesseurs, on peut dire que c'est par sa méthode d'observation, par son raisonnement clair et logique, qu'il a assis l'étude de l'époque glaciaire sur une base vraiment scientifique. La proclamation de la théorie glaciaire, les recherches et les études poursuivies des savants neuchâtelois, ont contribué pour beaucoup à illustrer Neuchâtel, qui peut à juste titre être envisagé comme le point de départ du mouvement glacialiste, auquel plus récemment un de leurs jeunes compatriotes, dont le nom est encore présent à votre mémoire à tous, a attaché son nom.

Cependant le savant professeur ne s'est pas toujours borné à la publication de travaux originaux qui montraient le génie scientifique de leur auteur. Il s'est aussi attaché à des recherches plus arides. C'est ainsi qu'il rédigea patiemment le *Nomenclator zoologicus*, fruit de ses nombreuses études et de sa vaste érudition. Avec cet ouvrage, qui nécessita des recherches infinies et le concours de plusieurs spécialistes, l'auteur a eu le mérite d'avoir exécuté une entreprise devant laquelle bien d'autres avaient reculé et qui semblait marquer la fin d'une grande période de ses travaux. En même temps, il travailla à une *Biblio-*



*graphie zoologique et géologique*, qui fut publiée après son départ pour l'Amérique (1848-1854). Si nous ajoutons à ces différentes publications d'ordre zoologique, paléontologique et géologique, un grand nombre de notices sur des points spéciaux d'histoire naturelle, parues dans des revues de divers pays, on pourra se faire une idée de la somme de travail et d'énergie qu'a montré Agassiz pendant son séjour à Neuchâtel.

L'activité qu'il déploya durant ces quelques années fut quelque chose d'inouï et dont, ainsi que s'exprime un de ses biographes, l'histoire de la science n'offre peut-être pas d'autre exemple.

La période de travail incessante dans laquelle Agassiz s'était trouvé plongé pendant son séjour à Neuchâtel ne fut cependant pas pour lui une période heureuse. Il fut en proie à des soucis domestiques auxquels vinrent se joindre bientôt des embarras d'argent. Les expéditions aux glaciers et ses publications avaient été coûteuses. Il avait dû requérir le concours de deux aides, de trois dessinateurs, d'un mouleur, d'un lithographe. Le feu de son activité l'avait jusque là emporté sur la froide raison qui calcule et n'entreprend rien sans les facilités nécessaires, et il avait en définitive contracté des obligations que l'assistance de sa famille, de ses amis, les subsides que Humboldt avait obtenu du roi de Prusse étaient incapables d'éteindre. En outre, la discorde avait malheureusement pénétré dans le groupe scientifique de Neuchâtel.

Ce fut un heureux appel en Amérique qui, dans ces circonstances, sauva une situation qui devenait de plus en plus critique. Aussi le savant professeur prêta-t-il l'oreille lorsqu'il lui fut adressé. Afin de l'encourager dans sa résolution, Humboldt obtint pour lui de Frédéric-Guillaume IV une mission scientifique dans le Nouveau-Monde et le roi lui accorda une forte subvention dans l'intention que les collections qu'il amasserait dans ce voyage seraient essentiellement destinées au Musée de Neuchâtel et les doubles seulement à celui de Berlin.

Au reste, en quittant Neuchâtel, Agassiz ne faisait que mettre à exécution un rêve de sa jeunesse, car il avait toujours désiré prendre part à un voyage de découvertes où il aurait l'occasion d'utiliser la surabondance de force et d'énergie qui débordait en lui. Et si l'Amérique l'attirait, c'est sans doute que ce pays convenait mieux que tout autre à son génie entreprenant et que son infatigable énergie devait y trouver son véritable champ d'action. Après bien des hésitations il accepta, mais sans avoir un instant l'idée qu'il ne reviendrait pas. Il aimait trop sa petite patrie pour songer à lui dire un éternel adieu, et s'il partait joyeux à la pensée des choses nouvelles qu'il allait voir, c'était parce qu'il comptait bien revenir.

Cela se passait au printemps de 1845. Grand fut l'émoi lorsque le bruit se répandit que le professeur aimé allait partir et que Neuchâtel était sur le point de perdre l'homme éminent qui lui avait créé une réputation à l'étranger et avait attiré sur elle l'attention du monde savant. Plusieurs même, qui soupçonnaient les ambitions du grand naturaliste et les difficultés qu'il ne pouvait guère surmonter dans un centre aussi modeste, craignaient que cette absence ne fut un départ définitif; ils avaient la conviction que l'Amérique le retiendrait et qu'on ne le reverrait plus. Le plus affecté était Louis Coulon, qui voyait avec inquiétude s'éloigner cet ami dont les promesses de retour ne parvenaient pas à le rassurer.

Agassiz passa encore l'hiver de 1845 à 1846 à Neuchâtel, occupé à terminer différentes publications, retenu aussi par les démarches relatives à son remplacement à l'Académie, fondée quelques années auparavant et dont il était devenu un des principaux organes, comme aussi le plus bel ornement. Il partit les premiers jours de mars 1846 pour aller passer quelques mois à Paris et s'embarqua pour Boston en septembre, loin de se douter qu'en son absence une révolution emporterait sa chaire et qu'il allait trouver un établissement définitif par delà l'Océan.

Je renonce à suivre Agassiz en Amérique et à décrire la série de travaux qu'il entreprit aux Etats-Unis, — travaux d'ordre plus spécialement zoologique —, où sa carrière a été sinon plus brillante, du moins aussi brillante qu'en Europe. On sait quelle fut sa destinée dans le Nouveau Monde où il débarquait précédé par le prestige d'une réputation européenne, qui constituait à l'avance pour lui une condition de succès et comment il y trouva un théâtre approprié à son génie entreprenant, ainsi que des ressources que l'Europe ne lui eût jamais offertes. Et si dans le temps où il n'était encore qu'un pauvre étudiant il a rêvé un Eldorado approprié à sa passion pour l'histoire naturelle, son rêve s'est trouvé pleinement réalisé à la fin de sa vie.

Si nous nous demandons comment un homme de ce mérite, un savant que des écoles plus grandes et plus importantes que celle de Neuchâtel auraient si vivement désiré posséder, a pu consentir à se fixer dans cette petite ville, nous répondrons qu'Agassiz ne recherchait pas la fortune, car malgré que des offres brillantes lui fussent parvenues d'Allemagne et de Suisse, il resta fidèle au lieu de son choix. C'est qu'il avait trouvé à Neuchâtel un accueil chaleureux et sympathique, il y avait rencontré un terrain bien préparé, des esprits curieux de s'instruire, de bonnes volontés prêtes à le seconder, des facilités particulières pour les travaux qu'il méditait et des collègues dévoués comme lui à la science. Dans une lettre qu'il adressait, en 1838, aux personnes qui, à la suite du refus des appels qu'il avait reçus de Genève et de Lausanne, lui avaient témoigné leur gratitude en lui offrant un subside dont il avait un pressant besoin, il écrit ce qui suit : « ... outre la reconnaissance que je dois à tous ceux qui m'ont aidé à devenir ce que je puis être, il est une raison bien puissante qui m'attache à cette localité, c'est la conviction que j'ai acquise que la science y est aimée, favorisée, qu'elle est le point d'appui de toutes les

institutions du pays, qu'elle y est entourée de considération, qu'on lui élève des monuments presque gigantesques et qui seraient disproportionnés avec son étendue si la générosité des citoyens ne venait au-devant de leurs besoins et n'en assurait ainsi la prospérité. Cette conviction, le désir de vivre en dehors de toutes les tracasseries des coteries d'une grande ville et l'affection que j'ai vouée à ceux qui ont assez de foi en moi pour m'aider à devenir utile à la science que j'ai embrassée, sont des motifs trop puissants pour qu'ils n'aient pas aisément balancé des avantages purement matériels qui m'étaient offerts pour m'attirer ailleurs. »

Au reste, un des traits particuliers qui frappent chez Agassiz, c'est le grand désintéressement dont il fit preuve durant toute sa vie, s'oubliant lui-même et consacrant toujours la totalité de ses ressources à atteindre le but élevé qu'il poursuivait; il était avant tout dévoué à la science, il s'y donna tout entier, sans réserve. Mettant à contribution les talents des uns, la bourse des autres, ajoutant à tout cela ses ressources, son temps et son génie, il est arrivé au résultat que chacun connaît. L'argent n'avait de valeur à ses yeux que parce qu'il sert à l'avancement de la science. Il l'a prouvé en ne laissant à sa mort aucune fortune, bien qu'il ait été en situation de gagner des sommes considérables s'il l'avait voulu.

C'est un beau et fortifiant spectacle que celui de cette activité intense, soutenue sans défaillance pendant de longues années. Un immense savoir, des découvertes nombreuses, des vues neuves et hardies, inspirées par la pénétration de son esprit et mûries par la raison, une parole persuasive qui charmait ou captivait les âmes et les entraînait vers de hautes pensées, ont procuré à Agassiz l'estime et la réputation parmi ses contemporains, et une grande et heureuse influence dans le mouvement scientifique moderne. Homme d'action passionné, il avait le don de communiquer à ceux qui l'approchaient la flamme qui



brûlait en lui. Sa puissance de travail, son enthousiasme étaient contagieux, et soulevaient les dévouements. C'est un des plus beaux témoignages qu'on puisse lui rendre.

Il ne m'appartient pas de juger l'œuvre d'Agassiz. Mais, ce que l'on peut dire, c'est que si plusieurs des idées qu'il a émises ont été abandonnées, les discussions auxquelles elles ont donné lieu ont été une source de progrès féconds et le temps est venu où la puissance et la profondeur de son intelligence ont été dignement appréciées, car l'œuvre qu'il a laissée est considérable.

Le temps, qui efface tant de personnalités, perpétue et entoure sans cesse d'un nouvel éclat le nom de ces hommes rares qui semblent avoir révélé de nouveaux ressorts de l'intelligence et donné de nouvelles forces à la pensée, et comme leur esprit, devançant leur siècle, avait surtout en vue la postérité, ce n'est aussi que de cette postérité qu'ils peuvent attendre tout ce qui leur est dû de reconnaissance et d'admiration.

---

# Die Bedeutung L. Agassiz

für die zoologische Wissenschaft

von Dr. TH. STUDER, Professor in Bern.

---

Wenn wir die wissenschaftliche Bedeutung eines Forschers aus vergangener Zeit zu beurteilen haben, so sind wir leicht geneigt, dabei nur seine hinterlassenen Schriften zu berücksichtigen und deren Inhalt nach dem heutigen Stande der Wissenschaft zu beurteilen, viele Beobachtungen scheinen uns da unvollkommen, Theorien, die aus den damals vorliegenden Materialien sich ergaben, verfehlt; versetzen wir uns aber in die Zeit und in das Milieu zurück, in denen der Forscher gelebt hat, betrachten wir seinen Einfluß auf seine Zeitgenossen, sehen wir, wie durch seine Anregungen und seine Tätigkeit Andere angespornt wurden, weiter zu forschen, wie aus seiner Initiative hervorgegangene Institute, bescheidene Sammlungen und Laboratorien, zu wissenschaftlichen Anstalten ersten Ranges geworden sind, so werden wir ein anderes Bild von dem Manne erhalten und wir werden sein Werk als einen Markstein in der Geschichte der Wissenschaft zu betrachten haben, von dem aus dieselbe einen weiten Schritt zur tieferen Erkenntnis getan hat.

So können wir, wenn wir das Werk von *Louis Agassiz* verfolgen und sehen, wie es den Gang der Naturwissenschaft beeinflusst hat, sagen, von *Agassiz* an und unter seinem Einfluß hat die Naturwissenschaft einen mächtigen Schritt vorwärts getan, und erscheinen auch

seine Theorien, die gewissermaßen das Leitmotiv zu seinen Forschungen gaben, uns Modernen nicht mehr annehmbar, so bargen sie doch eine Anregung zur Betrachtung der organischen Welt, die später unter eine andere Formel gebracht, bis heute den Weg der Erforschung des Zusammenhangs der organischen Welt bestimmt.

*Agassiz* trat wohlvorbereitet in seine wissenschaftliche Tätigkeit. In ländlicher Umgebung, an den idyllischen Ufern des Murtensees, in Motier und am Fuße des Jura in Orbe aufgewachsen, war er früh leidenschaftlicher Sammler und Beobachter der Natur, und eine Fülle von Kenntnissen brachte er schon mit, als bei seinen Universitätsstudien anregende Lehrer, wie *Schinz* in Zürich, *Tiedeman*, *Leuckart* und *Bischoff* in Heidelberg, *Oken*, *Spix*, *Doellinger*, *Fuchs* und *Schelling* in München, ihn in die wissenschaftliche methodische Forschung einführten und ihm vergönnt war, mit gleichstrebenden, anregenden Genossen in inniger Freundschaft seine Ideen auszutauschen. *Braun*, *Schimper* und *Agassiz* waren unzertrennlich während ihrer Studienzeit und aneinander bildeten sie sich zu den späteren Leuchten der Wissenschaft. Schon während seiner Studienzeit plante *Agassiz* ein Werk über die europäischen Süßwasserfische, das in München bereits begonnen war. Hier, wo man die geniale Auffassung der Arbeit bei *Agassiz* schätzen lernte, sowie seinen Scharfblick im Unterscheiden der Formen und in ihrer Gruppierung bewunderte, wurde ihm der Antrag, die Fische, welche von den Reisenden *Spix* und *Martius* im Amazonenstrom gesammelt worden waren, nach dem 1826 erfolgten Tode des Zoologen *Spix* zu bearbeiten. Im Jahre 1830 erschien der große prachtvoll illustrierte Folio-band « *Selecta genera et Species Piscium quos in itinere per Brasiliam ann. 1817-1820 colleg. et pingendos curav. J. B. de Spix* ».

*Digessit, descript. et observationib. anatom. illustravit L. Agassiz.*

Diese Arbeit, die ihn tief in die Kenntnisse der Fische

einführte, regte den Forscher aus nachher zu erörternden Gründen bald an, auch den untergegangenen fossilen Fischen seine Aufmerksamkeit zuzuwenden und daneben seine Arbeiten über die Süßwasserfische Europas weiterzuführen. Er sammelte zugleich fossile Fische in Hinsicht auf seine geplante Bearbeitung der vorweltlichen Fischfauna.

Nachdem er im Jahre 1829 seinen Dokortitel in München mit einer Dissertation über „Die Ueberlegenheit der Frau gegenüber dem Manne“, *Femina humana mari superior*, erworben hatte, führten ihn seine Studien nach Wien, wo er die Donaufische und die Schätze des dortigen Museums studierte. Im Jahre 1830 kehrte er in die Heimat zurück, wohin ihm sein bereits erworbenen Ruhm vorangegangen war.

In Neuchâtel hatten unterdessen zwei für Naturwissenschaften begeisterte Jünger, *Louis Coulon* und sein Sohn die Anregung gebracht, eine Lehrstelle für Naturwissenschaft in dem dortigen College zu errichten, dazu boten sie ihre reichen Sammlungen als Kern eines künftigen naturhistorischen Museums dem College an, als Lehrer für das Fach faßten sie den jungen Agassiz ins Auge. Dieser, im Hinblick auf seine begonnenen Arbeiten, wünschte aber noch Paris zu besuchen, um die wissenschaftlichen Sammlungen des Jardin des Plantes zu studieren. Dort brachte er auch, von den dortigen Gelehrten bestens empfangen, den Winter und Frühjahr 1831/32 zu. *G. Cuvier*, *Humboldt*, welcher damals in Paris weilte, unterstützten ihn nach Kräften und *Cuvier* stellte ihm sein ganzes Material von fossilen Fischen, deren Bearbeitung er selbst sich vorgenommen hatte, zur Verfügung.

Im Jahre 1832 nahm er den Ruf an das College in Neuchâtel an, besonders auf Empfehlung *A. v. Humboldts*. Dieser vermittelte auch, daß seine Sammlungen unter finanzieller Unterstützung von dem Fürsten von Neuchâtel, dem König *F. Wilhelm IV* von Preußen, von der Stadt angekauft wurden. Hier entfaltete sich nun während 14 Jahren,



die *Agassiz* dort verweilte, eine intensive wissenschaftliche Tätigkeit, welche die bescheidene Hauptstadt der damaligen Principauté de Neuchâtel zu einem wissenschaftlichen Zentrum machte. Die Ausführung der bereits begonnenen Arbeiten kam hier zur Vollendung, die Naturgeschichte der Süßwasserfische Europas, von denen die Naturgeschichte der Salmoniden erschien, mit Anatomie und Entwicklungsgeschichte derselben, ferner die Beschreibung der fossilen Fische, *Recherches sur les poissons fossiles*, 5 Bände in 18 Lieferungen in 4° mit Atlas von 384 Tafeln. 1833 bis 1843 und Supplement: *Monographie des poissons fossiles du vieux grès rouge ou système dévonien. Solothurn 1844.*

Dieses monumentale Werk umfaßt nicht nur die Beschreibung der bekannten fossilen Fische, sondern auch das System der Fische auf anatomischer Grundlage, namentlich des Exoskelettes und seine allgemeinen Ideen über den Zusammenhang der organischen Welt überhaupt. Dieses Werk kann nur mit dem klassischen « *Ossement fossiles* » von *Cuvier* in Parallele gestellt werden. Aber neue Probleme stellten sich bald dem regen Geiste vor Augen. Die zahlreichen Fossilien des Jura führten ihn zum eingehenden Studium der Paläontologie niederer Tiere. Besonders waren es die Echinodermen, die ihn interessierten, als Geschöpfe, welche schon in den ältesten Ablagerungen der Sedimentgesteine gefunden wurden und zu der niedersten Klasse der Tiere, den Radiaten, gehörten. Im Jahre 1834 erschien zunächst der Prodomus der Echinodermen, auf den 1839 und 1840 die Beschreibung der fossilen Echinodermen der Schweiz folgte « *Description des Echinodermes fossiles de la Suisse* ». Darauf kam die *Monographie des Echinodermes vivants et fossiles*, begleitet von der trefflichen Anatomie der Gattung *Echinus* durch *G. Valentin*.

Auch die fossilen Mollusken fanden eine eingehende Bearbeitung, so erschienen 1840-45 die *Etudes critiques sur les Mollusques fossiles* und 1855 die *Iconographie des*

*Coquilles tertiaires in den Nouv. Mém. de la Soc. Helv. d. Sc. Nat.* Bei diesen zahlreichen Arbeiten, die ein minutiöses Eingehen auch in die Literatur und damit die Synonymie erforderten, zeigte sich das Bedürfnis einer Zusammenstellung der bis dahin bekannten und anerkannten Genera der Tiere und das einer allgemeinen Bibliographie und so entstand im Jahre 1841 der *Nomenclator Zoologicus cont. Nomina systematica generum animalium tam viventium quam fossilium secund. ord. alphabet disposita, abjectis auctoris, libris in quibus reperiuntur. 12 fascicules mit Index von 1842-48*, unter Mitarbeit von A. Meyer, Wagner, Waterhouse, Bonaparte, Gray, Strickland u. a. und *Bibliotheca Zoologica et Geologica* von der Royal Soc. of England herausgegeben und von Strickland und Jardine vollendet in 4 Bänden. 1836 und 1837 begannen dann seine Studien über die Gletscher, die bald die übrigen Interessen in den Hintergrund treten ließen und seinen Namen auf immer mit der wichtigen Entdeckung der Glacialzeit verknüpfen.

Es ist klar, daß die ungeheure Arbeit, welche die Ausführung der zahlreichen und stets sich in seinem erfinderischen Kopfe erneuernden Pläne erforderte, nicht von einem einzigen Menschen auch bei der größten Arbeitskraft ausgeführt werden konnte.

Schon bei seinem Antritt in Neuchâtel hatte er einen stets beschäftigten Zeichner bei sich, bald stellte sich auch das Bedürfnis heraus, eine eigene lithographische Anstalt zu gründen, um die Herstellung der Tafeln stets selbst kontrollieren zu können. Seine blendenden Vorträge, seine anregende Gesellschaft ließen ihm eine Reihe begeisterter Schüler und Freunde erwachsen, die ihn mit ihrer Arbeit und Hülfe zu unterstützen bereit waren. So sehen wir Coulon, Nicolet u. a. als Zoologen und Geologen, Gressly, de Montmollin als Geologen ihm zur Seite stehen, als ständige Mitarbeiter begleiteten ihn C. Vogt und Desor. Vogt unterstützte ihn durch seine anatomischen und embryo-

logischen Arbeiten, ihm kommt das Verdienst der Anatomie und der Embryologie der Salmonen zu. *Desor*, sein Sekretär und feiner Stylist, redigierte die Texte und arbeitete sich mit der Zeit in einzelne Gebiete, so in das der Echinodermen ein, das er später als Meister beherrschte. Das Jahr 1845 sollte bald einen neuen und erweiterten Wirkungskreis für ihn eröffnen. Auf Anregung *A. v. Humboldts* erhielt er vom König von Preußen eine wissenschaftliche Mission mit dem Auftrag, die Fauna der gemäßigten Teile Amerikas mit denen Europas zu vergleichen, zugleich wurde er von *John A. Lowell* in Boston eingeladen, Vorträge an dem Lowell Institut in Boston zu halten, Nachdem er sich noch 1845—1846 in Paris aufgehalten, um Material zu seinem Catalogue raisonné des Echinodermes zu vergleichen, eine Arbeit, welche dann von *Desor* vollendet wurde, schiffte er sich nach Amerika ein, wo er bald eine neue Heimat finden sollte. Nachdem er in verschiedenen Städten mit dem größten Erfolge Vorlesungen gehalten, wurde ihm im Jahre 1847 eine neu kreirte Stelle als Professor der Zoologie und Geologie am Harvard College in Cambridge angeboten und hier konnte er nun unbeschränkt von materiellen Sorgen, die ihn in den kleinen Verhältnissen seines Vaterlandes oft bedrückt und behindert hatten, seine großen Pläne auszuführen. Zunächst war sein Streben darauf gerichtet, die Fauna des Landes gründlich zu erforschen. Im Jahre 1848 unternahm er eine Expedition an den Lake Superior, der in allen Richtungen studiert wurde, die United States Coast Survey knüpfte an ihre ozeanographischen Untersuchungen auch solche biologischer Natur, die später in so erfolgreicher Weise von dem Grafen *François de Pourtalès* geleitet wurden und reiches Material brachten. Im Jahre 1850 studiert *Agassiz* im Auftrag der Coast Survey die Küste von Florida, beobachtet das Wachstum der Korallen und verfolgt die Art der Küstenbildung durch Korallenriffe. Im Jahre 1852 verkauft er seine reichen Sammlungen an die Uni-

versität Cambridge, die den Grundstock des so entstehenden Museum of Comparative Zoology in Cambridge bildet und deren Vergrößerung und Vervollständigung nun eines der Hauptziele *Agassiz* bildet. Großartige Schenkungen an Geld und Objekten helfen diese Sammlung zu einer der bedeutendsten Amerikas zu machen. Er selbst vergrößerte die Sammlungen durch Reisen, die hochherzige Interessenten ihm erlaubten zu unternehmen. 1864—1865 besuchte er Brasilien und den Amazonasstrom dank der Liberalität eines reichen Gönners, *Nathanæl Thayer*, von wo reiche Sammlungen heimgebracht wurden. 1871 nahm er an einer von den Vereinigten Staaten organisierten Expedition teil, die die Aufgabe hatte, ozeanographische und biologische Untersuchungen an der Küste Amerikas anzustellen. Dieselbe, ausgeführt von dem Schiffe *Haßler*, umfuhr Amerika von den Antillen bis San Francisco mit Umschiffung des Cap Horn.

1871 kam seinem Wunsche, ein Laboratorium an der Seeküste zu errichten, ein Gönner, *Mr. Anderson*, entgegen, welcher ihm eine kleine Insel in der Buzzardbay, Penikese Island, zum Geschenk machte, wo ein marines Laboratorium eingerichtet wurde.

Die 25 Jahre, die es *Agassiz* bis zu seinem im Dezember des Jahres 1872 erfolgten Tode vergönnt war, in Amerika zu wirken, gehören zu den erfolgreichsten und wichtigsten seiner Tätigkeit. Eine Reihe begeisterter und tüchtiger Schüler unterstützten ihn in seinen großartigen Plänen, die Fauna Amerikas in systematischer, embryologischer, paläontologischer und tiergeographischer Richtung zu erforschen. Ich brauche nur die Namen von *L. Franz de Pourtalès*, des Erforschers der amerikanischen Tiefseefauna, *Lyman*, den Echinodermenforscher, *Clark*, der die Embryologie der Schildkröten, später die Polypen und *Acalephen* der Küsten bearbeitete, und so viele Andere zu nennen, um zu gleicher Zeit an fundamentale Werke zu erinnern, die aus deren Zusammenwirken entstanden.



Später trat auch sein Sohn, Alexander *Agassiz* in die Reihe der Forscher ein und er sollte das Werk des Vaters nach dessen Tode weiter führen. Es geschah dieses auch mit steigendem Erfolg, so daß heute das Museum of Comparative Zoology at Harvard College als ein Musterinstitut da steht, das fortgesetzt der Wissenschaft die hervorragendsten Dienste leistet.

Seine von L. *Agassiz* geschaffenen Publikationen, das *Bulle in of the Museum of Comparative Zoology* und die *Annales of the Museum* liefern ein unerschöpfliches gründlich durchgearbeitetes Material zur Fauna des amerikanischen Kontinentes. Im Jahre 1857 unternahm *Agassiz* ein Résumé seiner Untersuchungen zu veröffentlichen unter dem Titel *Contributiou to the natural history of the unitel States*, für das sich, ein Zeichen der Popularität des Verfassers, sogleich 2500 Abonnenten fanden. Bis 1862 erschienen 4 monumentale Bände, 1 *North American Testudinata*, 2 *Embrylogy of the Turtle*, 3 und 4 *Acalephs in General, Ctenophorae, Discophorae, Hydroidea; Homology of the Radiata*. Hier legte er auch seine Ideen über die Klassifikation der Tiere, die er schon in Europa gewonnen und in nuce dargelegt hatte, nieder.

Wenn wir nun die kolossale Lebensarbeit des Mannes übersehen, so dürfen wir uns fragen, was waren die Triebkräfte, die ihn bis zur Erschöpfung seines Lebens dazu anregten, rastlos die unzähligen Formen der Schöpfung nach allen Richtungen zu erforschen, neues Material auf Material zu häufen; was erzeugte diese Begeisterung, die jeden, der mit ihm in Berührung kam, zum feurigen Jünger und Mitarbeiter machte, was schuf dem Kaufmann und Kapitalisten das Vertrauen, ihm stets wieder neue Mittel zur Verfügung zu stellen, die seine weitem Forschungen ermöglichten. Handelte es sich bei ihm wirklich nur um Anhäufung von Tatsachen, die an und für sich von großer Wichtigkeits sind und zum Aufbau der Wissenschaft unzählige Bausteine geliefert haben? Wenn man

seine jüngeren Schüler fragte, sollte man es fast glauben, denn was er ihnen vor allem empfahl und wozu er sie anregte, war, Tatsachen sammeln und wieder sammeln und sich nicht mit Hypothesen und Theorien den Kopf zu zerbrechen. *William James* in seinem Nachruf erzählt, daß er ihn während der Thayer Expedition oft über allgemeine Dinge, über Erklärung der sich aufdrängenden Neuen gefragt habe. Die Antwort lautete stets: Nun Sie haben eine bestimmte Aufgabe, machen Sie die Augen auf und suchen Sie selbst die Antwort, immer wieder zitierte er den Theoretikern das Wort aus Faust: Grau, lieber Freund, ist alle Theorie und grün des Lebens goldner Baum. Selbstsehen, nicht rasonieren, ist die Aufgabe.

Und doch war sein ganzes Streben nur auf Lösung eines tiefen philosophischen Problems gerichtet, zu der er das Material nicht reichlich genug zu sammeln hoffte. es handelte sich um die Frage, welchen Plan den Schöpfer verfolgte in der Schaffung der organischen Welt und welche Prinzipien ihn dabei geleitet haben. Das Problem wurde von Anfang an auf eine tief eingewurzelte religiöse Grundlage gestellt. Schon in der Bearbeitung der fossilen Fische gab er die Grundzüge dieses Planes an und in den *Contributions to the natural history of the United States*, wo er die Prinzipien seiner Klassifikation der Tiere erörtert, wird er weiter begründet und vertieft.

Das System der organischen Wesen soll nach *Agassiz* den Plan darstellen, den der Schöpfer bei der Erschaffung der organischen Welt vorher konzipiert hat. Diese Wesen sind nicht auseinander entstanden, sondern das Produkt sukzessiver Schöpfungsakte, aber da die Akte nach einem vorgefaßten Plane geschahen, so stehen alle Wesen einer großen Klasse in einem innern Zusammenhang, der sich von den ältesten Ablagerungen bis zur Jetztzeit verfolgen läßt. Dieser Zusammenhang führt immer vom Unvollkommenen zum Vollkommenen, vorausgesetzt, daß nicht eine

rückschreitende Entwicklung von einem gewissen erlangten Grade an eintritt. Von den niedersten Fischen des Silur bis zum Menschen existiert so eine fortlaufende Reihe, zugleich aber wiederholt sich dieser Entwicklungsgang in der Embryonalentwicklung der Tiere, das Studium derselben lehrt uns die natürlichen Beziehungen der Geschöpfe zueinander erkennen. So z. B. entsprechen die Embryonalphasen der Comatula den Hauptformen der Crinoiden der geologischen Perioden, der Cistoiden der paläozoischen Zeit, der Platycrinoiden der Kohlenperiode, der Pentacrinoiden des Lias. Die Trilobiten sind das Embryonalstadium der Entomostraken, die Oolithischen Krebse das der Krabben, die heterozerken Ganoiden das des Lepidosteus.

Ich kann diese Ideen nicht besser wiedergeben, als mit den Worten von *Agassiz* selbst, mit denen er das Schlußresultat seiner Untersuchung der fossilen Fische darlegt; « Die Tatsachen zeigen Prinzipien, welche die Wissenschaft bis jetzt noch nicht erörtert hat, die aber die Paleontologie dem Beobachter mit steigender Intensität vor Augen bringt, ich meine die Beziehung vom Geschöpf zum Schöpfer. Mehr als 1500 Arten von fossilen Fischen, mit denen ich bekannt wurde, sagen mir, daß die Arten nicht stufenweise auseinander hervorgehen, sondern daß sie plötzlich erscheinen und verschwinden, ohne direkte Beziehung zu ihren Vorgängern, denn es kann wohl nicht angenommen werden, daß die zahlreichen Typen der Cycloiden und Ctenoiden, die alle nahezu gleichaltrig sind, aus Placoiden und Ganoiden hervorgegangen sind. Alle diese Arten haben ein vorbestimmtes Erscheinen und Verschwinden, ihre Existenz ist sogar auf eine bestimmte Periode beschränkt. Und doch bieten sie im Ganzen betrachtet, zahlreiche, mehr oder weniger nahe Beziehungen zueinander, eine bestimmte Koordination unter ein Organisationssystem, das innige Beziehungen zu der Existenzweise jedes Typus zeigt und selbst jeder Spezies ».

Mehr: « Es existiert ein unsichtbarer Faden, der sich

aufrollend, durch alle Perioden und die ganze Mannigfaltigkeit hindurchzieht und als Endresultat auf einen fortlaufenden Fortschritt in der Entwicklung hinweist, von der der Mensch das letzte Glied ist, zu dem die vier Wirbeltierklassen die Stufen bilden und die Wirbellosen die konstanten Parallelstufen. Sind das nicht Manifestationen eines reichen und mächtigen Gedankens, Taten einer ebenso tiefen als vorschauenden Weisheit » ?

Wie man sieht, ist *Agassiz* ein Gegner jeder Entwicklungslehre und trotzdem, wie viele Berührungspunkte liefern nicht beide Theorien. Ist nicht die Erkenntnis der Wiederholung der Stammesgeschichte in der individuellen Entwicklungsgeschichte eine Parallele zu einer der mächtigsten Theorien der Entwicklungslehre, dem biogenetischen Grundgesetz ? Und mochte die Auffassung der Tatsachen so oder so sich gestalten, es mußte von ihnen eine ganz neue und großartigere Behandlung der naturwissenschaftlichen Fragen resultieren. *Agassiz* gehört die Priorität in der Auffindung eines natürlichen Systems, die Faktoren der Paläontologie und der Embryologie herbeigezogen zu haben, durch ihn kam man zu der weitsichtigen umfassenden Forschungsmethode. Und wenn wohl die Mehrzahl der heutigen Biologen nicht mehr auf seinem theoretischen Standpunkt steht, so dürfen wir ihn doch stets als einen der großen Bahnbrecher betrachten, der die biologische Wissenschaft gewaltig gefördert hat. Mit Ehrfurcht dürfen wir den Ort betreten, von dem eine helle Leuchte der Wissenschaft ausging, denn die Stätte, die ein guter Mensch betrat, die bleibt geweiht für alle Zeiten.

---



# LES ÉTATS DE LA MATIÈRE

PAR

le Dr CH.-ED. GUILLAUME, Sèvres-Paris

---

Lorsque, dans une de nos paisibles vallées, s'allume dans chaque maison l'âtre familial, le regard aime à suivre les fumées ténues qui montent vers le ciel en gracieux tourbillons. Arrivée à une certaine hauteur chacune de ces légères colonnes s'élargit, s'étale, et bientôt rejoint ses voisines ; ainsi se constitue un nuage translucide, dans lequel l'œil ne distingue plus les séparations, si nettes encore l'instant auparavant. Mais que l'on observe attentivement ce nuage : bientôt on verra s'établir des couches de teintes un peu différentes, et l'étude détaillée de leur structure nous montrera qu'elles se sont étagées suivant les dimensions des minuscules grains de matières minérales entraînées du foyer.

C'est souvent ainsi que procède la science. Le premier groupement des phénomènes nous est donné par leur origine ; puis, plus tard, c'est leur nature intime qui marque leur place, et la classification, qui était artificielle, devient une classification naturelle.

La physique nous offre des exemples grandioses de ces deux étapes successives. L'étude du spectre en est peut-être la plus vaste et la plus frappante.

Je voudrais parler aujourd'hui d'une synthèse moins saisissante, moins populaire surtout, car d'admirables dé-

couvertes dans le domaine des radiations fascinent tous les regards. Mais la matière, avec son infinie complexité, appelle aussi de profondes études. D'ailleurs, n'est-ce pas d'elle qu'émane le rayonnement ? N'est-ce pas en elle qu'il revient et qu'il se transforme ? Par réciprocité, le rayonnement lui-même la modifie, et l'étude de l'un serait voué à une partielle stérilité, si l'étude de l'autre ne marchait pas de pair.

## I.

L'observation immédiate, qui établit des catégories tranchées, avait conduit à la conception de trois états des corps, que l'on pourrait appeler massifs. Sir W. Crookes en dénomma un quatrième, l'état individuel ou ordonné de la matière raréfiée. Et déjà la brillante synthèse de van der Waals, fondée sur les conceptions d'Andrews, avait enseigné la continuité de deux des états, dans le passage par le point critique, où la matière n'est ni un liquide ni un gaz, mais à partir duquel elle peut devenir l'un ou l'autre, par une modification infiniment faible de sa température.

Des observations beaucoup plus élémentaires auraient pu, depuis longtemps, montrer la continuité de l'état fluide et de l'état solide.

Un liquide est, dit-on, un corps qui prend la forme du vase qui le contient. Mais que l'on y regarde de près. Si nous frappons un coup sec sur un morceau de glu marine, il éclate, et chacun de ses débris montre une cassure conchoïde ; si nous le plaçons sur une table, nous le retrouverons tel au bout de quelques minutes, et ces deux observations nous autorisent à dire que la glu marine est solide.

Abandonnons maintenant ce morceau de glu, et prenons, chaque heure, une photographie de sa forme, puis faisons défiler toutes ces photographies dans un cinématographe. Nous aurons l'impression nette de l'étalement

d'une grosse goutte d'eau, à cette seule différence près, que les phénomènes d'inertie n'interviendront pas. L'expérience est intéressante au simple point de vue cinématique, puisqu'elle nous donne une image de l'écoulement d'un liquide qui serait dénué de masse.

Une balle de plomb posée sur un plan ne se déforme pas visiblement. Mais empilons des balles de plomb dans un tube d'acier. Pour peu qu'il ait quelques kilomètres de hauteur, le fond du tube se remplira complètement, comme si, au lieu d'y mettre du plomb, nous y avions versé de l'eau.

Ainsi, solide ou fluide semble être une notion conventionnelle, qui dépend du temps ou des dimensions. Un corps possédera toutes les propriétés du solide ou toutes celles du liquide, suivant que nous sommes un nain ou un géant, que nous sommes un homme pressé ou que nous possédons une patience à toute épreuve.

Mais la notion des états solide et fluide n'est pas seulement, semble-t-il, de pure convention ; si nous faisons intervenir la température, nous pouvons établir en plus la continuité. Un fil de quartz, dont on connaît la merveilleuse élasticité, peut être chauffé graduellement, et atteindre l'état complètement fluide sans qu'à aucun moment on puisse dire, ici il est solide, un peu plus haut il sera liquide.

## II.

Pour n'avoir pas voulu être dupes d'une illusion, ne nous sommes nous pas trompés nous mêmes ? C'est ce qu'un examen plus approfondi des phénomènes va nous montrer.

Si, au lieu de la glu marine, du plomb ou du fil de quartz, nous avons pris simplement un cristal de quartz, nous ne l'aurions vu s'écouler ni sous l'action du temps, ni sous un notable effort ; et, si celui-ci avait dépassé une certaine limite, le cristal se serait brisé. Nous ne l'aurions

pas vu davantage se ramollir graduellement sous l'action de températures de plus en plus élevées. Quelles que fussent les précautions prises pour le chauffer, nous l'aurions vu au contraire, à une certaine température, éclater et se réduire en poussière. Et c'est en agglomérant cette poussière au chalumeau que nous aurions obtenu la matière première de ces fils dont M. C.-V. Boys a doté la physique.

Nous pressentons, à l'examen de cet exemple, que, si les définitions classiques de l'état solide et de l'état liquide sont manifestement insuffisantes, au moins peut-il exister des cas dans lesquels aucun doute n'est possible ; il est certains corps pour lesquels l'état solide n'est pas une fiction.

Sur la pente de cette synthèse facile et séduisante, mais dangereuse, que nous venions de tenter, M. H. Le Chatelier a crié : *Prenez garde !* Et son argument, développé avec un talent consommé par M. Tammann, a apporté une subite clarté en un domaine naguère encore très obscur.

### III.

Jusqu'ici, notre examen de la matière est resté limité à ses propriétés mécaniques ; il est donc incomplet, et notre jugement s'en est ressenti. La matière dont est fait le fil de quartz se comporte, vis-à-vis des déformations permanentes tentées à la température ordinaire, sensiblement comme le cristal de quartz, et c'est seulement lorsque nous le chauffons que la différence apparaît. Mais la raison pour laquelle elle s'est manifestée est précisément celle qui a servi à fonder une distinction bien tranchée entre deux états apparemment solides des corps : l'un des états du quartz est l'état cristallin, l'autre est l'état amorphe.

C'est là qu'est la vraie discontinuité ; c'est là que tous les genres d'investigation, pourvu qu'ils s'élèvent un peu au-dessus de l'expérience la plus vulgaire, font apparaître des différences que rien n'égale.



La matière peut être ordonnée ou désordonnée. Ses molécules peuvent être disposées en des ensembles symétriques, ou bien elles peuvent être distribuées suivant les lois du hasard, sans qu'aucun groupement déterminé se manifeste. Lorsqu'une ordonnance précise a présidé à la constitution du corps, toutes ses propriétés la révèlent. Les paramètres élastiques, le chemin que décrit la lumière, la propagation de la chaleur et de l'électricité, tout, jusqu'à la forme extérieure, qui, la première, attirera l'attention sur ces jeux de la nature, indique une organisation supérieure, où chaque partie concourt à l'harmonie de l'ensemble.

La matière amorphe, c'est de tous côtés l'indifférence complète; c'est la foule qui se groupe ou se disloque, grossit ou s'écoule, sans qu'une joie ou une douleur survienne. Le cristal, c'est le cercle de la famille, où l'on regrette l'absent, où la douleur est partagée, où la joie est intime. Et cette solidarité dans la matière cristalline est si frappante que M. Brillouin a pu émettre cette géniale hypothèse : Les actions capillaires sont plus faibles au dehors d'un cristal qu'au contact du même corps à l'état amorphe. C'est que, dans le premier, comme au foyer familial, l'intérêt se concentre, il en reste moins pour l'extérieur.

Mais quittons la fiction. Aussi bien, sans poursuivre le parallèle, il se présentera de lui-même à notre esprit.

J'ai tenté de montrer combien est souvent illusoire la distinction élémentaire entre les états solide et liquide. Celle que nous venons d'établir la remplace par une distinction de nature plus élevée, qui souvent classe les corps comme autrefois, mais souvent aussi rompt les anciens groupements.

Un corps peut exister sous un grand nombre d'états divers. Chacun d'eux possède un domaine particulier d'équilibre, défini par un ensemble de valeurs simultanées des agents extérieurs : pression, température, champ lumineux, champ électrique, champ magnétique. La plupart des recherches

se sont limitées aux deux premières de ces actions, parce qu'elles sont les plus évidentes et les plus générales. L'expérience permet de tracer la courbe joignant les couples de valeurs de la pression et de la température qui séparent deux états d'un corps. Dans le champ inférieur existera un certain cristal, dans le champ supérieur un autre cristal. Le champ qui surmonte tous les autres est généralement celui de l'état amorphe. Le passage est une ligne de transformation, dont la fusion proprement dite n'est qu'un cas particulier.

Il semble que le passage à l'état amorphe, que nous nommerons par extension la fusion, se produise toujours dans les mêmes conditions, et sans aucun de ces retards très fréquents dans le retour à l'état cristallin. Pour produire le cristal, au contraire, il faut un noyau qui grossit aux dépens de la matière environnante; les noyaux ont en général une très faible tendance à se former au voisinage de la température de fusion, et il faut descendre beaucoup plus bas pour les voir se produire en grand nombre. Au contraire, comme l'a montré M. Tammann, la tendance à l'accroissement des noyaux augmente sans cesse à mesure que la température s'élève, jusqu'au point de fusion lui-même, où brusquement elle se renverse; les noyaux se détruisent alors, en même temps que les cristaux déjà formés.

Le refroidissement rapide d'un corps peut lui permettre de traverser la région de facile cristallisation sans que les groupements se forment. La substance surfondue arrive alors à une température basse sans abandonner l'état amorphe, et peut devenir très dure par augmentation progressive de la viscosité. Le corps a toutes les apparences d'un solide dans le sens de l'ancienne définition; mais il n'est pas un solide vrai, parce qu'un réchauffement le ramène, sans aucune transformation brusque, à l'état fluide. Telle est la condition d'existence du fil de quartz, qui, au point de vue physique profond, et non pour le

chimiste ou le mécanicien, est beaucoup plus éloigné du quartz cristallisé que du verre, de la glycérine ou même de l'eau.

Ainsi s'explique, sans la plus légère difficulté, la fusion pâteuse, qui est la simple diminution graduelle de la viscosité, conformément aux lois depuis longtemps connues dans les liquides.

Le plus souvent, les corps présentent, aux températures basses, une complète inaptitude à changer d'état. Si nous nous éloignons de la cristallisation pour envisager la dissolution, les exemples abonderont.

Un verre à l'or, refroidi brusquement, reste indéfiniment incolore. Réchauffé, il prend la belle couleur pourpre qui le fait rechercher, et qu'il doit aux grains du précieux métal, agglomérés en masses ultramicroscopiques séparées de la solution.

La trempe de l'acier fixe, aux températures basses, une solution particulière de fer et de carbone, stable au rouge, alors que le recuit, ou simplement le refroidissement lent, permet la transformation, et livre des métaux doux. L'addition du tungstène à l'acier a pour effet de donner à la transformation une extrême lenteur, ce qui assure la conservation du carbone de trempe, même lorsque le passage par les températures de transformation s'est produit par refroidissement à l'air.

La multiplication des citations est superflue. Celles qui précèdent constituent d'intéressants exemples de ce que peut l'instinct du praticien pour enseigner des procédés industriels d'une grande importance bien avant que la science soit susceptible d'en donner la théorie complète.

Toutefois l'investigation scientifique, dans ce domaine comme dans tant d'autres, n'a pas été superflue, et c'est avec le guide sûr du diagramme des états que l'on est arrivé, par exemple, à la découverte des propriétés industrielles du bronze trempé.

#### IV.

Revenons à la cristallisation. M. Amagat, M. Spring, M. Tammann, ont consacré, à la variation de ce phénomène sous l'action de la pression, d'admirables expériences, qui ont transformé nos idées sur les états de la matière.

Je ne résiste pas au plaisir de citer deux résultats particulièrement frappants obtenus par M. Tammann.

Nous nous considérons comme suffisamment renseignés lorsque nous connaissions les trois états de l'eau : la glace, l'eau liquide et la vapeur d'eau. Mais si l'on refroidit la glace jusque vers  $-80^{\circ}$ , et qu'en même temps on la soumette à une pression de l'ordre de 2000 à 3000 atmosphères, on voit, au bout d'un instant, sans que l'on ait modifié son volume, la pression s'abaisser graduellement de 600 à 700 atmosphères, et se fixer à une valeur nouvelle, indiquant qu'une transformation complète vient de s'accomplir.

Effectivement, la glace ordinaire s'est alors muée en une variété plus dense que l'eau, glace normale, qui se rencontre avec la glace anormale ordinaire et l'eau elle-même, en un triple point, dont les conditions sont définies par  $-22^{\circ}$  et 2200 atmosphères. La température de fusion de cette glace nouvelle monte naturellement en même temps que la pression ; elle atteint  $-17^{\circ}$  sous 3500 atmosphères, et l'on peut prévoir qu'en poussant plus loin l'expérience, on retrouverait son point de fusion à  $0^{\circ}$  un peu au-delà de 10000 atmosphères.

L'autre expérience, également instructive, se rapporte à un corps beaucoup moins répandu, le chlorure de phosphonium.

Aux pressions et aux températures ordinaires, ce corps est gazeux. Sous pression, il se solidifie, et peut, comme l'acide carbonique, exister en cristaux baignés dans leur vapeur. Mais aussi, il peut exister à l'état liquide, et



M. Van't Hoff a fixé sa température critique à 50°. Or, M. Tammann a pu suivre sa courbe de fusion jusqu'à 102° et 3040 atmosphères, et rien n'indique la proximité d'un arrêt dans cette courbe.

Voilà donc un corps qui reste solide à une température incompatible avec son état liquide. Le passage par sa température critique n'est, d'ailleurs, marqué par aucune inflexion dans la courbe de fusion, ce qui montre bien la réelle continuité des états liquide et gazeux.

Ce résultat peut paraître paradoxal. Nous avons l'habitude d'admettre comme évident qu'un corps ne peut pas être solide à une température où il lui est impossible d'exister à l'état liquide. Mais, pour peu que nous réfléchissions, nous nous apercevons que cette croyance n'est fondée sur rien, sinon sur un instinct, qui, dans ce cas, était trompeur, et que le résultat de M. Tammann, si surprenant soit-il, n'a rien de contradictoire avec les faits connus, et doit même être très général.

Dans ces deux expériences, il a suffi, sans s'écarter des températures atteintes avec la plus grande facilité, d'élever la pression jusque vers 3000 atmosphères, pour découvrir un domaine nouveau, que rien ne faisait pressentir; pour voir l'eau, par exemple, que nous croyions si bien connaître, devenir protéique, et abandonner la forme cristalline dont l'anomalie possède, pour notre vie sur la terre, une importance capitale.

Mais ce sont, dira-t-on, des conditions exceptionnelles, et dont l'intérêt, de pure curiosité scientifique, est limité au laboratoire, puisque nous ne rencontrons pas, à la surface de la terre, de pressions comparables à celles qui ont produit ces singuliers phénomènes.

Pensons-y un instant. S'il est vrai que la surface de notre terre et son voisinage immédiat présentent pour nous le maximum d'intérêt, nous ne saurions laisser hors du domaine de nos investigations les couches profondes de notre globe, où s'élaborent, comme en un gigantesque

creuset, les substances qui, de temps à autre, transsudent au travers de ce qu'on est convenu d'appeler l'écorce terrestre; ce creuset, dont les légers soubresauts causent les effrayants séismes qui rappellent à l'humanité combien peu de chose est sa puissance.

Il suffit de descendre à une dizaine de kilomètres au-dessous de la surface du sol pour rejoindre l'ère des pressions dont nous venons de parler. Mais que se passe-t-il à 100 kilomètres, à 1000 kilomètres, au centre de notre globe où la pression est de l'ordre d'un million d'atmosphères; au centre du soleil, où elle est mille fois plus grande?

Ce sont là des questions auxquelles notre connaissance de la nature est impuissante à répondre, et tout ce que nous pouvons faire, après nous être humiliés de savoir si peu de chose, est de chercher à obtenir quelques vues latérales vers ce domaine que nous ne pouvons pas attaquer de front.

## V.

Mais avant d'aller plus loin, il convient de revenir encore en arrière, et de nous demander si, en admettant maintenant la discontinuité des états cristallisé et amorphe, nous n'avons pas été dupes des mêmes illusions qu'en voulant montrer la continuité des états solide et liquide. Voici une expérience, exécutée il y a quelques années par M. Clemens Schäfer, et qui peut donner à réfléchir.

On sait que, dans les liquides ou dans les corps qui éprouvent des déformations permanentes sans réactions élastiques linéaires, le coefficient de Poisson, de la contraction transversale à l'allongement, est égal à  $1/2$ , condition nécessaire pour que la déformation se produise sans changement de volume. Or, si l'on détermine les variations des paramètres élastiques d'un fil métallique aux températures basses, et que l'on extrapole jusqu'à ce que le coefficient de Poisson atteigne la valeur  $1/2$ , on trouve une tempéra-

ture qui, aux incertitudes près de l'extrapolation, se confond avec la température de fusion.

La fusion, qui est un phénomène bien défini pour les métaux, serait donc une conséquence continue de la variation des paramètres élastiques.

N'insistons pas pour le moment, sur ce doute, et cherchons à l'éclaircir en étudiant d'autres expériences.

Le regretté Kahlbaum, qui fut un des nôtres, exposait, à Fribourg même, il y a six ans, les résultats extrêmement curieux obtenus par la compression d'échantillons de divers métaux. Il s'agissait de corps très purs obtenus par distillation dans le vide, suivant la belle méthode qu'il avait si complètement élaborée. Les échantillons, sous la forme de petits cylindres bien polis, étaient soumis, dans l'huile de ricin, à une compression poussée graduellement jusqu'à 20000 atmosphères. Or, après une augmentation de la densité sous les pressions atteignant 10000 atmosphères, il observa, dans la majorité des cas, sous des pressions plus fortes, une diminution consécutive de la densité, faible, mais bien supérieure aux erreurs possibles des observations.

En même temps, les corps avaient changé de forme ; ils s'étaient allongés ou raccourcis, bien que soumis à des pressions rigoureusement hydrostatiques ; leur surface s'était dépolie, et présentait un aspect comme tourmenté. Kahlbaum ébaucha une théorie de ces phénomènes, mais le moment était un peu prématuré, et la solution devait être attendue de nouvelles expériences. Elles furent entreprises, après entente avec Kahlbaum, par M. W. Spring, l'éminent professeur de Liège, auquel l'étude des hautes pressions est redevable de tant de contributions de premier ordre.

Les expériences de M. Spring furent exécutées dans des conditions un peu différentes de celles de Kahlbaum. Les métaux furent forcés au travers d'un petit trou, de manière à subir un pétrissage sous d'énormes pressions.

Les résultats de Kahlbaum furent d'abord brillamment confirmés : la densité des échantillons étudiés se trouva diminuée de quantités notables, atteignant par exemple 2 pour 1000 dans le cas de l'argent. Un seul métal fit exception, le bismuth, dont la densité était augmentée.

Ce métal, d'ailleurs, se comporta de la plus singulière façon. On sait combien il est aigre et cassant ; or, le fil sorti de la filière par compression était tellement souple qu'il put être noué sans manifester la moindre tendance à la rupture. C'était un nouveau bismuth, encore inconnu, que M. Spring avait réalisé.

Mais les métaux pétris pouvaient revenir à leur état primitif ; il suffisait, pour cela, de les chauffer. Leur surface, polie, devenait alors rugueuse ; la densité première se retrouvait sensiblement ; bref, l'effet des compressions était complètement annulé.

Ne sommes-nous point en plein paradoxe ? Un métal passé à la filière sous une énorme pression est souple ; le recuit le rend cassant. Un autre perd de sa densité par le fait de la pression ; recuit, il la reprend.

Essayons donc une hypothèse, que d'ailleurs confirment immédiatement les observations métallographiques de M. Beilby. Supposons que, par la trituration sous forte pression, les métaux passent, au moins dans une notable proportion, à l'état amorphe. Le recuit devra les ramener à la structure cristalline, qui est leur forme naturelle aux températures inférieures à celle de leur fusion. S'ils conservent en général l'état amorphe, auquel le pétrissage les a amenés, c'est parce qu'aux basses températures, les transformations sont d'une lenteur extrême.

Si nous suivons les conséquences de cette hypothèse, le paradoxe s'évanouit, et tout devient clair. On sait que les métaux étudiés diminuent de volume en se solidifiant, à l'exception du bismuth qui se dilate. L'état amorphe apparemment solide étant continu avec l'état liquide, rien n'est plus mystérieux dans les résultats de M. Kahlbaum



et de M. Spring. L'expérience de M. Clemens Schäfer n'éveille plus un doute de principe, et tout ce qu'il reste à faire est de préciser l'état, insuffisamment défini, des fils dont il s'est servi. Le phénomène n'est pas simple, mais on ne peut plus l'opposer à l'idée de discontinuité des états cristallin et amorphe.

Un diagramme de M. Tammann, aurait pu faire sentir les résultats que je viens de rapporter.

Dans l'immense majorité des cas, le cristal est plus dense que l'amorphe dans lequel il prend naissance, mais ce dernier est plus compressible, de telle sorte que, sous de très fortes pressions, la différence des densités tend à diminuer. Comme conséquence nécessaire, la température de fusion monte, avec une rapidité décroissante, en même temps que la pression s'élève. Pour de très fortes pressions, un maximum pourra être atteint, où la densité du cristal et de l'amorphe seront égales ; et, pour des pressions encore plus fortes, la tendance à la transformation sera du cristal vers le corps amorphe. Cette transformation pourra se produire sous une pression hydrostatique, mais celle-ci devra être énorme. La trituration, qui, en faisant glisser des cristaux, provoque leur désagrégation, multiplie fortement cet effet de la pression, et engendre les transformations que je viens de décrire. Peut-être le fil n'est-il amorphe que jusqu'à une faible profondeur ; mais comme, dans les torsions, l'action des couches extérieures est prépondérante, ce sont elles qui impriment leur caractère au phénomène.

M. Spring a poursuivi l'expérience. Il a trouvé que, entre le métal amorphe et la baguette cristalline, il se produit un couple hydroélectrique, dans lequel le métal amorphe entre en dissolution. Or, dans l'immense majorité des cas, le cristal se forme avec dégagement de chaleur ; cette expérience confirme donc bien le fait que les métaux flués, dont l'énergie interne est moindre, sont amorphes. A ce point de vue, le bismuth était encore exceptionnel comme il l'est dans toutes ses propriétés.

## VI.

Nous n'avons envisagé jusqu'ici que les corps purs. Abordons les corps composés. M. Spring a montré que, sous pression, les combinaisons chimiques se modifient. Les doubles décompositions s'opèrent sans difficulté, comme dans les dissolutions. Bien plus, l'étude des sulfates acides lui a montré, dans tous les cas où ils avaient été soumis à de fortes compressions et à une trituration, une décomposition partielle et souvent presque totale, en sulfate neutre et en acide sulfurique. Si l'on permet, pendant l'action mécanique, le dégagement de la partie la plus liquide des produits obtenus, on recueille le résidu. Sinon, la recombinaison s'opère, et le résultat échappe à l'observation.

Il est à peine besoin de faire remarquer combien l'ensemble des expériences exécutées aux fortes pressions peuvent être précieuses aux géologues <sup>1)</sup>.

Nous avons vu, sous une simple pression hydrostatique, les corps se déformer et céder, c'est-à-dire se comporter comme des liquides, puisque la différence des efforts tout autour étaient insignifiante. C'est ainsi que tout doit se passer aux grandes profondeurs de notre Globe; les corps s'écoulent sous la moindre augmentation de l'effort, sous la plus petite dissymétrie. Il ne saurait bien entendu, être question de creux et de vides; tout est absolument compact. La question de solidité ou de fluidité, dans le sens où nous l'entendons ordinairement, est oiseuse; la viscosité peut être énorme, mais les efforts sont dans la même proportion, et il n'y a rien de contradictoire avec les faits, à dire que l'intérieur de la terre est fluide, et en même temps, rigide comme l'acier.

---

<sup>1)</sup> Il convient de citer, à ce point de vue, comme présentant un intérêt tout particulier, les belles expériences faites par M. C. Barus, dans le laboratoire du Geological Survey, aux Etats-Unis.

La considération de l'effet des fortes pressions est partout fructueuse dans les études géologiques. L'existence des éléments microscopiques, comme celles des mouvements généraux s'en trouve singulièrement facilitée ; c'est ainsi, par exemple, qu'on découvre dans des roches qui ont flué, des cristaux minuscules dont on a tenté d'expliquer l'origine mystérieuse par une élévation locale de la température, peu probable en elle-même. On conviendra que l'explication de M. Spring est plus plausible.

## VII.

Jusqu'ici, nous nous sommes tenus sur le terrain solide des faits, et si, par ci par là, quelques hypothèses ont été avancées, elles étaient immédiatement accompagnées d'un tel cortège de vérifications qu'elles ont pu être considérées comme des conséquences nécessaires des faits eux-mêmes. Mais abordons d'autres phénomènes plus cachés.

Celui qui domine l'époque actuelle, et dont la connaissance a le plus profondément modifié nos conceptions, contient encore de profonds mystères.

Découverte par M. Henri Becquerel, la radioactivité fut, pour les physiciens, la source d'une joie sans mélange, jusqu'au jour où la mort tragique de Pierre Curie vint enlever à notre admirative affection le grand savant qui, avec la coopération de son admirable compagne, en montra toute l'ampleur et toute la puissance.

Dès le premier article de la *Revue générale des Sciences*, dans lequel M<sup>me</sup> Curie exposait, en 1899, le travail noblement accompli à deux, les diverses hypothèses par lesquelles on pouvait essayer d'expliquer le mystère nouveau étaient déjà indiquées. Il en est une qui a survécu, et dont beaucoup d'expériences faites depuis lors tendent à prouver l'exactitude.

Les faits sont bien connus de tous, il suffit de les rappeler sommairement. Le radium en émettant des rayons  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ , dont les deux premiers sont enlevés à sa pro-

pre substance, se détruit, en donnant naissance à une émanation, qui subit à son tour des transformations en cascade. Le dernier terme de cette désintégration successive est l'hélium, suivant la brillante découverte de sir W. Ramsay et M. Soddy.

Depuis le radium jusqu'à l'hélium, les produits sont de nature matérielle, mais ils sont tous instables, et rayonnent en se simplifiant graduellement. Le radium lui-même se détruit, et l'étude de sa radioactivité a montré qu'en 1300 ans, la moitié de toute parcelle de radium a été transformée <sup>1)</sup> en des corps inférieurs. En 26000 ans, une quantité donnée de radium est réduite au millionième.

Comment se fait-il, dès lors, qu'il existe encore, sur terre, des quantités appréciables de radium ? La terre toute entière, supposée en radium, serait ramenée à 1 kilogramme en mille siècles, période encore bien peu étendue dans la vie d'un monde.

Méditons cette singulière constatation de M. Boltwood : dans tous les minerais d'uranium, la proportion de ce corps au radium est constante dans les limites des erreurs d'observation.

Dès lors, l'explication est aisée : le radium est produit par l'uranium, comme l'hélium par le radium.

La période de destruction de la moitié de l'uranium est évaluée à 600 millions d'années ; puis vient, après un stade intermédiaire (l'actinium ?), et peut-être un deuxième, le radium dont la vie est relativement longue, tandis que les corps suivants, jusqu'à l'hélium ne font que passer. Telle est la raison expérimentale pour laquelle la recherche de la radioactivité dans l'uranium ne donne que du radium. Pour isoler les produits suivants, il faut pouvoir opérer déjà avec une forte concentration.

---

<sup>1)</sup> Voir RUTHERFORD, *Radioactivity*.



## IX.

Si les constatations qui précèdent ne nous disent rien des causes profondes de la radioactivité, au moins sommes-nous renseignés sur la source du radium. Il se constitue sans cesse aux dépens de l'uranium, et la quantité que la terre en contient dépend uniquement de la quantité de l'uranium et de la rapidité des deux désintégrations, dont l'une produit le radium tandis que l'autre le détruit.

Cette théorie nous montre la stabilité d'une transformation qui peut durer sans changement depuis bien des millions d'années. Une telle évidence pourrait nous trouver satisfaits de l'immense chemin parcouru en moins de dix ans, grâce à la sagacité d'un nombre très grand de chercheurs attachés à ces difficiles questions. Mais c'est de l'homme de science plus que de tout autre peut-être, que l'on peut dire avec le poète :

« Borné dans sa nature, infini dans ses vœux... »

Revenons donc sur nos pas. Curie a montré que la radioactivité est pratiquement indépendante de la température entre des limites étendues. M. Schuster vient de constater que, jusqu'à 2000 atmosphères, elle ne dépend pas de la pression. Qu'est-ce à dire ? C'est que, dans l'intervalle dans lequel on a opéré, et au degré de précision des mesures, les variations du phénomène sont insensibles. Mais, pendant longtemps, on a ignoré la dilatation des métaux et même la compressibilité des liquides. Et pourtant, maintenant que nous savons opérer mieux, nous voyons la chaleur et la pression produire de considérables changements dans le volume des corps, préluant aux transformations de leur structure. Pour trouver une notable action sur les phénomènes radioactifs, il faudrait sans doute faire des mesures beaucoup plus précises, et pousser beaucoup plus loin les actions extérieures.

Lorsque Kirchhoff et Bunsen eurent rassemblé et complété des observations éparses et créé l'analyse spec-

trale, la physique put vivre pendant un temps sur cet axiome : à tout corps correspond un spectre unique. Puis surgirent les variations des spectres. Alors intervint la théorie de la cloche ; car les physiciens le savent très bien, qui n'entend qu'une cloche entend plusieurs sons. Enfin l'étude des spectres stellaires montra la disparition constante de certaines raies formant des séries régulièrement ordonnées, et l'on comprit que l'atome pouvait subir de grandes simplifications. Sir Norman Lockyer avança la théorie des protométaux, corps dont l'atome est résulté, par une dissociation partielle, de ceux que nous connaissons. A la température extrêmement élevée atteinte par une étoile telle que  $\zeta$  de la Poupe, M. Pickering a pu observer une série de raies dont les positions sont rigoureusement représentées par la formule de Balmer, dans laquelle il suffit de remplacer par des nombres impairs les arguments pairs, qui rendent si parfaitement les raies de l'hydrogène terrestre <sup>1)</sup>.

Les températures les plus élevées que nous puissions produire semblent impuissantes à engendrer les décompositions intraatomiques ; et cependant les astres brillants nous en offrent de nombreux exemples.

Qui sait maintenant ce que peuvent produire les formidables pressions de l'intérieur des astres ? L'uranium se trouve dans des terrains éruptifs, dont certaines parties peuvent remonter de très grandes profondeurs. Nous savons qu'à l'intérieur de notre globe, la viscosité est énorme, alors que la pesanteur diminue à mesure que l'on s'approche du centre. Des corps très denses peuvent donc être entraînés par des courants généraux dus, soit à la contraction de l'écorce, soit aux actions newtoniennes des astres, soit même à des cristallisations produisant des changements locaux du volume de la matière. L'or, le

---

<sup>1)</sup> M. W. Ritz a réussi à rendre compte, par un mécanisme simple, de la transformation du spectre de l'hydrogène.

platine, l'iridium sont rares dans les couches superficielles de la terre. Si des remontées n'étaient pas possibles, ils en seraient absents.

Venu de très grandes profondeurs, l'uranium aurait été soumis à de formidables pressions, et à une trituration dont nous ne pouvons nous faire aucune idée. Qui nous empêche dès lors d'admettre, à titre de simple hypothèse, que ces pressions ont pu être la cause même de sa formation ? Les pressions réalisées dans les laboratoires n'ont pas, il est vrai, modifié l'atome ; mais combien elles sont infimes, comparées à celles que nous offre l'intérieur des astres ! Le rapport des températures atteintes est beaucoup moindre dans les étoiles brillantes et dans l'arc électrique que celui des pressions réalisées par la nature et celles que nous pouvons produire. Et pourtant les astres offrent à notre observation des phénomènes que l'expérimentation sur terre n'eût pu nous laisser soupçonner.

Si la pression était la cause principale de la formation de l'uranium, la prodigieuse énergie de la radioactivité serait une simple restitution. Elle ne serait autre qu'une petite partie de l'énergie de condensation de notre terre, que l'on croyait à jamais dissipée par rayonnement, alors qu'une radioactivité extrêmement faible des roches suffirait à compenser la chaleur que la terre perd constamment dans les espaces célestes.

Ainsi, la nature aurait fait une sage épargne. Elle se serait imposée à elle-même un taux de dépense prolongeant presque à l'infini la vie terrestre.

Il y a près de deux siècles, Buffon, étudiant le refroidissement d'une boule de fer et d'une boule de verre, voulut conclure à l'évolution des températures de notre globe. Examinée dans nos idées modernes, cette expérience était enfantine, mais au moins c'était déjà une expérience ; elle ne faisait pas remonter très haut la vie sur la terre, et prévoyait sa fin dans un avenir rapproché. Les calculs

de Poisson, les théories énergétiques de lord Kelvin et de Helmholtz nous ont donné de plus vastes espoirs et ont révélé l'une des causes de la conservation des températures dans les astres : la contraction de leur matière due aux forces newtoniennes, et les combinaisons chimiques ordinaires. On en était là il y a dix ans, lorsque l'étonnant phénomène de la radioactivité vint brusquement donner à nos réflexions une impulsion nouvelle et vivifier de plus lointaines espérances.

C'est ainsi que la science, avec ses tâtonnements, avec ses erreurs même, s'approche constamment de la vérité et nous apporte le réconfort avec sa connaissance.

L'ascension est souvent rude, le chemin se perd, puis se retrouve. Mais, lorsque du sommet atteint par tant de labeurs accumulés, nous apercevons au loin le point de départ, nous ne pouvons nous défendre d'un peu d'orgueil pour cette humanité qui, montant de plus en plus haut, découvrant les larges horizons des forces naturelles qu'elle apprend à asservir, accomplit sur terre sa glorieuse destinée.

---

Über  
die niedersten Menschenformen  
des südöstlichen Asiens

von  
FRITZ SARASIN

---

In die Wälder und Felsgebirge des tropischen Asiens zurückgedrängt, finden wir eigentümliche Völkertrümmer, welche von den sie umgebenden, mehr oder minder fortgeschrittenen Kulturnationen sich getrennt halten und sich ausnehmen wie die Reste einer von der heutigen abweichenden älteren Menschenschichte, einer Schichte, die in der Vergangenheit einmal die herrschende gewesen und fast zu Unrecht noch in die Gegenwart hineinschaut, gewissermaßen lebende Fossilien. Am längsten bekannt sind unter diesen die *Wedda* von Ceylon, weitaus das berühmteste Glied der ganzen Sippe und ferner einige Wald- und Bergstämme Vorderindiens.

Noch vor wenigen Jahren glaubte man, daß außerhalb der genannten Gebiete, also von Ceylon und Vorderindien, Reste der *Weddaischen Schichte*, wie wir, mein Vetter Paul und ich, diese Stammtrümmer genannt haben, nicht oder richtiger gesagt, nicht mehr vorhanden seien.

Die vortreffliche Monographie *Martin's* in Zürich über die Inlandstämme der Malayischen Halbinsel lehrte aber, daß die dortigen *Senoi*, kleine Wildstämme des gebirgigen, urwaldbedeckten Inneren, ohne Zweifel gleichfalls hieher



zu ziehen seien. Damit war die noch gegenwärtige Verbreitung der weddaischen Schichte schon über einen gewaltigen Landkomplex hin gesichert. Dann kam unsere Entdeckung der *Toála* und ihrer Verwandten auf Celebes, kleiner Stammreste, von den umgebenden Toradja und Buginesen geknechtet und vielfach als willkommenes Sklavenmaterial benützt. Durch diesen Nachweis wurde die östliche Verbreitungsgrenze der weddaischen Schichte schon weit in die Inselfur des indo-australischen Archipels hinausgeschoben. Damit ist aber der Vorrat an solchen Menschenformen weder im Archipel, noch auf dem asiatischen Festlande erschöpft.

Sumatra besitzt in seinen *Kubu*, unlängst von *Hagen* eingehender untersucht, und in anderen Stämmen zweifellose weddaische Reste. Ja man gewinnt aus dem Studium der Literatur den Eindruck, daß ursprünglich über ganz Sumatra, wie wir dies auch für Celebes, teilweise mit Zuhilfenahme alt überlieferter Erzählungen, haben nachweisen können, sich ein Netz weddaischer Urstämme ausgebreitet habe, wovon, wie in Celebes, nur ein verschwindend kleiner Bruchteil übrig geblieben ist. Die Hauptmasse ist sicher vernichtet worden, und ein weiterer Teil wird hier wie dort in die höheren Stämme aufgegangen sein, bei denen dann immer wieder niedere Typen zum Vorschein kommen und zwar in verschieden großem Verhältnis, je nach der Menge des aufgenommenen Blutes. In Sumatra scheint dies nach den Mitteilungen *Hagen's* vornehmlich bei den Gayo und Ala, seltener und mehr abgemildert bei den Battak der Fall zu sein.

Weddaische Elemente scheinen ferner auf Banka, Billiton und den Inseln der Riouw-Archipels vorzukommen. Hieher gehören höchst wahrscheinlich auch einige Glieder der sogenannten Dajak auf Borneo, und selbst auf den Philippinen dürften noch solche Stammtrümmer nachweisbar sein. Auch östlich von Celebes, von Flores über Timor und Ceram bis zu den Aru- und Kei-Inseln erscheint nach

vereinzelten literarischen Angaben das Suchen nach weddaischen Elementen keineswegs aussichtslos.

Aber auch auf dem großen asiatischen Kontinente selbst ist noch gar manche Entdeckung in dieser Richtung zu erwarten. *Martin, Fritsch, Hagen* und andere haben darauf hingewiesen, daß in Hinterindien nördlich von der Malayischen Halbinsel überall neben den Kultur- und Halbkultur-Völkern wilde Stammreste ihr Dasein fristen, heute einstweilen vielfach nur dem Namen nach bekannt, so in Kambodscha, Siam, Annam, Laos, möglicherweise bis nach China hinein. Einem dünnen, von höheren Stämmen vielfach zerrissenen und vernichteten Schleier gleich, legt sich somit eine Schichte weddaartiger, Menschenformen über ungeheure Teile von Asien und seiner vorgelagerten Inseln, überall zurückgedrängt, verfolgt und dem Verschwinden nahe.

Unsere erste Aufgabe wird es nun sein, in Kürze zu besprechen, welches denn die wesentlichen Merkmale sind, welche uns den Mut geben, so weit verbreitete Völkerketten unter einem gemeinsamen Gesichtspunkte zusammenzufassen. Dabei halten wir uns ausschließlich an die drei einzigen, heute für solchen Zweck genügend erforschten Stämme, die Wedda von Ceylon, die Senoi von Malakka und die Toála von Celebes; die ersteren sind von den letzteren durch 40 Längengrade getrennt.

Ein Blick auf unsere Bilder (Fig. 1—7), welche Vertreter der drei genannten Stämme darstellen, zeigt sofort, daß ein enges Verwandtschaftsband sie umschlingt. Fig. 1 stellt einen Wedda-Mann dar vom Danigala-Gebirge im östlichen Ceylon; es ist einer der besten, wenn nicht der beste Typus des ächten, jetzt aussterbenden Natur- oder Felsenwedda, der uns jemals begegnet ist. Das Bild haben wir im Jahre 1890 aufgenommen, und im letzten Winter haben wir den Mann wieder in voller Gesundheit getroffen; doch erinnerte er sich unser nicht mehr. Auch die Frau, Fig. 2, ist eine ausgezeichnete Vertreterin des

wilden Wedda-Typus. Der junge Mann, Fig. 3, stammt aus einer Ansiedlung nördlich vom Danigala, ein sogenannter Kultur- oder Dorf-Wedda. Figg. 4 und 5 sind Senoi-Männer aus der Halbinsel Malakka, die ich der Güte des Herrn Prof. *Martin* verdanke, der sie photographiert und in seinem großen Werke auch reproduziert hat. Der Knabe endlich und das Mädchen (Figg. 6 und 7) sind celebensische Formen und zwar aus dem Süden der südöstlichen Halbinsel stammend, wo sich bei der enormen Abgeschlossenheit dieses Inselteils, der durch Sümpfe und Wälder überaus schwer zugänglich ist, die ursprüngliche Bevölkerung noch am reinsten erhalten hat. Wir haben alle diese über Celebes zerstreuten niederen Stämme und Stammreste als Toála-Schicht zusammengefaßt, obschon streng genommen der Name Toála, was Waldmenschen bedeutet, nur einem dieser Stämme zukommt.

Allen gemeinsam ist zunächst der unter-mittelgroße Körperwuchs, der hinter dem der sie umgebenden Kulturvölker merklich zurückbleibt. Wedda- und Toála-Männer zeigen das fast gleiche Größemittel von  $157\frac{1}{2}$  und 156 cm: die Senoi sind noch etwas kleiner, 150—155 cm je nach den Stämmen. Alle drei sind also kleinwüchsige, aber nicht pygmaeenhafte Menschenformen. Allen gemeinsam ist eine dunklere Hautfarbe, als ihre Nachbarstämme sie haben; gemeinsam ferner das hochwellige oder auch engwelliglockige Haar, das, wo keine Scheere eingreift, wie eine Mähne den Kopf umhüllt und schmückt. Alle drei gehören in die von uns so genannte cymotriche oder wellighaarige Menschengruppe mit ihren Unterstufen.

Auffallend ähnlich ist der spärliche Bartwuchs, bestehend aus einem gekräuselten Bocksbart am Kinn und leichtem Schnurrbart und die geringe Körperbehaarung.

Uebereinstimmend ist weiter die Form des Gesichtes, welches breit, niedrig, eckig und nach unten zu rasch schmaler werdend, wie zugespitzt erscheint. Alle drei Stämme unterscheiden sich hiedurch von ihren Nachbar-

völkern, denen stets ein höheres, schöner oval gerundetes Gesicht zukommt. Häufig tritt ferner bei allen ein knöcherner Superciliarschirm und eine vortretende Glabella auf, wodurch die Augen tiefliegend erscheinen, ebenso wie die Nasenwurzel. Auch der Bau der Nase ist übereinstimmend mit ihrem wenig erhobenen Rücken, ihrer häufig konkaven Profillinie und ihren breit ausladenden Flügeln; eine seitliche Falte verbindet häufig die Nase mit der Wangenhaut.

Bei allen drei Stämmen springt die häufig dick geschwollene Lippenpartie unter der Nase kegelförmig vor, was am Schädel sich als alveoläre Prognathie oder Prodentie, Schiefzähigkeit, kund gibt, womit sich aber sonderbarer Weise keine oder nur eine mäßige Prognathie des ganzen Kiefergerüsts verbindet; das Kinn ist meist fliehend.

Recht charakteristisch ist auch die Bildung des Fußes, seine fächerförmige Verbreiterung nach vorne zu, die geringe Konkavität seiner Ränder, die klaffende Lücke zwischen der großen und der zweiten Zehe und die Einwärtsdrehung der vier äußeren Zehen gegen die innere, worin wir eine Erinnerung an einen Kletterfuß der Vorfahren sehen zu dürfen glauben. Nach *Martin* können die Kulturmalayen die Fußspur eines Senoi ganz wohl von der ihrigen unterscheiden, obschon ja auch sie das ganze Leben ohne Fußbekleidung gehen; die Verschiedenheit der Fußspur muß also anatomisch begründet sein. Ganz dasselbe behaupten die sumatranischen Malayen von der Fußspur der Kubu.

Selbstverständlich zeigt auch das Skelett der Wedda und das der Senoi weitgehende Uebereinstimmungen, die, soweit die spärlichen von uns gefundenen Höhlenknochen der Urtoála einen Schluß gestatten — Skelette rezenter Toála konnten wir leider keine gewinnen — auch für diese zutreffen. Nur ganz wenige seien hier namhaft gemacht.

Die Schädel sind ungemein klein und daher von geringer Kapazität, die Augenhöhlen groß und hoch und häufig von einem Knochenschirm überdacht, die Zwischenaugenbreite schmal; der Nasenfortsatz des Stirnbeins reicht tief zwischen die Augenhöhlen herab; die Nasenbeine sind klein, die Siebbeinplatte schmal, und die Schläfenschuppe zeigt häufige Bildungsanomalieen. Hierzu als weitere gemeinsame Merkmale: Konkavität der Lendenwirbelsäule, ein ähnlicher Torsionswinkel des Oberarmknochens, ein klaffendes Interstitium zwischen Ulna und Radius, eine relativ große Länge des Vorderarms gegenüber dem Oberarm und ein übereinstimmendes, viele primitive Merkmale aufweisendes Fußskelett. Bezeichnend ist endlich für alle drei Stämme die Grazilität, ja Eleganz des Knochenbaues, mit geringer Entwicklung aller Muskelansätze und Cristen. Alle drei erweisen sich als zartgebaute Wildformen des Menschen.

Neben diesen genannten weitgehenden Uebereinstimmungen, deren Zahl noch leicht zu vermehren wäre, kommen einige Differenzen kaum in Betracht; ja sie erscheinen geradezu selbstverständlich, wenn man bedenkt, welch' gewaltig große Zeiträume verstrichen sein müssen, seitdem diese Stämme von einem gemeinsamen Herde aus ihre Wanderungen angetreten haben und wie sehr die später auf sie eindringenden und jetzt sie umgebenden höheren Völker, beim Wedda Tamilen und Singhalesen, bei Senoi und Toála malayische Stämme, durch Kreuzung verändernd eingewirkt haben. Von diesen Differenzen sind die vornehmsten erstlich eine abweichende Form der Schädelkapsel: Beim Wedda dolichocephal, sehr viel seltener (Küstenwedda) mesocephal, erscheint sie beim Senoi meist mesocephal und beim Toála an der Grenze von Meso- und Brachycephalie stehend. Weiter abweichende Körperproportionen: Beim Wedda erscheinen die Arme und die Beine im Verhältnis zur Körpergröße lang, bei den andern Stämmen aber eher kurz.



Indessen kann man gegenüber der gewaltigen Summe übereinstimmender Merkmale diesen Differenzen, wie schon gesagt, kein großes Gewicht beimessen, und der Schluß ist ganz gewiß berechtigt, daß die drei in näheren Vergleich gezogenen Stämme, Wedda, Senoi und Toála, einer gemeinsamen, wellighaarigen, sehr alten Urbevölkerungsschichte angehören.

Es gibt aber außer dem körperlichen noch ein anderes Band, welches die Angehörigen der weddaischen Urschichte vereinigt, ein Band, dem wir nicht geringere Bedeutung zuzuschreiben geneigt sind, nämlich das geistige, das ergologische, wie wir dies nennen, die Uebereinstimmungen im Denken und in der Lebensweise. Bei den Toála-Stämmen von Celebes ließ sich freilich die ursprüngliche Ergologie nur noch schattenhaft nachweisen wegen der schon zu weit vorgeschrittenen, störenden Einflüsse der umgebenden höheren Völker; aber auf manche Fragen, auf die ihr gegenwärtiger Zustand keine Lösung mehr gewährte, antworteten die Ueberreste im Boden ihrer Höhlen. Auch bei Wedda und Senoi trübten diese fremden Eingriffe schon vielfach stark das ursprüngliche Bild und werden es in kurzer Zeit bis zur Unkenntlichkeit verwischt haben; doch läßt sich die folgende, flüchtige Skizze ihrer Ergologie noch mit Sicherheit entwerfen.

Die von Kultur noch unberührten Natur-Wedda und -Senoi sind nomadisierende Jäger ohne Ackerbau und ohne Haustiere, mit Ausnahme des Hundes, in Höhlen oder unter Felsen wohnend und kleine Schutzschirme beim Uebernachten im Freien errichtend, oft auch ohne jede Beschirmung schlafend. Die Kleidung besteht aus Lendenschnur und Schamschürze, hergestellt aus Baststoff oder aus eingetauschem Tuch, gelegentlich an ihrer Stelle aus Blättern und buschigen Zweigen. Jeder Körperschmuck wird vom Wedda verachtet, wogegen sich hierin der Senoi anders verhält. Die Nahrung liefert das Ergebnis der Jagd mit Bogen und Pfeil oder bei den Senoi mit dem Blasrohr,

und der Sammelarbeit von Honig, Blättern, Rinden, Früchten und Wurzeln im Wald. Es fehlen jede Metalltechnik, Töpferei, Weberei, Netzflechterei und alle Schiffahrtsutensilien. Was von eisernen Geräten, Pfeilspitzen, Axtklingen, Messern in ihrem Besitz sich befindet, ist von den höheren Nachbarstämmen eingetauscht. Die Stammesorganisation ist durchaus patriarchalisch, ohne titulierte Häuptlinge: der Aelteste oder Intelligenteste ist der stillschweigend anerkannte Vorsteher und Sprecher einer Familie oder einer Familien-Gruppe.

Jede kleine Horde hat ihr bestimmtes Jagdgebiet, dessen Grenzen, Flüsse, Felsen etc. von den andern in der Regel strengte respektiert werden. Die Ehe ist monogam, aufrecht erhalten durch ein starkes Eifersuchtsgefühl, das leicht zu Totschlag eines Nebenbuhlers führen kann. Diebstahl und Lüge fehlen, ebenso der Krieg. Zufriedenheit mit ihrer bedürfnislosen, für unsere Begriffe entsetzlich entbehnungsreichen Existenz, Ehrenhaftigkeit, Gutartigkeit, Dankbarkeit, ein großes Selbstgefühl, oft eigentlicher Stolz, sind die Grundzüge ihres Charakters. Dieses Selbstgefühl äußert sich beim Wedda nicht nur darin, daß er alle Kulturverfeinerungen ablehnt, sondern daß er uns Europäer mit der Bezeichnung: „sudu hura“ d. h. „weißer Vetter“ anspricht. Selbst den König von Ceylon durften sie früher mit „Vetter“ begrüßen, was jedem andern Untertan den Kopf gekostet haben würde. Es mag diese Ausnahmestellung teilweise darin ihren Grund haben, daß der Singhaiese ursprünglich den Wedda als ein halb überirdisches Wesen, als eine Art Walddämon ansah, wie auch die singhalesische Chronik, der Mahawansa, die Weddas stets als Yakka's oder Dämonen bezeichnet. Auch die jetzigen Singhalesen und Tamilen betrachten noch den Wedda als etwas von sich selbst ganz verschiedenes, zuweilen verächtlich als halbe Walddiere. So hat einer unserer Diener einen alten Wedda, der mit seinen Leuten zu uns kam, ohne einen Scherz machen zu wollen, als „König der Tiere“

bezeichnet und ist mit aller Bestimmtheit bei seiner Ansicht geblieben, die Weddas seien keine Menschen, sondern Tiere. Daß aus einer solchen Wertschätzung vielfach eine schlechte Behandlung resultieren mußte, ist selbstverständlich.

Zum Charakter aller weddaischen Stämme gehört ferner eine intensive Fremdenscheu, und aus dieser Eigenschaft, verbunden mit der oben erwähnten, vielfach schlechten Behandlung von Seiten der umgebenden höheren Stämme, entwickelte sich die sonderbare Einrichtung des geheimen Tauschhandels, wobei die auszutauschenden Produkte von beiden Parteien an einem bestimmten Orte deponiert und abgeholt werden, ohne daß man sich gegenseitig zu Gesicht bekommt. Ursprünglich fehlte die Bestattung; der Leichnam blieb am Todesorte liegen, den man verließ; höchstens wurde er noch mit Blättern bedeckt. Heute dürfte dies nur noch selten vorkommen. Religiöse Vorstellungen sind nur sehr gering entwickelt und ohne Zweifel vielfach von den höheren Stämmen hinuntergesickert.

Die Kenntnisse sind naturgemäß gering. Inmitten eines buddhistischen Volkes, wie es die Singhalesen seit zwei Jahrtausenden sind, muß es überraschen, wenn ein Wedda, nach Buddha gefragt, antwortet: „Ich habe ihn nie gesehen“, und wir haben selber Weddas genug gekannt, welche nicht über „eins“ hinaus zählen konnten und die Vielheit durch Aneinanderreihen von „eins“ eka, eka, eka ausdrückten.

Eine eigene Wedda-Sprache läßt sich heute, wo nur noch wenige Hunderte ächter Weddas leben, nicht mehr nachweisen; sie ist durch die singhalesische verdrängt worden, und derselbe Prozeß macht sich am Rande der Wohngebiete der Senoi gegenüber dem Malayischen geltend.

Wie verhalten sich nun zu dieser in flüchtigen Umrissen gezeichneten Wedda-Senoi Ergologie die Toála-Stämme von Celebes, speziell die Toála der südlichen Halbinsel, welche wir allein etwas genauer kennen? Unter di-

rektem buginesischem Einflusse stehend, der offiziell durch einen Radja und einen mohammedanischen Guru oder Lehrer repräsentiert ist und mit Bugis vielfach vermischt, müssen sie natürlich vieles von ihrer Ursprünglichkeit eingebüßt haben, wie auch ihre Sprache selbstverständlich die bugische geworden ist. Dennoch waren wir überrascht, bei ihnen noch so viele primitiv-ergologische Verhältnisse zu finden. Ich erwähne davon an dieser Stelle die Höhlenbewohnung, die bis vor kurzer Zeit ohne die jetzt üblichen, von den Buginesen eingeführten Pfahlgerüsteinbauten statt hatte, weiter den geheimen Tauschhandel, der erst unlängst aufgegeben worden ist. Der jetzige Radja erzählte uns, daß noch vor 25 Jahren, wenn sein Vater ein Fest geben wollte, die hievon benachrichtigten Toála in der Nacht mit ihren Geschenken herankamen, worauf man alle Lichter im Hause löschen mußte. Ganz im Dunkeln legten sie dann ihre Gaben vor dem Hause nieder und verschwanden un gesehen. Wie erinnert dies doch an unsere Sagen von den Heinzelmännchen! Weiter sind bemerkenswert die Abwesenheit von Eisen- und Thonindustrie, die strenge Monogamie, die Wahrheitsliebe, das Fehlen von Diebstahl und die höchst primitiven religiösen Anschauungen, wie es scheint, eine Art von Baumkult inmitten einer mohammedanischen Gesellschaft. Der mohammedanische Lehrer hatte keinen Grund, auf seine Erfolge stolz zu sein, denn auf alle diesbezüglichen Fragen, so auch auf die: „Wer war Mohammed?“ kam die Antwort: „Ich weiß es nicht“.

Die jetzigen Toála treiben Ackerbau (Mais- und Trockenreiskultur); aber die Funde in den Toála-Höhlen beweisen die Existenz eines ursprünglich reinen Jägerlebens ohne Kulturpflanzen, selbst ohne Kokospalme. Die jetzigen Toála haben als Haustiere Hühner und Hunde, während in den Höhlen nur der letztere nachgewiesen werden konnte und alle anderen Haustiere fehlten. Die jetzigen Toála werden vom Guru begraben, aber gefundene menschliche Höhlen-

skelettreste deuten darauf hin, daß früher die Leichen da liegen gelassen wurden, wo der Tod eintrat. Auf Grund aller dieser Befunde fühlen wir uns daher durchaus berechtigt, die Toála-Stämme von Celebes auch ergologisch mit den Wedda-Senoi zusammenzustellen. Dasselbe ergologische Bild stimmt im allgemeinen auch recht gut für die Kubu von Sumatra und wird ohne Zweifel für viele weitere, heute noch nicht untersuchte Stämme nicht minder zutreffend sein.

Es erscheint unvermeidlich, mit einigen Worten über unser südostasiatisches Gebiet hinaus zu greifen und einen ganz flüchtigen Blick nach Australien zu werfen, dessen Ureinwohner bekanntlich eine ungemein scharf charakterisierte Varietät darstellen, so zwar, daß ein Australierschädel unter tausend andern herauszufinden ist. Ergologisch stehen die Australier entschieden höher als die geschilderten weddaischen Waldstämme, und körperlich zeigen sie viele Besonderheiten. Trotzdem glauben wir, daß auch sie auf einer weddaischen Grundlage beruhen, da der gemeinsamen anatomischen Merkmale doch eine Fülle sind, wie denn auch das Australierhaar der welligen, cymotrichen Gruppe angehört. In dem so eigenartigen Lande abgeschlossen, hätte sich dann diese Varietät von der angenommenen weddaischen Urform aus in besonderen Bahnen weiter entwickelt. Dabei ist aber ohne weiteres klar, daß auch die heute noch lebenden weddaischen Reste, wie sie oben geschildert worden sind, sich von jener mit den Australiern gemeinsamen Urform gleichfalls selbständig entfernt haben müssen, durch Mischung sowohl, als durch eigene Entwicklung und daß sie diese Urform keineswegs mehr unverändert repräsentieren können. Früher haben wir den Versuch gemacht, die Australier an die vorderindischen Dravider anzuschließen, mit denen sie in der Tat eine Reihe körperlicher und, wie Einige meinen, auch sprachlicher Merkmale gemein haben. Heute möchten wir, angesichts der weiten Verbreitung der weddaischen Urschichte,



diese Verwandtschaft in der Weise deuten, daß beide, Australier und Dravider, aus weddaischen Urformen sich entwickelt haben.

Es ist nun außerordentlich merkwürdig, daß Südost-Asien neben seiner wellighaarigen oder cymotrichen, weddaischen Urbevölkerungsschichte noch eine zweite besitzt mit wolligem oder ulotrichem, also mit Negerhaar. Ist schon die erstere nur in isolierten Bruchstücken erhalten geblieben, so gilt dies noch viel mehr für die zweite, deren einzelne Glieder gewaltige Länderstrecken trennen. Liegen doch zwischen den kleinen, wollhaarigen Bewohnern der Andaman-Inseln im Busen von Bengalen und den ihnen ohne Zweifel nahe verwandten Semang der malayischen Halbinsel zehn Längengrade und zwischen diesen und den Negrito-Stämmen der Philippinen sogar deren zwanzig. Auf Celebes sind wir trotz unserer vielen Reisen keiner Spur einer wollhaarigen Varietät begegnet, so daß wir berechtigt sind, zu sagen, daß eine solche heutzutage bestimmt fehlt. Die celebesischen Negritos und Papuas, die gelegentlich in der Literatur auftauchen, beruhen alle auf mangelhafter Beobachtung oder direkt falschen Angaben. Um den genannten Stämmen entsprechende Formen zu finden, müssen wir schon um rund hundert Längengrade nach Westen eilen, wo dann in den afrikanischen Zwergnegern uns wieder homologe Menschengestalten entgegen treten. Diese sollen indessen bei unserer heutigen Betrachtung, welche Südost-Asien gilt, nicht berührt werden. Ebenso wenig wollen wir die schwierige Frage diskutieren, auf welche Weise die gleichfalls wollhaarigen Papua von Neu-Guinea und seiner Nachbarinseln oder die ausgestorbenen Tasmanier mit der ulotrichen asiatischen Urschichte in Zusammenhang stehen mögen. Eine ganz ähnliche analytische Diagnose, wie wir sie oben für drei Stämme der weddaischen Urschichte versucht haben, ließe sich auch für die drei oben genannten wollhaarigen Stämme Asiens, die Andamanesen, die Semang und die philippinischen

Negritos, durchführen; auch sie würde ergeben, daß nicht nur ein enges körperliches, sondern auch ein ergologisches Band diese Völkertrümmer verbindet.

Ueber ganz gewaltige Länderstrecken sehen wir also die weddaische und die negritische Urbevölkerungsschichte ausgebreitet. Diese Tatsache allein schon setzt ein grauenhaft hohes Alter dieser Stämme voraus, wenn wir bedenken, wie langsam ihre Wanderungen werden vor sich gegangen sein. Wenn wir aber des weiteren erwägen, daß alle diese primitiven Völker keine oder, wie die Andamanesen, nur höchst mangelhafte Seefahrer sind und wir ihren Vorfahren noch viel weniger solche Fähigkeiten zuschreiben dürfen, so werden wir zum Schlusse gedrängt, daß ihre Ausbreitung eine wesentlich andere Gestalt der trockenen Erdoberfläche voraussetzt, als dies heute der Fall ist. Nie und nimmer können beispielsweise die Vorfahren der Andamanesen ohne eine verbindende Landbrücke ihren jetzt insularen Wohnsitz erreicht haben.

Für den indo-australischen Archipel haben wir seinerzeit, ausgehend von der Zusammensetzung der Fauna von Celebes, den Nachweis erbringen können, daß im Pliocän und bis tief ins Pleistocän hinein ein ganzes System von Landverbindungen muß bestanden haben. Java, Sumatra und Borneo waren lange Zeit mit dem hinterindischen Festland in Zusammenhang; von Nord-Borneo aus führten zwei Brücken, die eine über die heutige Insel Palawan, die andere über den Sulu-Archipel nach den Philippinen; Java war mit Süd-Celebes verbunden und lieferte diesem eine ganze Reihe charakteristischer Tierarten, deren Verbreitung unbedingt festes Land voraussetzt; ebenso setzte sich Nord-Celebes über die Sangi- und Talaut-Inselgruppen nach dem heutigen Mindanao, der südlichsten Philippinen-Insel, fort. Celebes streckte weiter seinen Ostarm nach den Molukken aus, welche ihrerseits mit Neu-Guinea in Konnex waren, und dieses letztere muß vorübergehend an Australien angegliedert gewesen sein. Dabei ist es für unsere Be-

trachtung völlig gleichgiltig, ob alle diese theoretisch geforderten Landverbindungen gleichzeitig bestanden haben oder ob bald die eine sich knüpfte, eine andere sich löste; genug, daß hiedurch eine ausgiebige Verbreitungsmöglichkeit über festen Erdboden nicht nur für Tiere und Pflanzen, sondern auch für den Menschen gegeben war. Wir sind daher fest davon überzeugt, daß auf diesen Landbrücken, welche jetzt teilweise unter recht tiefen Meeresgründen begraben liegen, die Wanderungen der weddaisch-negritischen Urschichte stattgefunden haben, und daß auf diese Weise der Mensch, begleitet vom Dingo, auch das ferne Australien erreicht hat.

Wenn man Angehörige der verschiedenen heute lebenden, hochentwickelten und spezialisierten Menschenvarietäten miteinander vergleicht, etwa beispielsweise einen blonden Nordeuropäer, einen Zulukaffern und einen Chinesen, so erscheinen die Unterschiede recht erheblich, so zwar, daß der Gedanke, sie seien verschiedener Abstammung, nicht ohne weiteres abzuweisen ist. Ganz anders ist aber das Ergebnis, wenn wir etwa den anatomischen Bau eines wellighaarigen Wedda oder Senoi mit dem eines wollhaarigen Andamanesen oder eines philippinischen Negrito vergleichen. Es mehren sich vielmehr die anatomischen Uebereinstimmungen, je tiefer wir in der Skala der menschlichen Varietäten hinabsteigen, und diesem Satze entsprechend, ist auch *Martin* bei seiner Untersuchung der Wildstämme von Malakka zum Ergebnis gekommen, daß im Grunde seine Semang und seine Senoi, also Vertreter der negritischen und der weddaischen Urschichte, sich wesentlich nur in der Haarform unterscheiden, während die Proportionen von Körper und Gesicht in weitgehender Weise übereinstimmen. Wir finden also bei diesen niederen Stämmen ein höchst bedeutsames Zusammenneigen der anatomischen Charaktere, welches sich wohl nicht anders deuten läßt, als daß diese Formen einer gemeinsamen Wurzel des Menschengeschlechtes zustreben. Wir haben

daher schon frühe die Vertreter der weddaisch-negritischen Urschichte als *Primärvarietäten* des Menschen bezeichnet; in der Meinung, daß aus solchen Urformen sich die höheren, mehr differenzierten Varietäten herausgebildet hätten. Dabei ist noch einmal zu betonen, daß die jetzt noch lebenden Vertreter der Primärvarietäten unmöglich mehr unverändert diese Ausgangsformen repräsentieren können, sondern daß auch sie im Laufe der Jahrtausende sich mehr oder minder weit von diesen entfernt haben müssen.

Einer Frage, die sich hier von selbst aufdrängt, können wir nicht ganz aus dem Wege gehen. Wie kommt es, daß wir heute noch niederere und höhere, ursprünglichere und fortgeschrittenere, menschliche Varietäten neben einander lebend unterscheiden können? Warum haben sich nicht im Laufe der Zeit alle gleich weit entwickelt? Warum hat nicht Vermischung endlich alle Unterschiede ausgeglichen? In Anbetracht der enorm langen Zeiträume, während welcher der Mensch schon auf der Erde gelebt hat, ist in der Tat die Persistenz niedrigerer Formen rätselhaft genug und eine befriedigende Antwort auf unsere Frage recht schwierig.

Die Periode des Chelléen, also der mandelförmig zugehauenen Aexte oder Faustkeile aus Silex, wie sie sich zuerst in den Alluvionen französischer und belgischer Flüsse, später in weiter Verbreitung über die Erde hin fanden, ist man heute wohl allgemein geneigt, um etwa 200,000 Jahre hinter die Gegenwart zurück zu verlegen. Diese Chelles-Keile können aber keinesfalls die ersten menschlichen Werkzeuge gewesen sein, da sie teilweise bereits eine schöne, fast kunstvolle Form besitzen; sie setzen vielmehr mit Notwendigkeit rohere und noch ältere Vorläufer voraus. Ja, wenn wir den konsequenten Anhängern der Eolithen-Lehre Glauben schenken wollen, so hat es schon Feuerstein-Instrumente schlagende Wesen im Miocän, selbst im Oligocän, gegeben. Darnach würde dann das Alter des Menschen auf der Erde nicht mehr nach Jahrhunderttausenden, vielmehr nach Jahrmillionen zu berechnen sein.

Wir wollen aber dieser Eolithen-Diskussion hier lieber aus dem Wege gehen und uns mit den gesicherten Spuren des Menschen, die uns schon weit genug zurückführen, begnügen, um unsere Frage dürftig genug damit zu beantworten, daß offenbar ein ungeheurer Konservatismus, wie wir ihn bei zahlreichen Tierformen kennen, auch die Entwicklung des Menschen beherrscht. Isolierung auf Inseln oder, was auf dasselbe hinauskommt, in ausgedehnten Urwaldgebieten muß hinzugekommen sein, um niedrigere Stämme vor Vernichtung und ausgiebiger Vermischung zu bewahren und zugleich ihre Weiterentwicklung zu verlangsamen oder ganz still zu stellen, während Andere unter günstigeren Bedingungen körperlich und kulturell weiter zu schreiten vermochten.

Wir kehren nun zu unseren Primärvarietäten zurück und suchen ihrem Anschluß nach noch primitiveren Formen nachzuspüren. Mit diesem Forschen nach der Wurzel des Menschengeschlechtes treten wir nun aus dem stillen Berg- und Urwaldfrieden der Primärvarietäten in die geräuschvolle Arena hinein, wo die Streitfragen der modernen Anthropologie ausgefochten werden.

Zwei Ansichten stehen sich heute unvermittelt gegenüber, sich anknüpfend an die Namen *Schwalbe* und *Kollmann*. *Schwalbe* führt die großgewachsenen Varietäten des heutigen Menschen, des *Homo sapiens*, direkt auf den fossilen *Homo primigenius*, zurück, dessen wichtigste bis jetzt gefundene Vertreter die Schädel von Neandertal und Spy, sowie die zahlreichen Reste von Krapina darstellen, welch' letztere von einer interglazialen, teilweise ausgestorbenen Tierwelt begleitet gewesen sind. Die Hauptcharaktere dieser Primigenius-Schädel sind allbekannt und vornehmlich auf den Tafeln zu der Monographie *Gorjanović-Krambergers* über die Funde von Krapina zu ausgezeichnete Darstellung gekommen. Es sind vor allem eine flache, niedrige Stirne, eine geringe Erhebung der Schädelkapsel, ein ungeheurer Knochenschirm über den Augen,





Fig. 1.

Perikabalai, Wedda-Mann vom Danigala-Gebirge, Ceylon  
(aus P. & F. S., die Weddas von Ceylon etc., Taf. III, Fig. 2.)





Fig. 2.

Tuti, Wedda-Frau von Kolonggala

(aus P. & F. S., die Weddas von Ceylon etc., Taf. XVIII, Fig. 31.)





Fig. 3.

Bandeke, Wedda-Mann aus Unapana bei Pallegama

(aus P. & F. S., die Weddas von Ceylon etc., Taf. VIII, Fig. 11.)





Fig. 4.

Senoi-Mann von Kuala Sena, Malakka

(aus R. Martin, Inlandstämme der Malayischen Halbinsel, Taf. II.)





Fig. 5.

Senoi-Knabe von Semandang

(aus R. Martin, Inlandstämme der Malayischen Halbinsel, Taf. IV.)





Fig. 6.

Idupa, Tokéa-Knabe (Toála-Schichte) von Pundidaha,  
Südost-Celebes

(aus P. & F. S., Versuch einer Anthropologie der Insel Celebes,  
Materialien, V (Teil 2), Tafel IV, Fig. 3.)





Fig. 7.

Padai, Tomúna-Mädchen (Toála-Schichte) von der Insel Muna,  
Südost-Celebes

(aus P. & F. S., Versuch einer Anthropologie der Insel Celebes,  
Materialien, V (Teil 2), Tafel III, Fig. 2.)



von *Schwalbe* *Tori supraorbitales* genannt, eine ununterbrochene, entsetzlich brutale Knochenbrille bildend, ein kräftiger Unterkiefer ohne Kinn oder mit erst beginnender Kinnbildung, Zähne mit zahlreichen Schmelzfalten usw. Die vom Bau des heutigen Menschen abweichenden Verhältnisse des übrigen Skelettes auch nur namhaft zu machen, verbietet die Kürze der Zeit. Diese *Primigenius*-Form nun schließt *Schwalbe* weiter an den javanischen frühpleistocänen *Pithecanthropus erectus* an, wodurch die Verbindung mit den Anthropoiden geschlossen erscheint. Man sieht, daß in dieser Kette kein Raum bleibt für unsere Primärvarietäten, die denn auch von *Schwalbe*, wie weiter noch zu besprechen sein wird, bloß als lokale Größenvarietäten des *Homo sapiens*, entsprechend den Zwergrassen verschiedener Tiere, bei Seite geschoben werden.

*Kollmann* andererseits hat die Idee der phylogenetischen Bedeutung der Primärvarietäten mit großer Lebhaftigkeit aufgegriffen und vielfach vertreten; wegen ihres kleinen oder untermittelgroßen Körperwuchses bezeichnet er sie als *Pygmaeen* oder *Rassenzwerge*, eine Benennung, die nur für einen kleinen Teil dieser Stämme eine gewisse Berechtigung hat, dagegen bei Formen wie *Wedda*, *Senoi*, *Toála* usw. zu unrichtigen Vorstellungen führen muß. Aus seinen *Pygmaeen* läßt *Kollmann* die großgewachsenen menschlichen Rassen hervorgehen und, um einen Anschluß nach unten zu gewinnen, zieht er das *Häckel'sche* biogenetische Gesetz herbei, nach welchem bekanntlich die Entwicklung des Individuums eine Rekapitulation der Stammesgeschichte darstellt. Da nun der Mensch im Säuglingsalter eine hochgerundete Schädelkapsel ohne jede Knochenwülste besitzt und ebenso die jugendlichen Anthropoiden eine wohlgewölbte, menschlichen Verhältnissen ähnliche Hirnkapsel aufweisen, so schließt *Kollmann* weiter, daß der Vorfahr des Menschen nicht etwa eine niedrige und flache Stirn mit verdickten Oberaugenrändern, sondern im Gegenteil eine hochgewölbte und wohlgerundete Schädel-

kapsel besessen haben müsse. Von diesem Gesichtspunkte aus fällt natürlich die phylogenetische Bedeutung der flachschädlichen Formen, wie *Homo primigenius* und *Pithecanthropus* solche darstellen, dahin; diese sind nach Kollmann keine Uebergangsglieder, sondern im Gegenteil sekundär veränderte Formen, Endglieder toter Seitenäste am Baume der menschlichen Entwicklung, ähnlich wie die heute lebenden Anthropoiden nicht als Uebergangsformen zum Menschen, sondern als wilde Seitenschosse, gewissermaßen als tote Nebengeleise der Entwicklungsbahn, aufzufassen sind. Als Wurzel des Menschengeschlechtes wird von Kollmann, seiner eben geschilderten Auffassung entsprechend, ein zart gebauter, rundschädlicher, kleinwüchsiger Anthropoide des Tertiärs theoretisch gefordert.

Das biogenetische Gesetz, so wertvolle Aufschlüsse über die Stammesgeschichte es in vielen Fällen gegeben hat — ich erinnere beispielsweise an die Kiemenbogen des Säugetierembryos, an die Kiemenfedern der jungen Urodelen und Gymnophionen, an den Stiel der Comatulalarve — ist aber ein mit großer Vorsicht zu handhabendes Instrument. Die Physiologie des heranwachsenden Keimes bedingt nämlich, wie allgemein bekannt, eine große Zahl von Störungen, welche das reine Bild der Stammesgeschichte trüben; es sind dies die sogenannten caenogenetischen Erscheinungen. Zu diesen gehört ganz ohne jeden Zweifel auch das Vorseilen der Gehirnentwicklung über den übrigen Körper, was einen verhältnismäßig großen und runden Kopf der Jugendformen bedingt. Nicht nur Mensch und Anthropoide, sondern alle Säugetiere, selbst die Vögel und Reptilien, zeigen in früher Jugend ein starkes Dominieren des Hirnvolums, eine Art von Blaskopf; sie alle müßten daher konsequenter Weise von Formen abgeleitet werden, welche einen verhältnismäßig größeren und runder gestalteten Kopf, als sie selber im ausgewachsenen Zustande aufweisen, besessen hätten, eine Folgerung, welche zu vertreten wohl Niemand mutig genug sein würde. Diese



Tatsache verbietet die Annahme des Kollmann'schen Gedankenganges, soweit er sich auf die Ableitung der Primärvarietäten, seiner Pygmaeen, bezieht.

Unsere, meines Vetters Paul und meine Stellung in der schwierigen Frage ist eine zwischen den Anschauungen *Schwalbe's* und *Kollmann's* in gewissem Sinne vermittelnde. Wie *Schwalbe*, so möchten auch wir den *Homo sapiens* auf eine Primigenius-Form zurückführen, wobei wir aber durchaus nicht als erwiesen, nicht einmal als wahrscheinlich ansehen, daß nun gerade die bis heute und zwar nur aus europäischem Boden bekannt gewordenen, außerordentlich stark verknöcherten Primigenius-Reste diese Wurzelform darstellen müssen. Wir denken vielmehr, und darin liegt eine Annäherung an den *Kollmann's*chen Gedanken, daß eine zartere und biegsamere, wahrscheinlich tropische Primigenius-Varietät als Stammform sich herausstellen dürfte. An eine solche könnten dann ohne Schwierigkeiten die Primärvarietäten angegliedert werden. Diese halten wir eben nicht mit *Schwalbe* für lokale, durch irgendwelche ungünstige, äußere Umstände in ihrer Entwicklung nachteilig beeinflusste Größenvarietäten, sondern für *die ältesten und ursprünglichsten, heute noch lebenden Formen des Homo sapiens*.

Es bleibt uns noch übrig, mit einigen Worten die unserer Ansicht prinzipiell entgegenstehende Degenerationstheorie, welche in den Primärvarietäten Kümmerformen höherer Stämme sehen möchte, zu widerlegen. Gegen dieselbe können wir drei verschiedene Reihen von Beweisen in's Feld führen: Eine somatisch-ergologische, eine historische und eine prähistorische.

Weder wir, noch andere Untersucher haben bei den wildlebenden Wedda, wohl etwa bei Angesiedelten, Anzeichen einer Degeneration finden können. Gerade auf unserer letzten Reise haben wir wieder den Eindruck gehabt, daß die meisten Naturwedda besser genährt und kräftiger gebaut aussehen als die im gleichen Gebiete an-

gesiedelten Dorfsinghalesen, und Dr. *L. Rütimeyer*, der vor 5 Jahren als Mediziner die Leute untersucht hat, ist zum Schlusse gekommen, daß man durchaus keinen Anlaß habe, von solchen Menschen als von Kümmerformen zu sprechen. In gleicher Weise ist *Martin* dafür eingetreten, daß die Senoi und Semang von Malakka keineswegs unter die Kümmerformen der Menschheit zu zählen seien. Weiter spricht die Uebereinstimmung aller dieser primitiven, räumlich so weit von einander getrennten Stämme in körperlicher und gleicher Weise in ergologischer Beziehung mit Bestimmtheit dagegen, daß sie aus ganz verschiedenen, höheren Varietäten durch Degeneration könnten entstanden sein, denn sonst müßten diese Kümmerprodukte je nach dem Ursprung, den sie genommen, einen ganz bestimmten Stempel an sich tragen. Die Gemeinsamkeit so vieler tiefgreifender körperlicher und ergologischer Merkmale aber scheint uns zwingend, um ein verwandtschaftliches Band, einen einheitlichen Ursprung der Primärvarietäten anzunehmen.

Zweitens der historische Beweis. Wir beschränken uns hier auf die Wedda von Ceylon und ihre vorderindischen Verwandten, Schon *Ktesias*, der griechische Leibarzt des Artaxerxes, weiß ungefähr im Jahre 400 vor Christ von kleinen, schwarzen, langhaarigen, stülpnasig und häßlichen, nackten Pygmaeen in Indien zu berichten, welche nur als weddaische Stämme gedeutet werden können. *Ptolemaeus* im zweiten nachchristlichen Jahrhundert kennt bereits den Namen Weddas, den er in *βησιδάς* umschreibt. Von höchstem Interesse ist dann aus dem vierten Jahrhundert der Bericht eines Scholasten aus Theben, der selber die Weddas auf Ceylon besucht hat. Er nennt sie *βυθσάδες* und gibt von ihnen eine so vortreffliche Schilderung, daß sie in allen wesentlichen Punkten noch heute zutreffend ist. Die Kleinheit des Wuchses, der mächtige Haarschopf, die Unruhe der Augen, die bellende Stimme, das Leben in Höhlen usw. sind lauter Charakte-

ristika auch noch der heutigen Wedda. Dann haben wir die singhalesische Chronik, den Mahawansa, dessen älteste Teile im fünften nachchristlichen Jahrhundert auf Grund älterer Quellen abgefaßt worden sind und wo, wie schon erwähnt, die Wedda als Yakka oder Dämonen bezeichnet werden, während das indische Heldengedicht Ramayana die Urbewohner von Ceylon einfach Affen nennt.

Weiter folgen im siebenten und elften Jahrhundert chinesische und arabische Autoren und so fort bis zur Gegenwart. Alle diese literarischen Quellen zeigen, daß seit mehr als 2000 Jahren die Wedda und ihre Verwandten unverändert dieselben geblieben sind. Die Berichte über die Waldstämme Vorderindiens und Ceylons sind also ungefähr ebenso alt, wie diejenigen über die Pygmaeen Afrikas, von denen uns Herodot, ja eigentlich schon Homer, Kunde geben.

Nun wird man, wiewohl gewiß mit Unrecht, einwenden können, der literarische Nachweis von der Existenz weddaischer Stämme während zweier Jahrtausende beweise noch nicht mit absoluter Sicherheit, daß sie nicht doch Degenerationsprodukte sein könnten. Namentlich haben sich gewisse Philologen immer wieder an der Tatsache gestoßen, daß die heutige Wedda-Sprache singhalesisch ist und den Verdacht, die Weddas seien doch nichts als verkommene Singhalesen, nie fallen lassen.

Die körperlichen und historischen Beweise wurden also nicht als genügend erachtet, und es blieb als einziger Ausweg übrig, nach noch älteren, prähistorischen Daten zu suchen, um das hohe Alter der Primärvarietäten zu beweisen.

Nun war es uns schon in Celebes seiner Zeit gelungen, in den Höhlen, welche noch jetzt teilweise von den Toála bewohnt sind, eine sehr primitive Steinzeit von palaeolithischem Charakter oder, richtiger gesagt, von einem Uebergangstypus zwischen Palaeo- und Neolithicum zu entdecken, welche ohne Zwang als die der Urtoála auf-

gefaßt werden konnte. Für die Wedda von Ceylon haben wir im letzten Winter den prähistorischen Nachweis ihrer Urbewohnerschaft ebenfalls geführt.

In Höhlen des östlichen Niederlandes der Insel, wo heute noch die letzten Trümmer der Weddas leben, kamen in Masse Steininstrumente vom Charakter des Magdalénien, also der jüngsten Phase des Palaeolithicums, zutage, vermischt mit den zerschlagenen Knochen von Jagdtieren. Desgleichen fanden sich die Kuppen einzelner Hügel des Zentralgebirges, wo Weddas heute nicht mehr hausen, ganz bedeckt damit. Diese Steininstrumente, Messer, Spitzen, Schaber, Klopfhämmer usw., repräsentieren insofern eine eigenartige Industrie, als das Hauptmaterial zu ihrer Herstellung von weißem Quarz und wasserklarem Bergkrystall gebildet wird, in zweiter Linie erst aus roten und gelben Hornsteinen.

In den Höhlen Ceylons folgt unmittelbar über der Schichte, welche die Steininstrumente einschließt, eine solche mit Topfscherben, Ziegelresten und eisernen Geräten, also eine moderne, offenbar singhalesischen Reisenden und buddhistischen Einsiedlern ihre Entstehung verdankende Kulturschichte. Nach unseren jetzigen Kenntnissen fehlt auf Ceylon sowohl das Neolithicum, als die Bronzezeit, und so erhielt durch unsere palaeolithischen Funde auch die singhalesische Chronik, der Mahawansa, eine vollkommene Bestätigung. Ihr zufolge eroberten die Singhalesen, von Indien her kommend, Ceylon im Laufe des ersten vorchristlichen Jahrtausends, wobei sie auf eine wilde Urbevölkerung stießen. Ganz dasselbe lehren die Höhlenfunde: Ein Kulturvolk im Besitze des Eisens legt sich unmittelbar auf die palaeolithische Schichte, und daß die Nachkommen jener Palaeolithiker eben die heute noch in Trümmern zerstreuten Weddas sind, ist eine so zwingende Folgerung, daß man sich ihr nicht entziehen kann. Der gelungene Nachweis einer alten Steinzeit in Ceylon beseitigt unserer Meinung nach auch den letzten Zweifel an



der Ursprünglichkeit oder Autochthonie der Weddas. Damit ist aber auch das hohe Alter der ganzen weddaischen Urschichte erwiesen, und es hat durch die prähistorischen Funde auf Ceylon und Celebes unsere alte Ansicht von den Primärvarietäten des Menschen eine neue und kräftige Stütze erhalten.

Für die Literatur siehe:

1. *Martin R.*, Die Inlandstämme der Malayischen Halbinsel, Jena, 1905.
2. *Sarasin, P. und F.*, Die Weddas von Ceylon und die sie umgebenden Völkerschaften etc., Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschungen auf Ceylon, Bd. 3 mit Atlas, Wiesbaden 1892—1893.
3. *Sarasin P. und F.*, Versuch einer Anthropologie der Insel Celebes, I. Die Toála-Höhlen von Lamontjong, Materialien zur Naturgeschichte der Insel Celebes, Bd. V, 1. Teil, Wiesbaden, 1905.  
II. Die Varietäten des Menschen auf Celebes (F. S.), ibid., Bd. V, 2. Teil, 1906.

SUR UNE  
PLUIE DE PETITS CAILLOUX DE QUARTZ  
A TRÉLEX-SUR-NYON

Canton de Vaud (Suisse)

*le 20 février 1907, vers 5  $\frac{1}{4}$  heures du soir*

PAR

le Dr LOUIS ROLLIER

professeur agrégé au Polytechnicum et à l'Université de Zurich.

---

On a pu lire dans les journaux de la Suisse romande du 21 au 23 février 1907, qu'un orage accompagné de grêle et de chute de pierres s'est abattu sur la côte occidentale du lac Léman, aux environs de Nyon, et en particulier à Trélex, où les habitants ramassaient à poignées, sur les toits et sur la rue, de petites pierres tombées du ciel durant le météore.

Je m'empressai d'écrire à l'instituteur et au pasteur de Trélex, pour obtenir des observations de témoins oculaires et des échantillons recueillis immédiatement après ou pendant le phénomène. Je reçus de l'instituteur M. Courvoisier en date du 24 février 1907 huit petits cailloux (nos 1—8) de quartz blanc, terne, laiteux, plus ou moins roulés, à angles émoussés, et plus ou moins enduits de terre dans les petits creux et rainures superficiels. Ce sont tous de petits galets sortis d'une terre sableuse grise ou bistre, faisant effervescence avec l'acide azotique (nos 6 et 7). Ils ne sont pas lavés ni purifiés entièrement par la pluie ou leur séjour dans l'atmosphère. On ne re-

marque aucun dépôt de travertin ou tuf calcaire à leur surface. L'un ou l'autre est seulement taché de rouille et présente aussi des pénétrations de couleur vert foncé ou grisâtre dans l'intérieur du quartz. Leur poids varie entre 0,130 gr. et 1,663 gr. ; leur plus grand diamètre entre 6,1 mm. et 14,6 mm.

	Poids de quelques cailloux.	Grand diamètre.
	gr.	mm.
N° 1.	0,130	6,1
N° 2.	0,136	6,4
N° 3.	1,061	12,5
N° 4.	1,663	14,6
Nos 5, 6, 7. Poids et dimensions intermédiaires entre ceux de n° 1 et n° 4.		

Voici le contenu de la lettre qui accompagnait l'envoi de M. Courvoisier :

Trélex, le 24 février 1907.

A Monsieur le Dr Louis Rollier,

Professeur agrégé au Polytechnicum de Zurich.

Très honoré Monsieur,

Je m'empresse de répondre à votre honorée du 22 février courant. Je suis heureux de vous envoyer ces quelques pierres qui m'ont été apportées mercredi soir [20 février]. Le jeune homme qui me les a remises m'a certifié les avoir ramassées aussitôt tombées, alors qu'elles rebondissaient encore sur le pavé.

Un violent coup de vent accompagnait la chute, mélange de neige, grésil et pierres (de peu d'importance d'ailleurs).

Je vous serais bien reconnaissant de me faire savoir le résultat de l'analyse et les causes probables du phénomène.

Salutations cordiales.

*Signé* : COURVOISIER, instituteur.

Quatre jours après, le 28 février 1907, je reçus de M. le pasteur Burnand, à Trélex, la réponse suivante :

Trélex-sur-Nyon, ce 28. 2. 07

Monsieur,

En réponse à votre lettre du 22 courant, je viens vous dire que la description donnée par les journaux a été fortement exagérée. Pour ma part, je ne me suis aperçu de rien et nombreux sont les habitants qui sont logés à la même enseigne.

Au reçu de votre lettre, je me suis enquis dans le village et ai constaté qu'en effet quelques personnes (5 ou 6 environ) avaient constaté cette pluie de petites pierres et en avaient ramassé non à la poignée, mais une à une. Je n'ai pu m'en procurer que trois. Je ne vous les envoie pas puisque l'instituteur a dû vous en envoyer davantage, ayant recueilli à peu près tout ce que les villageois ont ramassé.

C'est avec grand plaisir, Monsieur, que je me serais mis à votre entière disposition, et je vous prie d'agréer l'expression de mes plus respectueux et dévoués messages.

*Signé* : Fr. Aug. BURNAND, P.

P. S. — Je me décide pourtant à vous envoyer ces deux petites pierres qui enrichiront la série!

Les deux petits cailloux ajoutés aux précédents leur sont en tous points semblables. Voici leurs poids et dimensions respectifs :

	Poids	Grand diamètre
	gr.	mm.
N° 9.	0,861	11,6
N° 10.	0,690	11,2

Le n° 9 est arrondi, d'un quartz laiteux, très terne, enduit de terre gris-jaunâtre, calcaire, taché de rouille superficielle (oxydation de parcelles de fer métallique [?]) ou de minerai de fer. Le n° 10 est aplati, très roulé et poli sur les deux larges faces du petit galet, de la même espèce



de quartz que le n° 9, avec parcelles ou veines gris-bleuâtre. Il a été touché comme le précédent, avec une gouttelette d'acide azotique et s'est dépouillé de ses particules terreuses calcaires qui adhéraient dans les creux du pourtour.

En date du 12 mars 1907, M. le pasteur Burnand ajouta à sa première missive quelques compléments que je lui avais demandés sur l'état du terrain aux environs de Trélex le jour de l'orage. « Il n'y avait plus guère de neige quand la pluie de pierres est venue : il pleuvait sur une terre détrempée et la neige sur les routes était généralement fondue. »

Le même jour (12 mars 1907) M. Courvoisier ajouta ce qui suit :

« La chute de pierres en question s'est produite le  
« 20 février vers 5 h. 1/4. La direction du vent, très vio-  
« lent à ce moment, mais dont la force diminua bientôt,  
« était du Sud-Ouest au Nord-Est, parallèle au Jura en  
« effet. Plusieurs coups de tonnerre se firent entendre aux  
« environs de 5 heures (au moins 4 dont un très vio-  
« lent).

« Je vous envoie ces quelques échantillons recueillis  
« dans le village, mais je ne puis assurer que ce soit  
« toutes des pierres réellement tombées ce jour-là. Quant  
« au phénomène lui-même, je ne l'ai pas observé moi-  
« même, mais je ne doute point de la véracité du jeune  
« homme qui m'a apporté les échantillons que je vous ai  
« fait parvenir. C'est un jeune homme du nom de Samuel  
« Galé.

« Si vous le désirez, je pourrais vous envoyer, sans  
« choisir, quelques pierres des gravières en exploitation  
« aux environs du village pour comparaison.

« J'ai voulu rechercher des ustensiles qui se seraient  
« trouvés dehors ce 20 février. Mais je n'ai pu en trouver.  
« D'autre part, les bassins des fontaines avaient été lavés  
« dès le samedi 23... »

En même temps que ces renseignements, je reçus de M. Courvoisier, le 13 mars 1907, quarante-sept petits cailloux de quartz laiteux, plus ou moins tachés de veines grises ou de rouille, et jamais complètement lavés par la pluie. Ils sont en tous points semblables aux dix échantillons précédents. Les plus grands sont :

	Poids gr.	Grand diamètre mm.
N° 11.	0,728	10,6
N° 12.	1,807	15,3
N° 13.	2,362	15,5

Le n° 11 est un fragment irrégulier, peu arrondi, de quartz blanc, avec trous de carie, remplis d'ocre jaune.

Le n° 12 est arrondi, d'un quartz laiteux, avec taches superficielles de rouille.

Le n° 13 est un galet arrondi, mais brisé par un choc violent, sur un quart environ du volume primitif ; il est traversé par une veine grisâtre, argilo-calcaire.

Le poids spécifique du n° 12 a été déterminé ainsi que toutes les pesées précédentes, par ma collègue, Mlle Dr Laura Hetzner, assistante à l'Institut minéralogique du Polytechnicum et de l'Université de Zurich. Le résultat qu'elle a eu l'obligeance de me transmettre est conforme avec le poids spécifique du quartz laiteux, soit 2,650.

En somme toutes les petites pierres tombées pendant l'orage et avec le grésil du 20 février 1907, sont de petits galets de quartz laiteux, plus ou moins ubiquiste, mais sans un seul caillou calcaire, qui est cependant si abondant à la surface du sol, dans les champs et les gravières morainiques du pied du Jura, aux environs de Nyon. Il n'y a pas non plus d'éléments alpins du quaternaire morainique ou fluvio-glaciaire du bassin du Rhône.

Afin de pouvoir donner l'explication de la pluie de pierres observée à Trélex le 20 février dernier, je consultai la carte du temps et le rapport du Bureau central

météorologique de Zurich pour ce jour-là. Voici les renseignements que M. le directeur Maurer a bien voulu me transmettre. Direction du vent S.-S.-W. et S.-W. partout dans la vallée du Rhône, au S. de la France, sur les Pyrénées, la Meseta espagnole et jusqu'au Maroc. Vitesse maximale, 20 m. par seconde. Température 10° au matin à Genève. Les jours précédents, la température s'était radoucie, la neige avait fondu jusqu'à l'altitude de 1200 m. dans la vallée du Rhône. Il faut ajouter que la neige recouvrait quelques jours auparavant toute la Suisse et la plus grande partie de la vallée du Rhône jusqu'en Provence. Sitôt après la fusion de la neige dans les parties basses, le long du fleuve, etc., les petits cailloux tombés à Trélex ont pu être soulevés par une forte attraction électrique et transportés par les nuages chargés d'électricité et subissant un fort déplacement avec l'orage. Le fait est connu d'ailleurs. Grâce à l'amabilité du directeur et du personnel du Bureau central météorologique de Zurich, j'ai pu relever les deux cas suivants qui se sont produits ces dernières années.

Le 6 juin 1891, à Pel-et-Der (Aube), une pluie de petites pierres calcaires, fragments aplatis de 25 à 35 mm, de diamètre, entièrement blancs, intérieurement brunâtres, répandant par le choc une odeur bitumineuse, comme la plupart des calcaires lacustres. C'étaient en effet des fragments du calcaire lacustre de Château-Landon (Seine-et-Marne) qui avaient été transportés dans l'Aube, et y étaient tombés avec la grêle, c'est-à-dire à une distance de plus de 150 kilomètres de leur lieu d'origine. (*Comptes-rendus Acad. des sc. de 1891, vol. 113, p. 100* ; *Naturwiss. Rundschau, Jahrg. 6, p. 502* ; *Meteor. Zeitschrift von Dr. Hann, Wien, Jahrg. 1891, p. 440*). Voir aussi l'article de M. St. Meunier dans le *Naturaliste* édité par les fils d'Em. Deyrolle, 15 février 1892, in-4°, Paris.

Le 4 juillet 1883, à Broby, dans le Westmanland au S.-E. de la Suède, le propriétaire J.-V. Thomsen, au

rapport du baron A.-E. Nordenskjöld, observa une prodigieuse chute de pierres enveloppées dans de gros grêlons ovoïdes, plus ou moins aplatis, de la taille d'œufs de poule et de pommes de terre. Après la fusion des grêlons, dont quelques-uns avaient été ramassés pour tenir au frais du lait et des provisions, on trouva des fragments anguleux, à arêtes vives, de quartz laiteux, du poids de 0,9 jusqu'à 5,8 grammes, et de la grosseur maximum d'une noisette. Poids spécifique 2,65. Quelques fragments avaient des veines de chlorite, d'autres des taches de rouille, et rarement des parties de feldspath. Ils provenaient d'une région granitique de la Suède située dans la direction de la Dalécarlie au N.-W. de la ville d'Enköping, par où avait passé l'orage sur une distance de plus de 60 kilomètres. Dans les pierres erratiques des environs de Broby, les fragments de quartz sont presque toujours accompagnés de feldspath. Ce fait fournit un critère pour établir l'impossibilité d'une fraude de la part des personnes qui avaient recueilli les « pierres de grêle ». Quelque temps après cette chute de ces pierres, diverses personnes furent invitées à rechercher des pierres qu'elles pouvaient penser être tombées du ciel, et le résultat fut que l'on n'apporta plus que de petits cailloux de quartz mélangés de feldspath, c'est-à-dire des pierres ordinaires de la région. Les premières pierres recueillies avaient donc bien l'origine qu'on leur attribuait. (*Efversigt af k. Vetenskap Akademiens Förhandlingar 1884, n° 6, Stockholm : Zeitschrift f. Meteorologie von Dr. Hann, Bd. 20, 1885, in-4°, Wien, p. 235.*)

Comme il s'est aussi trouvé des sceptiques au sujet des pierres tombées pendant l'orage de Trélex, j'ai tenu à répéter cette dernière expérience, c'est-à-dire demander, quelques semaines après l'orage, de récolter de petits cailloux *qu'on pouvait supposer être tombés du ciel*, et j'écrivis à M. l'instituteur Courvoisier de réclamer ces objets auprès des personnes qui voudraient se prêter



volontairement, et sans le savoir, à cette épreuve, tout en recommandant bien de ne fournir du reste aucune indication quelconque, et de ne pas insister en cas de refus de la part des observateurs.

En date du 2 juillet 1907, M. Courvoisier me fit un nouvel envoi accompagné des lignes suivantes :

« Il m'a été difficile de récolter des petites pierres  
« suivant vos indications. Un seul jeune homme m'en a  
« apporté. Vous les trouverez dans l'envoi. Je vous envoie  
« à mon tour trois échantillons étiquetés... ».

Les petits cailloux recueillis par le jeune homme <sup>1)</sup> (Arthur Galé) « comme ressemblant aux pierres de la chute du 20 février » sont tous des cailloux plus ou moins arrondis ou anguleux de quartz laiteux, d'un grand diamètre de 8 à 23 mm., cinq d'entre eux sont très analogues aux pierres du 20 février. Les six autres dépassent de beaucoup la taille des premiers. Tous sont plus ou moins enduits de terre bistre. Ils ont été choisis dans les prés par le même jeune homme qui avait remis quelques-unes des pierres de l'envoi du 13 mars 1907.

La distinction minéralogique entre les galets indigènes et ceux recueillis pendant l'orage du 20 février est impossible à faire. Il n'est pas impossible que parmi les derniers cailloux ramassés dans les prés ne se trouvent encore quelques exemplaires provenant de l'orage. Mais il n'y a pas de critère absolu pour les reconnaître et pour écarter d'emblée toute possibilité de faux rapport. Il faut donc, ici, comme si souvent d'ailleurs, s'en remettre absolument à la bonne foi des témoins oculaires.

De son côté, M. Courvoisier a choisi dans les champs, « tout près de l'endroit où ont été ramassés les premiers », dix petits cailloux analogues pour la taille et pour la couleur, à ceux de l'orage du 20 février. Huit d'entre eux sont de quartz laiteux, très blancs, peu angu-

---

<sup>1)</sup> Un petit-cousin de Samuel Galé.

leux, sauf un ; un seul est de la même variété de quartz d'un gris plus terne que les cailloux des premiers envois. En outre deux petits cailloux sont constitués par du calcaire du Jura, totalement absent des premiers exemplaires (nos 1 à 10 et nos 11 à 57). De cet envoi, il n'y a donc qu'un seul petit caillou qui ressemble à ceux de la chute du 20 février, et qui du reste pourrait en provenir.

M. Courvoisier a encore ajouté à son dernier envoi deux lots de petites pierres ramassées dans les *gravières de Trélex*, situées au N.-W. du village. « Les unes choisies comme ressemblant à celles de l'orage, les autres ramassées sans choisir ».

Ces dernières, généralement plus grandes que celles de la chute sont au nombre de 32, plus ou moins arrondies, quelques-unes anguleuses ; presque toutes présentent les enduits de travertin moderne et de sable calcaire adhérent, caractère qui n'existe absolument pas dans les pierres de la chute.

Il y a 17 petits cailloux provenant des calcaires du Jura, 2 des calcaires noirs des Alpes, 1 de granite, 3 de gneiss et 8 de quartz laiteux de différentes nuances. Un fragment de liège s'est trouvé par hasard parmi les galets. Les quartz laiteux forment donc à peu près les 25 % de la masse totale des petits galets des graviers. Parmi une dizaine de petits cailloux de quartz laiteux choisis en outre par M. Courvoisier dans la gravière de Trélex, il n'y en a que quatre qui aient quelque analogie avec les pierres de la chute, en particulier avec le n° 4, d'une couleur très blanche, et enduits comme lui d'une terre calcaire bistre. Les six autres quartz laiteux sont dépourvus de terre bistre, mais enveloppés partiellement de travertin jaune avec sable calcaire adhérent, comme la plupart des petits galets des gravières.

En considérant tous ces caractères, et en admettant la véracité des renseignements fournis, il n'est pas possible d'admettre que les petits galets de quartz de la chute du

20 février 1907 aient été arrachés de la surface du sol aux environs de Trélex, ni même de toute la vallée du Rhône, car partout on voit prédominer dans ces contrées les éléments calcaires des galets diluviens. D'après ce que l'on sait de la chute de Pel-et-Der, il n'y a pas de raison non plus pour admettre que l'attraction (probablement électrique) se soit effectuée uniquement sur les galets de quartz à l'exclusion des autres galets (granite, gneiss et calcaires), à l'instar de l'attraction magnétique de l'aimant sur des parcelles de fer. Il est de toute nécessité d'admettre que les petits cailloux de quartz forment dans leur lieu d'origine la majorité des galets et des éléments minéralogiques du sol. Cela nous conduit à rechercher la patrie de la masse soulevée et transportée par le météore, dans une région essentiellement cristalline et dans la direction indiquée par l'état de l'atmosphère dans l'après-midi du 20 février dernier, c'est-à-dire au plus proche sur le rivage méditerranéen des Maures et de l'Estérel (Iles d'Hyères), sinon dans la meseta ibérique ou plus au S. encore. La nature ubiquiste du quartz laiteux ne permet pas de préciser davantage. Mais le transport s'est effectué sur une distance d'au moins 350 kilomètres.

La chute de Trélex ressemble à celle de Pel-et-Der (Aube) par la nature du phénomène, chute avec la grêle : elle en diffère par la nature minéralogique des cailloux, l'orientation de l'orage, etc. Elle ressemble à celle de Broby (Suède), par la nature minéralogique des cailloux, qui, au lieu d'être anguleux, sont tous de petits galets de quartz laiteux ; elle en diffère par le mode d'association et de conformation des grêlons, la direction du vent, etc.

Il est presque inutile d'ajouter que des phénomènes tels que ceux qui viennent d'être passés en revue, et qui nous paraissent être bien constatés, peuvent servir d'explication à plusieurs faits stratigraphiques singuliers. Par exemple la présence de petits galets et de fragments de roches inclus en petit nombre au milieu de sédiments non

détritiques (grains de bohrerz dans des calcaires lacustres comme dans ceux d'Avilley, Doubs). Ils ne permettent pas de douter non plus de phénomènes plus singuliers encore, voire même miraculeux, comme les pluies de petits batraciens, de grains de sel (Gothard), de manne, etc.

Merci à M. Courvoisier et à M. le pasteur Burnand, de Trélex, d'avoir contribué à enregistrer les détails d'un phénomène aussi intéressant que rare pour notre pays.

Zurich, le 28 juillet 1907.

---