Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 50 (1957)

Heft: 2

Artikel: Bericht über die 73. ordentliche Generalversammlung der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in Neuchâtel : Sonntag, den 22. September 1957

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-162220

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: 16.12.2025

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

Bericht über die 73. ordentliche Generalversammlung der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in Neuchâtel

Sonntag, den 22. September 1957

A. Bericht des Vorstandes für das Jahr 1956/57

Wir freuen uns, feststellen zu dürfen, dass sich die Gesellschaft in der Berichtsperiode zu ihrem Vorteil weiter entwickelt hat. Die bereits im Vorjahr eingesetzte Zunahme durch Neuaufnahmen und die erfreuliche Ausweitung der wissenschaftlichen Tätigkeit unserer Mitglieder durch vermehrte Inanspruchnahme unseres Publikationsorgans (siehe Bericht des Redaktors) hat sich fortgesetzt. Zur Erledigung der laufenden Geschäfte hielt der Vorstand im ganzen drei Sitzungen ab. Am 1. Januar 1957 traten die von der 72. ordentlichen Generalversammlung neu gewählten Vorstandsmitglieder Prof. Dr. A. Streckeisen, Prof. Dr. R. Trümpy und Dr. E. Witzig ihr Amt an. Der Vorstand wurde wie folgt bestellt:

Präsident:	Dr. E. Ritter, Basel
Vizepräsident:	Prof. Dr. H. Badoux, Lausanne
Sekretär:	Prof. Dr. R. Trümpy, Zürich
Kassier:	Dr. E. Witzig, Schaffhausen
Redaktor:	Dr. W. Nabholz PD, Basel
Beisitzer:	Prof. Dr. Ed. Parejas, Genève, und
	Prof. Dr. A. Streckeisen, Bern.

Des weiteren verdienen folgende Ereignisse und Daten festgehalten zu werden:

Als Vertreter der Schweiz am V. Internationalen Quartärkongress in Madrid und Barcelona anfangs September 1957, nahm Prof. Dr. R. Rutsch teil. Auf Ersuchen der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Führungen von Exkursionen durch den Jura, das Mittelland und die Alpen zu übernehmen, fanden sich unsere Mitglieder Prof. Dr. J. Cadisch, Prof. Dr. L. Vonderschmitt, Prof. Dr. Ed. Wenk, Prof. Dr. E. Niggli, Prof. Dr. R. Rutsch sowie Privatdozent Dr. W. Nabholz und Dr. H. Furrer bereit, als Exkursionsleiter mitzuwirken. Am 1. Januar 1957 trat ein neuer Verlagsvertrag mit der Firma Birkhäuser AG, Verlag, Basel, in Kraft, der aus dem Erlös vom Verkauf der *Eclogae Geologicae Helvetiae* eine Provision von 17,5% festlegt. Bei einer Kündigungsfrist von zwölf Monaten kann der neue Vertrag erstmals auf Ende 1960 gekündigt werden.

Zu unserem Leidwesen haben wir in der Berichtsperiode drei unserer Mitglieder durch den Tod verloren, nämlich: Dr. K. Schmid, Bern. Er war Mitglied unserer Gesellschaft seit 1927. Geboren am 17. Januar 1906 in Frutigen, doktorierte er in

Bern im Jahre 1934 mit einer Dissertation: «Biometrische Untersuchungen an Foraminiferen aus dem Pliocaen von Ceram (Niederländisch Indien)». Nach Auslandaufenthalten in der Türkei als Paläontologe und Feldgeologe der dortigen Regierung sowie in Westindien bei der Trinidad Leaseholds Ltd., kehrte er vor Ausbruch des Zweiten Weltkrieges in die Heimat zurück. Hier arbeitete er vorerst als Geologe im Bureau für Landerwerb beim Eidg. Militärdepartement und übernahm in der Folge die Stelle eines Assistenten am Naturhistorischen Museum Bern, die er wegen Erkrankung nach kurzer Tätigkeit aufgeben musste. Er starb nach längerem Leiden am 7. April 1957. Eine ausführliche Würdigung des Verstorbenen durch Prof. Dr. R. Rutsch wird in den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern erscheinen. – Dr. K. Küpper, Paläontologe, ist am 10. Februar 1957 der Gesellschaft als Mitglied beigetreten. Geboren in Wien, am 24. Oktober 1930, besuchte er nach Übersiedlung der Familie nach Indonesien, die dortigen Schulen. Seine Studien absolvierte er in Wien, wohin er 1941 zurückkehrte und 1953 doktorierte. Nach einem einjährigen Aufenthalt an der Stanford University in Kalifornien USA. wurde er Assistent am Geologischen Institut in Wien, verbrachte aber den Sommer 1955 wiederum an der Stanford University, wo er als Research Fellow beschäftigt war. Am 1. Januar 1956 trat er in den Dienst der Shell und begann seine praktische Tätigkeit als Junior Paleontologist bei der Shell B.P. Petroleum Development Company of Nigeria Ltd. in Owerri, Nigeria. Er starb am 1. Mai 1957 in Port Harcourt, Nigeria, wo er sich einer Operation unterziehen musste. Die wissenschaftliche Tätigkeit des Verstorbenen erstreckte sich in der Hauptsache auf Untersuchungen an jungtertiären Foraminiferen des Wienerbeckens und in Kärnten sowie an solchen aus der Oberkreide Amerikas, über welche er verschiedene Arbeiten, teilweise in Zusammenarbeit mit A. Papp, publizierte, die in Sitzungsberichten der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und in den Contributions from the Cushman Foundation for Foraminferal Research seit 1952 erschienen sind. – Im Alter von fast 66 Jahren verstarb in Austin, Texas, USA., am 22. September 1956 unser Mitglied Prof. W. S. Atkins. Er hat sich als Paläontologe und ausgezeichneter Kenner der Kreidefauna von Texas und Mexiko einen Namen gemacht. In den Jahren 1921–1925 stand er im Dienst der Compania Mexicana de Petroleo «El Aguila», wo er mit den dort arbeitenden Schweizer Geologen zusammentraf und die Bearbeitung der kretazischen und tertiären Megafossilien übernahm. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen in Mexiko und den USA. sind in zahlreichen Publikationen niedergelegt und bildeten unter anderem einen wichtigen Beitrag zur «Geology of the Tampico Region» seines Freundes J. M. Muir (1936), die als Sonderband der American Association of Petroleum Geologists erschienen ist. 1925 bis 1926 erweiterte er seine Kenntnisse an der Sorbonne, Paris, unter E. Haug, mit dem Studium kretazischer Holotypen aus Texas. Anschliessend konsultierte er solche in den Museen von Paris, Bonn, Breslau, London. Spezialuntersuchungen als Associate geologist im Bureau for Economic Geology an der Universität Texas und als konsultierender Geologe führten ihn unter anderem auch nach Venezuela. Er hatte wesentlichen Anteil am Ausbau des paläontologischen Dienstes im Research Laboratory der Shell Petroleum Company in Houston, Texas. Ein ausführlicher Nekrolog über den Verstorbenen findet sich im Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, Vol. 41, Nr. 4 (April 1957).

Mitgliederbewegung.

Als seltenes Ereignis in der Geschichte unserer Gesellschaft erhielt unser schweizerisches Senior-Mitglied, Herr Prof. Dr. A. BUXTORF, Basel, die Leopold von Buch-Medaille in Würdigung seiner Verdienste um die Erforschung des Juragebirges und der Alpen sowie als langjähriger Präsident der Schweizerischen Geologischen Kommission der S.N.G. Sie wurde ihm an der 109. Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft am 6. September 1957 in Freiburg i. Br. feierlich überreicht. Wir gratulieren Prof. BUXTORF zu der ihm zuteilgewordenen Ehrung.

Im Berichtsjahr hat sich der Bestand an Mitgliedern sprunghaft erhöht, eine in der Geschichte der Gesellschaft wohl einmalige Erscheinung. Nach der Reihenfolge der Aufnahmen sind folgende Eintritte zu verzeichnen:

A. Schweiz. Persönliche Mitglieder:

CONRAD SCHINDLER, Zürich
HANS RUEDI ECKERT, Brunnadern
HANS ULRICH BARTHOLET, Zug
HERMANN FISCHER, Muttenz
PAUL STERN, Basel
FREDY STUMM, Münchenstein
PETER VOGT, Arlesheim
FELIX MAIRE, Liestal
FELIX RUDOLF FREY, Affoltern a.A.
OTTO LIENERT, Einsiedeln
PETER FRICKER, Feldbach, Zürich
ROGER LEHMANN, Basel
LASZLO VON IMREH, Bern
RUDOLF WEGMANN, Zürich
RUDOLF FREI, Zürich
ALBERT STÄUBLE, Laufenburg
JACQUES HENRY GABUS, Villars s. Ollon
ERWIN NICKEL, Fribourg
JEAN PAUL SCHAER, Neuchâtel
RENÉ BLAU, Bern
MATTHIS ZIMMERMANN, Biel
KURT BÄCHTIGER, Landquart
PIERRE SUBLET, Lausanne
GERMAIN BOTTERON, Lausanne
KURT R. NIGGLI, Bern
KIMON KARAGOUNIS, Zürich
ALEX SOMM, Küsnacht, Zürich
RUDOLF REBER, Langnau i.E.
PETER NIKLAUS KNABE, Belp
GASTON HUBER, Reinach, Bld.
Madame A. SCHNORF, Lausanne

Schweiz. Unpersönliche Mitglieder: keine.

B. Ausland. Persönliche Mitglieder:

PETER NORTON, La Havana, Cuba
RENATO POZZI, Milano, Italia
WALTER MEDWENITSCH, Wien, Österr.
LUC SAUGY, Dijon, France
ALFREDO G. SEIGLIE, La Havana, Cuba
KLAUS KÜPPER, Owerri, Nigeria
HORST BÖGER, Schöfwar, Westdeutschl.
FELICE JAFFE, Pararamaribo, Holl. Guyana

Ausland. Unpersönliche Mitglieder:

Geologisch-Paläontologisches Institut, Heidelberg, Deutschland.
Princeton University, Princeton, N.Y.
Gewerkschaft Elverath, Geolog. Bureau, München, Deutschland.

Austritte sind folgende zu verzeichnen:

ARTHUR K. MILLER, Iowa, USA.
MARGARET DELANY, Brazzaville, W.-Af.
JEAN SPOORENBERG, München, Dtschl,
LEONHARD WEBER, Fribourg
JEAN LOUIS RUMEAU, Fribourg
ERNST GEIGER, Frauenfeld
THOMAS GRAEDEL, Klosters

Todesfälle:

KURT SCHMID, Bern
KLAUS KÜPPER, Nigeria, Owerri Ni.
W. S. ATKINS, Austin, Texas, USA.

Eintritte: 44, Austritte: 7, Verstorben: 3 Mitglieder.

Zusammenfassung:	A. Schweiz:	Persönliche Mitglieder:	294
		Unpersönliche Mitglieder	40
	B. Ausland:	Persönliche Mitglieder	182
		Unpersönliche Mitglieder	54
	Bestand am 21. September 1957		570

Versammlungen und Exkursionen

Die 72. ordentliche Generalversammlung der Gesellschaft wurde in Basel am 23. September 1956 im Rahmen der Jahresversammlung der S.N.G. abgehalten. Anschliessend an die Tagung wurde eine dreitägige Exkursion zusammen mit der Schweizerischen Mineralogisch-Petrographischen Gesellschaft in die Umrandung des Rheintalgrabens der Umgebung von Basel durchgeführt, über welche im Band 49, Nr. 2, 1957, der Eclogae geologicae Helvetiae Bericht abgelegt ist. Wir sprechen auch an dieser Stelle den Exkursionsleitern, Prof. Dr. L. VONDERSCHMITT, Prof. Dr. ED. WENK, Dr. P. HERZOG für die Führungen auf schweizerischem und elsässischem Gebiet, sowie den Herren Prof. Dr. M. PFANNENSTIEL und Prof. Dr. E. TRÖGER, beide aus Freiburg i. Br., auf badischem Gebiet, den besten Dank aus.

Basel, September 1957. Der Präsident: E. A. RITTER

Bericht des Redaktors

Die beiden Hefte des im Berichtsjahr erschienenen Bandes 49 der *Eclogae geologicae Helvetiae* umfassen 713 Seiten mit 187 Figuren und 25 Tabellen, ferner 29 Tafeln ausserhalb des Textes. Gegenüber dem Vorjahr ist der Eclogae-Band nochmals umfangreicher geworden, vor allem dank den zahlreichen Arbeiten, die Herrn Prof. Louis Vonderschmitt zu seinem sechzigsten Geburtstag von seinen engeren Fachkollegen, Freunden, Mitarbeitern und Schülern gewidmet wurden. Im Anschluss an eine kurze redaktionelle Notiz bilden diese Arbeiten, die sich mit verschiedensten Arbeitsgebieten schweizerischer Autoren befassen, die ersten 226 Seiten des Heftes Vol. 49/2. Die Einzelarbeiten des Heftes 1 und des ersten Teils des Heftes 2 betreffen Untersuchungen aus dem Jura, dem Mittelland und den Alpen, ferner paläontologische und petrographische Themen von allgemeinem Interesse. Dem Bericht über die letztjährige Tagung der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in Basel schliesst sich die Beschreibung der Exkursion an, die in den Basler Jura, den Vogesenrand, den Kaiserstuhl und den südwestlichen Schwarzwald führte. Vielseitigen Themen ist der Bericht der Schweizerischen Paläontologischen Gesellschaft gewidmet; er wird durch eine über 100 Seiten starke Arbeit über die Rhynchonelliden der Unteren Kreide im westschweizerischen Juragebirge ergänzt, an deren Druckkosten auch unsere Gesellschaft beigetragen hat. Am Schluss des Bandes sind die neuen Statuten unserer Gesellschaft und die Preise unserer Veröffentlichungen zum Abdruck gelangt.

Entsprechend dem Inhalt sind auch die Druckkosten für den Band 49 angestiegen, und zwar auf die noch nie erreichte Höhe von über 48000 Franken. Zahlreiche Kostenbeiträge von insgesamt fast 25000 Franken vermindern die finanzielle Belastung unserer Gesellschaft auf ein Mass, das in Berücksichtigung des regen Verkaufs neuester Eclogae-Hefte durch unseren Verlag und der steigenden Mitgliederzahl unserer Gesellschaft gerade noch erträglich ist. Wesentliche Kostenbeiträge verdanken wir der Schweizerischen Paläontologischen Gesellschaft, welche die Druckkosten für ihren Bericht wie üblich übernehmen konnte, ferner den Zuschüssen für den Druck der Dissertationen, die von den Autoren und verschiedenen Hochschulstiftungen stammen, und schliesslich der Schweizerischen Geologischen Kommission. Sämtlichen Donatoren sei im Namen der Gesellschaft der wärmste Dank ausgesprochen.

Basel, im September 1957. Der Redaktor: W. Nabholz

Rechnungsbericht pro 1956 und Budget pro 1957

I. Betriebsrechnung per 31. Dezember 1956

A. Einnahmen

	Rechnung 1956		*Budget 1957*
a) *Allgemeine Verwaltung*	Fr.	Fr.	Fr.
Mitgliederbeiträge	11 615.10		11 000.—
Zinseneingänge	3 515.80		3 500.—
Verkauf Eclogae	11 567.65		11 100.—
Beitrag Geologische Kommission	500.—		500.—
Aus Reservefonds	—.—		8 000.—
Total Einnahmen aus allgemeiner Verwaltung		27 198.55	34 100.—
b) *Eclogae:*			
Beiträge aus Stiftungen, Inserate, Rechnungen des Redaktors			
Vol. 48/2	12 132.40		
Vol. 49/1	758.45		
Einbände	597.40		
Total Einnahmen Eclogae		13 488.25	
Total Einnahmen		40 686.80	

B. Ausgaben

a) *Allgemeine Verwaltung*			
Unkosten und Spesen	4 029.53		2 500.—
Beitrag an Paläontologische Gesellschaft	600.—		600.—
Einlage in Reservefonds (½ Verkauf Eclogae)	5 000.—		5 000.—
Total Ausgaben Allgemeine Verwaltung		9 629.53	8 100.—
b) *Druckkosten Eclogae*			
Vol. 48/2	21 158.10		
Vol. 49/1	13 246.55		
Vol. 49/2	1 158.95		14 000.—
Vol. 50/1	118.10		12 000.—
Total Ausgaben Eclogae		35 681.70	26 000.—
Total Ausgaben		45 311.23	34 100.—
Ausgabenüberschuss		4 624.43	

II. Reservefonds

Bestand am 1. Januar 1956	16 500.—
Einlage aus Verkauf Eclogae	5 000.—
Bestand am 31. Dezember 1956	21 500.—

III. Bilanz per 31. Dezember 1956

Aktiven	Fr.	*Passiven*	Fr.	Fr.
Postcheckkonto	7 935.61	Unantastbares Kapital		
Banken:		Fonds Tobler	60 000.—	
Wertschriften	114 000.—	Fonds Erb	10 000.—	
Depotkonto Bankges. . .	4 851.45	Schenkungen	17 100.—	
Sparhefte	9 705.25	Lebensl. Mitglieder . .	18 976.80	
				106 076.80
Kleine Kasse	126.61	Ausstehende Druckkosten		9 156.32
Debitoren	114.20	Reservefonds		21 500.—
	136 733.12			136 733.12

IV. Vermögensänderung

	Fr.
Bruttovermögen am 1. Januar 1956	120 960.—
Bruttovermögen am 31. Dezember 1956	127 576.80
Vermögenszunahme	6 616.80

V. Erstellungskosten der Eclogae, Volumen 48

	Band 48/1 250 Seiten 59 Textfiguren 5 Tabellen 12 Tafeln	Band 48/2 370 Seiten 90 Textfiguren 21 Tabellen 12 Tafeln
	Fr.	Fr.
Eigenkosten: Druckkosten zu Lasten SGG. .	8 333,65	8 282.15
Beiträge	7 014.—	12 422.40
Total der Erstellungskosten	15 347.65	20 704.55
Spedition	295.—	475.—

Schaffhausen, Februar 1957. Der Kassier: E. Witzig

Revisorenbericht über das Rechnungsjahr 1956

Die Unterzeichneten haben die Jahresrechnung 1956 der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft geprüft und in allen Teilen in Ordnung befunden. Sie überzeugten sich von der gewissenhaften Verbuchung der Einnahmen und Ausgaben und deren Übereinstimmung mit den Belegen.

Die auf den 31. Dezember 1956 in der Bilanz aufgeführten Aktiven sind durch Bank- und Postcheckausweise belegt. Die Ausscheidung der Vermögenswerte auf die einzelnen Fonds ist in der Kartothek übersichtlich dargestellt.

Das Vermögen ist belegt durch Wertschriften im Betrage von Fr. 114000.–, Depositen-Konto der Schweizerischen Bankgesellschaft Fr. 4851.45 und Sparhefte von total Fr. 9705.25.

Der zusammenfassende Bericht stimmt mit der detaillierten Buchführung überein.

Die unterzeichneten Rechnungsrevisoren beantragen der Gesellschaft, die Jahresrechnung 1956 zu genehmigen und dem Herrn Kassier für die grosse und zeitraubende Arbeit bestens zu danken.

Schaffhausen, den 2. Februar 1957. Die Revisoren: R. MURAT, H. GRUNAU

B. 73. Ordentliche Generalversammlung

Sonntag, den 22. September 1957

Geschäftliche Sitzung, 8.15 h

Der Jahresbericht des Vorstandes für 1956/57 wird genehmigt, ebenso der Bericht des Redaktors.

Anschliessend an die Verlesung des letzteren regt Herr Dr. J. KOPP (Ebikon) an, die Eclogae vierteljährlich anstatt nur halbjährlich herauszugeben, da die Einzelbände beim jetzigen Modus oft zu sehr anschwellen und dadurch unhandlich werden.

In seiner Antwort macht der Redaktor darauf aufmerksam, dass bei vierteljährlichem Erscheinen die Verzögerung in der Herausgabe der einzelnen Hefte noch grösser würde, da die Druckereien mit Aufträgen überlastet sind. Es wird kaum möglich sein, mit dem Verlag zu einer Einigung über einen rascheren Druck der Eclogae zu gelangen, wenn es auch an und für sich wünschbar wäre, die Hefte in kürzeren Zeitabständen herauszugeben. Der Vorstand wird versuchen, die technische Durchführbarkeit einer Herausgabe von 3 oder 4 Nummern der Eclogae im Jahr abzuklären.

Alsdann wird die Jahresrechnung 1956 mit dem Bericht der Rechnungsrevisoren sowie das Budget für 1957 genehmigt.

Auf Vorschlag des Kassiers wird der Jahresbeitrag sowie der Beitrag für lebenslängliche Mitgliedschaft in seiner bisherigen Höhe festgesetzt.

An Stelle des aus dem Vorstand turnusgemäss ausscheidenden Prof. Dr. E. PARÉJAS wählt die Versammlung Dr. L. PUGIN (Fribourg) als neues Vorstandsmitglied.

Beide Rechnungsrevisoren müssen ersetzt werden, der eine statutengemäss und der andere wegen Abreise ins Ausland. An ihrer Stelle werden Dr. H. HEIERLI (Zürich) und Dr. J. P. PORTMANN (Neuchâtel) gewählt.

Der Sekretär: R. TRÜMPY

Wissenschaftliche Sitzung

Zugleich Sitzung der Sektion für Geologie der SNG

1. – RUDOLF TRÜMPY (Zürich): **Demonstration von Fossilien ans dem Verrucano des Glarner Freiberges.** Kein Manuskript eingegangen, siehe Bericht über die Jubiläumsexkursion der SGG., Dienstag, 24. September 1957, nachmittags, S. 516 in diesem Heft.

2. – FRANZ HOFMANN (Schaffhausen): **Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz,** Siehe die ausführliche Arbeit S. 289 in diesem Heft.

---

3. – FRANZ HOFMANN (Schaffhausen): **Pliozäne Schotter und Sande auf dem Tannenberg NW St. Gallen** Mit 1 Figur und 2 Tabellen im Text.

Auf dem Tannenberg NW St. Gallen befinden sich schon seit langem bekannte Deckenschottervorkommen, die bis heute unterschiedslos als «ältere Deckenschotter» betrachtet wurden. Sie wurden von CH. FALKNER entdeckt, aber in erster Linie von GUTZWILLER (1900) gedeutet und beschrieben. R. FREI (1912) interpretierte sie als Schotter der zweiten Eiszeit, welche Deutung aber nicht durchdrang, da die Schotter immerhin über den höchsten Schichten der oberen Süsswassermolasse der Gegend von St. Gallen auf minimal 820 m Meereshöhe liegen.

Die sedimentpetrographische Bearbeitung der oberen Süsswassermolasse (OSM) der Ostschweiz (HOFMANN, 1957) ergab auch für die Schotter auf dem Tannenberg interessante Gesichtspunkte und ermöglichte eine neuartige Deutung ihrer Materialherkunft und ihrer gegenseitigen altersgemässen Stellung.

Geologische Situation

Auf dem Tannenberg finden sich drei voneinander getrennte Deckenschottervorkommen:

1. *Die Schotter von Grimm* (NW Tannenberggebiet): Dieser Deckenschotter ist in einer heute noch benützten Kiesgrube NE Grimm (Koord. 740600/257450) aufgeschlossen. Seine Basis liegt direkt auf gelben Molassemergeln auf K. 820 m. An Hand von Quellaustritten lässt sich dieser Schotter rund um den NW-Sporn des Tannenberges (Hohentannen) verfolgen.

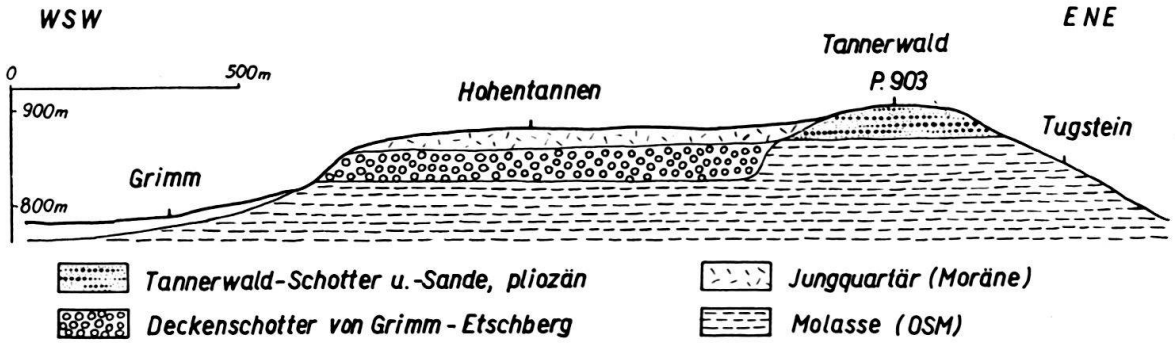

Fig. 1. Geologisches Profil durch das nördliche Tannenberg-Gebiet, NW St. Gallen.

2. *Die Schotter von Etschberg* (S Tannenberggebiet): Dieser Schotter ist in einer Kiesgrube wenig ESE des Burgstocks Etschberg (N Abtwil; Koord. 741730/255230) und am Burgstock selbst aufgeschlossen. Seine Basis liegt auf K. 825 m. Es handelt sich um den gleichen Schotterhorizont wie bei Grimm.

3. *Die Schotter und Sande vom Tannerwald* (N Tannenberggebiet): Dieses Vorkommen ist unmittelbar N P. 903 (Landeskarte der Schweiz) in einer Kiesgrube

aufgeschlossen, Koord. 741850/258050. Seine Basis liegt auf K. 870 m, also rund 50 m höher, als jene der Schotter von Grimm-Etschberg. Nicht nur durch die verschiedene Höhenlage, sondern auch materialmässig unterscheidet sich der Schotter vom Tannerwald grundsätzlich vom Deckenschotter von Grimm-Etschberg.

In Figur 1 ist die gegenseitige Lage der Schotter dargestellt. Sie wurden früher als gleichaltrig und gleichartig angesehen, ungeachtet der genannten Unterschiede. Obwohl dem Verfasser die material- und höhenmässigen Differenzen schon früher aufgefallen waren (HOFMANN, 1951), ergaben erst die aus der sedimentpetrographischen Bearbeitung der OSM gewonnenen Erkenntnisse eine konkrete Deutungsmöglichkeit.

Lithologie

Grimm–Etschberg. Diese Horizonte bestehen vorwiegend aus einer nicht besonders schön geschichteten noch sortierten Geröllmasse mit Komponenten von meist 2 bis 7 cm, vereinzelt bis 15 cm Durchmesser, die in einer sandig-lehmigen Grundmasse eingebettet sind. Sehr untergeordnet kommen tonarme Sandlagen bis zu maximal 10 cm Mächtigkeit vor. Stärker kalkig verfestigte Schotterpartien, die fast nur oberflächennah (am Steilhang) vorkommen, zeigen den typischen Charakter der «löchrigen Nagelfluh» mit «hohlen Geröllen», die oft als sehr schöne Kalzitdrusen ausgebildet sind. Der sehr gute Aufschluss von Grimm ist etwa 20 m hoch. Die gleiche Charakterisierung gilt auch für das Vorkommen von Etschberg.

Tannerwald. Dieses Vorkommen ist in einer Kiesgrube N P. 903 mit über 20 m aufgeschlossen und wesentlich differenzierter aufgebaut, als die massigen Schotter von Grimm–Etschberg. Von oben nach unten ergab sich folgendes Profil:

Sand, gelb, tonarm, oben Deltaschichtung gegen NW, Geröllschnüre und feinkiesig-konglomeratische Lagen	4 m
Geröllbank, bindemittelarm, Gerölle bis 20 cm Länge (Tab. I)	3 m
Sand, schwach tonig, unverfestigt (Nr. 104, Tab. II)	3 m
Geröllbank, verfestigt, scharfe Basis	1 m
Sand, gelb, schwach tonig, unverfestigt	2,5 m
Geröllbank	1,0 m
Feinsand, gelb, unverfestigt	0,4 m
Sand, gelb, schwach tonig, unverfestigt	0,5 m
Geröllbank	0,1 m
Sand, gelb, schwach tonig, unverfestigt (Nr. 105, Tab. II)	0,8 m
Geröllbank	1 m
Aufschlusslos	7 m

Kalktuffhorizont am Weg, K. 870 m, Basis des Tannerwald-Schotter-Sand-Komplexes.

Obere Süsswassermolasse, gelbe Mergel und graue Sandsteine der Tannenbergschichten OSM, Bodenseeschüttung (HOFMANN, 1957). Die Molasseschichten lassen sich bis unmittelbar unter die Basis der Tannerwaldschichten nachweisen.

Löchrige Nagelfluh fehlt vollkommen, und sämtliche Geröllhorizonte zeigen gleichartige Komponenten (siehe Tabelle I).

Sedimentpetrographische Untersuchungen

Geröllstatistische Bestimmungen

Tabelle I zeigt je eine Zählung aus dem Deckenschotter von Grimm (Kiesgrube) und aus dem Tannerwaldschotter (Hauptgeröllbank). Der Schotter von Etschberg führt die gleichen Komponenten, wie jener von Grimm.

Tabelle I

	Grimm	Tannerwald
	%	%
Granit	3	—
Porphyr	—	+
Gneis, Glimmerschiefer	1	+
Ophiolithe	2	—
Gangquarz	1	2
Ölquarzit	3	+
Silex	3	+
Radiolarit, rot	1	—
Buntsandstein, Typ. Triesenberg FL	1	—
Verrucano	+	—
Marmor	+	—
Dolomit	—	—
Kalke, nicht näher bestimmbar (helvet.-ostalp.)	28	8
Fleckenkalk	2	—
Mergelkalk, z.T. sandig (Grimm)	3	4
Sandkalk, hart, dunkel	3	—
Helvetische Malmkalke, schwarz	3	—
Kieselkalk (Hauterivien-Typ)	1	1
Zoogene Kreidekalke (Schrattenkalktyp)	17	—
Seewerkalk	9	—
Flyschkalk, gelb, z. T. kieselig	7	39
Flyschsandstein, gelb, z. T. glaukonitisch	2	19
Flyschsandstein, glimmerreich, Typ. Fähnern	—	23
Flyschmergelkalk	—	3
Fukoidenkalk	+	—
Kalkige Brekzien, Typ. Tristel	3	—
Alpine Konglomerate, Typ. Mocausa	3	—
Molasse-Sandstein	3	—
Molasse-Mergelkalk	+	—

Die von R. Frei (1912) angegebenen Geröllzählungen von Tannerwald und Grimm-Etschberg zeigen die aus Tabelle I hervorgehenden Unterschiede kaum, da sie viel zu wenig petrographisch differenziert sind.

Tabelle II

Nr.		Granat	Epidot	Staurolith	Disthen	Apatit	Zirkon	Rutil	Erz	Hornblende	Turmalin	Quarz	Quarzit	Feldspat	Gesteinstrümmer	Gehalt % Karbonat-
104	Tannerwald oben	36	5	4	—	+	25	14	23	—	2	68	16	6	10	29,6
105	Tannerwald Mitte	33	6	3	—	+	25	11	21	—	+	74	13	4	9	33,2
106	Grimm	31	38	1	—	7	7	1	12	+	2	41	4	15	40	27,4
107	Uetliberg	7	58	+	—	5	2	+	46	—	1	42	23	5	30	36,5

Der Karbonatanteil sämtlicher Proben in Tabelle II ist rein kalkig, nicht dolomitisch. Untersuchungsmethodik siehe bei Hofmann, 1957.

Sanduntersuchungen

Tablelle II zeigt Daten von sedimentpetrographischen Untersuchungen an Sanden der Tannerwaldschichten (Profil S. 478) und an einer tonarmen Sandeinlagerung im Deckenschotter von Grimm. Zu Vergleichszwecken wurde auch eine Sandprobe aus dem Uetliberg-Deckenschotter (Zürich) untersucht.

Interpretation der geologischen und sedimentpetrographischen Untersuchungen

Die dargestellten Untersuchungen ergeben folgendes Resultat: *Tannerwaldschichten:* Geröllbestand (fast nur Flyschkomponenten) und Sandcharakteristiken (Granat-Zirkon-Rutil-Erz-Schwemineralkombination, Quarzreichtum, rein kalkiger Karbonatgehalt) zeigen eine völlige materialmässige Übereinstimmung mit den unmittelbar darunterliegenden Komplexen der oberen Süsswassermolasse (Hofmann, 1957): Die Tannerwaldschichten sind ein Produkt der *Bodenseeschüttung*, das heisst des vom Verfasser neu nachgewiesenen Schuttfächers östlich der Hörnlischüttung mit reinem Flyscheinzugsgebiet, dem auch das Material der ostschweizerischen mittelländischen OSM (E St. Gallen–Konstanz), des Sommersberges (subalpine OSM) und des Pfändergebietes entstammt. Gegenüber den liegenden Molasseschichten sind aber die Tannerwaldschotter und -Sande fast nicht diagenetisch verfestigt und sind auch das Produkt einer verstärkten Schüttungsintensität. Es handelt sich um rein fluvioterrestrische Ablagerungen. Als Auswirkung der Bodenseeschüttung mit Herkunftsgebiet im Vorarlberg, jenseits des sanktgallisch-vorarlbergischen Rheintals, konnten die Tannerwaldschichten nur vor der Entstehung des Rheintals und damit vor der pliozänen alpinen Faltungsphase entstanden sein. Zwischen dem Ende der Molassezeit und der Ablagerung der Schotter und Sande von Tannerwald muss ein erheblicher zeitlicher Unterschied bestehen. Anderseits konnten diese Schichten niemals das Produkt eines Rheingletschers sein. Mit andern Worten: es kann sich bei den Tannerwaldschichten nicht um eine diluviale, sondern nur um eine *pliozäne Ablagerung* handeln, nachdem schon die höchsten Schichten der OSM des Tannenberges mindestens bis ins höchste Miozän, vermutlich aber ins Altpliozän hinaufreichen (Hofmann, 1956). Die Tannerwaldschichten müssen damit eher etwas jünger sein, als die fossilbelegten, pontischen Höweneggschichten (Hegau) und die noch jüngeren Melilithbasalte jener Gegend (Hofmann, 1956). Sie sind aber bestimmt älter als die südalpinen marinen Pliozänablagerungen (Astien von Balerna, Tessin), die erst nach der pliozänen Hauptfaltung und Talbildung entstanden.

Schotter von Grimm-Etschberg: Gegenüber den Tannerwaldschichten zeigt die Untersuchung des Schotters von Grimm folgende Charakteristiken: viele helvetische Gerölle, ostalpine Gerölle vom Charakter jener der Hörnlischüttung der OSM, hoher Epidotgehalt, also keinerlei Verwandtschaft mit der Bodenseeschüttung. Die lithologische Ausbildung (schlechte Aufbereitung, kaum differenzierte Schichtung, lehmig-sandiges Bindemittel) deutet sehr stark auf *fluvioglaziale Entstehung* aus Moränenmaterial mit relativ kleiner Transportdistanz, wenn auch absolut sichere Beweise für diluviale Entstehung noch fehlen. Die Höhenlage gegenüber dem Vorkommen von Tannerwald zeigt, dass die Schotter von Grimm-Etschberg jünger sind und bereits einer fortgeschrittenen erosiven Phase angehören (Fig. 1). Die im

Schotter von Grimm enthaltenen Flyschkomponenten sind ohne Zweifel aus ehemals viel weiter verbreiteten Tannerwaldschichten aufgearbeitet worden. Der Geröllbestand des Schotters von Grimm stimmt im wesentlichen mit jenem anderer ost- und nordostschweizerischer Schotter überein (GEIGER, 1943). Die Dolomitfreiheit der Konglomerate und Sandeinschaltungen von Grimm und Uetliberg ist für ostschweizerische, diluviale Ablagerungen sehr typisch: er zeigt, dass das Einzugsgebiet vorherrschend *helvetisch*, jedenfalls dolomitarm war, was gegenüber den höchsten Hörnligeröllen (TANNER, 1944) der jüngsten OSM wiederum einen grundsätzlichen, markanten, sprunghaft eingetretenen Unterschied zeigt. Immerhin hatte die Zufuhr helvetischer Gerölle schon im Verlaufe der Entwicklung der Hörnlischüttung begonnen, die obersten und jüngsten Hörnlischichten zeigen aber immer noch wesentliche Anteile von Dolomitkomponenten (TANNER, 1944).

Rückschlüsse aus dem Untersuchungsergebnis

Das sicher *pliozäne Alter der Tannerwaldschichten* und der gleichzeitige Nachweis bedeutender Komplexe *subalpiner oberer Süsswassermolasse* (Sommersbergzone, HOFMANN, 1957) und deren Herkunft aus dem gleichen, östlich des sanktgallisch-vorarlbergischen Rheintales gelegenen Flyscheinzugsgebiet dokumentieren übereinstimmend eine kurze, relativ späte, sehr intensive alpine Faltungsphase von grosser Bedeutung für die alpine und molassische Tektonik im Pliozän. Sie zeigen aber auch, dass das Rheintal und der Bodensee erst mit (und nach) dieser wichtigen alpinen Faltungsphase entstanden.

Die Tannerwaldschichten müssen dem Beginn dieser alpinen Schlussfaltung entsprechen, angedeutet durch eine wesentlich intensivere Schüttung von bedeutenden Geröllschichten bis in die Gegend des Tannenberges und wohl auch darüber hinaus. Wenig später wurde offenbar diese Materialzufuhr aus SE brüsk abgestoppt.

Es darf mit Sicherheit angenommen werden, dass parallel mit der Ablagerung der Tannerwaldschotter auch aus dem Gebiet der Hörnlischüttung Material der beginnenden alpinen Pliozänfaltung ins Vorland verfrachtet wurde. Es wäre aber vom später gelieferten diluvialen Material nur sehr schwer zu unterscheiden. Nur die Tatsache, dass die pliozänen Tannerwaldschotter der *Bodenseeschüttung* angehören, haben deren sichere Datierung und den erstmaligen einwandfreien Nachweis einer Auswirkung der pliozänen alpinen Faltung in einer Ablagerung des Alpenvorlandes erlaubt.

Differenzierte sedimentpetrographische Untersuchungen an älteren schweizerischen Deckenschottern dürften für eine Klarstellung deren altersgemässer Stellung nicht aussichtslos sein. Jedenfalls sind die an den Schottern des Tannenberges gewonnenen Erkenntnisse für die Lösung des Problems der schweizerischen Deckenschotter von grundsätzlicher Bedeutung.

WICHTIGSTE LITERATUR

FREI, R. (1912): *Monographie des schweizerischen Deckenschotters.* Beitr. geol. K. Schweiz [NF] 37.

GEIGER, E. (1943): *Erläuterungen zu Blatt 16 (Pfyn-Märstetten-Frauenfeld-Bussnang) des geol. Atlas der Schweiz.*

GUTZWILLER, A. (1900): *Ältere diluviale Schotter in der Nähe von St. Gallen und von Bischofszell.* Eclogae geol. Helv. *4*/4.

HOFMANN, F. (1951): *Zur Stratigraphie und Tektonik des st. gallisch-thurgauischen Miozäns (obere Süsswassermolasse) und zur Bodenseegeologie.* Jb. st. gall. naturw. Ges. *74.*

– (1956): *Die obere Süsswassermolasse in der Ostschweiz und im Hegau.* Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing. *23*/64.

– (1957): *Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz.* Eclogae geol. Helv. *50*/2.

JAYET, A. (1947): *Une nouvelle conception des glaciations quaternaires, ses rapports avec la préhistorie et la paléontologie.* Eclogae geol. Helv. *40*/2.

LUDWIG, A., & FALKNER, CH. (1901/04): *Beiträge zur Geologie der Umgebung von St. Gallen.* Jb. st. gall. naturw. Ges. 1901/02 u. 1903/04.

RENZ, H. H. (1937): *Zur Geologie der östlichen st. gallisch-appenzellischen Molasse.* Jb. st. gall. naturw. Ges. *69.*

TANNER, H. (1944): *Beitrag zur Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli.* Mitt. thurg. naturf. Ges. *33.*

---

4. — NICOLAS OULIANOFF, (Lausanne): **La zone du Carbonifère entre Isérables et Bramois (Vallée du Rhône)** Avec 1 figure dans le texte.

En 1943, j'ai fait à l'Assemblée de la Société géologique Suisse, une communication intitulée «Les anciens massifs du Mont-Blanc et de l'Aar et l'orogénèse alpine» (1944). Il y a la question, entre autres, de la zone du Carbonifère qui se laisse suivre en Suisse, du Col de Fenêtre jusqu'à Tourtemagne en passant par le Six Blanc, Verbier, Isérables, Nendaz, Chandoline, Bramois, Grône.

Dès lors, j'ai pu récolter encore de nombreuses nouvelles observations qui s'y rapportent. Mais entre-temps, ont paru deux très intéressantes thèses de doctorat, ayant pour sujets, la géologie de la région entre Nendaz et Bramois (VALLET 1950 et CALAME 1954). De ce fait, ma documentation concernant le Carbonifère de la dite région se complète davantage. Certaines affirmations de ces deux auteurs m'obligent de revenir au problème tectonique du Carbonifère que j'ai déjà examiné antérieurement.

Je dois rappeler ici en deux mots, en quoi consiste ce problème. Il s'agit de saisir les raisons de l'allure singulière de la zone du Carbonifère, telle que nous la voyons actuellement (voir fig. 1). En effet, entre le col de Fenêtre et la Pierre à Voir (Pierre Avoi de la carte nationale), la zone du Carbonifère est orientée au N10°E. Ensuite, sa direction change assez brusquement. Elle devient N50°E et même, à Tourtemagne, N70°E. Sur toute cette étendue, les formations triasiques accompagnent le Carbonifère. Le parallélisme des zones de ces deux formations prédispose à en tirer la conclusion affirmant la concordance parfaite entre elles et par conséquent, la continuité de la sédimentation du Carbonifère-Trias. Mais, en réalité, l'analyse de la carte géologique ne suffit pas pour soutenir cette conclusion. Il faut encore examiner attentivement les éléments de la structure tectonique, soit l'orientation des couches des formations en question. Ceci est d'autant plus important que la région qui nous intéresse est caractérisée par les effets produits par le phénomène que j'ai appelé: la superposition des tectoniques successives ayant les lignes directrices croisées. C'est encore en 1920 que j'ai attiré l'attention des tectoniciens sur ce phénomène. Ensuite je l'ai examiné en détail dans mes diverses publications (OULIANOFF 1924, 1934a, 1934b, 1937, 1944, 1947, 1949, 1953). Ce phénomène a eu la chance d'attirer aussi l'attention de C. E. WEGMANN (1947), qui a

contribué à démontrer le rôle important joué par cette superposition, pour les effets structuraux.

La superposition pure et simple des tectoniques se complique encore par le rajeunissement des anciennes tectoniques qui réagissaient plus ou moins vigoureusement sur la tectonique jeune. Les plis formés anciennement peuvent être ranimés sous la pression du nouveau mouvement orogénique. Alors la pénéplaine, dont la formation avait précédé à la nouvelle sédimentation, cherche, dans certains cas à reprendre l'aspect topographique accidenté avec les anticlinaux et synclinaux ravivés sous forme de crêtes et de vallées. Pendant ce plissement, le matériel rocheux, plus jeune, soumis pour la première fois à la pression orogénique, se réfugie dans les anciens synclinaux rajeunis. Si les lignes directrices des deux tectoniques successives sont croisés, alor le matériel jeune qui sera poussé dans la dépression de l'ancien synclinal rajeuni, formera un synclinal jeune (d'après le caractère stratigraphique du matériel) mais ayant une direction propre à la tectonique ancienne. – J'ai eu déjà l'occasion précédemment de décrire ce phénomène de rajeunissement de la tectonique antétriasique (OULIANOFF 1934a, 1937, 1949, 1953).

La région qui nous occupe en ce moment présente un des exemples de cette tectonique rajeunie, exemple saisissant par la grandeur du phénomène. C'est la zone du Val Ferret suisse prolongé par Orsières à Sembracher (consulter la carte fig. 1) qui trace la direction hercynienne déterminée par le bord oriental du massif du Mont-Blanc. Ce bord est taillé dans des schistes cristallins puissamment injectés par le microgranite, dont les filons proviennent de la masse granitique centrale de ce massif. L'orientation de ce bord du massif du Mont-Blanc (N10°E) est typiquement hercynienne. On la retrouve dans les zones à synclinaux carbonifères dans le massif des Aiguilles Rouges. Cet ancien synclinal hercynien qui longeait le bord oriental de la masse granitique du Mont-Blanc, a été rajeuni lors du plissement alpin. Le redressement du puissant massif du Mont-Blanc (zone anticlinal lors du plissement hercynien) avait empêché l'écoulement normal vers le NW des plis alpins. Et les roches du complexe jeune (à partir du Trias) ont trouvé refuge dans le long et large sillon du synclinal hercynien rajeuni.

Ainsi se sont formés, dans la zone du Val Ferret suisse, les plis alpins, par leur matériel, avec une orientation hercynienne, parce qu'ils sont logés dans le synclinal hercynien rajeuni. De cette superposition de deux complexes, différents par leurs âges et leur histoire tectonique, résulte une apparente concordance des formations du Carbonifère et du Trias, qui produit l'impression d'être stratigraphique.

Les cas, comme celui du Val Ferret suisse, attire toute l'attention de l'observateur, mais, pour la plupart, le tectonicien, profondément saisi par la grandeur du spectacle de la tectonique récente, ne prête que trop peu d'attention à l'histoire tectonique des roches qui servent de soubassement au matériel jeune. De l'histoire tectonique d'une région donnée, on ne lit ordinairement, que le dernier chapitre qui comprend la description des phénomènes les plus spectaculaires, les plus facilement lisibles. Il est fort instructif, sous ce rapport, d'examiner les cartes tectoniques qui accompagnent les levers géologiques exécutés dans les Alpes. Elles ne présentent que des éléments, des lignes directrices de la tectonique alpine, que l'on

voit puissament exprimée dans le matériel alpin, soit dans les roches à partir du Trias, et qui n'ont été affectées que par une seule orogénèse. Par contre, ces cartes admettent tacitement que la structure du soubassement du matériel alpin est concordante aux axes des plis formés dans le matériel alpin. L'insuffisance des

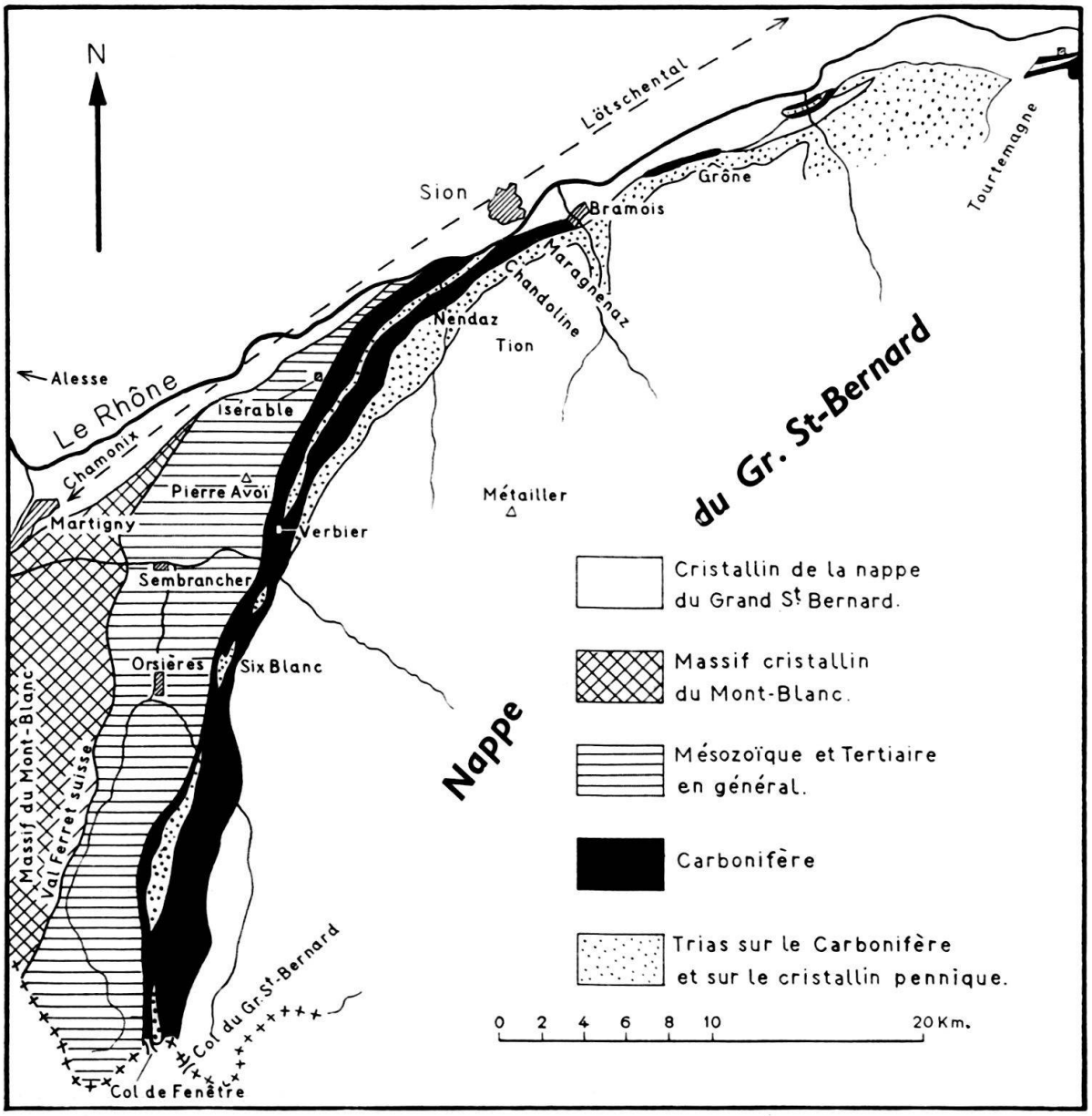

Fig. 1. Carte géologique schématisée 1:400000.

études consacrées au substratum du matériel alpin se voit déjà dans l'insuffisance des constatations relatives aux discordances. Nous reviendrons plus bas à cette question fondamentale.

Les difficultés concernant les structures sont encore souvent compliquées par des problèmes d'ordre stratigraphique. Dans la région qui nous intéresse en ce moment, trois groupes de terrain sont représentés. En partant de la vallée du Rhône et en remontant la pente suivant le profil qui passe approximativement par Tion

au-dessus de la Chandoline, nous aurons la succession suivante (sans entrer dans les détails d'alternance et de répétition): le Carbonifère, le Trias, les „Schistes de Casanna". Les roches du Carbonifère comprennent, lithologiquement, les conglomérats, les grès, les schistes argileux, les schistes ardoisiers. Les fossiles y sont rares, mais ceux que l'on a trouvés (GAGNEBIN et OULIANOFF 1942, et récemment W. J. JONGMANNS – résultats de déterminations encore non publiés) permettent d'attribuer ces formations au Westphalien.[1]) Le complexe du Trias comprend les quartzites, les dolomies et les calcaires dolomitiques, le gypse, les argilites. Quoique dans la région Isérables-Bramois aucun fossile n'ait été, jusqu'à présent, trouvé dans ces formations, leur faciès est si caractéristique, de même que leur coexistence, qu'il est tout à fait admissible de définir la place de ces roches dans l'échelle stratigraphique, par la comparaison avec les régions mieux favorisées quant à la présence de fossiles. Le troisième groupe de roches est désigné globalement par le terme de «schistes de Casanna», terme critiquable à juste titre. Il est utilisé pour marquer un vaste complexe de roches pétrographiquement variables, mais qui ont un caractère commun: elles sont métamorphisées, recristallisées à divers degrés, tandis que les roches plus jeunes, appartenant aux complexes du Carbonifère et du Trias ne sont touchées par le métamorphisme qu'à peine et sporadiquement.

Ici surgit la question stratigraphique: quel âge doit être attribué aux «schistes de Casanna»? – A diverses occasions, j'avais exprimé l'opinion que les schistes cristallins formant le soubassement du Carbonifère sont très anciens. Récemment encore (OULIANOFF 1955), à la suite d'une analyse que je ne reproduis pas ici, je suis arrivé à la conclusion que «les schistes albito-chloriteux épidotiques et calciques de la zone du massif du Métailler (9 à 10 km. au Sud de la Vallée du Rhône sur le profil passant par Sion) doivent être placés, dans l'échelle stratigraphique, sensiblement plus bas que le Carbonifère». R. STAUB (en 1948) met en évidence le parallélisme entre les roches du bouclier baltique et les «schistes de Casanna» et admet que ces derniers doivent avoir l'âge jotnien ou jatulien. Peut-être cette précision n'est pas suffisamment argumentée, mais de toute façon, pour R. STAUB, comme pour H. CORNELIUS (1935) les «schistes de Casanna» sont des formations très anciennes. De même, pour G. DAL PIAZ (1939, 1942), tout le cristallin pennique est certainement précarbonifère et même plutôt prépaléozoïque. Tous les auteurs cités tiennent compte de l'état métamorphique, de la recristallisation des «schistes de Casanna».

L'opinion contraire attribue aux «schistes de Casanna» un âge beaucoup plus jeune. En suivant les suggestion d'E. ARGAND (1906), C. E. WEGMANN (1923) a divisé les «schistes de Casanna» en deux groupes: schistes inférieurs et schistes supérieurs. Les premiers seraient en partie du Carbonifère en partie de l'anté-Carbonifère, tandis que les secondes comprennent des formations qui vont du Carbonifère jusqu'à la base du Trias.

---

[1]) W. J. JONGMANS, dans sa lettre du 18 décembre 1956 adressée à N. OULIANOFF, écrit:

De l'examen de la flore de Grône résulte, «qu'elle est encore reliée au Westphalien D, mais la présence de *Callipteridium*, *Odontopteris* et plusieurs espèces de *Pecoptéris* nous informe, qu'elle doit être rangée dans le Stéphanien inférieur. C'est aussi le cas pour toutes les localités suisses, que j'ai étudiées (à l'exception de Manno, où la flore peut être plus ancienne, mais la plupart des échantillons est tellement mal conservée et fragmentaire qu'une décision est impossible)».

Le malheur est que souvent, dans la littérature géologique, *les suppositions* exprimées avec *toutes les réserves* par un auteur, deviennent catégoriques, dépouillées des réserves, étant adoptées par les géologues de la génération plus jeune.

Les definitions du Permo-Carbonifère et les attributions des roches à ce niveau stratigraphique chez C. E. WEGMANN (1923) et chez J. M. VALLET (1950) et J. J. CALAME (1954) présentent un exemple de la pensée prudente d'une part et des spéculations hardies de l'autre. Il est curieux de constater la même différence en comparant les textes des publications séparées seulement par quatre années. VALLET (1950) en parlant des arkoses de Tion (anciens «orthogneiss de Tion») s'exprime avec une prudence tout à fait justifiée: «La position stratigraphique de ces arkoses n'est pas nettement définie» Par contre, on lit chez J. J. CALAME (1954): «Nous avons en outre rattaché au Permo-Carbonifère le faciès des arkoses de Tion». Tout simplement et sans aucun argument plausible. Mais J. M. VALLET s'exprime aussi parfois d'une manière très catégorique: «Nous pensons que les «schistes de Casanne» sont en grande partie permo-carbonifères, et bien que leur base, mal définie, puisse être très ancienne». (VALLET 1950, p. 336). La fin de la phrase représente une concession aux considérations de R. STAUB (1948). Mais les arguments pour étayer l'affirmation catégorique du début de la phrase manquent totalement.

Toute cette stratigraphie basée sur les arguments tels que «nous pensons...» ou «nous croyons...» ne vaut rien pour avancer notre science géologique. Les affirmations de cette nature sont même nettement nuisibles, quand on pense aux auteurs qui en tiennent compte pour leurs synthèses ou pour composer les manuels.

Le Carbonifère indiscutable de la rive gauche du Rhône, celui de la zone de Ferret-Chandoline – Grône est pauvre en fossiles. Cependant, ainsi qu'il est déjà dit plus haut, on a eu la chance de trouver, parmi les débris de plantes, quelques échantillons suffisamment bien conservés. L'étude de ces échantillons (GAGNEBIN et OULIANOFF 1942, W. J. JONGMANS 1950 et sa communication manuscrite de 1956) amène à la conclusion que les roches du Carbonifère de la zone Ferret-Grône et de celle, beaucoup plus riche en fossiles, du Châtelard – Alesse dans le massif des Aiguilles Rouges, que les roches de ces deux régions sont du même âge, du Westphalien supérieur. Les conditions de leur sédimentation ont été aussi identiques. En effet, on voit que les deux complexes sont formés de schistes argileux, de schistes ardoisiers, de schistes gréseux, de grès, de conglomérats. On n'y trouve aucune formation carbonatée. Tout fait admettre, avec les auteurs du siècle passé, que de tels complexes ne pouvaient se former que dans les bassins relativement petits (chapelets de lacs) entourés de montagnes peu élevées. L'histoire lithologique de ces sédiments a été identique dans les deux régions: Ferret-Grône et Châtelard-Alesse.

Les sédiments carbonifères ont été plus ou moins consolidés, cimentés, principalement par la silice. Les nouvelles formations minéralogiques se limitent presque exclusivement par l'apparition de paillettes de mica ou de chlorite. Mais cette participation est assez réduite. Pour la plupart elle ne change pas la couleur allant du gris clair au gris très foncé ou même au noir. Tel est l'aspect caractéristique, dans les deux régions en question, des complexes du Carbonifère défini, stratigraphiquement, comme tel grace à la présence des fossiles. Inutile de l'appeler «le Carbonifère productif», car les couches charbonneuses n'occupent qu'un volume minime dans l'ensemble de ce complexe. Et, d'autre part, on ne peut pas considérer la présence du charbon comme un argument stratigraphique.

Vu l'absence totale de fossiles dans le complexe de roches que l'on désigne globalement comme «schistes de Casanna» on ne voit aucune raison plausible d'y introduire des subdivisions stratigraphiques.

Il est hautement désirable qu'il disparaisse de la littérature géologique l'emploi des arguments comme celui de la présence de la pigmentation par la matière charbonneuse ou graphiteuse de la roche donnée, pour la classer dans le Carbonifère. La matière charbonneuse ne représente nullement l'apanage des formations du Carbonifère seul. Par ailleurs, L. DÉVERIN (1942) a montré qu'il existe une autre tendance déplorable de classer par leur aspect, par leur couleur, dans le Carbonifère les roches noires cassantes lustrées qui ne sont, en réalité, que des mylonites provenant de roches variées et hétérogènes.

Nous arrivons ici à l'essentiel du problème qui nous occupe. Existe-t-elle ou non la discordance entre le Carbonifère et le Trias dans les Alpes penniques?

G. DAL PIAZ (1939, 1942) a établi, à la base d'une analyse des conditions du terrain, que partout, dans les Alpes penniques existe une discordance entre la base des roches mésozoïques et le soubassement hercynien. La même opinion est exprimé par R. STAUB (1948). Dans ma note (OULIANOFF 1944) j'ai présenté les résultats de nombreuses mesures effectuées dans la région Isérables-Bramois, qui confirment l'existence d'une discordance entre les plis dans le Carbonifère (plis hercyniens) et l'orientation des couches du Trias (plis alpins).

Le travail de J. M. VALLET intéressant par certaines descriptions pétrographiques, l'est aussi par diverses remarques critiques. Il écarte, entre autres, d'un seul coup, ma conception des tectoniques superposés et croisées: «Nous n'avons jamais trouvé une direction stratigraphique NNE correspondant à celle que N. OULIANOFF croit avoir observée» (VALLET 1950). On verra par la suite que J. M. VALLET n'a pas cherché avec la patience qui s'impose dans ces cas.

N'oublions pas que tous les phénomènes qui se jouent dans la croûte terrestre peuvent être classés dans deux groupes: les uns augmentent l'hétérogénéité de l'ensemble des formations; les autres, au contraire, ont une tendance à homogénéiser le matériel et la géométrie. A la première catégorie appartiennent les phénomènes de l'érosion et de la sèdimentation. Le métamorphisme appartient nettement à la seconde catégorie.

De même la transgression sur une pénéplaine taillée dans les roches qui ont été antérieurement plissées, accentue le caractère hétérogène, souligné par les discordances stratigraphiques. Par contre, la nouvelle période orogénique est accompagnée par un grand développement de la schistosité secondaire dans les roches. Appliqué aux plans de discordance cet effort se traduit par l'apparition, dans le soubassement, de la schistosité parallèle aux couches des roches jeunes. Ce phénomène est particulièrement manifeste dans les cas où le soubassement est taillé dans des formations relativement tendres, (c'est le cas pour notre Carbonifère, où les schistes argileux, ardoisiers ou gréseux, représentent les termes dominants de l'ensemble) tandis que les roches plus jeunes sont plus compactes, dures (c'est le cas pour notre Trias, composé de quartzites, à sa base). On objecte, pour infirmer les cas observés de la discordance, que cette dernière serait secondaire, qu'elle résulterait de l'effort tectonique qui froisse les couches tendres. Supposons-le. Mais ce ne pourrait se produire que dans quelques cas tout à fait accidentels. En effet, un tel phénomène serait en contradiction flagrante avec la cinématique des couches en mouvement: dans les roches tendres froissées par la pression des roches dures le plissotement aurait une orientation en parallélisme avec les axes des plis jeunes et non pas celle qui formerait une discordance angulaire de l'ordre de 25–35°.

Certes, la constatation des discordances n'est pas toujours aisée dans les conditions du terrain carbonifère entre Isérables et Bramois. Les pentes y sont abondamment recouvertes de dépôts morainiques. En dehors de cela, il faut être très attentif aux glissements des couches sur les pentes et au phénomène de «Hackenwerfen».

Souvent, il faut lire la stratification primitive à travers la schistosité si cette dernière n'a pas oblitéré entièrement la première. Pour cela on est obligé de veiller particulièrement sur l'orientation des structures lithologiques. Dans les cas comme celui qui nous occupe ici, la méthode statistique s'impose avec évidence. Les résultats que j'ai communiqués dans ma note de 1944, se confirment toujours davantage par les nouvelles observations effectuées sur le terrain pendant ces dernières années. En moyenne, l'orientation des strates du Carbonifère oscille, dans le profil passant par la Chandoline, autour de N 25° E et N 30° E.

Nous avons vu plus haut que mes observations concernant la direction stratigraphique dans le Carbonifère de la région de Chandoline sont totalement démenties par J. M. Vallet (1950). Et il arrive à une conclusion générale au sujet de la discordance entre le Carbonifère et le Trias: «Nous croyons plutôt avec E. Argand (1906) et M. Gignoux (1943) qu'il n'existe pas une discordance visible actuellement.» Il s'agirait donc en ce qui me concerne, d'erreurs personnelles. Dans le cas d'une telle contradiction il faudrait recourir à une répétition des mesures sur le terrain en confiant cette opération à de nouveaux observateurs. Heureusement, ce travail de contrôle a été déjà réalisé. J'entends ici les recherches géologiques effectuées dans la région qui nous intéresse, pendant la guerre 1939–1945 dans le but d'aider à l'exploitation du charbon. Une vaste documentation concernant ces recherches est conservée par la Commission géotechnique suisse. Leurs auteurs, MM. Aug. Lombard, A. Falconnier, W. Nabholz, H. Gindrat, P. Butticaz et Andre Lombard, ont examiné en détail les mines de charbon de cette région et prospecté le terrain qui s'y rattache. Ainsi, nous possédons des observations souterraines et celles de la surface topographique. Les observations faites dans les mines sont particulièrement précieuses, car le terrain y est plus ou moins à l'abri de l'influence des déplacements secondaires des couches situées à la surface.

Cette documentation est tellement vaste et détaillée qu'elle dépasse de loin, par son importance, les résultats des recherches antérieures (L. Wehrli 1925, P. Christ 1925). Il est évident que je ne présenterai ici que quelques constatations puisées dans ce recueil d'observations. Et pour commencer, voici une des conclusions des recherches dans les mines de la Chandoline (A. Falconnier et Aug. Lombard – Rapport final 1946): «Le contact du Carbonifère et du Trias est toujours discordant» Faut-il «croire» que cette discordance est partout tectonique et que primitivement les deux formations se trouvaient en concordance stratigraphique?

Les mêmes explorateurs disent aussi, que «les prévisions tectoniques à partir de la surface du terrain sont très aléatoires quelles que soient l'exactitude des mesures et leur densité.» Cette observation est extrêmement intéressante, car elle exprime à quel point le Carbonifère a été malmené étant pétri entre les plis du Trias dont les roches sont, en grande partie, plus dures, plus résistantes, que celles du complexe du Carbonifère.

A. FALCONNIER et AUG. LOMBARD arrivent encore à la conclusion que «la multiplication et le morcellement des filons sont un effet direct de l'orogenèse alpine.» C'est très exact, mais ce n'est pas complet. Si l'on suppose la concordance stratigraphique entre le Carbonifère et le Trias, l'orogenèse alpine ne pourrait que produire un écrasement des filons dans les plis communs, à orientation commune alpine. – Or ce n'est pas le cas, comme le confirment aussi les observations à l'air libre. A. FALCONNIER et AUG. LOMBARD constatent que «la coupe de la vallée transversale de la Printze confirme l'extrême irrégularité, voir l'inexplicable complexité d'éléments carbonifères qui s'interpénètrent par le jeu discordant des failles et des replis.» (Rap. final, 1946). Il est évident que cette complexité restera toujours inexplicable, si l'on continue à «croire» qu'il n'y avait pas de discordance.

Pour que se produise «la multiplication» et «le morcellement» il faut que l'orientation initiale des filons fasse un angle net avec l'axe des plis alpins. Et comme contraste à cet état du Carbonifère, on voit les couches dolomitiques du Trias marquer l'orientation de N50–60° E environ qui est en même temps l'orientation générale de l'axe de la vallée du Rhône dans cette région.

Relevons maintenent quelques observations concernant l'orientation des couches du Carbonifère. Je ne prendrai que quelques exemples typiques et n'indiquerai que la direction des couches, qui nous intéresse en particulier.

1. Isérables (ANDRÉ LOMBARD)

a) Dans la mine de Moulin (1942): N27E, N8W, N21W, N19E, NS, N25E, N23E·

b) A la surface, dans la région de la mine de Moulin (1943):
N6W, N10W, NS, NS, N40E, NS, N8E, N5E, NS, N5E, N5W, N10E, NS.

2. Région de Haute Nendaz (ANDRÉ LOMBARD, 1943). Le Mauvais Four (Observation à la surface): NS, N14E, NS, N45E, NS.

3. Région de la Chandoline (A. FALCONNIER, et AUG. LOMBARD, 1942):

a) Près des entrées dans les mines de la Chandoline la plupart des mesures de direction, varie autour de N45E. Mais dans les parties profondes, distantes de 300–350 m. en ligne droite de la vallée du Rhône, les mesures de la direction des couches du Carbonifère enregistrent en abondance les résultats suivants: N15E, NS, N10W, N70W.

b) Observations à la surface. En allant du plateau de Baar dans la direction de la mine de la Chandoline on enregistre, entre autres, les mesures de direction suivantes: N10E, N5W, N25W, N20E, NS, N35E.

c) Très caractéristiques sont sur le plan d'exploitation (état des travaux à la fin de 1944. A. FALCONNIER et AUG. LOMBARD) les orientations, prises en moyenne, des surfaces en exploitation des filons de Transvaal (et Berne) et de Liège (et Mayens).

Il faut tenir compte du fait que les mineurs travaillaient sans un plan général établi d'avance. Le réseau de leurs galeries de recherche montre qu'ils les ont creusées étant guidés par l'intuition. Ainsi le plan global représente approximativement la forme des gisements et permet de lire, d'après l'axe de son allongement, l'orientation moyenne du filon de charbon.

Les excavations du premier s'alignent en moyenne du N 30–35° E (partie orientale) et N 5° E (partie occidentale). Les excavations du second s'alignent en moyenne au N 32–35° E.

Plus à l'Est ont été creusées les galeries de recherche de Champsec et de Maragnénaz.

4. Champsec (P. Butticaz 1944): La direction moyenne des couches du Carbonifère est N35W.

5. Maragnénaz (W. Nabholz, 1943): A 150–200 m de l'entrée, les couches, dans la galerie, ont une orientation approximative de N15W. Les couches dans la galerie ont, à 78 m de l'entrée, N76E pour l'orientation, à 100 m-N60E, ensuite – N47W et à 150–200 m N15W approximativement. H. Gindrat (1943) a enregistré dans la galerie de Maragneraz, sur une longueur de 300 m environ les directions suivantes (en partant du point situé à 80 m de l'entrée) – N38E, N59W, N69W, N37W, N26W, N77W.

6. Bramois (H. Gindrat et P. Butticaz 1944): Il est caractéristique que dans la galerie dite Verte, qui à partir du puits principal à Bramois, longe, au niveau de 500 m la route Bramois-Sion, tout en étant située à 60 m de cette route, les couches du Carbonifère accusent souvent la direction NEE avec le plongement de 10° à 20° au Nord. (L'influence des glissements superficiels des couches est ici manifeste). Mais à 100–200 m du puits, où la mine s'éloigne du bord de la pente, les couches montrent les orientations NS et N10°W.

Il est inutile d'allonger ce défilé des azimites.

Les exemples donnés suffisent déjà amplement pour en tirer les conclusions qui s'imposent et qui tiennent compte des exigences de la méthode statistique. On voit nettement que les mesures sur la surface sont délicates à faire par suite de l'intervention des mouvements superficiels récents des couches. On sent cette influence encore dans les mines aux endroits situés trop près de la surface. Par contre, dans les parties des mines éloignées de la surface, l'orientation approximativement parallèle à la vallée du Rhône et – de même – aux axes des plis dans le Trias, cède de plus en plus la place aux orientations qui oscillent autour de la direction NS. Cette dernière orientation exprime, très approximativement, la position initiale (lors de la sédimentation du Trias) des plis dans le Carbonifère.

Après le puissant facteur, dont nous avons parlé plus haut qui est celui du rajeunissement de la tectonique hercynienne pendant l'orogénèse alpine (Val Ferret suisse), nous sommes, dans la vallée du Rhône, en présence d'un second facteur qui, dans un autre sens, a été non moins décisif lors de l'édification des Alpes. J'entends ici la grande zone de Chamonix, qui s'étend du Loetschental au Col de la Seigne et qui est formée d'un paquet de failles alpines (Oulianoff, 1944). Contre cette zone se sont écrasé les plis frontaux de la nappe du Grand St-Bernard. Le soubassement hercynien avec ses plis carbonifères a été pétri entre les plis du Trias, tout en étant victime du croisement des lignes directrices de deux tectoniques superposées: hercynienne et alpine.

BIBLIOGRAPHIE

ARGAND, E. (1906): *L'exploration géologique des Alpes penniques centrales* Bull. Labor. Géol. Minér. de l'Univ. de Lausanne, *14*.

CALAME, J. J. (1954): *Etude géologique de la région de Nendaz (Valais)*. Genève.

CHRIST, P. (1925): *Das produktive Karbon der Schweizeralpen, II Teil.* Beitr. zur Geol. der Schweiz. (Geotechn. S.) *11*.

CORNELIUS H. (1935): *Geologie der Err-Julier Gruppe.* Beitr. geol. Karte der Schweiz (N. F.) *70*, I.

DAL PIAZ, GIAMBATTISTA (1939): *La discordanza ercinica nella zona pennidica e le sue conseguenze nei riguardi della storia geologica delle Alpi.* Boll. Soc. geol. ital., *58*, pp. 105–151.

– (1945): *La genesi delle Alpi.* Atti Istit. Veneto di Sci. Let. ed Arti. *104*, 2. Venezia.

DÉVERIN, L. (1942): *Roches broyées de la région du Simplon.* Actes Soc. Helv. Sci. nat., p. 113.

GAGNEBIN, E., & OULIANOFF, N. (1942): *Découverte de plantes carbonifères dans la zone pennique du Valais.* Eclogae geol. Helv. *35*, p. 109.

OULIANOFF, N. (1924): *Le massif de l'Arpille et ses abords.* Mat. carte géol. Suisse, (N.S.) *84*.

– (1934a): *Quelques observations sur la tectonique de la région du Col Ferret.* Eclogae geol. Helv. *27*, p. 31.

– (1934,b): *Massifs hercyniens du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges* «Guide géol. Suisse» Fasc. II, pp. 121–128.

– (1937): *Superposition des tectoniques successives.* Bull. Soc. vaud. Sci. nat., *59*. Lausanne.

– (1944): *Les anciens massifs du Mont-Blanc et de l'Aar et l'orogénèse alpine.* Eclogae geol. Helv., *37*, p. 31.

– (1947): *Infrastructure des Alpes et tremblement de terre du 25 janvier 1946.* Bull. Soc. géol. France, *17*, pp. 39–54.

– (1953): *Superposition successive des chaines de montagnes.* «Scienzia» 47me année, 5 pp.

– (1955): *Note concernant l'origine et le métamorphisme des «schistes de Casanna» (Massif du Métailler dans le Val de Nendaz en Valais).* Bull. Soc. vaud. Sci. nat., *66* et Bull. Lab. Géol., Minér., Géophys. et Musée géol., *113*, Lausanne.

STAUB, R. (1948): *Aktuelle Fragen im Alpinen Grundgebirge.* Schweiz. miner.-petrogr. Mitt., *28*, p. 422.

VALLET J. M. (1950): *Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du Val d'Hérens et du Val d'Hérémence (Valais).* Bull. suisse Minér. et Pétrogr., *30*, p. 322.

WEGMANN, C. E. (1923): *Zur Geologie der St. Bernarddecke im Val d'Hérens (Wallis).* Neuchâtel.

– (1947): *Note sur quelques problèmes de la tectonique superposée.* C. R. Soc. géol. de Finlande, *20*

WEHRLI, L. (1925): *Das produktive Karbon der Schweizeralpen, I. Teil.* Beitr. Geol. Schweiz. (Geotechn. S.) *11*.

Carte à consulter:

Carte géologique générale de la Suisse 1:200.000, *Feuille* 6: *Sion.* Publiée par la Commission Géologique Suisse, 1942.

---

5. — EUGÈNE WEGMANN (Neuchâtel) et JEAN-PAUL SCHAER (Neuchâtel): **Lunules tectoniques et traces de mouvements dans les plis du Jura.** Avec 3 figures dans le texte.

Pour pouvoir comprendre la formation des chaînes de montagnes, plus particulièrement celle du Jura, il importe de connaître aussi bien la géométrie spatiale des plis que l'histoire des mouvements. Or, jusqu'à ces dernières années, les études géologiques ont contribué à préciser d'une façon heureuse, par l'établissement de cartes, de profils, de blocs-diagrammes, la géométrie des plis qui nous donnent l'aspect statique actuel. De son côté, l'embryotectonique basée sur des recherches stratigraphiques de détail a permis de reconstituer une partie de l'histoire de la formation des plis. Par contre, il y a bien peu d'études consacrées aux mouvements, aux traces de mouvements qui sont un peu partout visibles dans les affleurements.

Dans le Jura, les traces de mouvements les plus fréquentes et les mieux visibles sont incontestablement les stries de glissement. Elles apparaissent aussi bien sur les plans de couches que sur les plans de diaclases et de failles (WEGMANN 1953, 1956, SCHAER 1956, NABHOLZ 1956).

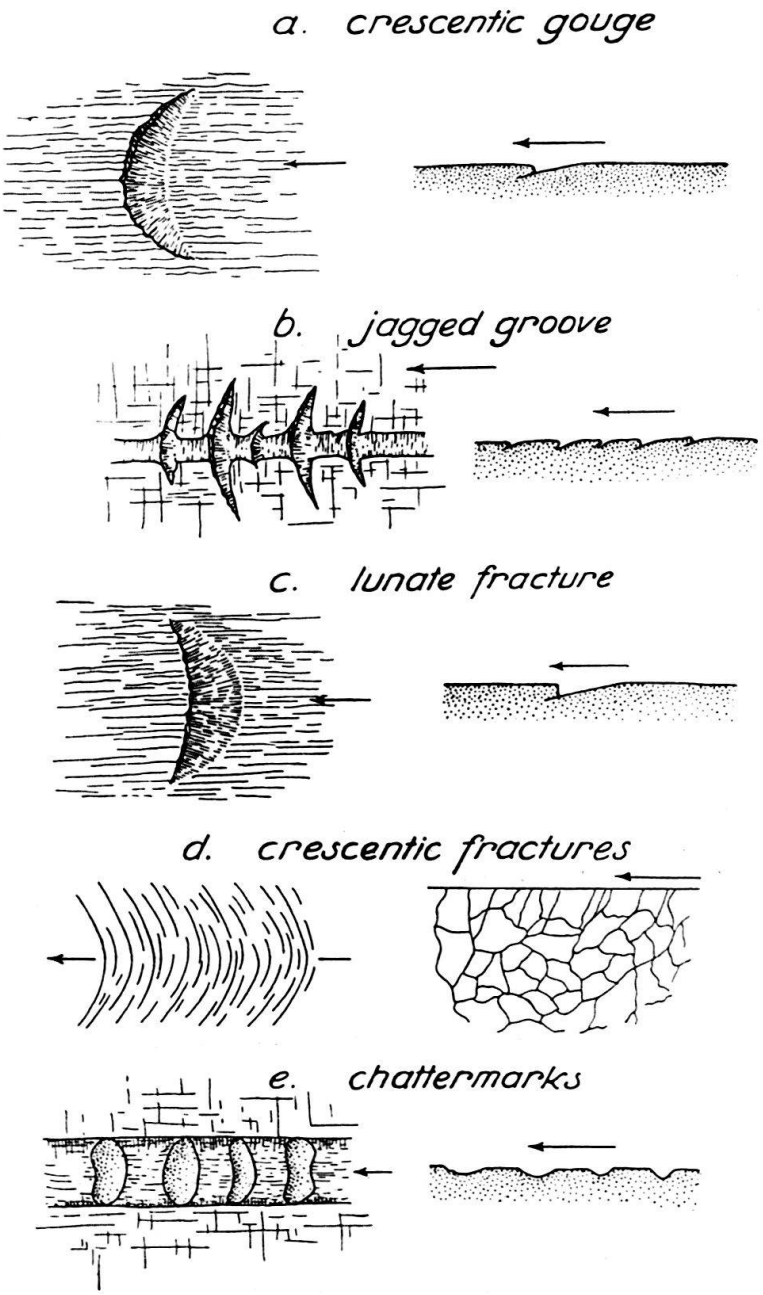

Fig. 1. a) coup de gouge en forme de croissant; b) sillon avec coup de gouge; c) fracture en forme de lune; d) fractures en forme de croissants; e) «chattermarks» (sillon vibré)
Les figures de gauche représentent le plan horizontal, celles de droite le plan vertical. La direction du mouvement de la glace est indiquée par les flèches. D'après HARRIS 1943, p. 245 et 248, repris dans OKKO 1950, p. 46

Depuis plusieurs années, nous avons pu observer un peu partout dans le Jura, des traces de glissement semblables aux traces de friction en forme de croissants provoquées par les mouvements des glaciers sur leur fond rocheux.

En Scandinavie et en Amérique du Nord, des observations anciennes ont montré la relation existant entre les mouvements de la glace et ces formes spéciales d'usure (HOLMSTRÖM 1867, 1904, CHAMBERLIN 1885, BØGGILD 1889, GILBERT 1906, RECK 1911). Des études plus approfondies entreprises en Suède par LJUNGNER (1930), reprises aux U.S.A. par HARRIS (1943), ont contribué à une classification plus précise qui se trouve également adoptée en Finlande (OKKO 1950).

Les différentes traces de mouvements observées sont présentées dans la figure 1 reprise du travail de HARRIS (1943). Nous avons pu observer que les glaciers alpins avaient également laissé des traces semblables (visibles essentiellement sur les verrous tels que ceux du Grimsel, du Val Moiry, d'Evolène, de Zermatt, etc.). Pour le moment, elles n'ont pas fait l'objet d'études spéciales.

Dans les assises sédimentaires du Jura, des traces de friction de forme semblable apparaissent à la surface des couches calcaires. Pour le moment, nos observations mettent en évidence des traces de mouvement qui se rapprochent de la figure 1b («crescentic fractures» HARRIS, «Parallelrisse» LJUNGNER, «arc cracks» CHAMBERLIN). Nous avons pu observer que ces cassures dessinent sur le plan de stratification des figures en forme de croissant. Comme elles existent en dehors de la zone d'extension des dernières glaciations et qu'elles apparaissent également à l'intérieur d'assises calcaires, nous avons dû rechercher les causes de leur formation dans les actions de la cinématique des plis.

Ces figures se rencontrent surtout sur des couches calcaires dont la surface n'est pas un plan parfait. Leur naissance paraît être en rapport avec les irrégularités des deux surfaces de friction qui peuvent provoquer en certains points des pressions très fortes. Les lunules tectoniques présentent une orientation marquée qui se trouve être la même dans des affleurements peu éloignés l'un de l'autre. On trouve dans les couches voisines de celles où elles sont observées des stries de glissement ayant une orientation sensiblement parallèle à la flèche du croissant de la lunule. Pour le moment, nous n'avons jamais observé sur un même plan de stratification des stries et des lunules de même orientation. Nous pensons que cela provient du fait que les lunules demandent pour apparaître à l'affleurement d'une façon frappante, une altération prolongée. Au contraire, les stries s'observent sur des surfaces relativement fraîches.

Dans une classification sommaire, on peut admettre que les stries tectoniques se rattachent à deux actions différentes (Fig. 3):

A. celles dues aux failles et aux décrochements

B. celles dues aux effets de plissement.

Celles du type A se rencontrent principalement sur les plans de failles et de diaclases. Par leur étude, on arrive rapidement à saisir la direction et le sens des déplacements (SCHAER 1956). Leur étude est particulièrement utile lorsqu'on manque de repères stratigraphiques précis.

Les stries du type B apparaissent sur les diaclases et sur les plans de couche; c'est à ce groupe que sont associées les lunules tectoniques. Dans les études que nous avons entreprises dans le Jura, nous avons dû constater que ces stries suggèrent souvent des mouvements précurseurs des plissements avec des déplacements parallèles aux axes des plis actuels (WEGMANN 1956). D'autre part, les déplacements de couche à couche provoqués lors du plissement principal se font souvent dans un

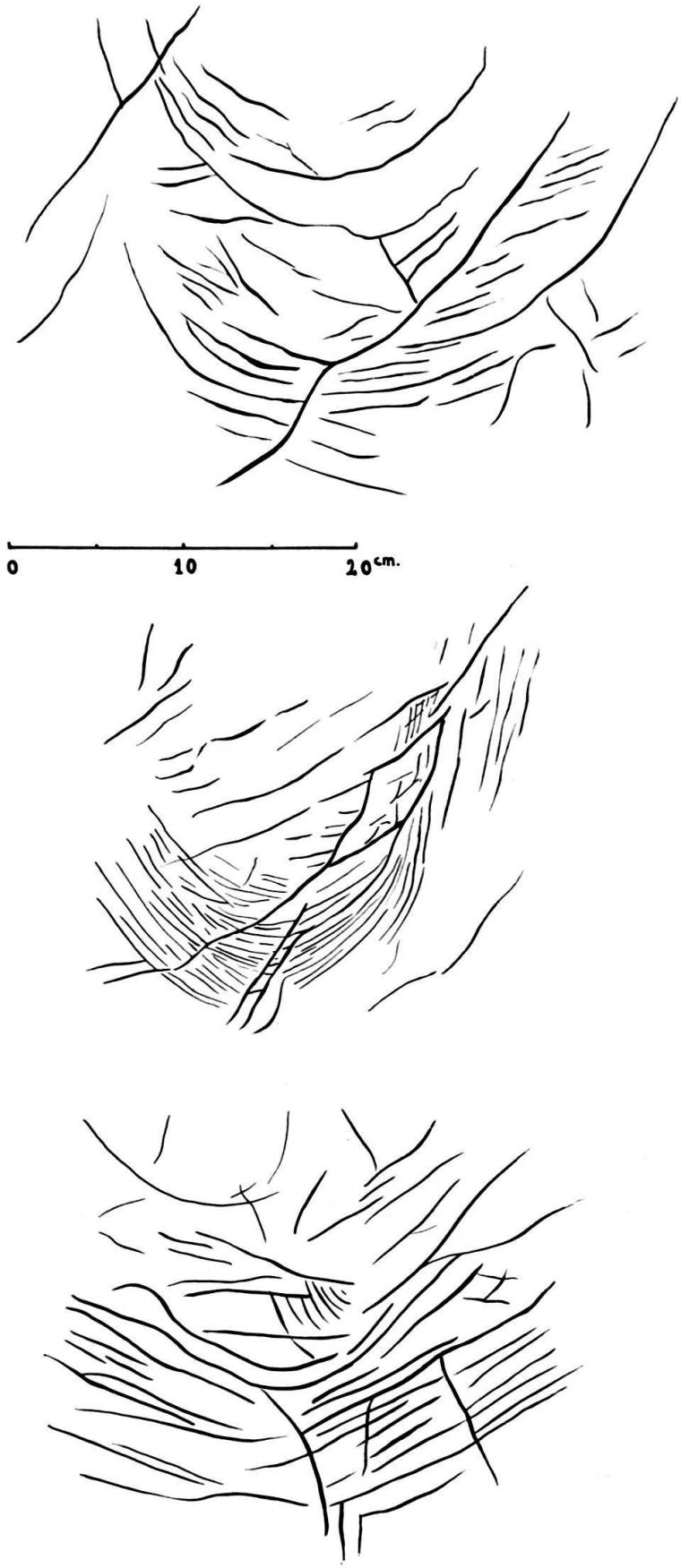

Fig. 2. Trois types de lunules tectoniques observées dans les calcaires kiméridgiens de la Montagne de Boudry (près Pt 921, Coor.: 551,125/200,750 Atlas Siegfried)

anticlinal d'une manière oblique par rapport à l'axe du plissement. L'orientation des lunules nous conduit aux mêmes considérations et nous rend attentifs à la complexité des phénomènes de plissement dans l'espace et dans le temps, même dans des plis réputés aussi simples que ceux du Jura.

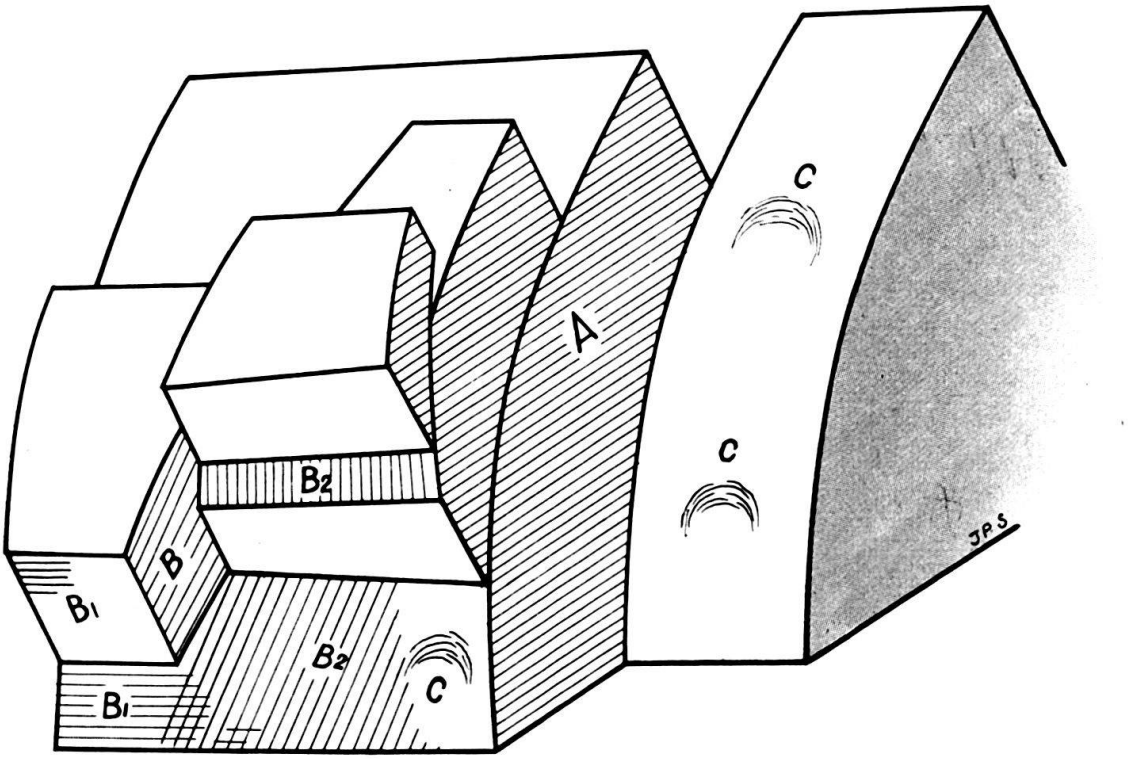

Fig. 3.

A. stries observées sur les plans de failles ou de diaclases. Dans notre cas elles sont dues à un décrochement; dans le cas d'une faille elles seraient verticales.

B_1 stries horizontales dans le plan de couche parallèles à l'axe du pli, elles sont souvent dans le Jura plus vieilles que B_2 qui les effacent.

B_2 stries dans le plan de couche ou sur les diaclases. Dans les plis du Jura elles sont souvent obliques aux axes (WEGMANN 1953)

C lunules tectoniques avec orientation parallèle à B_2.

LITTERATURE

BÖGGILD, O.B. (1899): *Om Skurestriber i Danmark og beslaegtede Faenomener.* Meddel. fra Dansk Geologisk Forening N:o 5.

CHAMBERLIN, T.C. (1885): *The Rock Scorings of the Great Ice Invasions.* U. S. geol. Surv. 7th Ann. Rep., p. 155–248.

GILBERT, G.K. (1906): *Crescentic Gouges on Glacial Surfaces.* Bull. geol. Soc. Amer. *17.*

HARRIS, STANLEY E. Jr. (1943): *Friction Cracks and the Direction of Glacial Movement.* J. Geol. *51.*

HOLMSTRÖM, L.P. (1867): *Iakttagelser öfver istiden i södra Sverige.* Lunds Universitets Års krift.

– (1904): *Öfversikt af den glaciala afslipningen i Sydskandinavien.* Geol. Fören. Förhandl. *26,* H. 4.

LAHEE, F.H. (1912): *Crescentic Fractures of Glacial Origin.* Amer. J. Sci. *33.*

LJUNGNER, ERIK (1930): *Spaltentektonik und Morphologie der schwedischen Skagerrack-Küste.* Teil III. Lfg. I. Bull. geol. Inst. of Upsala *21,* p. 255.

NABHOLZ, W.K. (1956): *Untersuchungen über Faltung und Klüftung im nordschweizerischen Jura.* Eclogae geol. Helv. *49/2.*
OKKO VEIKKO (1950): *Friction Craks in Finland.* Bull. Comm. géol. Finlande, N:o 150.
RECK, H. (1911): *Glaziologische Studien über die rezenten und diluvialen Gletschergebiete Islands.* Ztschr. Gletscherkunde *5*, H. 4.
SCHAER, J.P. (1956): *Etude tectonique de l'anticlinal de Chaumont.* Bull. Soc. neuch. Sci. nat. *79.*
WEGMANN, E. (1953): *Über einige Züge von unter geringer Bedeckung entstandenen Falten.* Tschermaks min.-petr. Mitt. [Dritte Folge] *4.*
– (1956): *Note sur quelques mécanismes des plis jurassiens.* Verh. K. Nederlandsch Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap.

---

6. – ADRIEN JAYET (Genève): **Sur l'origine du caractère arrondi des galets glaciaires et fluvio-glaciaires.** Avec 5 figures dans le texte.

Introduction. Dans plusieurs travaux précédents nous avons essayé de montrer que certains cailloutis würmiens de la région de Genève, généralement qualifiés de lacustres, de fluviatiles, de fluvio-glaciaires sont en réalité des moraines. Nous désirons présenter dans cette note un nouvel argument en faveur de notre manière de voir. Il se rapporte au caractère arrondi des galets; ceux-ci présentent un état d'usure avancé qui peut être théoriquement d'origine variée. L'importance d'en déterminer exactement l'origine est la suivante: l'idée qu'on se fait de la genèse du terrain dépend directement de celle des matériaux qui le constituent d'où l'âge que l'on attribue finalement au dépôt. C'est ainsi que E. JOUKOWSKY (1941) en se basant sur l'apparence des cailloutis donne un âge interglaciaire à tous les dépôts situés entre la moraine argileuse rissienne profonde et la moraine argileuse würmienne superficielle. Cette définition à priori d'un interglaciaire fait alors inclure dans celui-ci les cailloutis du retrait rissien, l'interglaciaire proprement-dit, enfin les cailloutis profonds würmiens considérés comme fluvio-glaciaires. Les exemples de ce genre peuvent être multipliés; de telles définitions, résultant d'une prise de position théorique, obtiennent la créance de nombreux géologues incomplètement informés, le résultat final en est l'impossibilité d'arriver, dans ces conditions à une vue claire et exacte de l'ensemble du phénomène glaciaire quaternaire.

Nous ne reviendrons pas ici sur la composition détaillée des terrains würmiens et du complexe qu'ils constituent, on en trouvera une description dans les travaux signalés dans la liste bibliographique. Néanmoins notre exposé manquerait de clarté si nous ne rappelions pas la constitution de ce complexe dans ce qu'elle a de général et si nous omettions de signaler à cet égard les différences d'interprétation.

Le complexe würmien (fig. 1). Pour éviter une nouvelle description des terrains würmiens, nous prions le lecteur de se rapporter à la légende de la figure 1. Chacun des terrains est désigné par notre propre appellation suivie de celle que lui ont donnée les géologues régionaux.

Dans la conception actuelle on appelle fluvio-glaciaire les dépôts caillouteux et graveleux différant de la moraine à galets striés par le fait qu'ils contiennent peu d'argile, peu de galets striés, qu'apparamment les galets y sont roulés, que la stratification y est générale. Cette manière de voir s'applique à trois sortes de terrains morphologiquement et stratigraphiquement différents: les cailloutis de l'alluvion ancienne, les cailloutis des moraines de retrait, les cailloutis dérivés de ces dernières.

Rappelons que la notion de l'âge déterminé par la position stratigraphique ne joue plus ici. Les terrains glaciaires se sont empilés les uns sur les autres à la suite de la fusion de la glace. Lors du retrait, l'ablation a fait apparaître les moraines les plus superficielles, celles-ci ont dès lors protégé le socle de glace sous-jacent qui se transformait peu à peu en glacier mort. La disparition de la glace à partir du maximum glaciaire a demandé des milliers d'années ainsi qu'en témoigne l'absence dans nos régions des industries préhistoriques de l'*Aurignacien*, du *Solutréen* et du début du *Magdalénien*. A notre avis l'âge est donc le même de bas en haut de la série wür-

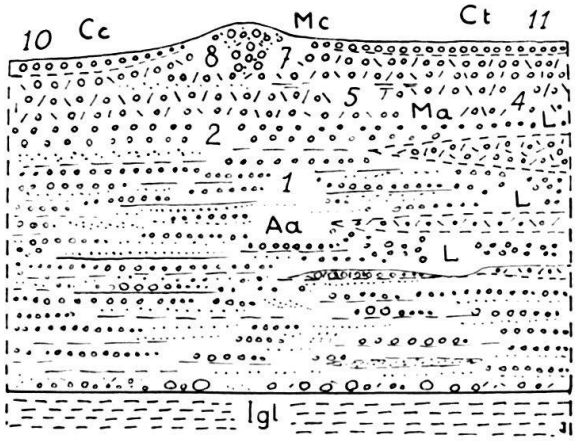

Fig. 1. *Représentation demi-schématique du complexe würmien dans la région genevoise.* Epaisseur de l'ensemble 50 à 100 m.

Ct.-Cailloutis d'une terrasse située à l'amont d'un front morainique, alluvions fluviatiles et fluvio-glaciaire auct.

Cc.-Cailloutis à l'aval d'un front morainique. Cône de transition auct. et fluvio-glaciaire auct.

Mc.-Moraines caillouteuses frontales et latérales. Fluvio-glaciaire auct. p. p.

Ma.-Moraine argileuse à galets striés. Moraine de fond auct.

Aa.-Cailloutis morainiques profonds, moraines intraglaciaires. Alluvion ancienne auct., fluvio-glaciaire auct.

L.-Lentilles de moraine argileuse à galets striés dans l'alluvion ancienne (Arare, Mategnin, Bois de la Bâtie).

Igl. Interglaciaire, sables et argiles stratifiés à lignite et mollusques.

1 à 11. Indication sur les emplacements où ont été récoltées les séries de galets, ces chiffres correspondent aux diagrammes de la fig. 4.

mienne locale; toutefois les cordons morainiques, dont on peut suivre assez bien le tracé, marquent des étapes de retrait d'âge décroissant vers l'amont, retrait qui se poursuit d'ailleurs encore aujourd'hui.

Morphologie et degrés d'usure des galets. On dispose actuellement de méthodes d'analyse morphoscopique très poussées. L'examen détaillé de chaque galet, ses mesures permettent d'établir une série d'indices, d'émoussé, d'aplatissement, de sphéricité, etc., qui peuvent ensuite être groupés en courbes diverses. On trouvera dans l'important travail de J. P. Portmann (1956) d'excellents renseignements sur l'ensemble de ces méthodes. Toutefois elles ne sont guère applicables directement sur le terrain d'où la nécessité de rapporter en laboratoire une quantité de matériaux et d'employer un temps considérable au nombre de mesures satisfaisant à la loi des grands nombres. Nous avons donc jugé préférable d'appliquer une méthode d'ana-

lyse simplifiée rapidement applicable sur le terrain et ne nécessitant pas de longues séries de mesures. On est ainsi rapidement fixé sur l'homologie de deux terrains voisins, homologie qui peut être souvent masquée par une multitude de détails secondaires.

Considérant les degrés d'usure progressifs, nous pouvons les ramener à cinq catégories fondamentales dont les figures 2 et 3 donnent une idée. Nous établissons ensuite le pourcentage de chacune des catégories dans chaque point examiné et l'on obtient alors un diagramme caractéristique. Pour éviter des complications graphiques nous n'avons pas transformé les diagrammes en courbes.

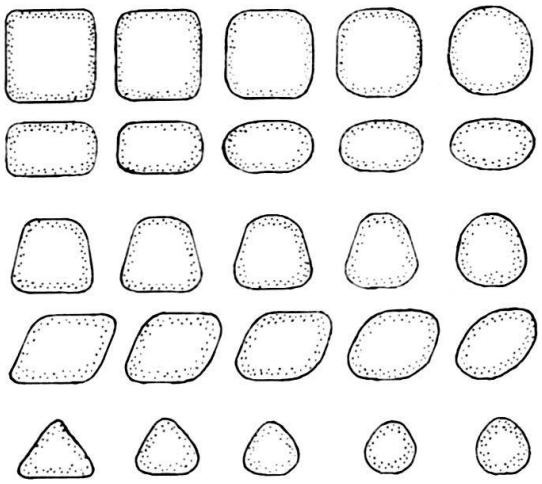

Fig. 2. *Catégories et états d'usure des galets glaciaires, fluvio-glaciaires et fluviatiles.* Schéma théorique.

Première catégorie. Galets non usés sur les bords et galets à contours émoussés. Les galets absolument intacts sont rares dans nos dépôts, les autres un peu plus fréquents. Il est certain que beaucoup de galets de la première catégorie proviennent d'une action secondaire sur des galets déjà usés, il s'agit des galets brisés dont nous parlerons plus loin. Maximum 6,2% dans la moraine a rgileuse d'Arare. Minimum 0,2% dans les alluvions de l'Arve au Bout-du-Monde.

Deuxième catégorie. Galets usés sur les bords, les faces primitives représentent cependant encore la plus grande partie de la surface. Max. 22 dans les cailloutis morainiques de Mategnin Min. 2,8 dans les alluvions de l'Arve au Bout-du-Monde.

Troisième catégorie. C'est le degré moyen d'usure, les contours sont fortement arrondis, la forme primitive dont dérive le galet est encore reconnaissable. Max. 63,8 dans l'alluvion ancienne du Bois de la Bâtie. Min. 44,4 dans la moraine argileuse de Mategnin.

Quatrième catégorie. Galets subglobuleux, les faces sont en voie de régression, l'allure générale tend vers des volumes piriformes, ovoïdes, discoïdes, etc. Max. 47 dans les alluvions de l'Arve à Sierne. Min. 20 dans les cailloutis de la terrasse de Collonges en amont de la ride morainique de Vétraz-Mornex.

Cinquième catégorie. Terme ultime de la disparition des faces, allure globuleuse; les formes ovoïdes, discoïdes, lenticulaires sont les plus fréquentes, les formes

sphériques sont plus rares. Max. 7 dans les alluvions de l'Arve au Bout-du-Monde. Min. 2 dans le cailloutis à l'aval de la ride frontale Vétraz-Mornex et dans les cailloutis morainiques du Pas de l'Echelle.

Nous avons utilisé les galets d'une taille de 5 à 15 cm environ, les plus représentatifs sont ceux du Malm alpin. Dans tout le territoire qui nous occupe le matériel erratique est issu principalement de la vallée du Rhône. Une analyse rigoureuse voudrait que l'on s'en tienne exclusivement à une seule catégorie de roche, mais il est facile de constater que les roches dures et compactes se comportent comme les calcaires du Malm; par exemple les grès molassiques durs, les grès de Taveyannaz, les grès du Flysch, la brèche du Chablais, les quartzites du Trias, les serpentines, etc. Il en est encore de même des gneiss peu feuilletés et des granites, toutefois les phénomènes d'altération chimique tendent à jouer ici un rôle non négligeable rendant leur utilisation peu commode.

Les *galets brisés* constituent une partie importante du stock erratique; il s'agit de galets écrasés dans une moraine par la pression de la glace en mouvement. Cette action peut ramener un galet de la catégorie V ou IV qu'il avait déjà atteinte à une catégorie inférieure. Cette action est très marquée, elle donne souvent aux galets glaciaires la *forme aberrante* qui frappe l'observateur (voir fig. 3). Une étude détaillée de ces cas pourrait apporter, croyons-nous, beaucoup de précisions sur les actions de détail à l'intérieur de la moraine. Il va de soi que des galets brisés se trouvent aussi dans les alluvions torrentielles, leur discrimination d'avec les galets glaciaires est facile dans de nombreux cas.

Choix des emplacements et nombre de galets examinés. Pour des raisons pratiques nous avons choisi des stations, où les galets abondent sans que l'on soit obligé de les extraire. Dans chacun des emplacements nous avons récolté 500 galets qui nous ont donné la répartition par catégories, les pourcentages et finalement chacun des diagrammes des deux premières colonnes de la figure 4. En outre chaque terrain a été examiné en deux points, il a donc fourni 1000 galets sur lesquels sont établis les diagrammes de la troisième colonne de la figure 4. Comme les différences sont très faibles de la colonne 2 à la colonne 1, on peut estimer que le graphique résultant, colonne 3, nous donne une bonne caractéristique du terrain examiné. La liste suivante indique les emplacements choisis, les coordonnées sont tirées de la Carte nationale suisse, feuille de Genève et feuille de Chancy, les chiffres placés en tête sont ceux des diagrammes de la figure 4.

Alluvions actuelles de l'Arve

14. Alluvions des bords de l'Arve en amont du Pont de Sierne 503/114,9
13. Alluvions de l'Arve au Bout-du-Monde. Exploitation Pelgrave 500,8/115,1

Cailloutis du retrait, fluvio-glaciaire auct.

11. Alluvions de la terrasse de Collonges en amont de la ride morainique de Vétraz-Mornex. 507,6/114,5
10. Cailloutis du cône de transition en aval de la même ride morainique frontale. 507,3/115

Cailloutis du retrait en vallums, en partie fluvio-glaciaire auct.

8. Gravières de Sous-Balme au-dessous de la carrière Portland 503,1/112,5
7. Gravières du Pas-de-l'Echelle, Chavaz frères 503,7/113,2

Moraine argileuse à galets striés, moraine de fond auct.

5. Moraine argileuse recouvrant l'alluvion ancienne à Arare, exploitation SAGA 497,6/113,5
4. Moraine argileuse recouvrant l'alluvion ancienne à Mategnin, gravière Moret 495,5/121,5

Cailloutis morainiques profonds, alluvion ancienne auct., fluvio-glaciaire auct.

2. Gravière d'Arare au-dessous de la moraine argileuse. 497,6/113,5
1. Coteau du Bois de la Bâtie à la hauteur du Pont du Raccordement des C.F.F. 498,4/117,5

Cas des alluvions actuelles de l'Arve. L'Arve est un cours d'eau torrentiel, son régime et le transport des matières qu'il tient en suspension sont décrits en détail dans l'ouvrage de L. W. Collet sur les Lacs (1925). Qu'il nous suffise de constater que les alluvions caillouteuses de l'Arve sont issues essentiellement des moraines argileuses bordant son cours en amont des points que nous avons indiqués. L'Arve cours d'eau torrentiel présente ainsi exactement le cas du fluvio-glaciaire tel que l'envisagent les glaciologues, c'est-à-dire le remaniement par un torrent et ses affluents de moraines glaciaires déjà déposées. L'examen auquel nous avons procédé montre que de telles alluvions se distinguent par un *diagramme très spécial*, bien différent de celui des dépôts morainiques et même de celui des dépôts supposés fluvio-glaciaires. Les principales caractéristiques très nettes, sont la diminution du nombre de galets peu usés des catégories I et II, la diminution du nombre de galets d'usure moyenne de la catégorie III au profit de la catégorie IV, enfin le nombre relativement élevé des galets fortement arrondis de la catégorie V.

Cas général des dépôts glaciaires. L'examen de la figure 4 fait ressortir un autre fait essentiel: aucun des dépôts caillouteux würmiens de la région ne donne une courbe semblable à celle des alluvions de l'Arve, tous les diagrammes se marquent par la nette dominance de la catégorie d'usure moyenne III. Nous étions loin de nous attendre à une pareille homogénéité, pensant au contraire que les graphiques s'échelonneraient du type pleinement morainique du n° 4 au type pleinement alluvionnaire du n° 14; on voit que ce n'est pas le cas et qu'il n'y a pas de graphique intermédiaire. On peut cependant noter quelques différences de l'un à l'autre de ces graphiques. Celui qui présente à notre avis le type le plus franchement morainique est celui de la moraine argileuse de Mategnin, n° 4. C'est là que les différences entre les catégories III, II et IV sont les plus faibles, fait qui se traduit par l'allure trapue et ramassée du diagramme. Le diagramme n° 5 se rapporte à la même moraine argileuse mais en un autre point, on y voit déjà la catégorie III passer de 44,4 à 49,6, on peut donc dire que la catégorie moyenne d'usure représente ici la moitié du nombre des galets. Les autres graphiques s'écartent de ce premier type par augmentation de la catégorie III au détriment de la catégorie II, mais il n'y a

pas augmentation corrélative des catégories IV et V comme nous l'avions remarqué pour les alluvions de l'Arve. Cette constatation semble indiquer qu'il n'y a aucun phénomène alluvionnaire torrentiel dans nos cailloutis ou que si un tel phénomène a eu lieu il est profondément masqué par l'action purement morainique. *Il est spécialement important de remarquer que la catégorie IV de forte usure est partout plus faible dans les dépôts supposés fluvio-glaciaires que dans la moraine argileuse.* Le cas

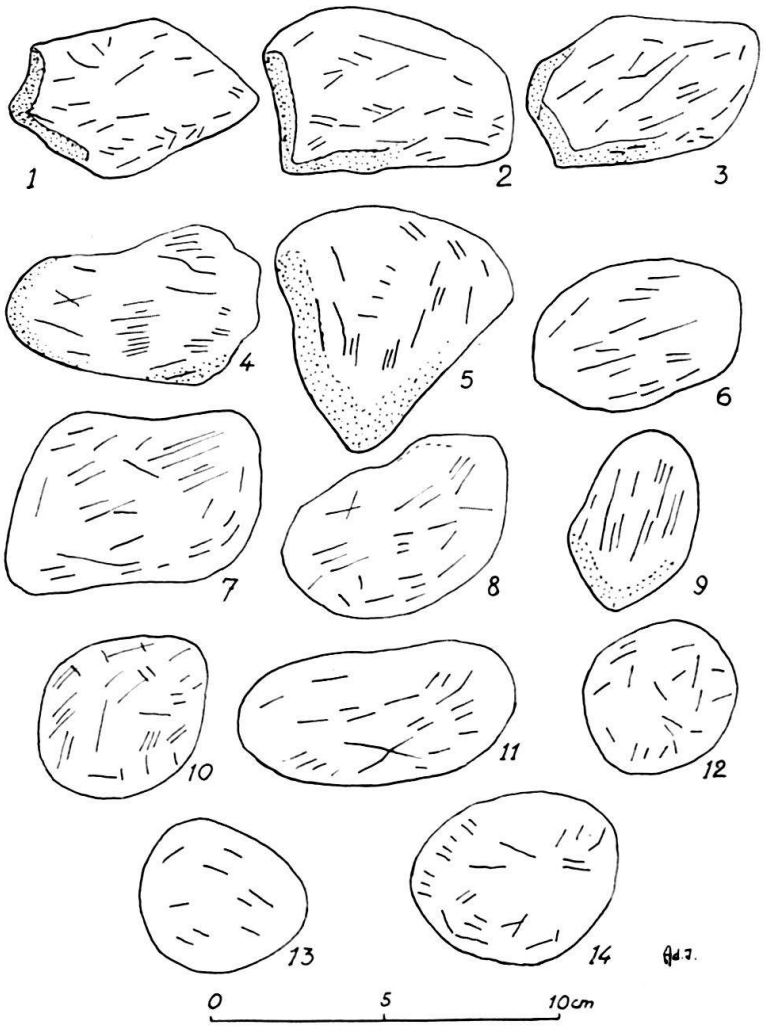

Fig. 3. *Série de galets striés de la moraine argileuse de Mategnin, calcaires noirs du Malm alpin.* No 1, catégorie I; No 2 et 3, catégorie II; No 4 à 9, catégorie III; No 10 à 12, catégorie IV; No 13 et 14, catégorie V. Voir aussi diagramme 4 de la fig. 4.

des alluvions de la terrasse qui nous a fourni le graphique 11 est typique, cette terrasse domine l'Arve actuelle de 30 m et on l'interprète comme ayant été déposée par ce cours d'eau, le graphique qu'elle fournit est cependant bien différent de celui de l'Arve. C'est encore le cas pour l'alluvion ancienne que L. NECKER définissait comme analogue aux alluvions actuelles, on voit par la comparaison des graphiques 3 et 15 qu'il y a une différence profonde entre ces deux types de dépôts; *l'alluvion ancienne se range sans conteste possible dans la catégorie générale des dépôts morainiques.*

Origine de l'arrondi. Nous n'avons pas examiné jusqu'à présent l'origine de l'usure des galets; elle peut être fluviatile, morainique ou mixte c'est à dire fluvio-glaciaire. Nous laisserons de côté dans cette note l'examen de l'usure causée par les vagues sur les rives d'un lac, nous comptons y revenir dans d'autres travaux.

Une remarque préliminaire s'impose: les catégories que nous avons choisies correspondent à des états moyens, ce qui signifie que l'on trouve tous les termes de passage de l'une à l'autre. Cela est si vrai que l'attribution d'un galet à l'une plutôt qu'à l'autre des catégories est parfois malaisée, mais le jeu de la loi des grands nombres dispose le tout dans un ordre non subjectif.

D'après les idées en cours les galets arrondis sont en réalité des *galets roulés* sous l'action de torrents intra- ou infraglaciaires. Nous avions cité dans une note précédente (1952) l'opinion de A. Cailleux faisant appel à l'usure dans des moulins des glaciers. Dans une réponse (1954) M. A. Cailleux que nous remercions ici, précise cette action: il y a sur les glaciers des bédières, moulins et autres courants de fonte où se façonnent des galets très arrondis... leurs galets ronds ont pu être enchâssés dans la glace ou rejoindre peu à peu la moraine de fond tandis que l'apport de matériel neuf, presque anguleux continuait et que l'arrondi se façonnait ailleurs sur d'autres galets suivant un nouveau parcours.

Nous voilà donc en face d'une prise de position très nette, il faudrait alors admettre que tout le matériel arrondi présent dans les moraines est d'origine torrentielle glaciaire.

Les mêmes explications se retrouvent dans les travaux de J. Tricart et R. Schaeffer (1950). Nous en empruntons la citation à l'ouvrage de J. P. Portmann déjà cité (1956): les galets morainiques étonnent par la variété de leurs types d'usure bien plus grande que celles des autres systèmes d'érosion étudiés. Les galets à faibles usure prédominent; quelques-uns sont moyennement usés; ceux qui le sont fortement et qui apparaissent dans les moraines, l'ont été, semble-t-il, par les torrents intra- et sousglaciaires. La proportion des galets très émoussés est donc fonction de l'importance des torrents.

A ces prises de position nous objectons les remarques suivantes: de tels torrents ont une répartition extrêmement limitée, ils ne sauraient rendre compte de *l'ampleur extraordinaire de la répartition des galets arrondis qui côtoient partout et à tous les niveaux du glaciaire pléistocène les galets dont le degré d'usure est moindre.* Nous pensons encore que *l'attribution de tous les galets arrondis à une action torrentielle fait sousestimer l'intense action d'usure qui se poursuit visiblement dans la moraine de fond* et dont nous apportons la preuve dans les pages suivantes.

L'existence de tous les termes de passage de la première à la dernière catégorie permet déjà d'éliminer l'origine torrentielle de l'arrondi. Il serait en effet absurde de considérer la catégorie V ou encore les catégories IV et V comme étant seules d'origine torrentielle à l'exclusion des autres qu'il faudrait alors aussi inclure dans l'origine torrentielle, ce qui reviendrait à démontrer que tous les galets de la moraine sont usés par des torrents et aucun directement par l'action mécanique de la moraine.

L'examen des galets striés vient d'ailleurs infirmer ce raisonnement, les stries se trouvent dans toutes les catégories (fig. 3), aucune n'est plus spécialement favorisée et par conséquent plus glaciaire que les autres. Si le nombre des galets

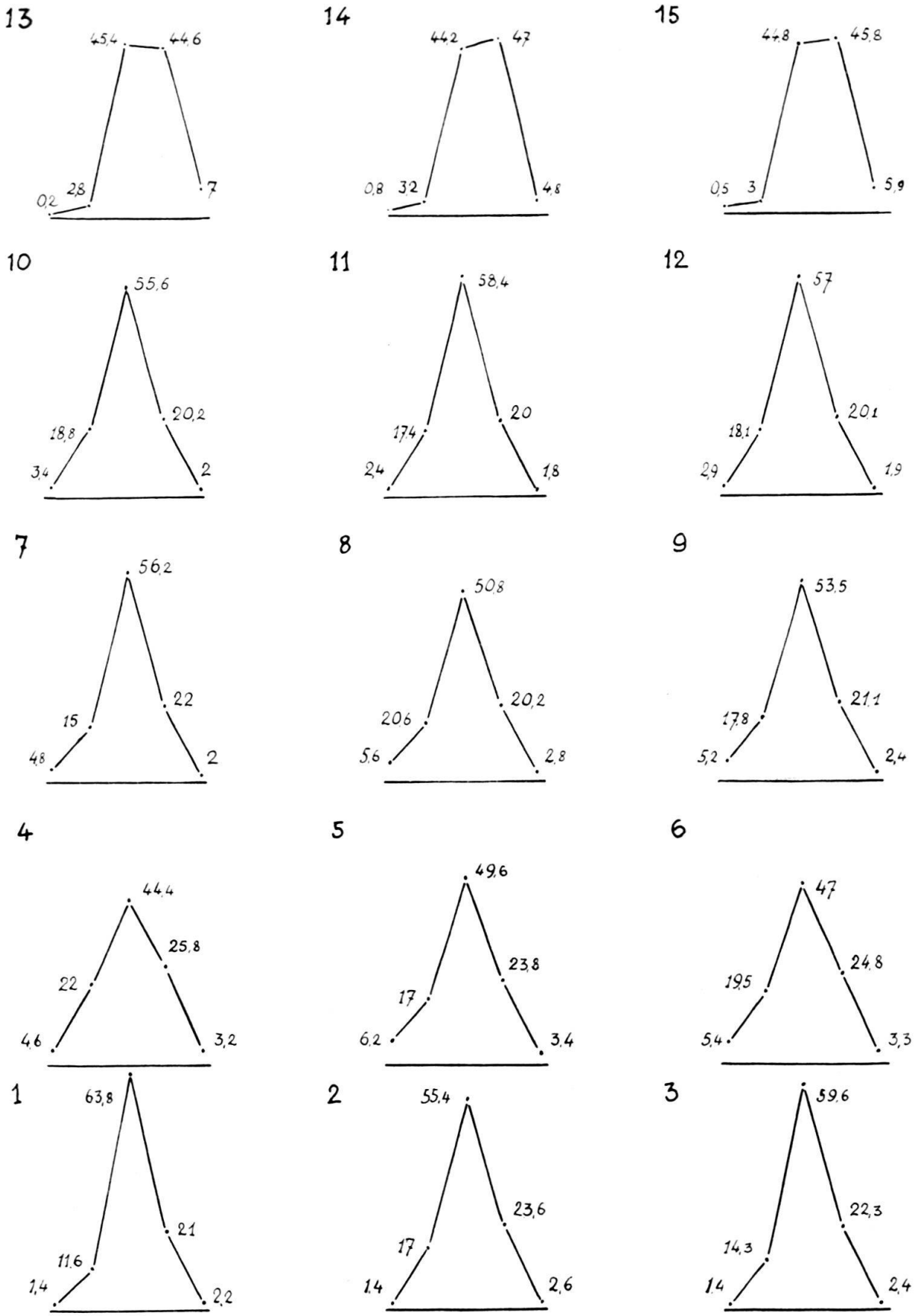

Fig. 4. *Série de diagrammes représentant la répartition des degrés d'usure* (catégories I à V) *dans les dépôts pléistocènes* (1 à 12) *et dans les alluvions caillouteuses de l'Arve* (13 à 15).
Les noms des terrains et ceux des emplacements sont indiqués dans le texte.

striés est plus abondant dans la catégorie III c'est qu'il s'agit de la distribution normale des pourcentages. Enfin on peut constater au voisinage, à la surface et en profondeur des glaciers actuels des galets usés des catégories IV et V, nous donnons à la figure 5 un aspect de trois de ces galets. Le premier a été récolté en place dans la moraine de fond active sous le glacier du Valsorey et au contact du socle rocheux lui-même usé et poli; le second a été expulsé en septembre 1950 avec la moraine intraglaciaire à la surface du glacier; enfin le troisième a été pris sur la moraine médiane actuelle du glacier du Vélan à l'altitude de 2500 m. Nous rappelons encore que les moraines latérales du glacier du Valsorey, sur socle de glace, contiennent aussi des galets du type V.

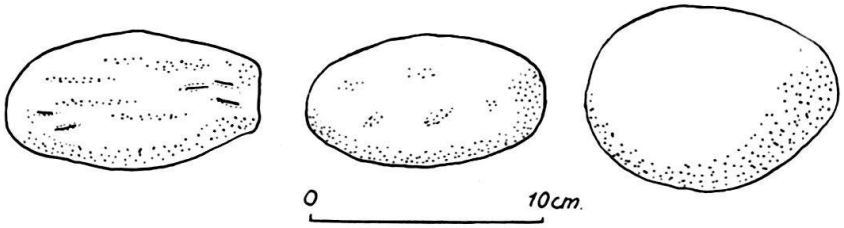

Fig. 5. *Galets de forte usure provenant des glaciers actuels.*
1.–Moraine de fond sous le glacier de Valsorey, schiste de Casanna.
2.–Moraine frontale du glacier de Valsorey, expolsé du glacier en septembre 1950. Schiste de Casanna.
3.–Moraine médiane du glacier du Vélan à 2500 m. Quartzite.

Les graphiques obtenus à partir de la moraine argileuse correspondent d'ailleurs bien à la courbe en cloche (courbe des probabilités, courbe de Gauss). On peut la traduire ainsi: il y a peu de chances pour qu'un galet reste intact au sein de la moraine, peu de chances pour qu'il arrive à l'usure maximum, beaucoup de chances pour qu'il atteigne un état moyen. Nous insistons encore ici sur le fait que le jeu de l'usure des galets au sein de la moraine est simple, il s'agit du déplacement dans la masse morainique, le polissage s'effectue sous pression par tous les matériaux qui environnent le galet, les stries fines semblent indiquer une forte action des grains de quartz. Enfin il ne faut pas oublier l'action inverse qui tend à ramener un galet en cours de polissage à un stade antérieur, c'est celui de l'écrasement. Fortement serré entre d'autres, il arrive un moment où la pression de la glace en mouvement dépasse la résistance de la roche, le galet éclate alors en fragments de grosseurs variées et le polissage recommence. Toutes ces actions de détail sont visibles aussi bien sur les moraines pléistocènes que sur les moraines actuelles.

Nous pouvons résumer de la manière suivante les faits qui nous empêchent de voir dans les galets arrondis de la moraine argileuse autre chose qu'une action glaciaire:

1° Formes de passage multiples de l'une à l'autre des catégories.
2° Distribution des pourcentages d'usure correspondant à la courbe des probabilités.
3° Présence des stries glaciaires sur toutes les catégories.
4° Production de ces mêmes catégories directement dans les moraines de fond actuelles.

On peut alors prendre l'exact contre-pied de l'opinion admise en constatant que les galets arrondis que l'on trouve dans les torrents épiglaciaires circulant à l'aval des moraines non déposées ont une origine purement morainique.

Répondons par avance à une contradiction qui pourrait nous être imputée, nous faisons appel à l'exemple de la moraine de fond des glaciers actuels pour expliquer l'usure des galets de la moraine argileuse que nous ne considérons plus comme une moraine de fond sur l'emplacement qu'elle occupe actuellement. En effet le mécanisme de la mise en place des moraines superficielles que nous avons observé, en particulier au Valsorey, montre qu'une moraine de fond perd cette qualité si elle est amenée à la surface de la glace par le chevauchement des lames de glace, ce qui a certainement été le cas dans les exemples qui nous occupent.

Cas des dépôts fluvio-glaciaires. Nous avons relevé plus haut que l'on rapporte d'ordinaire à des formations fluvio-glaciaires trois terrains distincts par leur stratigraphie et leur morphologie de la moraine argileuse dite de fond. Ce sont:

1° Les cailloutis d'apparence plus ou moins alluvionnaire accompagnant les rides morainiques.

2° Les moraines caillouteuses et sableuses en cordons, vallums, collines, la morphologie peut en être extrêmement atténuée et la stratification qui s'y manifeste fait alors considérer le dépôt comme fluvio-glaciaire.

3° Les cailloutis des moraines intraglaciaires profondes, alluvion ancienne auct., fluvio-glaciaire de progression auct.

Examinons chacun des cas.

Cailloutis d'apparence plus ou moins alluvionnaire. Nous avons déjà relevé le fait que la terrasse de 30 m au dessus de l'Arve qui a fourni le diagramme 11 ne saurait être considérée comme formée par les alluvions de cette rivière. Avec sa nette prédominance de la catégorie III, sa faible proportion de la catégorie II, la proportion relativement faible de IV, ce graphique s'éloigne de celui des alluvions de l'Arve pour se rapprocher des dépôts franchement morainiques. Le cailloutis du diagramme 10 est situé symétriquement au premier mais à l'aval du cordon morainique frontal; sa pente remontant en direction de ce dernier, il a donc la disposition connue sous le nom de cône de transition. A ce titre, il devrait aussi montrer un fort remaniement de matériel morainique et une allure voisine des alluvions de l'Arve. On voit que ce n'est nullement le cas et l'on peut affirmer que les deux sortes de cailloutis 10 et 11 ont la même origine, la morphologie ne peut ici que nous induire en erreur.

Alluvion ancienne. Elle présente le même type que les cailloutis qui viennent d'être mentionnés toutefois avec une augmentation de la catégorie III au détriment de la catégorie II. Les mêmes remarques que ci-dessus peuvent être faites, il s'y ajoute le fait qu'on ne peut considérer les cailloutis de l'alluvion ancienne comme étant déposés à l'aval d'un glacier en crue. Trop de faits s'y opposent: accidents mécaniques d'étirement, épaisseur considérable, absence de lits torrentiels de remaniement, présence à diverses hauteurs de lames d'argile à galets striés, forte épaisseur persistant jusque sous les moraines du maximum glaciaire, répartition en surface et en altitude non conforme à celle d'un réseau hydrographique, absence totale de laisses à mollusques, etc. Nous pensons qu'il s'agit en réalité de *cailloutis morainiques*, plus exactement de moraines intraglaciaires profondes dont l'empile-

ment s'est produit par la fonte des bancs de glace qui les séparaient. La présence de moraines intraglaciaires (internes) a été reconnue depuis fort longtemps sur les glaciers actuels. Nous pouvons ajouter aux exemples connus celui du glacier de Khombu dans l'Himalaya, où elles ont été observées et photographiées par M. A. ZIMMERMANN que nous remercions ici pour la communication de ces renseignements. Il est donc assez curieux qu'on ne les fasse pas suffisamment intervenir dans l'interprétation des restes glaciaires pléistocènes.

Cailloutis du retrait dessinant des cordons des vallums, des buttes. Leurs graphiques n° 7, 8, 9 se situent assez exactement entre celui de la moraine argileuse et celui des cailloutis des terrasses de retrait. Là encore il est bien difficile d'admettre qu'une action torrentielle au sens où on l'entend d'ordinaire leur aurait communiqué leur allure.

Nous nous trouvons donc devant le dilemme suivant: aucun de nos cailloutis ne présente l'aspect fluvio-glaciaire tel qu'on peut le déduire des explications données par les géologues et glaciologues jusqu'à présent. D'autre part tous ces cailloutis se rapprochent du diagramme morainique pur auquel ils sont fortement apparentés, ils s'en distinguent néanmoins par la plus forte proportion du degré d'usure moyen. Nous devons donc nous demander si l'action fluvio-glaciaire est bien celle qu'on suppose. Nous avons exposé dans des notes antérieures que la reprise des matériaux morainiques par les torrents à la surface du glacier et à l'aval des moraines fronto-latérales obéit à un autre jeu que celui des torrents libres. Dans le cas des torrents épiglaciaires l'activité cesse presque totalement pendant toute la période hivernale; au Valsorey elle est déjà très réduite au mois d'octobre. D'autre part même pendant l'activité estivale, les torrents sont en forte décrue pendant la nuit, leur action étant à son maximum au début de l'après-midi. Il est alors facile de concevoir qu'un fluvio-glaciaire né dans ces conditions n'aura pas l'allure fortement remaniée des dépôts torrentiels actuels, il semble que l'on puisse expliquer de cette façon les diagrammes 10 et 11. Le cas de l'alluvion ancienne qui nous a préoccupé depuis fort longtemps pourrait peut-être être interprété d'une façon analogue. En admettant au cours de l'avance glaciaire de forts reculs estivaux ou plus exactement une forte ablation superficielle, il serait possible que des cailloutis morainiques soient apparu à la surface, leur reprise par les torrents aurait donné un fluvio-glaciaire; cependant l'avance l'emportant peu à peu aurait incorporé ce fluvio-glaciaire à l'état de moraines intraglaciaires. Il est en tout cas certain que le glacier würmien a été capable de détruire au-devant de lui tous les sédiments rissiens et interglaciaires qui n'étaient pas profondément dissimulés dans des basfonds.

Quoiqu'il en soit il reste à légitimer plus fortement cette nouvelle hypothèse, de sorte que nous en restons pour l'instant à la constatation élémentaire que l'alluvion ancienne est un paquet de moraines intraglaciaires profondes.

Résumé et conclusions

On peut distribuer les galets glaciaires et fluvio-glaciaires en cinq catégories correspondant à un degré d'usure de plus en plus poussé, la catégorie I étant celle des galets non ou peu usés, la catégorie V celle d'une forte usure faisant disparaître

les faces et amenant le galet à un aspect arrondi, globuleux. On peut encore répartir les galets d'un gisement donné dans chacune des cinq catégories, en noter les pourcentages qui sont reportés en un diagramme, les degrés d'usure en abscisses, les pourcentages en ordonnées. Le diagramme caractérise donc le terrain au point de vue de la répartition des degrés d'usure.

Dans ces conditions on observe pour tous les dépôts caillouteux pléistocènes würmiens un graphique assez uniforme qu'il s'agisse des sédiments dits fluvio-glaciaires ou de la moraine argileuse (moraine de fond auct.); la catégorie d'usure moyenne III domine toujours, bien que d'une façon un peu variable, d'un dépôt à l'autre.

En opposition avec les diagrammes des terrains würmiens, les graphiques des alluvions de l'Arve, rivière de caractère torrentiel, montrent l'égalité de la catégorie IV avec la catégorie III ou même une légère dominance, ce qui correspond avec l'aspect roulé des alluvions.

Si une influence fluvio-glaciaire s'est fait sentir à un moment donné dans les sédiments würmiens, elle n'a pu augmenter de façon sensible la catégorie IV, elle n'aurait donc pas eu le caractère qu'on lui suppose d'ordinaire. Nous avons proposé antérieurement une solution à ce problème, celle de considérer comme fluvio-glaciaires, aussi bien pour les dépôts quaternaires que pour les glaciers actuels, les sédiments caillouteux et sableux repris à la surface du glacier par les torrents épiglaciaires circulant à l'aval des moraines non-déposées.

Enfin plusieurs observations montrent qu'un arrondi poussé de la catégorie V peut-être obtenu directement dans la moraine de fond des glaciers actuels et les preuves peuvent être données de cette même action dans les dépôts pléistocènes.

Nous pensons donc que contrairement aux vues de l'école actuelle, *il faut considérer les galets arrondis morainiques comme d'origine purement glaciaire*, l'action de l'eau n'est autre chose que celle qui imbibe la moraine. Les galets arrondis peuvent ensuite être repris à l'aval des moraines non déposées par le jeu des torrents épiglaciaires, ils constitueront alors avec les galets d'usure moindre un ensemble fluvio-glaciaire.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

CAILLEUX, A. (1952): *Premiers enseignements glaciologiques des expéditions françaises 1948–51.* Rev. géomorphologie dynamique *3*, Nr. 1. Paris.

– (1954): *Réponse à plusieurs communications de M. A. Jayet sur les dépôts glaciaires.* Eclogae geol. Helv. *47*/2, p. 305–307.

COLLET, L. W. (1925): *Les Lacs.* Doin, Paris.

JAYET, A. (1952): *Quelques caractéristiques peu connues des dépôts glaciaires pléistocènes et actuels.* Eclogae geol. Helv. *45*/2, p. 287–293.

– (1955): *Le problème du fluvio-glaciaire.* Geographica Helv. Nr. 3, p. 148–153.

– (1956): *Une conception nouvelle de la genèse morphologique du Plateau genevois.* Le Globe *95*, p. 31–55.

JOUKOWSKY, E. (1941): *Géologie et eaux souterraines du Pays de Genève.* (Kündig, Genève.)

PORTMANN, J.P. (1956): *Les méthodes d'études pétrographiques des dépôts glaciaires.* Geol. Rdsch. Nr. 2, p. 411–454.