

Zeitschrift:	Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie
Band:	23 (1943)
Heft:	2
Artikel:	Les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez et leurs rapports avec les roches éruptives des Gêts
Autor:	Vuagnat, Marc
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-20061

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: 27.01.2026

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

Les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez et leurs rapports avec les roches éruptives des Gêts

par *Marc Vuagnat*

TABLE DES MATIERES

	Page
Première partie: Etude pétrographique des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez	355
Introduction	355
Chap. I. Les affleurements de grès de Taveyannaz dans la région du Val d'Illiez	356
Chap. II. Le matériel volcanique des grès	357
§ 1. Les structures	358
§ 2. Les minéraux	368
§ 3. Les phénomènes d'altération	374
Chap. III. Le matériel non volcanique	376
§ 1. Les roches plutoniques	376
§ 2. Les roches sédimentaires	377
§ 3. Les minéraux isolés	380
§ 4. Le ciment	381
Chap. IV. Forme et relations des éléments entre eux	382
§ 1. Forme et grosseur des éléments	382
§ 2. Proportions relatives des différents éléments	383
§ 3. Phénomènes accompagnant les variations de grosseur du grain	383
§ 4. Variations de composition des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez	384
Chap. V. Quelques autres affleurements de micropoudingue à porphyrites arborescentes	385
§ 1. Affleurements de la région Arâches-Reposoir	385
§ 2. Les grès de Taveyannaz à porphyrites arborescentes de Riedertal	386
§ 3. Les lentilles de grès de Taveyannaz sous les Préalpes Bordières	387
§ 4. Les micropoudingues polygéniques des Bornes	389
§ 5. Les micropoudingues polygéniques de la molasse subalpine des Voirons	390
Chap. VI. Les grès de Taveyannaz ordinaires	391
§ 1. Conclusions de L. Duparc et E. Ritter	391
§ 2. Conclusions de F. de Quervain	391
§ 3. Remarques	392
Chap. VII. Comparaisons avec d'autres grès du Flysch	392
§ 1. Les grès de Val d'Illiez	393
§ 2. Les grès de l'Ultrahelvétique	394

	Page
<i>Deuxième partie: Etude pétrographique des roches éruptives basiques du Col des Gêts</i>	397
Remarques préliminaires	397
Chap. VIII. Les minéraux	398
§ 1. Les minéraux primaires	398
§ 2. Les minéraux secondaires d'altération	403
Chap. IX. Les structures	404
§ 1. La „série normale“	404
§ 2. Types aberrants	407
Chap. X. Résumé et conclusions	410
<i>Troisième partie: Généralités, vue d'ensemble et conclusions</i>	413
Remarques préliminaires	413
Chap. XI. Comparaisons entre les différents types de grès de Taveyannaz	414
§ 1. Grès de Taveyannaz ordinaires et grès de Taveyannaz du Val d'Illiez	414
§ 2. Grès de Taveyannaz du Val d'Illiez et grès de Taveyannaz submolassiques	415
Chap. XII. Répartition des différents types de grès de Taveyannaz	416
Chap. XIII. Origine du matériel des grès de Taveyannaz	420
Chap. XIV. Esquisse paléogéographique de la région du Val d'Illiez au Nummulitique	427

Avant propos

J'ai entrepris cette Thèse sur le conseil de M. le Professeur LÉON-W. COLLET. L'étude pétrographique a été poursuivie au Laboratoire de Minéralogie, avec l'aide de M. le Professeur GYSIN.

Il m'est impossible d'exprimer en quelques lignes ce que je dois à mes deux Maîtres.

Le Professeur COLLET a suivi mon travail avec un intérêt constant. Il m'a enseigné les principes mêmes du travail sur le terrain et au laboratoire. Je désire tout particulièrement lui dire combien j'ai été heureux de la confiance qu'il a dans mes résultats et conclusions; j'espère en être digne.

C'est sous l'égide du Professeur GYSIN que j'ai fait mes premières armes en Pétrographie. J'ai trouvé en lui un guide admirable qui n'a jamais ménagé ses conseils et mesuré son temps lorsqu'il s'agissait de m'initier à la pratique de cette science. J'ai surtout appris à son école le travail précis, minutieux et de longue haleine, qui seul peut servir de fondement à des conclusions et à des vues plus générales.

M. le Professeur E. PAREJAS m'a donné de nombreuses indications; je lui en exprime ici ma gratitude.

Mes remerciements vont également à M. le Dr FR. DE QUERVAIN, Rédacteur du Bulletin suisse de Minéralogie et de Pétrographie, pour l'intérêt qu'il m'a témoigné. Son étude sur les grès de Taveyannaz m'a servi de modèle et je suis fier de penser que ma Thèse paraît dans le même périodique.

M. le Dr AUG. LOMBARD, Privat-Docent, et M. le Dr W. SCHROEDER ont mis, avec la plus grande libéralité, leurs collections à ma disposition. Je leur en exprime ma reconnaissance.

J'ai partagé avec mon camarade CH. DUCLOZ mon terrain de Thèse. Grâce à l'entente qui a toujours régné entre nous, je garde, de ces années de collaboration, le meilleur souvenir et l'espoir qu'elles se continueront.

Parmi les camarades avec qui j'ai eu des conservations ou fait des excursions, je pense plus particulièrement à J. SIGG et à ERNST NIGGLI, alors assistant au Laboratoire de Géologie.

Mon jeune frère Pierre m'a apporté une aide précieuse dans la rédaction de ce travail; je l'en remercie.

Laboratoire de Géologie de l'Université de Genève, Juin 1943.

I^{ère} Partie

Etude pétrographique des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez

Introduction

Cette étude est tout d'abord une description aussi fidèle que possible de l'allure microscopique des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Mais nous avons toujours eu à l'esprit que la vraie valeur de tout travail géologique entrepris dans les Alpes est fonction de l'intelligence plus ou moins grande qu'il nous donne de la formation de cette chaîne.

Les grès et microconglomérats du Flysch nous renseignent sur la nature et les mouvements des Alpes naissantes. Cette idée a été notre fil d'Ariane. C'est pourquoi nous avons insisté plus particulièrement sur certaines roches que leur rareté dans nos Alpes occidentales ou dans certaines régions de celles-ci rendent plus intéressantes, plus révélatrices.

On peut étudier les grès et conglomérats du Flysch selon deux méthodes: l'étude en coupe mince des composants les plus fins; l'examen macroscopique et microscopique d'éléments récoltés isolément dans les conglomérats.

Ces deux méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients. Il faut inscrire à l'actif de la première le nombre incomparablement plus élevé des fragments examinés et le fait paradoxal, remarqué déjà par de QUERVAIN [100], que certaines roches sont plus fraîches en petits débris qu'en gros galets.

La seconde méthode permet l'examen macroscopique des roches; d'autre part, les roches grossièrement grenues et très hétérogènes qui perdent leur individualité lorsqu'elles sont fragmentées, restent intactes; notons enfin la possibilité d'une étude sélective ne portant que sur des types de roches choisis pour le plus grand intérêt qu'ils présentent.

Nous avons recouru principalement à la première méthode, bien que plusieurs dizaines de coupes minces proviennent d'éléments récoltés dans les conglomérats de la Berte par le Professeur L. W. COLLET, ainsi que dans ceux de La Poya et de La Pâle où nous avons prélevé des échantillons avec CH. DUCLOZ.

CHAPITRE I

LES AFFLEUREMENTS DE GRÈS DE TAVEYANNAZ DANS LA RÉGION DU VAL D'ILLIEZ

Le but de ce chapitre est simplement de faciliter la lecture de cette étude. Nous n'avons pas à faire une description géologique des affleurements de grès de Taveyannaz de la région du Val d'Illiez. En effet, CH. DUCLOZ y consacre une importante partie de son travail sur le Flysch des Dents du Midi qui paraîtra prochainement.

On peut grouper les affleurements de grès de Taveyannaz dont nous allons parler en cinq régions:

1. Sur la rive gauche de la Vièze, nous rencontrons les grès de l'arête de Sur Crète où A. LILLIE les a signalés (68). Ce banc, remarquable par la fraîcheur de la roche et son grain assez grossier, passe sous la Croix de l'Aiguille, traverse le Nant du Chavalet en dessous du point 1335. On le retrouve dans les pentes qui descendent de la Croix de Culet au-dessus de Champéry.
2. Le haut du Val d'Illiez semble caractérisé par une proportion plus forte qu'ailleurs de conglomérats de Taveyannaz. Citons d'abord les grès grossiers de l'Aiguille de Ripaille et les conglomérats de La Poya. A la frontière franco-suisse, ce sont les puissants conglomérats de la Berte où les galets atteignent un diamètre qui dépasse une dizaine de centimètres. Cette barre se continue sur l'arête de Berroy jusqu'au Déquemanlieu.

3. Sur rive droite de la Vièze nous notons trois bancs de grès aux altitudes de 800 à 1000 m., 1250 à 1450 m. et au-dessus de 1800 m. sous les lambeaux d'Ultrahelvétique (banc du Chalet supérieur de Valayre). Seuls les deux bancs supérieurs signalés par CH. DUCLOZ [28] sont des grès de Taveyannaz. Ils sont généralement assez grossiers et passent par endroits (sous le Chalet de La Pâle) à de vrais conglomérats.
4. Dans les grandes pentes de Flysch qui s'abaissent du pied des Dents du Midi vers le Rhône, le banc de La Pâle perd son individualité. Toutefois, au-dessus de Chouex, nous le retrouvons (microconglomérats de la route des Giettes), accompagné du banc supérieur qui passe au-dessus de Chandonne; il faut ajouter, un peu plus haut que la Condemine, une barre de grès de Taveyannaz de moindre importance. Ces grès sont bien visibles dans le Nant de Sépay, en dessus du point 674, sous le pont du sentier qui monte aux Communaux.

Plus au Sud, dans la région de Mex, les grès de Taveyannaz forment de grosses accumulations qui, par endroits, surmontent directement l'autochtone.

5. On retrouve, dans le Flysch gréseux du Col d'Emaney, des intercalations de grès de Taveyannaz assez fins; ces grès ont été décrits par L. W. COLLET et M. GYSIN dans leur note [21].

Les affleurements indiqués jusqu'ici forment, en général, des bancs qui donnent naissance à des ruptures de pentes souvent considérables. Les grès de Taveyannaz ne sont cependant pas limités à ces barres; on les rencontre en alternances plus minces et de grain plus fin dans la série de schistes marno-gréseux micacés qui forment la majeure partie du Flysch du Val d'Illiez.

Ces intercalations sont particulièrement nombreuses au-dessus de Chouex, entre le banc de la Condemine et celui des Giettes où elles ont subi de fortes déformations tectoniques.

CHAPITRE II

LE MATÉRIEL VOLCANIQUE DES GRÈS

Au seuil de cette étude, il est bon — afin d'éviter un malentendu — de définir un terme que nous employons très souvent: celui de porphyrite. Nous n'attachons nullement à ce terme une idée d'âge paléozoïque, comme le font certains auteurs. Bien au contraire, toutes les roches volcaniques que l'on va examiner appartiennent très probablement au Crétacé ou au Tertiaire. Ici ce terme désigne

simplement un ensemble de roches porphyriques; il nous évite l'emploi du terme d'andésite qui, vu leur composition minéralogique, s'appliquerait mal aux éléments des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez.

§ 1. Les structures

Les porphyrites des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez présentent toutes une composition minéralogique analogue. Une tentative de classement de ces roches doit donc tenir compte des différents types de structures. DE QUERVAIN était déjà arrivé à cette conclusion, si bien que nous avons pu nous inspirer largement de cet auteur et conserver en quelque sorte les cadres de sa classification, en changeant notamment le contenu.

Il entre une grande part d'arbitraire dans un tel mode de classement, car les limites entre les différents types sont parfois mal définies. Nous observons des termes de passage d'un type et même d'un groupe à l'autre. C'est du reste un argument en faveur de l'unité d'origine du matériel volcanique de nos grès.

On peut distinguer trois grands groupes:

- I. Les roches ayant la structure (mais non la composition minéralogique) des andésites.
- II. Les roches à structure diabasique.
- III. Les roches à structure arborescente.

Nous décrirons ensuite quelques types aberrants et rares qui n'ont pu trouver place dans le schéma ci-dessus.

I. Les roches à structure andésitique

1. Roches à pâte vitrophyrique (fig. 1).

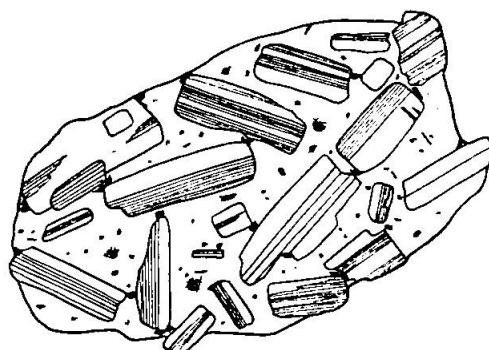


Fig. 1. Porphyrite andésitique vitrophyrique. Type I/1.

En coupe mince, nous observons d'assez nombreux phénocristaux de plagioclase. Leurs dimensions sont variables. La pâte

n'est pas abondante; elle est formée d'une matière vert-pâle, fortement réfringente en lumière naturelle, presque complètement isotrope sous les nicols croisés. Elle ne contient pas de microlites, tout au plus arrive-t-on à voir au plus fort grossissement de rares cristallites feldspathiques.

Ce type s'apparente au type 1a de QUERVAIN; il est rare.

2. *Roches à pâte microlitique*

Il est commode d'effectuer des coupures en nous fondant sur les proportions respectives de verre et de microlites, ainsi que sur le mode d'arrangement de ces derniers.

Sous-type a: pâte hyalopilitique (fig. 2)

Cette roche montre des phénocristaux de plagioclase de grandeur normale. La pâte est constituée par de nombreux petits microlites trapus du même minéral pris dans un verre assez abondant. On aura reconnu le type 2 b de QUERVAIN.

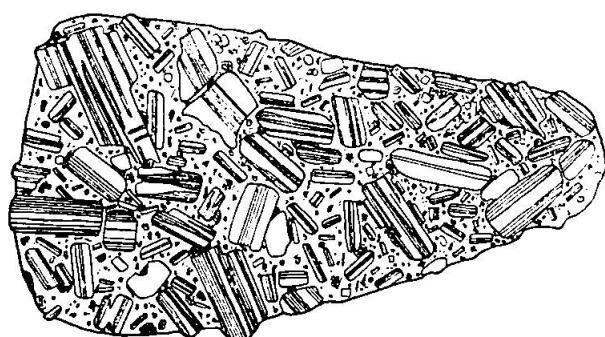


Fig. 2. Porphyrite andésitique hyalopilitique avec passage des phénocristaux aux microlites. Type I/2a.

Il se peut aussi que l'on n'ait pas de différence bien marquée entre les phénocristaux et les microlites. Les plagioclases prennent alors toutes les dimensions intermédiaires. DE QUERVAIN a décrit cette structure (type 2 c).

Sous-type b: pâte pilotaxitique (fig. 3)

Nous observons quelques grands phénocristaux de plagioclase dans une pâte abondante très fine. Sous un fort grossissement cette pâte se résout en un agrégat de microlites ténus, enchevêtrés; le verre ne subsiste plus qu'en très faible quantité. La pâte possède un aspect feutré.

Parfois les microlites sont plus gros, mais la structure pilo-

taxitique est alors plus rarement réalisée. Nous tendons, dans ce cas, vers une structure trachytique.

Ces structures correspondent assez bien au type 2 a de QUERVAIN. Elles se rencontrent rarement par rapport aux autres structures.

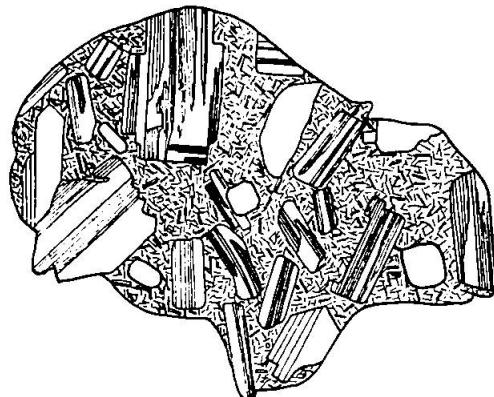


Fig. 3. Porphyrite andésitique pilotaxitique. Type I/2b.

3. Roches à pâte felsitique

Sous-type a: pâte felsitique à hyalopilitique

Nous sommes en présence d'une roche assez analogue à celle du type hyalopilitique décrite ci-dessus. On peut voir des phénocristaux de plagioclase passant graduellement à des microlites remarquablement isométriques; le fond, au lieu d'être simplement un verre plus ou moins isotrope, est felsitique, formé de petits grains feldspathiques ou de produits de dévitrification.

Remarquons que nous avons tous les termes de passage entre le type franchement hyalopilitique et ce type felsitique. Les roches de cette structure forment avec celles du sous-type 2 c la majeure partie des porphyrites andésitiques.

Sous-type b: pâte felsitique (fig. 4)

La pâte est très fine, au gros grossissement nous la voyons formée de grains minuscules, presque submicroscopiques de feldspath et de matière vitreuse ou chloritique.

Les phénocristaux sont représentés non seulement par des plagioclases assez frais et bien maclés, mais encore par de l'apatite et des minéraux ferro-magnésiens altérés. On peut reconnaître, suivant les fragments de roche, de la hornblende, de la biotite et du pyroxène en s'aidant de la forme des sections, des clivages et parfois de reliquats du minéral primitif. L'altération peut revêtir différentes formes: chloritisation, calcitisation, couronne périphérique d'oxyde de fer,

provenant vraisemblablement d'un phénomène de résorption magmatique.

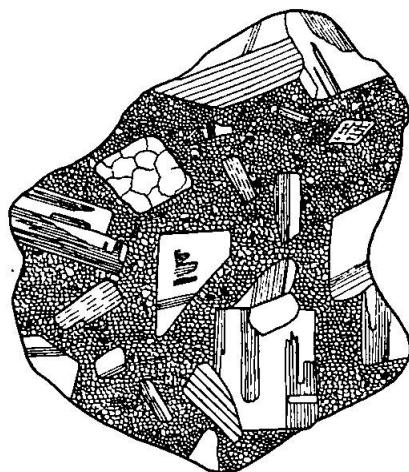


Fig. 4. Porphyrite andésitique felsitique. Type 1/3b.

Fort souvent la pâte est en quelque sorte reliée aux cristaux par une série de plagioclases de plus en plus petits et de moins en moins idiomorphes.

Dans de rares cas, la présence de quartz est possible: nous aurions alors une dacite.

Ces roches se raccordent aux types 5 a et 5 b de QUERVAIN. Leurs fragments sont assez nombreux dans nos grès de Taveyannaz.

Sous-type c.

Nous classons sous ce titre les galets de porphyrites provenant des conglomérats de la Berte et décrits par L. W. COLLET et M. GYSIN dans leur note [21] sous le titre 6⁰.

Cette roche diffère passablement de la précédente: la pâte felsitique est plus crypto-cristalline, moins belle et criblée de grains de pyrite. La roche entière est plus altérée.

Les phénocristaux sont beaucoup plus gros que dans tous les autres types et se répartissent entre des plagioclases très séricités et primitivement zônés, et un ou des minéraux ferro-magnésiens très abondants. Parmi ces derniers, nous reconnaissions à leur forme et à leurs clivages bien nets d'énormes cristaux d'amphiboles, complètement transformés en chlorite et en carbonate grenu. Il faut sans doute attribuer à un pyroxène des sections plus petites, plus trapues, également épigénisées, mais possédant une forte couronne de minéral opaque. Cette roche est une andésite caractéristique.

Nous ne la connaissons que dans les conglomérats de la Berte

ainsi que dans de rares coupes provenant du Déquemanlieu. Son absence ailleurs est-elle bien réelle, ou bien n'est-elle due qu'à sa grossièreté, qui la rend méconnaissable lorsque les fragments sont trop petits?

Sous-type d: pâte felsitique floue

Nous faisons entrer dans ce groupe des fragments assez rares de porphyrites se distinguant par une pâte felsitique qui, sous les nicols croisés, forme des taches floues. La chlorite est abondante et inégalement répartie. Le minéral opaque est parfois très abondant et à l'état très divisé. Sommes-nous en présence d'un type primitif ou d'un type déjà décrit dont la pâte est fortement altérée? La question n'a pu être résolue.

II. Les roches à structure diabasique

Les débris de ces roches sont rares, ils n'en sont pas moins du plus haut intérêt. Nous distinguons deux types bien nets.

1. Roches diabasiques hypocristallines

Cette roche est formée de microlites allongés de plagioclases répartis sans aucun ordre dans une pâte qui est grise en lumière naturelle. Sous les nicols croisés, ce fond est, suivant les endroits, légèrement biréfringent ou formé d'une matière sale presque opaque. Les feldspaths sont en partie chloritisés.

Certains fragments présentent un aspect curieusement étoilé, d'autres prennent par places une structure légèrement arborescente.

2. Roches diabasiques holocrystallines

Nous avons là une roche à peu près holocrystalline. Comme dans le type précédent, les phénocristaux sont absents et la roche est uniquement formée par d'abondants microlites de plagioclase plus gros et plus trapus. La pâte est vaguement biréfringente, criblée de matière chloritique verte, et ne présente pas trace de la substance sale opaque; par contre nous trouvons de nombreux grains d'un minéral franchement opaque.

III. Les roches à structure arborescente

Ces roches sont l'élément caractéristique des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Elles y furent signalées en 1940 par L. W. COLLET et M. GYSIN [21]. C'était au reste la première fois que de telles roches étaient découvertes dans les grès du Flysch helvétique.

Ce sont des roches essentiellement feldspathiques qui, en plus des fibres de plagioclases, ne présentent que du verre ou de la matière chloritique ainsi que des granules semi-opaques ou opaques.

Nous les répartissons en six types différents. La classification des quatre premiers est fondée sur le degré de grossière des éléments cristallisés, les coupures étant évidemment assez arbitraires. Les deux derniers types se distinguent par l'abondance de leur minéral opaque.

1. *Porphyrite arborescente très fine*

C'est une roche extrêmement fine, l'arborescence se traduit par des taches biréfringentes à extinction généralement floue, mais qui montrent parfois la croix noire des sphérolites. Le plus gros gros-

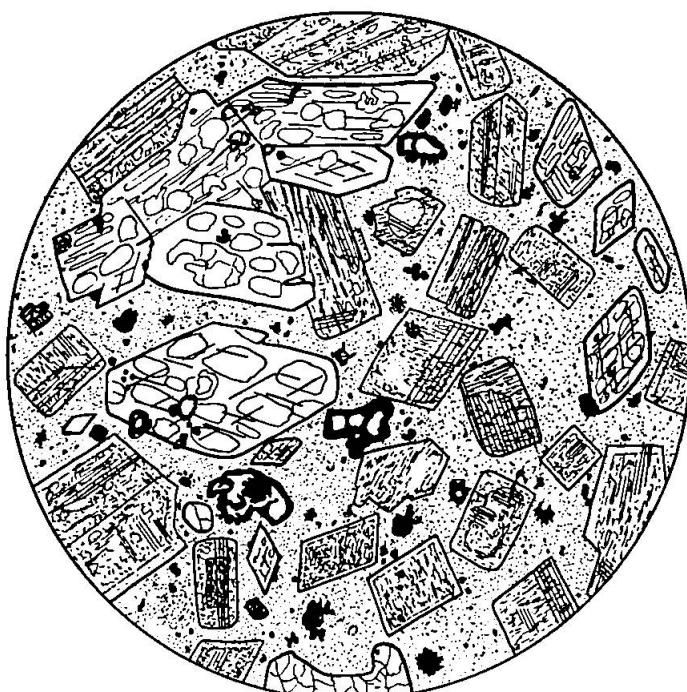


Fig. 5. Porphyrite andésitique felsitique de la Berte. Type 1/3c.

sissement ne nous permet pas de distinguer des fibres. On observe d'innombrables granules opaques ou semi-opaques qui donnent à ces roches leur teinte beige plus ou moins foncée en lumière naturelle.

Parfois la porphyrite est formée de sphérolites à contours bien délimités, représentés en coupe mince par une ligne sinuose qui, sous les nicols croisés, apparaît comme une liséré alternativement foncé et clair. Dans certains cas, ces sphérolites sont très petites et très nombreuses, formant un agrégat de minuscules sphérolites assez réguliers.

Il semble que la matière qui forme ces roches soit un mélange intime de plagioclase et de verre; c'est du moins ce que nous donnent à penser les types plus grossiers où ces éléments sont reconnaissables.

L'homogénéité des plages est parfois rompue par des sortes de concrétions siliceuses ou par des sections formées de matière chloritique, verdâtre et isotrope, légèrement dispersive dans les tons bleus. Cette matière épigénise certainement un minéral primitif.

2. *Porphyrites arborescentes fines* (fig. 6)

Dans ce type un grossissement suffisant nous permet de distinguer les fibres feldspathiques. Ce sont des fibres de plagio-

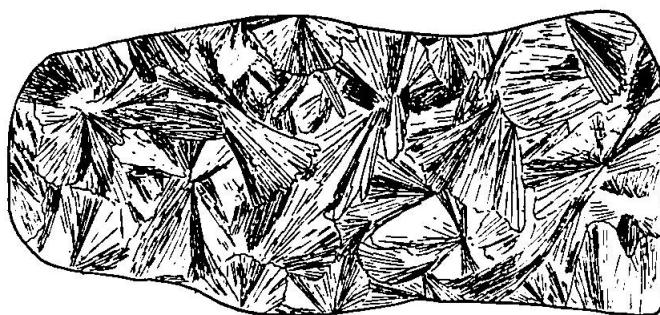


Fig. 2. Porphyrite arborescente fine. Type III/2.

clase, très minces et allongées, arrangées en gerbes, en houppes, en agrégats enchevêtrés, et plus rarement en véritables sphérolites à contours bien marqués.

Les interstices situés entre les fibres sont remplis de matière chloritique ou vitreuse, verdâtre et fortement réfringente. De nombreux grains de minéral opaque ou semi-opaque sont répandus uniformément ou soulignent les arborescences.

Dans de rares fragments les fibres sont orientées plus ou moins parallèlement et tendent vers une structure trachytique.

3. *Porphyrite arborescente moyenne* (fig. 7)

Les fibres sont devenues des microlites allongés, qui montrent de nombreuses macles de Karlsbad, quelques macles de l'albite dans les cristaux les plus larges et, très rarement, des lamelles de pericline. Ces microlites forment des gerbes superbes. Nous avons affaire à une roche très cristalline; le verre est, en effet, peu abondant. Il s'insinue entre les plagioclases, forme parfois leur cœur ou les par-sème de petites taches. Le minéral opaque ou semi-opaque est généralement présent en proportion assez considérable. Nous avons noté

de très rares sections chloritisées d'un petit phénocristal, ainsi que des agrégats arrondis de minéraux secondaires : silice et calcite.

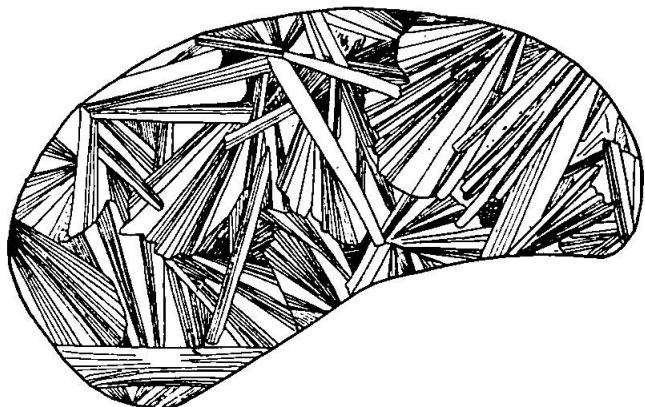


Fig. 7: Porphyrite arborescente moyenne. Type III/3.

Une variété de ce type est représentée par une porphyrite où les microlites sont beaucoup plus courts, légèrement plus larges, et présentent rarement des lamelles de péricline en plus des macles ordinaires. La matière chloritique est moins diffuse et s'est rassemblée en plages. L'arborescence est également moins manifeste.

4. *Porphyrite arborescente grossière*

Avec ce type nous atteignons le maximum de grossièreté de notre série de porphyrites arborescentes. On ne peut plus parler de fibres mais bien de microlites, qui passent à des phénocristaux.

Cette roche fortement cristalline est essentiellement formée de plagioclases maclés selon Karlsbad, albite, ou plus rarement selon une macle qui leur est perpendiculaire. Ces cristaux de feldspath ne sont pas strictement idiomorphes ; ils se présentent souvent en groupes composés de plusieurs cristaux, de forme irrégulière ou arrondie, limités par de la matière chloritique. Cette substance, que l'on peut assimiler à un verre, s'infiltre à l'intérieur d'un cristal pour former, soit des traînées qui semblent jalonnaient des plans de clivage ou de fracture, soit des taches amoebiformes ou des gouttelettes. Ajoutons que ces plagioclases sont souvent courbés ou tordus. Un minéral opaque en petits grains irréguliers parsème la roche en préférant les parties chloritiques ou vitreuses.

Nous ne pouvons plus parler en toute rigueur de structure arborescente, étant donné la grossièreté de la roche, et cependant nous avons là une structure passablement différente de celle des porphyrites andésitiques à microlites, qui ont même composition miné-

ralogique et même grosseur d'éléments. Les plagioclases ont, en effet, tendance à s'ordonner bout à bout, en files, qui convergent vers des centres formant des croix ou des étoiles.

Ainsi que nous l'avons vu, tous ces types de porphyrites arborescentes contiennent des granules opaques. Il semble qu'il s'agisse des deux minéraux. L'un semi-opaque, très fortement réfringent, possède une couleur gris-beige en lumière naturelle, et son abondance donne à ces porphyrites leur teinte grise et neutre. L'autre, beaucoup plus rare, est franchement opaque et noir. Alors que le premier pourrait être du sphène, ce dernier est très vraisemblablement de la pyrite, comme nous l'a montré un examen à l'illuminateur épiscopique. Il nous a paru logique de classer dans deux types spéciaux les roches qui se distinguent par la grande abondance de ce second minéral.

5. Porphyrites arborescentes avec minéral opaque

On ne peut mieux caractériser ce type, si l'on dit que c'est une porphyrite arborescente de grossièreté 2 ou 3 dont la majeure partie du verre ou de la substance chloritique a été remplacée par le minéral opaque noir dont nous avons parlé. Ce minéral souligne les arborescences feldspathiques; ici ou là un long microlite de plagioclase traverse les gerbes à l'emporte-pièce.

Les porphyrites arborescentes très fines peuvent aussi révéler une grande abondance de ce minéral opaque, sous forme de grains. Parfois il devient si prépondérant qu'il constitue au moins les quatre cinquièmes de la roche et forme alors, par place, des taches homogènes, les feldspaths ayant complètement disparu.

6. Plages de minéral opaque avec cristaux de feldspath

C'est une roche curieuse qui semble dériver des porphyrites arborescentes de type 4 ou peut-être d'une porphyrite andésitique. Au milieu d'une pâte formée d'une grande plage homogène de minéral opaque, on observe quelques petits phénocristaux trapus de plagioclase.

Roches de types aberrants

Nous avons réuni sous cette dénomination différentes roches dont nous n'avons trouvé que de rares, souvent que d'uniques fragments dans les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Leurs structures diffèrent de celles que nous avons décrites dans les porphyrites normales. Tout au plus pourrons-nous relever des analogies avec tel ou tel type.

1. Nous avons remarqué quelques fragments d'une roche très cristalline, formée de microlites de moyenne grandeur, enchevêtrés avec des lamelles de chlorite plus rares. Cette chlorite, à l'encontre de la matière chloritique vert-pâle qui, dans ce cas, ne fait que cibler les feldspaths, est nettement pléochroïque, fortement colorée en vert-glaucous et idiomorphe.

2. Notons un débris de roche felsitique très fine, crypto-cristalline, avec un seul gros phénocristal de plagioclase. Ce feldspath est très frais et présente l'aspect microtinique. Un minéral noir, franchement opaque, extrêmement divisé, saupoudre le fond, borde le phénocristal et s'y infiltre même. Ajoutons qu'en l'absence du grand plagioclase on pourrait fort bien confondre cette roche avec un jaspe fin chargé d'oxyde de fer.

3. Dans une coupe mince d'un grès de Taveyannaz du Déquemanlieu nous avons trouvé une roche holocrystalline composée de microlites de feldspath foliacés et enchevêtrés. On discerne deux sortes de feldspaths très différents. L'un est à coup sûr un plagioclase, comme l'indiquent ses macles polysynthétiques; l'autre, beaucoup plus rare, possède un relief notablement plus faible, mais étant donné la petitesse des sections et l'absence absolue de contacts avec le baume, nous n'avons pu le déterminer; peut-être est-ce un orthoclase. Quelques cristaux de plagioclase se distinguent par leur taille un peu plus forte, ils ne sont cependant pas strictement idiomorphes et sont entourés, parfois, d'une frange du feldspath à faible indice.

Il semble que les deux premiers de ces trois types peuvent être considérés comme des roches de la même série que les porphyrites, le premier type s'apparentant aux roches à structure diabasique, le second aux porphyrites andésitiques à pâte felsitique. En l'absence d'autres fragments, nous ne pouvons nous prononcer sur la nature et les relations du dernier type avec les autres roches volcaniques.

En résumé, nous avons, à l'instar de QUERVAIN, établi une classification fondée sur les différences de structure des débris de roches volcaniques rencontrés dans les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Nous avons pu ainsi les répartir, hormis quelques termes aberrants, en trois groupes de structures: andésitique, diabasique et arborescente. Au cours de cet essai de classification, nous avons surtout été appelé à examiner les différences que présentent ces divers types de structure; nous voudrions conclure en mettant en relief les analogies qui les lient.

Le groupe des roches à structure andésitique offre une grande

unité interne. Nous avons une série de structures présentant une variation constante du type vitrophyrique jusqu'aux types felsitiques et les termes que nous avons choisis pour les décrire ne se distinguent guère des termes intermédiaires que par une plus grande fréquence. Toutefois les roches felsitiques 13 b et 13 c présentent une individualité bien marquée, avec leur pâte caractéristique et leurs sections de minéraux ferromagnésiens.

Le groupe des porphyrites arborescentes présente également une grande unité, et ce phénomène sera confirmé par l'examen des porphyrites arborescentes des Gêts et de Jouplane. Dans ce groupe, les roches du type 4 se rapprochent parfois de certaines porphyrites andésitiques vitrophyriques, passablement cristallines et légèrement fluidales. On peut également remarquer des analogies entre les porphyrites arborescentes moyennes et les porphyrites andésitiques pilotaxitiques ou trachytiques.

Le petit ensemble de roches à structure diabasique présente des ressemblances avec les porphyrites des deux autres groupes; rappelons que, dans un même fragment, la structure diabasique peut passer à la structure arborescente.

Ainsi, soit par leur composition minéralogique qui est peu variable, soit par leurs structures qui, nous venons de le voir, présentent des termes intermédiaires, les roches volcaniques des grès du Val d'Illiez ont un air de parenté remarquable, et, lorsque nous rechercherons leur origine, rien ne nous empêchera de les faire dériver d'une même souche.

§ 2. Les minéraux

Les roches volcaniques des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez sont pauvres en minéraux. Les feldspaths forment la majeure partie de la roche, alors que le verre, la matière chloritique et des minéraux opaques constituent l'autre partie. Les autres minéraux sont exceptionnels.

Examinons les particularités des minéraux; nous avons pour cela divisé le sujet en quatre parties très inégales:

1. Les feldspaths.
2. Le verre et les matières chloritiques.
3. Les minéraux opaques ou semi-opaques.
4. Les traces d'autres minéraux reconnaissables principalement à la forme cristalline des sections épigénisées, très rarement à des restes du minéral primitif.

1. *Les feldspaths*

Ils forment, comme nous l'avons dit, la plus grande partie de nos roches. A l'exception du feldspath à faible indice du type aberrant 3, qui est peut-être un orthoclase, tous les feldspaths des porphyrites sont des plagioclases.

Nous avons intérêt à examiner en premier lieu les feldspaths des roches de structure andésitique, puis ceux des types diabasiques et arborescents; nous irons ainsi du plus connu au moins connu.

Les phénocristaux des roches à structure andésitique se présentent sous la forme de prismes, généralement assez trapus, bien idiomorphes surtout dans les types felsitiques. Ils sont presque toujours maclés selon albite ou Karlsbad. Parfois ces cristaux sont plus allongés, ils sont alors souvent cassés, courbés ou tordus.

Les plagioclases peuvent être très frais par places, ils sont néanmoins toujours poussiéreux dans l'ensemble. Tous présentent la particularité d'être plus ou moins criblés de taches de matière vitreuse ou chloritique. Dans bien des cas, nous observons un grand nombre de petites taches, de granules, de piqûres visibles seulement avec le fort grossissement, qui parsèment régulièrement le minéral. Parfois cette substance se condense en petits rectangles ou en aiguilles qui jalonnent un plan de clivage, un plan de macle ou une cassure irrégulière. Il arrive que le centre du plagioclase soit complètement remplacé par cette matière verdâtre ou par un verre analogue à celui du fond; nous voyons alors sous les nicols croisés un rectangle noir au cœur du cristal. Cette attaque du centre semble commencer par un réseau plus serré de matière chloritique au cœur du plagioclase.

Il importait de déterminer la basicité du plagioclase de nos porphyrites andésitiques. Pour cela, nous avons eu recours à trois méthodes d'inégale valeur.

a) Au moyen de l'indice de réfraction du plagioclase. Cet indice est assez délicat à estimer, et cela pour trois raisons. Les cristaux étant littéralement criblés de matière chloritique à fort indice, nous devons faire nos observations sur une section très fraîche. La pâte nous empêche la plupart du temps d'obtenir un bon contact avec le baume, car elle entoure le feldspath d'une mince pellicule vitreuse. Les cassures dues à la préparation de la coupe mince sont rares; il semble, en effet, que les actions mécaniques aient été amorties par le ciment du grès.

Toutes les mesures effectuées nous ont donné un indice légèrement inférieur, en tous cas jamais supérieur, à celui du baume; nous avons donc de l'albite ou un oligoclase acide.

b) Au moyen de sections orientées (méthode de Michel-Lévy). Nous avons opéré sur plusieurs sections sensiblement perpendiculaires à l'indice Np et sur une section parallèle à G 1. Nous avons toujours trouvé de l'albite à 0 % d'anorthite.

c) Au moyen du microscope théodolite (méthode de Fedoroff). C'est incontestablement la méthode qui nous donne le plus grand degré de précision et de sécurité.

Nous nous sommes servi des diagrammes donnés par L. DUPARC et M. REINHARD dans leur Mémoire sur les méthodes de FEDOROFF [30] et nous avons fait l'emploi des signes + et — préconisé par M. GYSIN [52].

On trouvera dans le tableau ci-dessous le résultat de nos mesures. Nous examinerons plus bas les enseignements qui se dégagent de ces observations. Remarquons que nous avons un peu anticipé, en effectuant des mesures sur des porphyrites trouvées dans des grès de Taveyannaz analogues à ceux du Val d'Illiez, mais provenant d'autres gisements. Dans le n° 5 il s'agit d'un grès de Cucloz, et dans le n° 10 d'un grès du Riedertal.

No.	Macles	% d'Anort.
1	*Albite-Karlsbad et acine ou Albite-Ala B et péricline Wülfing	environ 0 %
2	*Albite-Karlsbad et acine ou Albite-Ala B et péricline Wülfing	environ 0 %
3	*Albite-Karlsbad et acine ou Albite-Ala B et péricline Wülfing	environ 0 %
4	*Albite-Karlsbad ou Albite-Ala B	0—5 %
5	Albite-Karlsbad, acine et Baveno Toute autre solution exclue par Baveno	0—8 %
6	*Albite-Karlsbad et acine ou Albite-Ala B et péricline Wülfing	0—3 %
7	Albite et péricline Wülfing ou Acine et albite	0—6 %
8	**Albite Karlsbad et acine ou péricline Becke Albite-Ala B et péricline Wülfing	environ 0 %
9	Albite-Karlsbad et acine Albite-Ala B et péricline Wülfing	0—5 %
10	Albite-Karlsbad, Baveno et acine	0 %

Les plagioclases des porphyrites peuvent, au Fedoroff, donner lieu à une double indétermination; l'une ressort du tableau ci-dessus

et ne porte que sur la nature des macles en présence; l'autre, plus grave, intéresse la basicité du plagioclase.

Examinons la première de ces indéterminations.

Elle consiste en une indécision pour 0 % d'anorthite entre deux macles de la Zone [010]: acline ou péricline de Wülfing. Lorsque, en plus de cette macle, nous n'avons que celle de l'albite, l'indétermination est complète; en tournant la projection stéréographique autour de Ng, l'une et l'autre solutions sont satisfaisantes.

La présence de Karlsbad ou d'Albite-Karlsbad devrait supprimer toute hésitation; malheureusement, il suffit que tous les éléments de la projection ne tombent pas exactement sur 0 % d'anorthite pour que l'on ne puisse plus trancher avec certitude. En effet, supposons que l'on ait un cristal d'albite maclé selon Albite-Karlsbad et acline, marquons les différents éléments sur une projection stéréographique orientée par rapport aux indices (Nm au centre); plaçons cette épure sur le diagramme donné par DUPARC et M. REINHARD, et tentons de l'interpréter.

Le pôle du plan de macle d'albite et de Karlsbad (010) tombe dans le plan Ng-Nm; si nous retournons la projection autour de Ng, sa position ne varie guère; il en est de même de l'axe [010] d'acrine. L'axe de macle de Karlsbad, pour peu qu'il soit un peu excentrique, devient l'axe de macle $\perp \frac{[100]}{(010)}$ d'albite-Ala B, pour 0 %; l'axe d'albite-Karlsbad, s'il est placé entre 5 et 10 %, donnera, retourné, 12 à 18 % sur la ligne de migration de l'axe d'Ala-B [100]. Quant au plan de macle d'acrine, il devient celui de la péricline selon WÜLFING.

Nous nous trouvons donc en face de deux solutions: Albite-Karlsbad et acline ou Albite-Ala B et péricline selon WÜLFING. Il est évident qu'une des solutions est meilleure que l'autre; aussi avons-nous indiqué, dans le tableau, nos préférences par des astérisques. Il ressort de là que la solution Albite-Karlsbad et acline est presque toujours préférable, soit que les éléments cristallographiques soient mieux centrés sur les courbes, soit qu'ils indiquent des proportions d'anorthite plus concordantes. Cette solution est du reste confirmée dans les deux cas où la présence de la macle de Baveno exclut toute indétermination.

Dans un cristal qui ne présente que les macles d'Albite et de Karlsbad, ou, à plus forte raison, qu'une de ces macles, il s'ajoute une troisième solution. Supposons l'épure d'un cristal d'albite maclé selon Albite-Karlsbad; en lui faisant faire une rotation de 180° autour de Np, nous avons deux possibilités: Albite-Karlsbad à 0 % d'anor-

thite ou Albite-Ala à 30—35 %. Une telle interprétation est possible pour le cristal n° 4; nous ne l'avons pas ajoutée afin de ne pas surcharger le tableau. Si nous supposons que notre cristal est réellement de l'andésine contenant environ 30 % d'anorthite, il suffira de lui faire faire deux rotations, l'une autour de Np, l'autre autour de Ng, pour retomber sur la solution à 0 %, cette fois-ci avec la macle Albite Ala. Cette grave indétermination nous a conduit à rechercher des cristaux qui présentent un système de macles dont les plans sont sensiblement perpendiculaires l'un à l'autre.

Nous conclurons en remarquant:

- a) que nos plagioclases sont de l'albite;
- b) que les macles de péricline selon WÜLFING et d'Ala B doivent raisonnablement être écartées et qu'on doit leur préférer celles de Karlsbad et d'acline;
- c) que la macle selon la péricline selon Becke ne se présente qu'une fois et qu'un doute s'y attache, car le pôle de son plan tombe entre la courbe de cette macle et celle d'acline;
- d) qu'il s'agit d'une véritable albitisation de cristaux primitivement plus basiques, ainsi que le montrent les zones fossiles déjà signalées par M. GYSIN [21]. Ces zones ne présentent plus de différences d'extinction, leurs contours sont simplement soulignés par des impuretés.

L'exiguité des microlites rend leur détermination encore plus malaisée, toutefois d'après leur indice et une détermination sur une section Snp, nous avons aussi trouvé de l'albite. Le contraire aurait été étonnant, car les microlites sont en général plus acides que les phénocristaux.

Passons au feldspath des porphyrites arborescentes. Dans les types 1 et 2, nous avons des fibres dont la finesse et l'intrication avec la matière vitreuse nous interdisent la détermination. Dans le type 3, par contre, les macles apparaissent, macles de Karlsbad et de l'albite, et on peut se proposer de trouver la proportion d'anorthite de ces longs microlites en se servant de l'angle maximum d'extinction pour la zone perpendiculaire à G 1. Cet angle varie de 12° à 16° suivant les fragments. Nous retombons sur une indétermination analogue à celle qui existait dans les andésites: albite à 0—8 % ou andésine à 28—33 % d'anorthite. Mais dans ce cas, ni l'indice, ni des mesures au Fedoroff qui étaient impossibles, ne nous ont permis de lever le doute. Seule une analyse chimique de fragments isolés, avec dosage de CaO, nous permettrait de trancher.

Remarquons que ces microlites montrent de nombreuses inclusions de pâte vitreuse, qui se localisent généralement au centre du cristal.

Nous avons dit que le type 4 était formé de cristaux de feldspaths beaucoup plus gros que ceux du type précédent. Ils sont moins idiomorphes que dans le groupe des porphyrites à structure andésitique et ne présentent pas les associations caractéristiques des andésites. Ce sont des cristaux violemment tordus, fracturés, parfois même réduits en petits grains. Les macles d'albite et de Karlsbad sont communes, mais contrairement à ce qui se passe pour les porphyrites du premier groupe, les macles de péricline ou d'acline sont extraordinairement rares. Cette particularité, réunie à leurs autres caractéristiques (torsion, cassure) rend leur détermination particulièrement épineuse. Toutefois des sections orientées perpendiculairement à Np, ainsi que des appréciations de l'indice de réfraction, indiquent de l'albite à environ 0 % d'anorthite. Nous avons déjà noté, dans le paragraphe consacré aux structures, l'infiltration de la matière vitreuse à l'intérieur des cristaux sous forme de traînées, taches et aiguilles.

2. Verre et matière chloritique

Nous entendons par là une substance très légèrement verdâtre, à fort indice de réfraction (au minimum 1,6), isotrope ou faiblement biréfringente et alors dispersive dans les tons bleus. Cette substance constitue une partie de la pâte des porphyrites, elle s'infiltre dans les cristaux ou y forme des inclusions. Complètement dépourvue de formes cristallines, elle ressemble à un verre par son isotropie parfois totale et par sa présence dans la pâte. Par contre, son anisotropie partielle, sa dispersion souvent assez forte dans le bleu, et le fait qu'elle épigénise les restes de minéraux ferromagnésiens, la rattachent plutôt au groupe des chlorites proprement dites. Il est possible que ces deux termes coexistent et que, dans beaucoup de cas, nous ayons un verre chloritisé.

Dans le type aberrant 1 nous sommes en présence de lamelles de chlorite vraie, dont nous avons donné quelques caractères.

3. Minéraux opaques ou semi-opaques

Nous avons déjà fait connaissance avec ces minéraux; aussi n'ajouterons-nous que quelques indications.

Le minéral semi-opaque se trouve dans les porphyrites arborescentes sous forme de granules très fins, plus ou moins transparents et à très fort relief. Le ou les minéraux complètement opaques

sont noirs; on les rencontre en grains de grosseur très variable, parfois en agrégats. Dans ce dernier cas, nous ne pouvons guère savoir si ce minéral est primaire ou s'il résulte de l'altération d'un minéral ferro-magnésien. Dans les porphyrites andésitiques I 3c, nous avons, comme l'a signalé M. GYSIN, des grains de pyrite. Un examen à l'illuminateur épiscopique nous a montré que, dans la plupart des autres types, il s'agit aussi de ce minéral.

4. *Les autres minéraux*

Dans de rares fragments de porphyrites à pâte felsitique, nous avons relevé des sections d'apatite très idiomorphes, relativement grosses par rapport aux microlites.

Nous étudierons les restes de minéraux ferromagnésiens au paragraphe suivant, qui traite des phénomènes d'altération.

§ 3. Les phénomènes d'altération

1. *Les feldspaths*

Nous avons déjà longuement parlé des taches et des traînées de verre chloritisé qui criblent les plagioclases ou forment leur cœur. Ce phénomène est délicat à interpréter. Dans certains cas, il semble que nous ayons une altération magmatique qui s'est effectuée au moment de la consolidation de la roche; dans d'autres, la pâte vitreuse forme de véritables inclusions; enfin, il peut souvent s'agir d'une altération postérieure au refroidissement et à la consolidation des porphyrites.

Comme autre mode d'altération nous distinguons:

- a) une transformation assez rare et généralement partielle en carbonate, très probablement de la calcite;
- b) une séricitisation, particulièrement bien développée dans les porphyrites d'habitus andésitique de type I 3c;
- c) une kaolinisation révélée seulement par un voile poussiéreux.

2. *Les autres minéraux*

Dans le type I 3b, nous observons les traces de minéraux suivants: d'assez nombreuses lamelles de biotite, plus ou moins chloritisée, mais avec des reliquats du minéral primitif; de petites sections de hornblende chloritisées ou calcitisées reconnaissables à leurs formes et à leurs clivages; des sections chloritisées que l'on peut attribuer à des cristaux de pyroxène.

La biotite est souvent entourée d'une couronne de minéral opaque. Les andésites des environs de Ménerville présentent le même phénomène, dû sans doute à une résorption magmatique.

Dans le type I 3c, nous avons de très grandes sections d'un minéral complètement transformé en chlorite et en carbonate. La chlorite est, suivant les sections, fibreuse ou foliacée; elle est tantôt isotrope, tantôt légèrement biréfringente et magnifiquement disper-sive dans les tons violet-bleu foncé; son allongement est positif, il faut sans doute la rattacher au groupe des pennines. Le carbonate se présente en agrégats grenus, qui occupent généralement le centre des plages de chlorite. Ces grandes sections sont en outre le plus souvent entourées d'un liséré de pyrite qui peut aussi souligner les clivages.

Une partie de ces sections appartient certainement à une amphibole de grandes dimensions (sections rhombiques avec clivages à 120°). D'autres, beaucoup plus petites, indiquent probablement un pyroxène (sections carrées); il est possible qu'il y ait des lamelles de biotite chloritisées.

3. *Le verre*

Il s'altère généralement en une matière chloriteuse. Sa couleur passe du vert clair au jaune pâle, puis au jaune foncé, tandis que sa structure devient légèrement fibreuse et que sa biréfringence augmente. Cette altération s'observe aussi bien dans les porphyrites andésitiques que dans les porphyrites arborescentes et dans les galets de verre dont nous parlerons plus loin.

Beaucoup plus rarement, le verre se transforme en carbonate. Nous avons observé ce phénomène dans les galets de verre (v. plus bas) et dans un fragment de porphyrite du type 1. Les plagioclases relativement frais se détachent sur un fond entièrement carbonaté, grenu, probablement calcifique et parsemé d'assez gros grains de minéral opaque, répartis en petits amas.

En résumé: les minéraux de nos grès de Taveyannaz sont en nombre très réduit.

Le feldspath forme la plus grande partie des porphyrites. Toutes nos mesures nous ont indiqué un plagioclase très acide, voisin de l'albite. Il est plus ou moins criblé de taches de verre généralement plus denses en son centre. Il se séricite, se calcite aussi, mais rarement.

Les minéraux opaques et semi-opaques sont de deux types différents: 1. un minéral légèrement transparent, gris-beige, à indice très

fort, toujours en grains tout petits; 2. un minéral complètement opaque en grains de grosseur variable, quelquefois en plages assez grandes. Dans le type I 3c nous avons des cristaux de pyrite.

Les autres minéraux, fort rares, sont l'apanage des andésites à pâte felsitique. Ce sont: l'apatite, peut-être le quartz, et des minéraux ferro-magnésiens presque complètement chloritisés ou carbonatés, parmi lesquels on reconnaît des sections d'amphibole, de biotite et de pyroxène.

Le verre est une substance à fort relief, légèrement verdâtre, présentant souvent une faible anisotropie avec dispersion dans le bleu. Il s'altère graduellement en une substance chloritique jaunâtre, plus anisotrope et fibreuse. Beaucoup plus rarement il se transforme en carbonate, probablement de la calcite.

CHAPITRE III LE MATÉRIEL NON-VOLCANIQUE

Les galets de roches plutoniques et sédimentaires forment la majeure partie de nos microconglomérats de Taveyannaz. Elles présentent une variété de types étonnante; il serait impossible et, au reste, superflu de donner une description détaillée de toutes ces roches. Nous nous contenterons de les grouper selon leur composition minéralogique et leur origine présumée, en insistant sur les types dont nous nous servirons plus tard pour établir des relations entre nos grès et d'autres formations du Flysch.

§ 1. Les roches plutoniques

Nous avons distingué quatre groupes:

- a) les roches granitiques,
- b) les galets de quartz,
- c) les roches aplitiques,
- d) les roches porphyriques acides.

a) *Les roches granitiques*

Les granites typiques avec quartz, oligoclase acide ou albite, orthose ou microcline, biotite ou muscovite, sont rares; le plus souvent nous rencontrons des roches très acides, très leucocrates, composées uniquement de quartz, d'un oligoclase acide et d'un orthoclase. Avec l'augmentation de la proportion de quartz nous arrivons au deuxième groupe.

b) *Les galets de quartz*

Ce sont des fragments formés d'un certain nombre de plages de quartz engrenées les unes dans les autres, dont la grandeur varie entre de très larges limites; dans un même galet, de gros grains voisinent avec une véritable purée de quartz. L'extinction est floue, onduleuse, souvent avec de superbes stries de Böhm, imitant des macles polysynthétiques. Parfois un peu de chlorite se glisse dans les fissures. On peut aussi rencontrer un feldspath isolé au milieu de la masse quartzique.

Ces galets de quartz l'emportent par leur abondance sur toute autre roche représentée dans les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Ils proviennent sans doute de filons de quartz ayant subi de fortes actions mécaniques.

c) *Les roches aplitiques*

Ce groupe comprend :

1. De nombreux fragments de roches montrant une structure panidiomorphe grenue. Elles sont formées uniquement de grands plagioclases, très fortement altérés en calcite. Les macles sont floues et l'indice semble légèrement supérieur à celui du baume;
2. Des fragments de pegmatites graphiques très caractéristiques, mais beaucoup plus rares que les roches précédentes.

d) *Les porphyres acides*

Ce groupe est assez hétérogène, car nous y avons placé plusieurs fragments dont la nature est mal déterminée. Ainsi des roches à structure crypto-cristalline, dont il est difficile d'affirmer que ce ne sont pas des débris de certaines porphyrites andésitiques à pâte felositique, ou des galets de jaspe fin. Nous avons aussi rattaché à ce groupe quelques rares fragments ressemblant les uns à des quartz porphyres, les autres à des porphyres globulaires.

§ 2. Les roches sédimentaires

A. Ensemble des roches siliceuses à grain très fin

1. Les jaspes à radiolaires ou radiolarites vraies.
 2. Les jaspes sans radiolaires.
 3. Les jaspes à rhomboèdres de carbonate.
 4. Les jaspes schisteux.
1. Les jaspes à radiolaires ou radiolarites vraies

Les radiolarites vraies sont rares. Toutefois nous en avons trouvé de très belles, soit en coupe mince, soit en échantillons macroscopiques.

piques. Ainsi dans le conglomérat de la Poya nous avons des galets de radiolarites typiques, de couleur verte ou rouge, qui peuvent dépasser 6 cm de diamètre.

Le microscope nous révèle une roche très fine, formée de grains de quartz minuscules. Elle est saupoudrée de poussière tantôt rougeâtre, tantôt faite de grains opaques noirs. Les radiolaires forment généralement des taches arrondies plus claires, dépourvues de pigment, et constituées par une variété de silice souvent fibro-radiée, probablement de la calcédonite. Dans un cas nous avons noté des radiolaires calcifiés.

2. Les jaspes sans radiolaires

Ils sont analogues aux roches précédentes, mais ne présentent pas trace d'organismes. Le degré de finesse du grain est variable. Dans les types les plus fins il est difficile de les distinguer de certaines pâtes cryptocristallines de roches volcaniques.

Avec le plus fort grossissement on voit, dans certains fragments, de petites taches de carbonate qui peuvent s'agglomérer en plages plus grandes. Nous avons également cru apercevoir de minuscules paillettes de séricite, qui représenteraient le résidu argileux de ces roches. La pigmentation est variable, moins prononcée en général que dans les radiolarites vraies, et de nombreux fragments sont même entièrement transparents. Nous observons parfois des galets de jaspe parcourus de veinules formées de grains de quartz plus gros et très purs.

3. Jaspes à rhomboèdres de carbonate

C'est une variété très curieuse de jaspes où le résidu carbonaté a cristallisé en nombreux petits rhomboèdres isolés ou groupés; parfois ces rhomboèdres sont colorés en rouge par des impuretés, il s'agit peut-être de dolomite.

4. Les jaspes schisteux

Les jaspes peuvent prendre une structure schisteuse; parfois avec addition de matières argileuses. Ils peuvent être confondus avec des morceaux de quartz filonien ultra-mylonitisé.

B. *Ensemble des schistes*

Les roches schisteuses, sans être abondantes, sont communes dans nos grès. Comme elles ne présentent que peu d'intérêt, nous les laisserons de côté.

C. Ensemble des grès et des quartzites

Les grès-quartzites observés offrent toutes les variétés reliant les quartzites typiques aux quartzites chloritiques ou séricitiques et même aux grès à biotite.

Les grès calcaires sont représentés par un grand nombre de variétés dont nous ne décrirons que les plus typiques. Retenons tout d'abord un type microconglomératique, où, à côté de galets de quartz très abondants, on voit des débris de calcaires et un fragment de jaspe à rhomboèdres de carbonate semblable à la roche que nous avons décrite plus haut. Les minéraux de ce microconglomérat sont des grains de quartz et de feldspath accompagnés de paillettes de muscovite. Le ciment argilo-calcaire est peu abondant.

Si la proportion de ciment augmente, en même temps que la grosseur du grain diminue, nous arrivons à une roche très caractéristique des grès du Val d'Illiez. C'est un grès fin dont les éléments sont constitués essentiellement par des grains de quartz, de glauconie et des lamelles de muscovite. Le fond est calcaréo-siliceux; la silice forme des agrégats microgrenus ou cryptocrystallins qui l'emportent parfois sur la partie calcaire. Les débris d'organismes sont généralement très abondants; nous remarquons de nombreux spicules de spongiaires.

Lorsque le ciment devient nettement prépondérant, nous passons à un calcaire gréseux, qui est le premier type de l'ensemble suivant.

D. Ensemble des calcaires

Un terme extrême du calcaire gréseux dont nous venons de parler est un calcaire siliceux très fin. Nous trouvons encore dans nos grès des fragments de:

- calcaire foncé à Globigérines nombreuses;
- calcaire fin à globigérines et spicules de spongiaires;
- calcaire lithographique du Crétacé supérieur à Globigérines et Globotruncana;
- calcaire du Nummulutique à Nummulites;
- calcaire dolomitique microgrenu, avec superbe structure cellulaire. Macroscopiquement ce calcaire est jaune.

En résumé: Les roches non volcaniques qui, au cours de l'examen en coupe mince des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez, retiennent le plus notre attention sont, par ordre de fréquence: le quartz d'origine filonienne à plages engrenées; les jaspes et radiolarites; les aplites feldspathiques panidiomorphes grenues; les cal-

caires dolomitiques; les grès calcaréo-siliceux à glauconie et spicules de spongiaires; les pegmatites graphiques; les jaspes à rhomboèdres de carbonate.

§ 3. Les minéraux isolés

Autant les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez sont riches en galets de roches variées, autant ils sont pauvres en minéraux. Cela n'a rien d'étonnant, si nous nous rappelons que la plupart de leurs éléments sont presque uniquement composés de quartz, de feldspath, de substances chloritiques ou vitreuses, et de calcite.

Nous allons examiner ces minéraux en commençant par les plus communs.

1. *Le quartz*

Il est extrêmement abondant et peut provenir soit des nombreuses roches sédimentaires (grès, quartzites), soit de roches plutoniques (granites, gneiss et surtout quartz filonien).

2. *Les feldspaths*

a) Les plagioclases l'emportent de beaucoup. Ils présentent deux variétés:

1. des plagioclases bien maclés, relativement frais, ayant plus ou moins conservé leur forme cristalline et généralement petits. La majorité de ces cristaux provient des porphyrites andésitiques, comme le prouvent des inclusions vitreuses ou des restes de verre adhérant à leurs contours;
2. des plagioclases très altérés, carbonatisés ou séricités, souvent énormes, à macles floues ou inexistantes. Ces plagioclases peuvent trouver leur origine dans les aplites feldspathiques, dans les granites et dans les porphyrites de type I 3c.

b) Des orthoclases, représentés surtout par du microcline reconnaissable à son fort relief négatif et ses macles en grille plus ou moins marquée. Ce sont, sans nul doute, les granites et les gneiss qui sont la source de ce feldspath ainsi que de l'orthose, beaucoup plus rare.

3. *Les grains de calcite.*

4. *Le verre et les matières chloritiques.*

Nous plaçons dans cette catégorie les fragments de la substance vitreuse décrite plus haut: substance transparente, à fort indice de

réfraction, strictement incolore et isotrope ou légèrement verdâtre et biréfringente avec dispersion dans le bleu. L'anisotropie n'affecte pas, dans la plupart des cas, toute la plage mais forme des taches, des traînées qui produisent un aspect feutré, fibreux ou même arborescent. Cette substance peut, comme nous l'avons vu, s'altérer en jaune-rouille. Notons qu'elle est souvent accompagnée de grains opaques assez gros et de plages de calcite maclée qui semble s'être développée au détriment du minéral primitif.

Cette matière vitreuse se rencontre en fragments dont la grosseur va de celle de petits grains jusqu'à celle de gros galets. On doit rechercher l'origine de cette substance dans la série des porphyrites: soit dans la pâte des porphyrites andésitiques, soit dans les minéraux chloritisés, soit encore dans la substance où devaient se trouver primitivement dispersées les varioles de porphyrite arborescente.

Un galet curieux observé dans un échantillon provenant du Déquemanlieu semble être une variété de verre. C'est un gros morceau triangulaire, d'une substance vert-jaunâtre, faiblement anisotrope, dont la couleur est plus accusée sur les bords à la suite d'altération. On observe une sorte de schistosité, qui se traduit par de minuscules paillettes de substance plus foncée, ces paillettes sont orientées parallèlement et tendent vers l'extinction commune. Des grains de minéral opaque s'y trouvent répartis sans ordre. On note une grosse veinule remplie de calcite maclée et de petits filonnets constitués par un agrégat très fin de quartz, de feldspath et de minéral opaque.

Les lamelles de chlorite vraie sont rares.

5. *Muscovite*

Elle se présente en petites lamelles plus ou moins tordues.

6. *Biotite*

Nous la trouvons en lamelles plus ou moins altérées en chlorite. Les deux micas peuvent provenir des granites et gneiss, et peut-être aussi de certains grès.

7. *Grains de pyrite*

Nous voulons terminer ce paragraphe en remarquant que nos grès ne contiennent pas de fragments d'amphibole, ni de pyroxène, qui pourraient faire croire à la destruction d'andésites vraies. D'autre part, la glauconie en est absente.

§ 4. Le ciment

Le ciment des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez est peu abon-

dant. Il est essentiellement calcaire, avec des voiles de matière argileuse et des traînées de substances opaques.

Il n'est pas exclu que le ciment des grès du Col d'Emaney soit un peu magnésien, étant donné l'abondance des fragments de calcaire dolomitique; il en serait de même pour certains grès de Taveyannaz de la région de Mex.

CHAPITRE IV FORMES ET RELATIONS DES ÉLÉMENTS ENTRE EUX

§ 1. Forme et grosseur des éléments

a) Forme

En général les éléments de nos grès de Taveyannaz sont arrondis, ils ont été manifestement roulés; c'est dans les microconglomérats moyens que le phénomène est le plus sensible. Il faut cependant remarquer que les roches volcaniques prennent souvent des formes variées. Ainsi les débris de porphyrites arborescentes peuvent former des sections triangulaires ou rectangulaires très allongées; les porphyrites andésitiques présentent parfois une allure bizarre, elles s'infiltraient littéralement entre d'autres galets en émettant des sortes d'appendices. Dans les grès où les fragments de roches volcaniques sont nombreux, il est parfois difficile de tracer une limite entre deux fragments ou entre certains débris et le ciment. Ces phénomènes prennent une grande ampleur dans les grès de Taveyannaz ordinaires décrits par de QUERVAIN [100, p. 12].

b) Grosseur

La grosseur des éléments est naturellement très variable selon que l'on a affaire à un grès fin, à un microconglomérat ou à un poudingue dont les galets dépassent parfois 20 cm de diamètre (La Berte, La Poya, La Pâle).

Nous nous sommes demandé si certains types de roches l'emportaient sur d'autres par la grosseur de leurs fragments. Disons d'emblée qu'il ne semble pas qu'il en soit ainsi, bien que nous n'ayons pas effectué le travail statistique que demanderait la solution de ce problème. L'élément le plus gros de la coupe est généralement une roche non volcanique: quartz à plages engrenées, aplite feldspathique ou grès calcaréo-siliceux glauconieux, mais cela est sans doute dû au fait que ces roches étant plus abondantes que les porphyrites, les chances de rencontrer un gros débris sont donc plus élevées.

Notons que le plus gros galet de porphyrite trouvé dans nos

conglomérats a été recueilli à la Berte; il dépasse 10 cm. de diamètre. C'est une porphyrite andésitique felsitique du type c.

§ 2. Proportions des différents éléments

Nous insisterons tout particulièrement sur la proportion du matériel volcanique par rapport au reste de la roche.

On peut recourir à deux méthodes pour se faire une idée de l'importance quantitative des différents éléments: soit compter les débris de roches au-dessus d'une taille déterminée, soit effectuer des mesures à la platine d'intégration de Shand. La première de ces méthodes ne peut pas s'appliquer aux minéraux et nous donne des indications beaucoup moins précises que la seconde. La platine de Shand nous permet d'exprimer la quantité d'un élément en pour cent du volume de la roche. Elle permet ainsi de se faire une idée beaucoup meilleure de la composition du grès. Nous l'avons employée pour une dizaine de coupes minces. Voici les résultats que nous avons obtenus:

Roches volcaniques	Roches sédimentaires	Roches plutoniques	Minéraux et ciment
9,9 %	10,8 %	30,4 %	49,8 %
Maximum 13,3 %			

Nous pensons que le matériel *v o l c a n i q u e* (roches et minéraux provenant de la destruction de ces roches) ne dépasse qu'extrêmement rarement 20,0 %.

§ 3. Phénomènes accompagnant les variations de grosseur du grain

Que se passe-t-il lorsque la grosseur du grain diminue, en d'autres termes lorsque nous passons des microconglomérats aux grès proprement dits?

Remarquons tout d'abord que le type de porphyrite andésitique I 3c ne se trouve qu'en gros fragments (voir plus haut).

A mesure que la grosseur du grain diminue, les fragments de roches déterminables se font plus rares; il est vrai que nous trouvons ça et là des débris plus gros qui nous donnent des indications, mais la roche qui était hétéroclastique devient, ainsi que l'a relevé F. DE QUERVAIN [100], de plus en plus isoclastique. Il arrive un moment où l'on ne reconnaît plus que les fragments de jaspes, de porphyrites arborescentes fines et de matières vitreuses. Ces roches sont en effet non seulement très résistantes, du moins les deux premières, mais

elles sont surtout plus homogènes que les autres et ne se fragmentent pas en parties différentes du tout.

Au dessous de 0,1—0,2 mm. de diamètre pour les grains les plus gros, on ne peut généralement pas déterminer à coup sûr un grès de Taveyannaz, les petits débris de porphyrites arborescentes pouvant être confondus avec certaines variétés de chlorites fibreuses. Nous arrivons ainsi à un grès quartzo-feldspathique ordinaire, qui ne diffère d'un arkose que par son ciment marnocalcaire. Des variations telles que celles que nous venons de décrire s'observent sur de très petites distances n'excédant pas quelques millimètres.

§ 4. Les variations de composition dans les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez

Nous nous sommes demandé si la composition de nos grès variait d'un gisement à l'autre. On pouvait s'attendre à des variations dans deux sens, soit latéralement dans un même banc, soit verticalement d'un banc inférieur à un banc supérieur. Nous n'avons pu donner une réponse précise à cette question; pour cela il aurait fallu:

- a) étudier un très grand nombre d'échantillons également répartis entre les différents gisements qui nous intéressaient;
- b) connaître dans quelles proportions la composition des grès d'un même gisement peut varier;
- c) opérer sur des grès de même grosseur de grain.

Notre matériel ne réalisait que trop imparfairement ces conditions. Cependant nous croyons pouvoir avancer sous toutes réserves que:

1. la proportion des fragments de porphyrite de type I 3b augmente notablement lorsqu'on se rapproche de la frontière franco-suisse et que les galets de porphyrite I 3b sont caractéristiques du conglomérat de La Berte.
2. qu'il existe une variation analogue, mais beaucoup moins sûre et moins marquée lorsqu'on passe du banc de La Pâle à celui du Chalet supérieur de Valayre sur la rive droite de la Vièze.
3. que le banc de la Condemine, et à moindre degré celui des Giettes, sont caractérisés par les porphyrites arborescentes des types opaques III 5 et III 6.
4. que les fragments de porphyrites arborescentes très grossières du type III 4 sont peut-être plus abondants dans les grès du Col d'Emaney.

5. que la proportion d'éléments dolomitiques augmente lorsqu'on se dirige du Val d'Illiez vers le faîte des Aiguilles Rouges, par Mex, jusqu'au Col d'Emaney.

Ces quelques indications n'ont d'autre but que d'aider celui qui reprendra avec plus de rigueur l'étude des variations de composition des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez et de lui permettre de s'appuyer sur des hypothèses de travail.

En résumé, les éléments des microconglomérats de Taveyannaz du Val d'Illiez sont généralement arrondis. Les porphyrites et les fragments de substance vitreuse peuvent prendre cependant des formes bizarres.

La proportion des éléments volcaniques est environ de 10 %, plutôt en dessous de cette valeur qu'en dessus.

Lorsque la grosseur du grain diminue, la roche perd ses caractéristiques de grès de Taveyannaz. Si cette tendance est accentuée par la proportion relativement faible des porphyrites et parce que les minéraux de ces porphyrites ne sont pas caractéristiques, elle est atténuée par le fait que les porphyrites arborescentes et les jaspes résistent mieux à la fragmentation et sont reconnaissables en plus petits débris que les autres roches.

Pour ce qui est de la variation de composition des grès de Taveyannaz d'un gisement à l'autre, les trois phénomènes les plus probables sont un enrichissement en porphyrites de type I 3b et I 3c vers le haut du Val d'Illiez, la présence de porphyrites arborescentes opaques III 5 et III 6 dans les grès de Taveyannaz situés entre Chouex et les Giettes, un accroissement du nombre des débris de calcaires dolomitiques lorsqu'on se dirige vers le S.E.

CHAPITRE V

QUELQUES AUTRES AFFLEUREMENTS DE MICROPOUDINGUES A PORPHYRITES ARBORESCENTES

On trouvera dans une note préliminaire [131] l'essentiel de ce chapitre. Nous donnons ici quelques développements, ainsi que quelques nouveaux détails.

§ 1. Affleurements de la région d'Arâches-Reposoir.

Les grès de Taveyannaz se trouvent en Haute-Savoie sur les deux rives de l'Arve. Ils appartiennent soit à la Nappe de Morcle-Aravis, soit à l'autochtone ou au paraautochtone. D'après les descriptions des

auteurs [29], il s'agit de grès de Taveyannaz ordinaires verts et mouchetés, avec une très forte proportion de matériel volcanique.

Quelques coupes minces provenant d'échantillons recueillis par AUG. LOMBARD nous montrent toutefois des grès de Taveyannaz assez analogues à ceux du Val d'Illiez. Ainsi dans un grès récolté sur la route de Balme à Arâches, nous notons: des porphyrites andésitiques sans éléments ferro-magnésiens des types I 2a, avec ou sans passage des phénocristaux aux microlites, I 2b, I 3a et I 3b à restes de minéraux fémiques complètement altérés; ces derniers types prédominent; et, surtout, un fragment arrondi de porphyrite arborescente. La proportion d'éléments volcaniques est très élevée.

Une coupe mince faite dans un échantillon provenant de Saint-Jean de Sixt nous révèle un micropoudingue beaucoup plus polygénique, avec de nombreux débris de porphyrites arborescentes des types III (plusieurs variétés), III 2, III 3; des porphyrites andésitiques I 3b; des jaspes, radiolarites, jaspes à rhomboèdres de carbonate et des roches granitiques.

Dans un grès provenant de la Clusaz, on peut également observer des débris de substance vitreuse et d'aplite feldspathique grenue.

Ces deux dernières trouvailles nous amènent à conclure à la présence, dans le synclinal complexe du Reposoir, de micropoudingues polygéniques caractérisés par de nombreuses radiolarites et porphyrites arborescentes.

2. Les grès de Taveyannaz à porphyrites arborescentes du Riedertal

Lors d'une traversée de la Suisse centrale nous avons trouvé dans le Riedertal, où coule un affluent du Schächenbach, des grès analogues aux grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Ces grès forment, à côté des grès de Taveyannaz ordinaires, verts ou mouchetés, une grande partie des alluvions du torrent principal. Nous n'avons pas eu le temps de les rechercher en place. Etant donné que le lit de petits torrents est rempli de leurs galets, on peut penser qu'ils affleurent assez près.

De prime abord, on croit être en présence de grès quartziques communs, assez grossiers et à ciment foncé. Avec la loupe cependant, on peut déjà apercevoir des débris de roches rouges et vertes. Le microscope a confirmé notre impression. Un ensemble de cinq coupes minces permet d'énumérer les fragments de roches suivantes: porphyrites andésitiques albitisées sans minéraux ferromagnésiens des types I 1, I 2a ordinaire, I 2a type de passage des microlites aux

phénocristaux, I 2b, I 3a, I 3b; porphyrites arborescentes des types III 1, III 2, III 3; porphyrite diabasique II 1; substance vitreuse verdâtre. Nous omettons quelques autres débris qui se rattachent sans aucun doute à l'un de ces groupes de roches volcaniques, mais présentent un caractère légèrement aberrant. Parmi les roches éruptives et sédimentaires, on remarque:

Des aplites feldspathiques à gros grains, des pegmatites graphiques, des granites leucocrates, des galets de quartz à plages engrenées; des jaspes, des jaspes à rhomboèdres de carbonate; des calcaires dolomitiques.

La simple lecture de cette énumération permet de reconnaître un grès de Taveyannaz du Val d'Illiez des plus typiques. Cette diagnose sera confirmée si nous ajoutons que les proportions des diverses roches n'ont pas essentiellement changé.

Toutefois, il se dégage de l'examen de ces cinq coupes les impressions suivantes: les roches d'épanchement prédominantes sont, à côté des porphyrites arborescentes, les porphyrites andésitiques felsitiques. La proportion totale des roches volcaniques semble un peu plus forte que dans nos grès du Val d'Illiez, par contre les roches de la famille des jaspes sont moins abondantes. Enfin le caractère polygénique semble moins accusé.

3. Les lentilles de grès de Taveyannaz à porphyrites arborescentes sous les Préalpes Bordières.

En 1937, AUG. LOMBARD a découvert sous les Voirons, près de l'hôtel Bellevue, une lentille de micropoudingues polygéniques. Il en a donné une diagnose pétrographique, due à W. ROSIER, et les a déterminés comme des grès de Taveyannaz [71, 72].

Nous avons repris l'examen microscopique en coupes minces de ces micropoudingues, afin de les comparer aux grès de Taveyannaz que nous connaissions.

Ce sont des grès de Taveyannaz du type Val d'Illiez, car ils ne contiennent pas les andésites vraies des grès de Taveyannaz ordinaires. On peut, par contre, noter les fragments de roches caractéristiques suivantes: des porphyrites andésitiques des types I 1, I 2a, I 2b, I 3a, I 3b, I 3c (?); des porphyrites diabasiques II 1 très belles; des porphyrites arborescentes plus rares, des types III 1 et III 2; de la substance vitreuse verdâtre; du quartz filonien à plages engrenées, des pegmatites graphiques, des jaspes, de superbes radiolarites, des jaspes à rhomboèdres de carbonate, des grès calcaréo-siliceux glauconieux.

Ces microconglomérats présentent cependant un certain nombre de différences avec les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez:

- a) la présence de roches inconnues dans ces derniers: un débris de roche serpentineuse, un fragment de gneiss à grenats et surtout un grain d'andésite vraie à plagioclase basique, zoné, et à restes de hornblende et de biotite dans une pâte felsitique;
- b) la présence de quelques grains de glauconie qui semblent trop frais pour être remaniés;
- c) la proportion beaucoup plus faible de roches volcaniques et le ciment calcaire plus abondant;
- d) les quelques organismes ou fragments d'organismes cités par AUG. LOMBARD.

AUG. LOMBARD arrive à la conclusion que nous sommes en présence de lentilles de grès de Taveyannaz jalonnant le plan de chevauchement des Préalpes Bordières sur la molasse subalpine. Il recherche l'origine de ces grès dans le Flysch du synclinal complexe Arâches-Reposoir qui réunit la Nappe de Morcles-Aravis à l'Autochtone. Les faits relatés dans le paragraphe 1 de ce chapitre confirment cette manière de voir. Il observe enfin dans les grès de Cucloz décrits par E. GAGNEBIN [36, p. 31], sous les Pléiades, entre Montreux et Châtel-St. Denis, des grès de Taveyannaz occupant une position analogue.

En 1942, lors d'une excursion avec E. NIGGLI, nous avons recueilli des échantillons de ces grès de Cucloz.

Sous le microscope on peut reconnaître un grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. A l'appui de cette diagnose citons des fragments de porphyrites andésitiques des types I 1 (?), I 2b, I 2c type de « passage », I 3a, I 3b; des porphyrites arborescentes III 1 et III 2; de substance verte vitreuse; de granite leucocrate, quartz engrené, jaspes, radiolarite, grès glauconieux. Notons encore des fragments d'une roche porphyrique avec des phénocristaux de plagioclase (?) complètement séricités, d'orthoclase kaolinisé et de quartz pris dans une pâte felsitique formée de quartz et de feldspath avec quelques plus gros grains de quartz et des lamelles de biotite fortement chloritisée. Un grain de cette porphyrite contient une enclave de nature analogue, mais à laquelle des granules opaques donnent une couleur plus foncée.

En résumé les grès de Cucloz, comme l'avait prévu AUG. LOMBARD, sont des grès de Taveyannaz. Leur composition paraît inter-

médiaire entre les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez typiques et les grès de Bellevue. Citons, à titre accessoire, la découverte d'une Orthophragmine.

Ces grès grossiers forment des bancs massifs pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur; ils montrent des passages verticaux et latéraux assez rapides, à des grès fins. Des schistes micacés déli-tables, à restes de végétaux assez abondants, séparent les bancs.

4. Les grès de Taveyannaz à porphyrites arborescentes des Bornes

MORET, dans sa monographie sur le massif des Bornes [91, p. 48], signale la présence assez constante d'un niveau polygénique souvent conglomératique caractérisant le Tertiaire de cette région. Vers l'intérieur, ce niveau se raccorde aux grès de Taveyannaz du Reposoir que l'auteur place dans l'Eocène, alors que, vers l'extérieur, il s'élève dans la série stratigraphique et atteint le Sannoisien aux Barattes (Annecy).

Nous avons eu la chance de pouvoir examiner un certain nombre d'échantillons provenant de ce niveau et recueillis par AUG. LOMBARD. Tous nous ont montré des porphyrites arborescentes et de la substance verdâtre vitreuse. Voici une brève description microscopique de ces échantillons:

a) Grès éocène du synclinal d'Andey. — Grès quartzo-feldspathique avec ciment calcaire relativement abondant. Nombreux fragments de porphyrites arborescentes des types III 1 et III 2. Galets de substance vitreuse verdâtre; débris de jaspes, radiolarites et jaspes à rhomboèdres de carbonate.

b) Micropoudingue provenant du niveau 9 [91, p. 43] des Barattes. Grès quartzo-feldspathique assez calcaire à nombreux fragments de porphyrites arborescentes des types III 1 et III 3, substance vitreuse, jaspes et radiolarites.

c) Micropoudingue de Sur-les-Bois (Vieux-Annecy). Microconglomérat à ciment calcaire abondant. Voici la liste des éléments de cette roche: porphyrite felsitique à fond flou (se rapproche du type I 3d); porphyrites arborescentes des types III 1 et III 3, porphyrites diabasiques II 1 rares mais très belles, substance vitreuse verdâtre; calcaires, calcaires gréseux, grès à spicules de spongiales, grès grossiers glauconieux, jaspes, schistes jaspoides, jaspes à rhomboèdres de carbonate; quartz filoniens à plages engrenées et quartz-porphyrates.

d) Molasse oligocène de Brogny (route de La Roche à Annecy). Dans un ciment calcaire très abondant et bien recristallisé nous voyons des débris de quartz-porphyrates, quartzites, jaspes et radiolarites rouges, calcaires fins, substance verdâtre vitreuse et peut-être porphyrites arborescentes. Dans ce dernier cas, toutefois, un doute subsiste.

§ 5. Les micropoudingues à porphyrites arborescentes de la molasse subalpine des Voirons

AUG. LOMBARD décrit [74, p. 11] dans la molasse charriée du soubasement des Voirons deux niveaux microconglomératiques. Le niveau inférieur qui se trouve dans les pentes dominant Machilly est parallélisé avec les grès de Vaulruz; le niveau supérieur, celui du ravin de Milly, avec les grès de Horw. Tous deux seraient donc d'âge rupélien. L'auteur donne une diagnose pétrographique détaillée de ces roches et il est inutile de la reprendre; nous voulons seulement insister sur quelques points.

Dans le niveau de Machilly (ainsi que dans celui de Langin), on trouve des porphyrites arborescentes III 1 et III 2, deux fragments douteux de porphyrites andésitiques à microlites et des débris de substance vitreuse. Rappelons qu'AUG. LOMBARD signale des jaspes et radiolarites, qui sont en effet assez abondants.

Dans le niveau du ravin de Milly, une coupe nous montre des débris de porphyrites arborescentes des types III 1, III 2, III 3 et de porphyrites diabasiques II 1. Nous relevons, comme dans toutes ces roches, la présence de substance vitreuse verte et de nombreux débris de jaspes. Remarquons que ces micropoudingues ont un ciment calcaire abondant et que presque toutes les coupes contiennent des débris d'organismes et même des Nummulites entières.

En résumé, nous trouvons des microconglomérats analogues aux grès de Taveyannaz du Val d'Illiez dans les trois régions suivantes:

- A. Dans le paraautochtone, en fortes masses (Reposoir, Arâches, Val d'Illiez et peut-être aussi Schächental).
- B. En gisement secondaire du point de vue tectonique, formant des écailles qui jalonnent le plan de chevauchement des Préalpes Externes.
- C. En gisement secondaire du point de vue stratigraphique, dans des niveaux situés plus au N ou à l'W et généralement plus jeunes que les grès du paraautochtone (massif des Bornes, molasse subalpine des Voirons).

CHAPITRE VI
LES GRES DE TAVEYANNAZ ORDINAIRES

Ce chapitre est simplement destiné à rappeler les conclusions de L. DUPARC et E. RITTER concernant les grès de Taveyannaz de Haute-Savoie et celles de F. DE QUERVAIN concernant l'ensemble des grès de Taveyannaz [100]. Nous ajouterons quelques remarques faites au cours d'un bref examen de la collection Duparc.

§ 1. Conclusions de L. DUPARC et E. RITTER

En ce qui concerne les éléments des grès de Taveyannaz, les auteurs admettent que:

- a) les roches volcaniques sont des andésites et labradorites variées, formées d'un plagioclase allant de l'andésine au labrador basique, et de hornblende qui prédomine parmi les éléments ferro-magnésiens;
- b) les roches éruptives anciennes sont représentées par du granite, des pegmatites, des micaschistes, une amphibolite;
- c) les roches sédimentaires comprennent des grès et des calcaires.

Les minéraux isolés sont ceux des andésites et labradorites avec en plus du quartz, de la chlorite, de la calcite et des feldspaths acides.

Les auteurs distinguent quatre types de grès, à savoir:

- A. Le type conglomérique.
- B. Le type moucheté.
- C. Le type vert foncé très compact.
- D. Le type grès du Flysch.

Les deux derniers types sont caractérisés par un appauvrissement en éléments volcaniques et une augmentation du quartz détritique qui peut conduire à un grès-quartzite ordinaire.

§ 2. Conclusions de F. DE QUERVAIN

a) Les roches d'épanchement sont des andésites augitiques et amphiboliques (examen microscopique et analyses chimiques). Toutefois l'auteur n'exclut pas l'existence de roches plus basiques (basaltes) ou plus acides (quartz-porphyrates, dacites), en faisant toutes réserves quant à leur parenté avec les andésites.

b) Les andésites peuvent se répartir en cinq types principaux de structure, qui correspondent, en gros, aux types de structure retrouvés dans les porphyrites andésitiques des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez.

c) Les minéraux sont représentés par le plagioclase, dont la basicité oscille autour de 30—35 %, avec des écarts vers l'albite (0%) ou vers l'anorthite (70%); l'augite, la hornblende, la biotite, le verre, enfin les minéraux secondaires.

d) DE QUERVAIN cite à peu près les mêmes roches plutoniques que L. DUPARC et E. RITTER: granite, pegmatite, aplite, quartz-porphyrés. Les roches sédimentaires reconnues sont plus variées: grès, grès calcaires, quartzites, calcaires avec ou sans organismes, hornsteins, schistes. Enfin l'auteur mentionne des roches cristallophyliennes de la famille des quartzites, ainsi qu'une amphibolite.

e) Le ciment est très rare. DE QUERVAIN classe les grès par ordre de grosseur du grain, qui est variable. La proportion de matériel volcanique est dans presque tous les types supérieure à 50%; elle atteint souvent 80% et plus.

§ 3. Quelques remarques.

Au cours d'un rapide examen de la collection DUPARC, déposée au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Genève, nous avons pu nous convaincre des faits suivants:

a) Il existe des sections de plagioclases bien zônés, basiques, mais la majorité des plagioclases semblent appartenir à de l'albite, comme le montrent des déterminations faites sur des sections orientées et l'indice de réfraction qui est relativement faible. Toutefois seule une étude selon la méthode de FEDOROFF permettrait d'éclaircir cette question.

b) La proportion de matériel volcanique est très considérable, surtout si l'on ajoute aux roches les minéraux qui proviennent de leur destruction.

- c) La composition de ces grès est de ce fait très peu polygénique.
- d) Le ciment calcitique est une rareté.

CHAPITRE VII COMPARAISON AVEC D'AUTRES GRÈS DU FLYSCH

Les grès de Taveyannaz ne sont pas les seuls grès et conglomérats que l'on rencontre dans le Flysch du Val d'Illiez. En fait, trois Flysch sont à distinguer et chacun possède un terme grossier. Ce sont: le Flysch parautochtone avec les grès de Taveyannaz que nous avons décrits, le Flysch de l'autochtone avec les grès de la carrière de Val d'Illiez; enfin le Flysch ultrahelvétique avec les grès de Valayre et les conglomérats de Valerette.

Nous nous proposons de donner une rapide description pétrographique de ces roches en insistant sur leurs rapports avec les grès de Taveyannaz et sur les différences à faire entre les deux groupes. Nous espérons ainsi préparer la voie à de fructueuses comparaisons entre les différents Flysch et aider tous ceux qui ont à s'occuper du problème des trois Flysch. Le Val d'Illiez est loin d'être la seule région où l'on rencontre des conditions si complexes; il semble en effet que, soit dans la région d'Arâches en Haute-Savoie, soit dans le Schächental en Suisse centrale, on rencontre non seulement une structure tectonique analogue, mais encore des roches très semblables.

1. Les grès des couches de passage du Flysch à la molasse

Nous appelons ainsi des grès qui, dans la région du Val d'Illiez, forment un terme stratigraphique important des couches de passage du Flysch à la molasse. Ces grès, que CH. DUCLOZ nomme: grès de Val d'Illiez, surmontent le Flysch schisteux et supportent les niveaux schisto-gréseux où L. VONDERSCHMITT [129] a découvert une faune de Cardiidés et de Cyrénidés analogues à celles des couches de la molasse subalpine de Horw.

Ce sont des grès massifs; leur épaisseur totale doit atteindre près de 100 m., mais étant donné qu'ils contiennent des intercalations schisteuses, un banc unique dépasse rarement 10 m. de puissance. Durs et homogènes, se débitant bien en pavés, ces grès ont donné lieu à de nombreuses exploitations en carrière (Val d'Illiez, l'Hôpital, Chouex, Massongex).

Une de leurs caractéristiques est la constance de leur grain, dont le diamètre moyen reste compris entre 0,1 et 0,5 mm. Nous n'y avons jamais rencontré d'intercalations plus grossières, de lits de micro-poudingues comme dans les grès de Taveyannaz. Il est donc fort risqué de les comparer avec ces derniers qui, comme l'on s'en souvient, sont caractérisés par des débris de roches et non de minéraux. Nous avons en effet noté que la spécificité des grès de Taveyannaz diminue avec la grosseur de leur grain. Or, malheureusement, les grès des couches de passage sont un peu trop fins pour que, au cas où ils représenteraient des grès de Taveyannaz, l'identification puisse se faire avec certitude.

En coupe mince, les fragments de roches sont peu nombreux; ils appartiennent tous à des roches déjà mentionnées dans les grès de Taveyannaz: quartz filonien à plages engrenées; quartzites; quartzites chloriteux; roches granitiques; porphyrites arborescentes III 1

(quelques débris), diabasique (un débris) et andésitique I 2a (un débris); substance vitreuse; calcaires; jaspes; schistes. Les roches volcaniques sont donc très rares.

Les minéraux qui en font partie sont: le quartz; des plagioclases mâclés, petits, relativement frais, et d'autres plagioclases plus gros, très carbonatés; le microcline, de l'orthose perthitique; puis la chlorite, la muscovite, la biotite, la calcite, les matières opaques et argileuses. Le ciment est calcaire.

Si nous tentons d'exprimer les différences qui nous paraissent exister entre les grès de Taveyannaz et les grès de couches de passage, nous dirons que ces derniers:

- a) contiennent beaucoup moins de fragments de roches volcaniques. Cette différence ne semble pas être due uniquement à la diminution de grosseur du grain, car certains grès de Taveyannaz fins nous ont montré plus de porphyrites arborescentes très fines;
- b) présentent une augmentation des débris de microcline;
- c) présentent une augmentation de la muscovite.

Tout bien considéré, nous n'assimilons pas les grès du Val d'Illiez à des grès de Taveyannaz fins, peut-être représentent-ils des grès analogues à ceux que nous avons examinés dans les massifs des Bornes, mais en moins grossiers.

Seule une étude statistique, portant sur un grand nombre d'échantillons, ou mieux, la découverte de niveaux microconglomératiques pourrait nous donner la clef du problème.

Ainsi le principal enseignement que nous tirons de cette comparaison est un appel à la prudence: il est difficile de tirer des conclusions concernant l'identité ou la différence de deux grès fins, en ne se fondant que sur l'examen qualitatif d'un petit nombre de coupes minces.

§ 2. Les grès de l'Ultrahelvétique

Si l'on excepte certains grès qui forment une partie de l'affleurement du Nant de Chandonne que décrira Ch. DUCLOZ dans sa thèse, les grès de l'Ultrahelvétique se répartissent en deux types: les grès de Valayre et ceux de Valerette.

Etant donné qu'ils ont souvent été confondus avec les grès de Taveyannaz, nous pensons qu'il n'est pas inutile d'en donner une rapide description pétrographique et de dégager les analogies et différences qui existent entre ces grès.

A. *Les grès de Valayre*

Ces grès varient de grès fins à des micropoudingues grossiers. Le plus souvent ce sont de beaux microconglomérats. Macroscopiquement ils frappent par leur patine jaunâtre, due aux fragments de calcaires dolomitiques qu'ils contiennent.

Sous le microscope, nous avons une roche détritique polygénique. On reconnaît les roches éruptives et sédimentaires suivantes: quartz à plages engrenées, gneiss, granites, pegmatites graphiques, schistes, quartzites micacés, diverses roches siliceuses cryptocrystallines analogues à des jaspes, calcaires variés dont un calcaire dolomitique à rhomboèdres de dolomite qui forme de nombreux débris. Notons en plus des roches porphyriques qui posent une question plus délicate: sommes-nous en présence de roches volcaniques récentes analogues à celles des grès de Taveyannaz ou de porphyres paléozoïques? D'autre part, comme ces roches ont une pâte felsitique très fine, il est toujours très difficile, souvent impossible, de prouver la présence ou l'absence de quartz.

Voici les deux principaux types de ces roches d'épanchement:

a) Roche porphyrique assez altérée. La pâte est toujours felsitique, plus ou moins floue; on trouve quelques phénocristaux de quartz, d'albite, peut-être d'orthoclase, de biotite chloritisée ainsi que d'un minéral complètement calcitisé. Suivant les fragments on pourrait appeler cette roche: quartz-porphyre ou porphyrite quartzifère. L'altération prononcée plaide en faveur d'une roche paléovolcanique.

b) Roche trachytique essentiellement formée de microlites bien délimités de plagioclases maclés selon l'albite ou Karlsbad, avec un allongement négatif. Ces microlites plus ou moins nombreux sont orientés sensiblement parallèlement et déterminent ainsi une structure fluidale. La pâte est vitreuse ou légèrement felsitique. Des grains de minéral opaque peuvent être abondants. L'altération étant assez modérée, l'hypothèse d'une roche néovalcanique ne doit pas être exclue.

Le type a) a été décrit, soit par CH. SARASIN dans le Flysch des Préalpes externes [105], soit par A. LILLIE dans les grès de Samoëns [66], soit par J. TERCIER à la Berra [122]. Il se présente en nombreux fragments.

On peut rapprocher le type b) du fragment de trachyte à sanidine découvert par A. LILLIE [66, p. 26] dans les grès de Samoëns. Nous avons revu cette roche, et l'attribution du feldspath à la sanidine nous

semble discutable. Dans les grès de Valayre ces fragments de roches trachytiques ne sont pas très rares.

Voici les minéraux des grès de Valayre rangés par ordre d'importance: le quartz, les plagioclases généralement très altérés, le microcline, l'orthose perthitique, la muscovite, la biotite, la chlorite, la calcite, enfin la glauconie.

Le ciment calcaire est abondant, il est souvent recristallisé en grandes plages de calcite.

Ces grès, dès qu'ils ont dépassé un certain degré de grossièreté, contiennent toujours des organismes: Mélobiésées, Rotalidés, Globigérines, Nummulites, Orthophragmunes pour ne citer que les principaux.

Réunissons les caractères qui nous permettront de différencier les grès de Valayre des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Ce sont:

1. L'absence de porphyrites arborescentes, diabasiques et andésitiques.
2. La proportion moins grande de jaspes et l'absence de radiolarites.
3. La présence de grosses lamelles de muscovite assez nombreuses.
4. La plus grande proportion de calcaires dolomitiques.
5. La glauconie, rare mais toujours présente.
6. Le ciment calcaire abondant: nous avons un grès calcaire qui passe par endroits à un calcaire gréseux.
7. La présence d'organismes.

Après un sérieux examen en coupe mince, on ne risque donc guère de confondre les deux grès.

B. *Les grès et conglomérats de Valerette*

Ce sont des grès durs, de grain généralement grossier, pouvant passer à des conglomérats formés de très gros éléments (jusqu'à plusieurs décimètres de diamètre). Leur couleur est claire; altérés, ils tirent sur le jaune rosé, parfois sur le jaune rouille. Lorsqu'on a la chance de les trouver à l'état frais, ils ont une cassure gris-bleu clair. Ils présentent, de loin, l'aspect d'un granite.

Sous le microscope, les débris de gneiss et de granites ainsi que les minéraux constitutifs de ces roches (quartz, feldspaths, muscovite souvent en énormes lamelles) l'emportent de beaucoup sur les autres éléments. On trouve aussi des débris de roches porphyriques analogues à celles décrites dans les grès de Valayre. Il est du reste probable que l'examen d'un nombre plus grand de coupes minces permettrait de retrouver certaines roches des grès de Valayre. En effet

les conglomérats de Valerette contiennent des galets de nature très variée.

Les différences essentielles séparant ces grès de ceux de Valayre sont leur nature « granitique », l'absence presque totale de ciment, ainsi que celle d'organismes.

Nous pensons qu'il s'agit d'un grès-arkose provenant en grande partie de la démolition de reliefs granitiques ou gneissiques proches du lieu de leur sédimentation, car les débris sont assez frais. Ces grès risquent, encore moins que les précédents, d'être confondus avec les grès de Taveyannaz.

AUG. LOMBARD [74], à la suite de A. FAVRE [32, p. 287], a comparé les grès de Valayre aux grès des Voirons et les conglomérats de Valerette aux conglomérats du Vouan.

Les grès de Valayre ressemblent beaucoup à ceux de Samoëns décrits par A. LILLIE entre Giffre et Arve [66].

Lorsqu'on lit la monographie de J. TERCIER [122], sur les Préalpes externes dans la région de la Berra, on est frappé du fait que, dans l'ensemble des grès du Gurnigel, l'auteur établit également une distinction entre deux termes: 1. le complexe des grès qui présente de grandes analogies avec les grès de Valayre (couleur bleuâtre à la cassure, patine ocreuse, fragments de calcaires dolomitiques); 2. les arkoses et brèches cristallines, rappelant les grès et conglomérats de Valerette (pas de ciment, aspect granitique, pas d'organismes).

II^{ème} Partie

Les diabases et les variolites du Col des Gêts

On désigne par le terme de roches éruptives du Col des Gêts, des « pointements » de roches cristallines répartis dans le Flysch des Préalpes du Chablais entre Giffre et Drance.

Jusqu'à ces dernières années on rattachait ces affleurements à un lambeau de recouvrement de la Nappe de la Simme; mais W. SCHROEDER prouva, en 1939, que ces roches se trouvent sous forme de coulées volcaniques, de sills, ou de blocs exotiques dans le Flysch de la Nappe de la Brèche [108].

Nous devons à MICHEL-LEVY la description la plus complète de ces roches [88]. Il les répartit, du point de vue pétrographique, en cinq groupes:

1. Un granite pegmatoïde, analogue à la protogine.
2. Une serpentine.

3. Des diabases et gabbros à structure grenue, très ouralitisés et saussuritisés.
4. Des porphyrites entièrement cristallines, presque exclusivement feldspathiques, avec un second temps de cristallisation ophitique.
5. Des porphyrites presque exclusivement feldspathiques à structure microlitique arborisée, enchevêtrée ou variolitique.

Le grand mérite de W. SCHROEDER fut de découvrir que les porphyrites de ce dernier type forment en réalité de puissantes coulées dans le Flysch et présentent l'habitus très particulier des pillows lavas.

Dans une tentative de classement, cet auteur fait appel au mode de gisement de ces roches. Il distingue alors:

1. roches basiques (porphyrites arborescentes, diabases et gabbros) en pillows lavas ou en sills interstratifiés;
2. roches basiques à l'état d'éléments dans les brèches sédimentaires (brèches porphyritiques, brèches serpentineuses);
3. granites à l'état de gros blocs qui ont probablement glissé dans les schistes associés aux brèches porphyritiques.

Nous avons revu le matériel qui a servi à W. SCHROEDER pour sa thèse, auquel il faut ajouter quelques coupes minces provenant d'échantillons récoltés par M. le professeur GYSIN. Nous nous bornerons, dans l'exposé qui suit, à donner les résultats de cet examen pétrographique. Nous nous sommes limité aux porphyrites et aux diabases qui seules pouvaient nous être d'une certaine utilité, lors des comparaisons avec les roches volcaniques des grès de Taveyannaz. D'autre part, le fait que nous n'avons pas pu recueillir nous-même le matériel en vue d'une étude pétrographique introduit des lacunes et des incertitudes regrettables qui diminuent la valeur de nos conclusions.

Après avoir examiné les minéraux, nous décrirons la structure et la texture de ces roches; un dernier chapitre sera consacré à une vue d'ensemble et à quelques conclusions.

CHAPITRE VIII LES MINÉRAUX

§ 1. Les minéraux primaires.

Ces minéraux sont très peu nombreux; nous les répartissons en trois groupes:

1. les feldspaths,
2. les matières vitreuses et chloriteuses,
3. les granules opaques et semi-opaques.

1. Les feldspaths

Ce sont tous des plagioclases; ils forment la plus grande partie des porphyrites et en sont les seuls minéraux caractéristiques. Nous les rencontrons soit dans la pâte, soit parmi les phénocristaux.

a) Les feldspaths de la pâte se rencontrent en grains ou en fibres. En grains, ils prennent une part importante, sinon prépondérante au fond cryptocrystallin (voir plus bas p. 407). Les plus gros de ces grains nous permettent d'observer les macles de Karlsbad et plus rarement celles de l'albite. L'indice est très proche de celui du baume.

Les fibres forment les porphyrites arborescentes, elles sont tantôt extrêmement fines, — et le plus fort grossissement ne permet alors que de les deviner, — tantôt plus grossières et atteignent la taille de microlites très allongés.

Leur indice de réfraction est impossible à déterminer, car la matière vitreuse empêche tout contact franc avec le baume. Quant à l'angle maximum d'extinction des sections de la zône perpendiculaire à G 1, il peut indiquer, comme pour les porphyrites arborescentes des grès de Taveyannaz, soit de l'andésine à environ 30 % d'anorthite, soit de l'albite. MICHEL-LEVY, à la suite de mesures par gravimétrie, s'arrête à la première de ces valeurs. Nous hésitons à le suivre, vu que tous les phénocristaux que nous avons déterminés sont de l'albite. Quant aux analyses chimiques que donne cet auteur, nous ne pouvons prendre en considération celles de L. DUPARC, qui sont des analyses globales des varioles feldspathiques et de la pâte vitreuse chloritisée. Par contre, celle de M. LACROIX a beaucoup plus de valeur, car il a traité les sphérule isolées. Cette dernière analyse révèle un plagioclase très acide, intermédiaire entre l'oligoclase et l'albite.

b) Suivant la roche dont font partie les phénocristaux et les gros microlites nous distinguons deux habitus:

A. Dans les porphyrites on trouve souvent, au centre des sphérolites arborisés, un cristal de plagioclase. Il s'agit d'un petit phénocristal ou d'un gros microlite, avec une tendance à l'elongation selon Np. Nous observons les macles de Karlsbad, et plus rarement d'albite ou de péricline.

Trois cristaux, mieux développés, nous ont permis d'effectuer

des mesures selon les méthodes de FEDOROFF; nous résumons nos résultats dans le tableau ci-dessous:

1. Karlsbad et Manebach-Ala A	environ 9 %
2. Péricline et albite (très mauvais)	35—40 %
Péricline de Wülfing et albite	0 %
Acline et albite (excellent)	0 %
3. Albite-Ala B et péricline de Wülfing	environ 0—10 %
Albite-Karlsbad et acline (meilleur)	0—5 %

Nous relevons les mêmes indéterminations que pour les phénocristaux des porphyrites andésitiques de nos grès de Taveyannaz. Comme dans ces dernières, la solution: andésine à 30 % semble exclue. L'indice est voisin de celui du baume, il est parfois nettement inférieur.

Les deux particularités suivantes nous ont frappé. D'une part, les extrémités de ces plagioclases ne sont pas franches, le cristal se termine en fourche. D'autre part, alors qu'en lumière naturelle, la forme du cristal est très nette, sous les nicols croisés le tout est parfois formé de pâte arborescente; nous avons là, en quelque sorte, un feldspath «fantôme».

B. Les feldspaths des porphyrites arborescentes plus grossières et des diabases. Ces minéraux ont ceci de commun, qu'ils sont toujours plus ou moins altérés. Il s'agit d'albite comme nous le montrent des mesures sur des sections orientées; toutefois, dans certains cas, un doute subsiste. La grandeur de ces plagioclases varie: nous avons tantôt de gros microlites, tantôt des phénocristaux de taille appréciable.

Nous examinerons leurs particularités plus en détail lorsque nous décrirons les structures de ces roches. Relevons cependant que leur altération peut s'effectuer de trois façons au moins:

- a) transformation en matière chloritique homogène. Comme dans la plupart de ces phénomènes d'altération, le processus commence par le centre du cristal. Il se forme un rectangle de chlorite, éteint sous les nicols croisés. Dans bien des cas le remplacement est complet, ou ne laisse plus subsister qu'un mince liséré périphérique de feldspath inaltéré;
- b) il semble que dans les porphyrites arborescentes très grossières, le processus ait été quelque peu différent, plus irrégulier. La chlorite se concentre en gouttelettes, en taches à contours irréguliers, en fines aiguilles, qui donnent à la plage feldspathique une allure de pegmatite graphique;

- c) remplacement du feldspath par de la matière vitreuse ou chloritique accompagnée de granules semi-opaques. Nous observons, en réalité, une pénétration de la pâte dans le cristal. Ce mode d'altération peut être plus ou moins accusé, il ne reste souvent qu'un squelette feldspathique en forme de grecque. Assissons-nous à la formation du cristal, ou bien au contraire à sa résorption par la pâte, résorption qui s'effectuerait selon certains plans cristallographiques privilégiés? Nous préférons la seconde hypothèse;
- d) remplacement du feldspath par de la calcite. L'épigénie est généralement partielle, elle peut cependant être totale pour les plus gros phénocristaux.

2. *Les matières chloritiques et vitreuses*

Nous employons à dessein ce terme assez large, qui nous permet d'englober divers minéraux mal caractérisés. Ces minéraux sont faiblement biréfringents, verdâtres, jaunâtres, dispersifs, fibreux, granuleux, feutrés ou homogènes suivant le cas. La détermination exacte de leurs constantes optiques étant le plus souvent impossible, il serait téméraire et inutile de leur donner un nom plus précis.

Remarquons que ces substances ont en commun plusieurs caractères: un indice nettement supérieur à celui du baume, une teinte verdâtre plus ou moins accusée, un allongement positif lorsqu'ils sont fibreux.

Nous allons décrire les types les plus communs ou les plus intéressants; auparavant, nous désirons relever qu'ils semblent former une série continue, avec passage graduel d'un terme à l'autre.

Type a) Substance entièrement isotrope, légèrement verdâtre, à fort indice. Cette matière forme une partie de la pâte remplissant les interstices entre les varioles arborescentes. Dans d'autres cas, nous la voyons épigéniser des phénocristaux. Elle est généralement homogène, bien que, par endroits, elle soit faiblement biréfringente et dispersive dans les tons bleus.

Type b) Cette matière perd graduellement son isotropie, et la dispersion augmente. La structure évolue vers un agrégat cryptocrystallin grenu, feutré ou nettement fibreux. Nous nous acheminons ainsi vers un minéral qui présente les caractères optiques suivants:

Couleur: jaune rouille à vert; léger pléochroïsme (teinte plus foncée \parallel à Ng); allongement positif; $2V = 0$ ou très petit, négatif; biréfringence maxima jusqu'à 0,020; $n = 1,60$ à 1,65.

Ces variétés plus différenciées se trouvent dans les roches bréchoïdes (v. plus bas p. 407). Ces dernières nous ont d'autre part révélé deux types assez curieux :

Type c) Nous observons de grandes plages formées de gros grains homogènes de substance chloritique, qui ont l'apparence d'une grille très fine et à mailles serrées. La biréfringence est appréciable et nous notons un pléochroïsme très léger.

Type d) Ce type est représenté par des plages « en gradins », à contour anguleux. L'aspect de ces plages est dû à des franges concentriques de deux sortes et qui alternent; les unes sont formées d'un minéral chloritique fibreux à biréfringence modérée et allongement positif, les autres d'un minéral presque isotrope, à pseudo-allongement négatif. Sous le plus fort grossissement, il semble que ces dernières franges sont en réalité constituées par des fibres ultra-fines perpendiculaires au bord des franges.

Ici, il nous faut dire deux mots des minéraux chloritisés, qui se trouvent dans tous les types de porphyrites. Nous les rencontrons, en effet, depuis les porphyrites arborescentes les plus fines où ils forment des sections bien nettes, jusqu'aux roches ophitiques, où ils peuvent former un fond cimentant les feldspaths.

La nature du minéral primitif est, dans une certaine mesure, énigmatique. Toutefois, il est très probable que l'on a des sections de minéraux ferro-magnésiens, plus particulièrement de pyroxène et de biotite. En effet, les formes cristallographiques trahissent ces minéraux et nous avons, de plus, observé des squelettes, des réseaux en forme de grilles, constitués par de fines baguettes de minéral opaque, qui semblent s'être développées dans les plans de clivage à angle droit d'un pyroxène. Relevons que, dans quelques cas, il est possible que des sections aient appartenu à des cristaux de hornblende.

Il faudrait une comparaison avec les diabases fraîches décrites par MICHEL-LEVY et la découverte de types intermédiaires entre ces dernières et nos ophites chloritisées, pour lever l'incertitude.

En ce qui concerne la nature des substances vertes qui ont fait l'objet de ce paragraphe, nous croyons que, dans certains cas, nous avons de la chlorite (sections de minéraux épigénisées), alors que, dans beaucoup d'autres cas, il est très probable que nous sommes en présence d'un verre plus ou moins altéré. Rappelons à ce propos que les auteurs qui ont étudié les pillows lavas, mentionnent presque toujours des matières verdâtres, vitreuses, chloriteuses ou serpentini-

neuses suivant les affleurements. Pour V. LEWIS il s'agit de verre volcanique formant l'enveloppe des pillows et remplissant les interstices laissés entre les sphéroïdes. Ce verre aurait subi des actions métamorphiques ultérieures qui l'auraient transformé en substance chloritique [64].

3. Les granules opaques et semi-opaques

a) Les granules semi-opaques sont de tout petits grains d'un minéral indéterminable, qui présente le plus souvent une légère transparence en lumière condensée, une biréfringence très élevée et un relief très marqué. Ces caractères sont variables. Nous pensons que nous sommes en présence de sphène, qui peut se charger d'im-puretés et devenir quasi opaque.

Ces granules, lorsqu'ils sont très abondants et à l'état extrêmement divisé, donnent à beaucoup de porphyrites arborescentes, leur teinte beige en lumière naturelle. Ils sont généralement uniformément répartis, bien qu'ils puissent aussi, là où ils sont plus denses, former des taches foncées ou souligner des arborescences. Notons que sur certaines plages de chlorite, ils atteignent un développement maximum et prennent des formes bipyramidées curieuses.

b) Les minéraux franchement opaques se présentent sous les aspects que voici:

petits granules sans forme déterminée,
rares grains plus gros à contour géométrique bien arrêté, indiquant un minéral cubique,
minces baguettes formant grille dans les pyroxènes chloritisés,
grandes plages informes,
arborescences soulignant les fibres feldspathiques des porphyrites arborescentes.

Les aspects d) et e) sont caractéristiques de la brèche porphyritique arborescente de la Rosière.

A la suite d'une étude au moyen de l'illuminateur épiscopique, nous pensons que la grande majorité de ces minéraux sont de la pyrite plus ou moins transformée en limonite. Il est possible que les fines grilles des pyroxènes chloritisés représentent de l'ilmenite.

2. Les minéraux secondaires d'altération

En plus de la chlorite que nous avons décrite plus haut, nous notons parmi les minéraux secondaires:

1. La calcite, qui épigénise les feldspaths, en les remplaçant par de nombreuses petites taches tendant à se réunir en une seule grande plage. Dans certaines coupes, la calcite est abondante et forme de nombreuses plages informes.
2. La calcite en agrégats fibroradiés sphérolitiques, colorés en brun orange par des impuretés. Nous rencontrons ces sphérolites dans la porphyrite ophitique de la Rosière. Ils occupent parfois l'intérieur d'un gros phénocristal d'albite.
3. Des veinules:
 - a) de calcite, souvent en grains bien développés montrant de belles macles polysynthétiques;
 - b) d'albite très pure. Ces veinules sont abondantes dans la brèche porphyritique arborescente de la Rosière où elles semblent cimenter les fragments de porphyrites;
 - c) de matières chloritiques ou serpentineuses;
 - d) de quartz.

Plusieurs de ces minéraux peuvent coexister dans une même veinule.

CHAPITRE IX LES STRUCTURES

Nous avons classé les roches que nous avons examinées en nous fondant sur les différences de leurs structures. Nous avons ainsi été amené à faire une coupure entre deux grands groupes :

1. la série normale; elle comprend des roches dont la structure va des porphyrites arborescentes aux ophites;
2. les types aberrants: a) bréchoïdes, b) vitreux.

1. La série normale

Remarquons d'emblée que les principaux types de cette série se trouvent dans les roches provenant de l'affleurement Vuarne-Jouplane. Nous avons une série encore plus complète si nous rattachons à ce dernier affleurement celui de Mouille-Ronde, qui d'après W. SCHROEDER, n'est que sa continuation vers le Nord.

Ces roches forment une suite dont chaque terme est caractérisé par la grosseur croissante de ses éléments cristallisés.

Type a) très fin

Nous commençons par le terme le plus fin. L'échantillon n° 32 nous donne une bonne idée de cette roche.

A l'oeil nu nous remarquons déjà une variation de composition :

une moitié de l'échantillon est une variolite typique; les varioles ont quelques millimètres de diamètre et sont noyées dans une pâte vert foncé. Cette pâte diminue, puis disparaît, et nous passons, sur 1—2 cm., à l'autre moitié de l'échantillon, formée d'une matière compacte blanchâtre, analogue à celle des varioles.

Sous le microscope, cette matière apparaît comme une porphyrite arborescente extrêmement fine. Le plus fort grossissement ne nous permet pas de distinguer nettement les fibres de feldspaths. Sous les nicols croisés, l'extinction est floue et onduleuse, et présente parfois une ébauche de croix noire. Ce fond arborescent est sans doute constitué par une association de fibres feldspathiques sub-microscopiques et de substance vitreuse. L'indice de réfraction est assez fortement supérieur à celui du baume, mais ce n'est pas un indice franc, car les deux minéraux sont indissolublement mêlés.

Remarquons que, dans la partie compacte, la matière semble déjà s'individualiser en nodules réniformes, dont les limites sinueuses et mamelonnées apparaissent comme des lisérés alternativement foncés et clairs lorsqu'on fait tourner la platine. Des granules semi-opaques très fins parsèment la roche, ils sont plus abondants sur le bord des varioles où ils déterminent une bande plus grise en lumière naturelle.

Nous trouvons de rares phénocristaux de deux sortes:

- A. Les petits cristaux d'albite dont nous avons parlé plus haut (p. 399). Ils occupent le centre des varioles et on a l'impression que les fibres s'ordonnent radialement autour d'eux.
- B. Des sections de minéraux ferro-magnésiens remplacés par de la chlorite. Les contours très nets par endroits peuvent être flous ailleurs, et le minéral passe alors graduellement à la pâte.

Nous reconnaissons dans la substance verte cimentant les varioles la matière vitreuse de type a (voir p. 401). Certaines parties sont plus chloritisées et deviennent anisotropes et dispersives dans les tons bleus. Des traînées opaques donnent souvent à cette pâte un aspect réticulé.

Entre la partie compacte et la partie variolitique nous observons une zone de transition: la pâte vitreuse s'insinue entre les nodules mal individualisés et tend à les isoler.

Nous n'avons rien à ajouter à cette description, si ce n'est que la structure est loin d'être toujours aussi belle. En effet, beaucoup de porphyrites arborescentes compactes, très fines, ne présentent pas de limite entre les globules (nodules, sphérolites) et nous avons simplement des taches douées d'extinctions différentes et floues.

Type b) fin

Les fibres deviennent plus nettes, de la matière chloritique visible au fort grossissement remplit les interstices. Les fibres s'ordonnent en belles gerbes. Nous avons là le type le plus caractéristique de porphyrite arborescente.

Quelques phénocristaux longs et minces sont distribués au hasard dans la masse, dont ils se distinguent mal car ils présentent les phénomènes d'altération déjà décrits (centre en matière vitreuse, calcitisation lorsqu'ils dépassent une certaine taille).

Des granules semi-opaques, de la calcite parfois, soulignent les arborescences. Par endroits, nous avons noté une véritable structure fluidale.

Type c) moyen

Nous arrivons à un terme encore plus grossier. Les fibres se sont développées en longs microlites qui présentent une structure arborescente par places, enchevêtrée ailleurs. Nous aurions, dans ce dernier cas, le premier indice d'une structure ophitique.

A partir de ce stade, la structure évolue dans trois directions légèrement différentes et aboutit aux termes suivants.

Type d) grossier

Il s'agit d'une lave très cristalline provenant de Jouplane. La roche est presque entièrement formée de cristaux d'albite, assez gros, soit enchevêtrés, soit disposés parallèlement. Ils forment aussi des sortes d'agrégats cruciformes et étoilés. La structure n'est pas réellement ophitique; de plus, nous n'avons pas eu deux temps de cristallisation.

Les plagioclases présentent la chloritisation remarquable, d'aspect graphique (voir plus haut, p. 400). Les interstices sont remplis par une substance vitreuse. Nous trouvons probablement dans ce type les derniers vestiges de la structure arborescente, qui prédominait dans les types plus fins.

Type e) ophitique

Nous avons une roche à structure nettement ophitique et porphyrique. Elle est caractérisée par:

- A. de très grands cristaux d'albite passablement transformés en calcite;
- B. des phénocristaux de minéraux ferro-magnésiens transformés en chlorite;

C. une pâte ophitique grossière, formée de microlites d'albite se détachant sur un fond chloritique avec des grilles de minéral opaque. Ce fond représente sans doute d'anciens pyroxènes allotriomorphes.

La calcitisation de cette roche est, d'une façon générale, assez avancée.

Type f) diabasique.

Cette roche, qui provient de l'affleurement du Cannevey, est assez analogue à la précédente et n'en diffère que par ses phénocristaux plus petits et encore plus transformés en calcite. La pâte, sombre en lumière naturelle, est formée de microlites allongés et fins qui présentent une structure intersertale, rappelant en de rares endroits les porphyrites arborescentes moyennes. Entre les microlites, formant ciment, on distingue des plages de feldspath allotriomorphe, se chargeant par endroits de matière grise opaque.

Nous considérons comme une variété de ce dernier type une roche provenant du bord d'un sill de gabbro. Elle ne contient pas de phénocristaux et semble entièrement constituée par de la pâte intersertale fortement chargée de matières gris sale plus ou moins opaques. Sous les nicols croisés, une grande partie est isotrope et nous montre que la chloritisation est très développée.

2. La série aberrante

a) *Types bréchoïdes*

Ces roches ont l'aspect de brèches. Elles possèdent toutes un ciment semblable. Il s'agit d'un agrégat de tout petits grains à birefringence faible ou modérée qui rappelle certaines cornéennes. Sous un fort grossissement, nous distinguons dans les parties les plus grossières quelques macles rappelant la macle de Karlsbad. Il est donc très vraisemblable qu'une partie de cette pâte est du feldspath, un plagioclase, à considérer le relief nul, ou très peu accusé. Une autre partie est formée de matière chloritique ou de verre. Le reste peut être du quartz. Seule une analyse chimique nous renseignerait sur la composition exacte de cet agrégat. Nous pouvons envisager plusieurs possibilités; suivant les cas, nous serions en présence:

1. d'un jaspe ou d'un arkose très fin. Plusieurs faits nous donnent à penser que, parfois, il en est bien ainsi: une grande analogie avec certains schistes siliceux du Flysch de la Brèche; le développement que prennent les roches qui contiennent ce ciment au contact de la lave et des schistes (Jouplane); la mention faite

par MICHEL-LEVY d'un ciment arkosique. Notons enfin que, dans une coupe, cette pâte cryptocrystalline contient de nombreux rhomboèdres de calcite ou de dolomite.

2. d'une brèche volcanique. Le ciment représenterait alors une coulée postérieure à la formation des éléments de la brèche et qui les aurait enrobés. Il est, en effet, des cas où, macroscopiquement, le ciment n'a pas l'allure d'une roche siliceuse. Sous le microscope, d'autre part, il semble s'insinuer dans les fissures des éléments, les ronger, les corroder. Nous parlerons plus bas des « ceintures kélyphytiques » qui sont un argument en faveur d'un ciment d'origine volcanique.
3. d'une dévitrification de la pâte des variolites.
Passons aux éléments de ces brèches. On observe:
des grains de porphyrites arborescentes de grossière variable;
des plages de matières chloritiques ou vitreuses, et notamment de chlorite en gradins;
des fragments de composition analogue au ciment, mais plus cryptocrystallins.

Relevons une particularité remarquable. Les fragments de porphyrites arborescentes et de chlorite sont souvent entourés d'une couronne de petits grains feldspathiques, légèrement rectangulaires et orientés perpendiculairement à la limite du fragment qu'ils bordent. Les granules semi-opaques se disposent en une zone de densité plus grande à la limite extérieure ou intérieure de la couronne. Ils sont souvent plus opaques qu'à l'ordinaire et peuvent se réunir pour former un liséré continu. Ces couronnes rappellent les couronnes kélyphytiques. Il n'y a là, naturellement, qu'une ressemblance très lointaine, toutefois nous ne serions pas étonné que la genèse des deux phénomènes présente des analogies plus profondes et que nos couronnes soient dues à la réaction d'un ciment volcanique avec les éléments de la brèche.

Une roche bréchoïde mérite une description spéciale; nous en avons déjà fait mention sous le nom de brèche prophyrétique arborescente de la Rosière. Ses éléments sont des fragments de porphyrites arborescentes de types remarquablement variés, c'est ainsi que nous distinguons:

Des débris de porphyrite arborescente fine contenant beaucoup de minéral opaque. Ce minéral peut devenir prépondérant et nous avons les types suivants:

Porphyrite arborescente dont le minéral opaque forme la plus grande partie; il se dispose autour des feldspaths et dessine de très belles houppes.

Grandes plages de minéral opaque, avec quelques sections de feldspath.

Des fragments de porphyrites arborescentes ou enchevêtrées très cristallines.

Des débris cryptocrystallins analogues au ciment que nous avons décrit.

Le minéral opaque est de la pyrite partiellement transformée en limonite. Des veinules, nombreuses et larges, recoupent toute la roche; elles sont remplies de cristaux d'albite très pure et présentant de superbes macles de Karlsbad. Il est très possible que l'on ait affaire à une brèche tectonique.

Il est regrettable que notre matériel ne nous ait pas fourni un plus grand nombre de faits précis concernant ces roches bréchoïdes. Les auteurs signalent souvent des roches semblables associées à des pillows lavas. Leurs descriptions et leurs hypothèses confirment nos idées.

J. V. LEWIS relève que, en maints endroits, les espaces entre les ellipsoïdes sont remplis de radiolarites, cherts, jaspes et schistes [64]. Les pillows d'Anglesey sont accompagnés de roches siliceuses, qui sont mises en relation par G. A. J. COLE [17] avec des venues hydrothermales. Dans d'autres affleurements (Gorran Haven, Cornouailles) il semble que la lave ait incorporé de la boue lors de son épanchement sur le fond de la mer [33]; les pillows lavas de la région de San Francisco présentent même des cas de métamorphisme thermique indubitables (cherts rouges, inclusions avec résorption partielle) [61].

B. K. EMERSON, à propos de pillows lavas de Deerfield (Massachusetts), parle de venue de lave ultérieure aux ellipsoïdes qui auraient été partiellement refondus [31].

En ce qui concerne la structure bréchoïde proprement dite, on peut affirmer qu'elle est en quelque sorte une caractéristique de ces laves. Il n'est guère de gisement où les interstices ne soient pas remplis de fragments de pillows et de substance vitreuse.

Rappelons enfin que certains auteurs, exagérant sans doute, ont non seulement considéré comme une brèche de friction certaines parties des pillows lavas, mais ont cru expliquer ainsi la structure sphéroïdale.

b) *Type vitreux*

Il s'agit d'une substance vert-bleu pâle, possédant un aspect perlitique. Elle est constituée par des taches arrondies de matière isotrope, parsemées dans un fond faiblement biréfringent et auquel une légère schistosité prête une extinction commune.

Dans une autre coupe mince, nous voyons que les rôles sont renversés: la matière qui formait les taches forme maintenant le fond, elle a perdu son isotropie et acquis une structure cryptocrystalline. La matière verte nettement anisotrope constitue de petites plages déchiquetées et fibreuses.

Nous avons noté un contact avec une porphyrite arborecente. D'autre part, W. SCHROEDER nous a dit qu'il avait trouvé cette roche interstratifiée entre les coulées de lave ordinaire. Il s'agit donc très probablement d'un verre volcanique, et dans cette hypothèse il nous est loisible d'envisager deux cas:

l'interstratification est primitive; elle est due à des épanchements alternants de lave cristalline et de lave vitreuse;

l'interstratification est secondaire, et remonte à des phénomènes mécaniques postérieurs.

Ce dernier cas a été observé dans les roches vertes d'Ely (district de Vermilion, Minnesota) où CLEMENTS a montré que les «coussins» de forme normale pouvaient prendre une forme discoïde et, dans des cas extrêmes, avoir été étirés en bandes, le matériel des ellipsoïdes alternant avec des bandes de verre [16].

CHAPITRE X
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

1. Les roches des Gêts comprennent des granites et des roches basiques. Leur gisement est, soit primaire, en coulées; soit secondaire, à l'état de brèche ou de blocs exotiques dans le Flysch.
2. Nous n'avons examiné que les roches basiques et plus particulièrement les porphyrites (groupes 4 et 5 de MICHEL-LEVY).
3. Ces roches ont pour seuls constituants primaires: des plagioclases, du verre, des granules opaques et semi-opaques. Les minéraux secondaires sont la chlorite, la calcite, l'albite et le quartz.
4. Toutes nos déterminations nous ont montré que le plagioclase appartient à l'albite. Les cristaux sont plus ou moins chloritisés, ils contiennent aussi des inclusions de pâte. L'attaque commence par le centre.

5. Nous distinguons une série « normale » où les différentes roches sont classées suivant la grandeur de leurs éléments cristallisés. Nous partons ainsi d'un type très fin de porphyrite arborescente, variolitique ou non, qui caractérise dans le premier cas le bord des pillows. Puis passant par un type fin et moyen, nous arrivons à trois variétés de roches plus grossières :

- a) un type de lave très grossier, très cristallin, qui semble être l'exagération des types plus fins;
- b) un type ophitique à très grands phénocristaux d'albite et restes de pyroxènes chloritisés;
- c) un type diabasique avec une pâte plus fine à feldspath allotriomorphe, qui cimente les microlites.

Tous ces termes, à l'exception de c), peuvent se trouver dans la coulée de Vuarne-Jouplane.

6. Nous distinguons une série « aberrante » qui comprend :

- a) des roches bréchoïdes avec éléments de porphyrites arborescentes et de substances chloritiques et vitreuses. Le ciment est cryptocristallin. Il s'agit soit d'une brèche sédimentaire, soit d'une brèche volcanique, soit d'une variolite dont le verre aurait été dévitrifié;
- b) une brèche porphyritique arborescente avec une grande quantité de minéral opaque. Cette roche, qui provient de l'affleurement de la Rosière, est parcourue par de nombreuses veinules d'albite. Peut-être sommes-nous en présence d'une brèche tectonique?
- c) une substance verdâtre, légèrement anisotrope, probablement un verre volcanique.

De toutes les roches que nous venons de décrire, les pillows lavas sont, sans conteste, le terme le plus caractéristique et le plus intéressant. W. SCHROEDER les considère comme la preuve d'une coulée à la mer, mais il ne s'étend guère sur leur genèse. Nous aimerais ajouter quelques remarques.

Les hypothèses sur l'origine des pillows lavas ont été fort nombreuses et généralement peu satisfaisantes. Depuis le début du siècle, l'hypothèse d'un épanchement sur le fond de la mer, dont la priorité revient à G. PLATANIA et à H. J. JOHNSTON-LAVIS [98], a prévalu, sans l'emporter définitivement.

J. V. LEWIS a tenté de donner une théorie cohérente et vraisemblable de l'origine des pillows [64]. Il s'agirait, pour cet auteur, d'une variété de lave Pahoehoe. Sous des conditions particulières de

fluidité, de température et de débit, la lave s'épanche en petites masses qui, sous l'action du refroidissement, tendent à prendre une forme sphéroïdale. Le phénomène se poursuit tant que les conditions ne varient pas. L'idée de coulée à la mer, bien que juste dans nombre de cas, ne s'impose pas. Seul l'examen du mode de gisement permettra de dire si les pillows se sont formés à l'air libre ou sous la mer.

En ce qui concerne les coulées des Gêts, les rapports intimes de la lave et des sédiments donnent à penser que l'épanchement fut bien sous-marin.

Sous la plus grande réserve, étant donné l'insuffisance du matériel étudié et le manque d'observations personnelles sur le terrain, nous suggérons la représentation suivante, confirmée par notre examen sous le microscope et les idées des auteurs :

1. Un magma diabasique fait intrusion dans les sédiments du Flysch de la Brèche ; il forme des sills de diabase et de gabbro. Par endroits, il crève son enveloppe sédimentaire et la lave s'épanche alors sur le fond de la mer et donne naissance à des pillows. A la surface de ces derniers le magma se refroidit en une croûte vitreuse, tachylitique. Cette croûte très fragile est facilement détruite et donne des fragments qui comblient les interstices. Plus à l'intérieur, la lave cristallise en porphyrite arborescente variolitique, puis compacte. Les rares phénocristaux qui s'étaient déjà formés sont plus ou moins résorbés par la pâte. Lorsqu'on approche du cœur, la structure devient sensiblement plus grossière ; dans les parties les mieux protégées nous avons une ophite.

Au contact avec les sédiments, lave et boue forment une sorte de gigantesque émulsion qui s'infiltre entre les ellipsoïdes ; nous comprenons l'origine de ces roches cryptocrystallines énigmatiques qui tiennent à la fois de la pâte felsitique et du jaspe. Au reste, il est probable que ces épanchements modifièrent sensiblement la composition de l'eau de mer et donnèrent ainsi lieu à des dépôts anormaux de roches siliceuses, soit par précipitation directe, soit plutôt parce que les conditions sont devenues favorables au développement des radiolaires [24, 60].

Nous ne pensons pas, en effet, que ces coulées s'effectuent dans les parties abyssales du géosynclinal. L'image de « tidal flats » donnée par C. K. LEITH dans sa description des pillows lavas algonkiennes de la Baie d'Hudson [62], nous semble fort

bien choisie. Peut-être la côte voisine était-elle déjà le siège des coulées andésitiques dont nous parlons plus loin ?

2. Immédiatement après l'épanchement ou, au contraire, après un certain laps de temps, des venues hydrothermales altèrent les sills et les coulées à la mer. Elles albitisent les plagioclases et transforment les éléments ferro-magnésiens en chlorite. Peut-être ces venues sont-elles en relation avec l'épaisse série de sédiments traversés [23] ?
3. Le dynamométamorphisme et l'altération due aux agents atmosphériques ont, sans nul doute, joué un rôle dont il est impossible, pour le moment, de déterminer l'ampleur.

III^{ème} Partie **Vues d'ensemble et conclusions**

Les deux premières parties de ce travail ont été une suite de descriptions pétrographiques aussi détaillées et rigoureuses que le permettaient notre travail et nos observations. Ce travail un peu monotone était indispensable pour préparer la voie à une vue plus générale et plus profonde du problème des grès de Taveyannaz.

Nous allons tenter un essai dans ce sens, mais auparavant nous désirons indiquer clairement la limite entre les faits d'observation et les hypothèses, ainsi que la valeur de ces dernières.

Il nous faut constater que cette thèse reste, malgré nos efforts, un travail inachevé et cela pour les raisons suivantes. Tout d'abord notre terrain était très malencontreusement limité, d'un côté par la frontière franco-suisse hermétiquement fermée, de l'autre, par une zone militaire où tout travail géologique détaillé était impossible. Ces circonstances nous ont évidemment causé un sérieux préjudice. Ensuite l'exploration pétrographique du Flysch n'en est qu'à ses débuts; le manque de données précises se fait durement sentir, et nous empêche de nous livrer à des comparaisons qui pourraient être fructueuses. Il est donc naturel que, lorsque délaissant la solidité des descriptions pétrographiques, nous entrons dans le domaine plus vaste et moins sûr des interprétations, celles-ci prennent souvent la forme de questions.

Ce sont des hypothèses de travail qui guideront des recherches ultérieures, et ayant ainsi atteint leur but, resteront ou tomberont lorsqu'on sera arrivé à une solution plus satisfaisante.

CHAPITRE XI
COMPARAISONS ENTRE LES DIFFERENTS TYPES DE
GRÈS DE TAVEYANNAZ

Nous distinguons trois types de grès de Taveyannaz:

1. les grès de Taveyannaz ordinaires;
2. les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez;
3. les grès de Taveyannaz submolassiques.

1. Comparaison entre les grès de Taveyannaz ordinaires et les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez.

Voici dans un premier tableau les analogies et différences des deux types de grès.

Type Val d'Illiez	Type ordinaire
Grandes analogies de structures en ce qui concerne les types 1b, 2a, 2b, 2c, 5a de QUERVAIN et notre groupe «andésitique».	
Plagioclases présentant des particularités semblables, telles que: inclusions vitreuses, altération commençant par le centre et donnant un rectangle au coeur du cristal.	
Présence de porphyrites arborescentes (groupe III) et diabasiques (groupe II).	Absence de ces roches.
Absence des types de structure 3 et 4 de QUERVAIN.	Présence de ces types.
Absence quasi totale d'éléments ferromagnésiens, sauf dans les types 13b et 13c, qui en montrent des restes complètement altérés.	Minéraux ferro-magnésiens bien représentés dans tous les types (Augite, hornblende, biotite).
Albitisation systématique des plagioclases. Zones fossiles.	Albitisation partielle des plagioclases. Zones réelles.

Ces deux catégories présentent évidemment une grande parenté, qui se traduit par la présence, dans les deux roches, d'andésites de mêmes structures. Mais nous sommes loin de l'unité de composition pétrographique dont parle de QUERVAIN pour tous les grès de Taveyannaz qu'il a examinés.

Dans un second tableau, nous pénétrerons plus avant dans nos comparaisons, en considérant les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez et les grès de Taveyannaz de Haute-Savoie. Cette confrontation acquerra toute sa valeur, si l'on se rappelle que les affleurements des deux types de roches sont séparés par une distance inférieure à dix kilomètres.

Type Val d'Illiez	Type Haute-Savoie
Ressemblance frappante des types de structures andésitiques et de certaines particularités des plagioclases (voir plus haut).	

Présence dans les deux grès de porphyrites du type I 3b.

Présence de porphyrites arborescentes III et diabasiques II.	Absence totale de ces roches, sauf un fragment très douteux.
Absence générale de minéraux ferro-magnésiens.	Minéraux ferro-magnésiens abondants dans les débris de roches et dans le ciment.
Albitisation constante des plagioclases.	Présence d'andésites à plagioclases basiques, zonés.
Matériel sédimentaire abondant et varié.	Matériel sédimentaire exceptionnellement rare et peu varié.
Jaspes et radiolarites en grand nombre.	Jaspes très rares.
Proportion du matériel volcanique dépassant rarement 15 %.	Proportion du matériel volcanique dans la plupart des cas supérieure à 75 % (estimé).
Ciment: calcaire, bien représenté. Peu chloriteux. Couleur macroscopique: gris bleu.	Ciment: éruptif. Chloriteux. Couleur macroscopique: verdâtre.

Le premier tableau ne nous a montré des différences qu'entre les roches volcaniques; ce dernier nous montre qu'il s'y ajoute des dissimilarités quant à la nature même du grès. Il ne s'est donc pas seulement effectué une légère variation à l'intérieur de puissantes coulées de laves en démolition, mais la nature même de la sédimentation a changé: d'une roche uniforme nous passons à une roche polygénique.

Nous nous sommes demandé, avec le Professeur L. W. COLLET, si le type 4 de DUPARC: — grès de Taveyannaz passant aux grès du Flysch —, n'était pas l'équivalent de nos grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Or un examen des échantillons décrits par L. DUPARC sous cette rubrique, nous a montré que cette hypothèse n'était pas fondée.

Les coupes minces nous montrent un grès qui ne ressemble en rien aux grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Notons d'abord que, dans le type 4 de DUPARC, le matériel volcanique n'a pas subi une transformation, mais simplement un appauvrissement. Les débris d'augite et de hornblende, encore nombreux, en sont la preuve. Ensuite nous n'avons pas un grès polygénique, mais un grès quartzitique ordinaire. Ainsi les grès de Taveyannaz décrits par L. DUPARC et E. RITTER évoluent, par diminution du matériel volcanique, vers un grès-quartzite. Nous sommes donc loin des micropoudingues à ciment calcaire du Val d'Illiez.

2. Comparaison entre les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez et les grès de Taveyannaz submolassiques

Il s'agit premièrement de justifier le terme de submolassique.



Nous entendons par là les grès à porphyrites arborescentes que nous avons appelés plus haut secondaires du point de vue stratigraphique. Ce sont, dans l'état actuel de nos connaissances, les grès et micro-poudingues du niveau polygénique signalé par L. MORET [91, p. 48—49] dans les Bornes, et les microconglomérats découverts par LOMBARD [74] dans la molasse subalpine des Voirons. Mais d'une manière plus générale, ce terme comprend tous les grès à éléments volcaniques du Flysch et de la molasse inférieure, plus jeunes et qui se sont déposés plus au Nord que les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez.

Quelles sont les différences que nous pouvons mettre en évidence entre ces grès submolassiques et les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez?

Le matériel volcanique subit une variation, mais nous n'assistons pas à un simple appauvrissement de la quantité des débris porphyritiques, ni à une transformation de leur nature; les porphyrites andésitiques se font de plus en plus rares, pour finir par être complètement éliminées et seuls les types arborescents et diabasiques subsistent, souvent en galets très beaux et assez abondants. Nous dirons même que dans certains cas, leur nombre augmente, surtout si on leur adjoint les galets de substance vitreuse verte. D'autre part, deux éléments témoignent d'un accroissement: le nombre des fragments de radiolarites et la proportion du ciment calcitique. Les diagnoses pétrographiques sont encore trop sporadiques pour que nous osions aller au delà de ces simples constatations.

Nous avons de fortes présomptions de croire que les grès de Val d'Illiez (grès des carrières) sont un type fin de ces grès de Taveyannaz submolassiques. Outre le fait qu'ils contiennent quelques fragments de porphyrites arborescents fines, leur position sous la molasse et leur bassin de sédimentation, situé d'après CH. DUCLOS au Nord de celui des grès de Taveyannaz, plaident en faveur de cette attribution. Il est au reste significatif, qu'un observateur aussi perspicace que A. FAVRE les ait comparés aux grès de Bonneville [32, t. II, p. 130], qui, si l'on suit L. MORET [91, p. 48], seraient dans notre schéma un type de grès de Taveyannaz submolassique.

CHAPITRE XII

RÉPARTITION DES DIFFÉRENTS TYPES DE GRÈS DE TAVEYANNAZ

Dans sa monographie sur la Nappe de Morcles entre Arve et Rhône [22], L. W. COLLET relève que, en Haute-Savoie, les grès de Taveyannaz appartiennent à l'Autochtone et à la Nappe de Morcles,

alors que, sur la rive droite du Rhône, ils caractérisent la Nappe des Diablerets.

Jusqu'à la note de COLLET et GYSIN [21] les conditions de gisement étaient moins claires, puisque ce passage d'une unité tectonique à une autre s'accompagnait d'une brusque interruption dans le Val d'Illiez. Depuis que les grès de Taveyannaz ont été découverts dans le Flysch des Dents du Midi, le problème s'est simplifié.

Cependant nous notons un changement majeur de la composition des grès, ainsi que nous l'avons vu dans le chapitre précédent. Le schéma est donc: en Haute-Savoie, grès de Taveyannaz ordinaires — dans le Val d'Illiez grès de Taveyannaz du type Val d'Illiez à porphyrites arborescentes — sur la rive droite du Rhône, réapparition des grès de Taveyannaz ordinaires avec un faciès absolument identique à celui des grès de Haute-Savoie.

On peut dès lors se demander la cause de ce brusque changement de composition. Qu'un faciès du Tertiaire, lorsqu'on le suit le long du front des Alpes, passe d'une unité tectonique à une autre, il n'y a là rien de nouveau depuis que J. BOUSSAC a mis en relief de tels phénomènes [11]. Mais qu'il s'intercale subitement un faciès bien différent entre deux faciès identiques, et cela sur une distance relativement courte, c'est un fait plus troublant.

Il s'avère sans peine que la simple hypothèse d'un passage latéral est inadmissible. Les grès de Taveyannaz restent, ainsi que l'a montré F. DE QUERVAIN, semblables d'un bout à l'autre des Alpes, les variations ne portant que sur la grosseur des éléments et la proportion des parties grossières (grès) aux parties fines (schistes).

Si on examine, par contre, les conditions tectoniques on remarque bientôt que le Flysch du Val d'Illiez n'occupe pas du tout la même position que les grès de Taveyannaz de Haute-Savoie. Ces derniers forment la couverture du flanc normal de la Nappe de Morcles; dans le Val d'Illiez, par contre, le Flysch se trouve sous le flanc renversé de cette nappe et les travaux de CH. DUCLOZ ont montré qu'il s'agissait en réalité d'un paraautochtone chevauché par la Nappe. Si nous déroulons les plis, il est évident que la zone de la sédimentation des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez se place au Nord de celle des grès de Savoie.

Sur la rive droite du Rhône les grès de Taveyannaz se sont non seulement accumulés devant le front de la Nappe des Diablerets, mais M. LUGEON les a retrouvés dans le synclinal de raccord qui relie cette nappe à celle de Morcles dans la vallée de la Lizerne.

En Haute-Savoie, COLLET [22] signale l'amorce d'un élément supérieur représenté par des calcaires nummulitiques qui reposent sur les grès de Taveyannaz, dans l'infexion transverse de Platé. On ne peut s'empêcher de faire un rapprochement avec la position des grès de Taveyannaz de la vallée de la Lizerne. Aux deux endroits nous avons des grès de même faciès formant le cœur d'un synclinal supérieur à la Nappe de Morcles.

De toute façon lorsque nous déroulons les nappes, les grès de Taveyannaz de Haute-Savoie sont plus près de ceux des Diablerets que de ceux du Val d'Illiez, car la Nappe des Diablerets n'ayant pas de flanc renversé, son front doit être relativement rapproché du flanc normal de la Nappe de Morcles.

Nous sommes donc arrivé à la représentation suivante :

Les grès de Taveyannaz ordinaires se trouvent dans le synclinal qui relie la Nappe de Morcles à celle des Diablerets, tandis que les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez sont parautochtones, localisés dans le Flysch situé entre la Nappe et l'autochtone proprement dit. Nous évitons à dessein d'employer le terme de synclinal de raccord qui évoque une structure trop simple pour s'appliquer aux complications tectoniques du Val d'Illiez.

Cette représentation est-elle valable tout le long du bord Nord des Alpes? Nous ne pouvons, vu l'état actuel de nos connaissances, répondre avec certitude à cette question¹⁾.

En Haute-Savoie, l'échantillon provenant de la route de Balme à Arâches, qui est un grès de Taveyannaz assez proche de ceux du Val d'Illiez, ne s'oppose nullement à notre manière de voir. Le Flysch de la région en question pourrait fort bien appartenir au parautochtone et représenter ainsi la continuation vers le Sud-Ouest du Flysch du Val d'Illiez; remarquons que les grès de Taveyannaz ordinaires proviennent toujours des hauts.

Sur la rive droite de l'Arve les deux faciès de grès semblent coexister; rien ne nous permet de dire que le type Val d'Illiez occupe une position tectonique inférieure au type ordinaire. Cependant, L. MORET note que les vrais grès de Taveyannaz occupent le bord de

¹⁾ M. le Prof. COLLET me fait remarquer l'analogie frappante entre la tectonique du Flysch des Dents du Midi que vient de découvrir DUCLOZ [28] et de la tectonique du Flysch de la Windgälle. La découverte que j'ai faite de porphyrites arborescentes dans un torrent du Schächental serait un argument de plus en faveur de cette analogie. Nous pouvons admettre, comme hypothèse de travail, que les conditions de sédimentation des deux types de grès de Taveyannaz se retrouvent en Suisse centrale.

la chaîne des Aravis alors que les «conglomérats polygéniques» sont plutôt localisés dans le synclinal du Reposoir et sur le flanc Ouest de l'anticlinal de La Clusaz.

Dans le Schächental nous n'avons pas recueilli nos échantillons en place. Toutefois il est très probable que ces grès de Taveyannaz, tout à fait semblables à ceux du Val d'Illiez, sont les grès d'Altdorf grossiers décrits par les auteurs et tout spécialement par W. BRUCKNER [12, p. 153]. Ces grès d'Altdorf sont nettement inférieurs aux grès de Taveyannaz et représentent en quelque sorte leur continuation vers le Nord.

Il faudra naturellement que des travaux de détail, effectués dans les régions dont nous venons de parler et dans d'autres, viennent confirmer ou infirmer notre hypothèse. Si nos idées sont correctes, on trouvera toujours les grès de Taveyannaz du type Val d'Illiez dans un élément tectonique inférieur aux grès de Taveyannaz ordinaires, ou si nous les trouvons dans le même élément, ils couronneront la série détritique. Les grès à porphyrites arborescentes se seront ainsi déposés plus au Nord que les grès de Taveyannaz à andésites vraies; ils seront, très probablement, légèrement plus jeunes que ces derniers.

Pour ajouter à la vraisemblance de ces vues, tournons-nous vers les niveaux à porphyrites arborescentes encore plus jeunes, vers les grès submolassiques. Nous avons déjà parlé de ce niveau polygénique, signalé par L. MORET, qui se rattache aux grès de Taveyannaz du Reposoir et atteint le bord externe de la chaîne des Bornes en s'élevant jusque dans le Sannoisien de la coupe des Barattes. La présence de porphyrites arborescentes dans différents échantillons de ce niveau confirme l'idée de MORET. En effet, ces grès polygéniques ne sont que la continuation vers l'extérieur des Alpes des grès de Taveyannaz, les fleuves qui apportaient le matériel détritique avançant avec le rivage d'une mer qui se déplaçait vers l'Ouest.

Nous devons imaginer un mécanisme analogue pour les régions plus internes; seulement, dans ce cas, les niveaux ont été empilés les uns sur les autres, car l'effort tectonique était plus intense, ce qui complique beaucoup l'étude de leurs relations.

Si nous n'avons pour l'instant qu'une représentation discontinue des variations de composition dans les grès de Taveyannaz, il nous faut probablement incriminer la pauvreté relative du matériel examiné et le petit nombre de régions dont il provient. En réalité, il doit y avoir passage graduel d'un type de grès à l'autre. Nous aurions ainsi la transformation progressive des grès de Taveyannaz ordinaires

en grès de Taveyannaz du Val d'Illiez, par apparition de nouveaux et disparition d'anciens éléments. De plus, nous passerions insensiblement des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez aux grès de Taveyannaz submolassiques qui s'élèvent jusque dans le Rupélien.

Rien ne nous porte à croire que l'apport de porphyrites arborescentes ne s'est plus fait sentir ensuite; ces dernières sont simplement noyées dans l'ensemble des autres roches. N'avons-nous pas des galets de variolite dans la Nagelfluh alpine de Suisse [53, t. I, p. 52], dans la molasse miocène de France [58]? Les alluvions récentes de rivières qui possèdent des coulées de variolites dans leur bassin d'alimentation, la Durance par exemple, montrent des galets de porphyrites arborescentes¹⁾. Nous sommes en présence d'un phénomène, dont le début remonte à l'Eocène tout à fait supérieur ou au Sannoisien et qui avait alors une ampleur impressionnante.

Espérons que nous saurons un jour l'histoire complète et détaillée des grès de Taveyannaz et de leurs transformations dans le temps. Nous pensons que l'étude de régions où l'effort tectonique n'a pas été maximum et qui, par suite, sont restées plus ou moins dans leur position de sédimentation sera fructueuse. Ces conditions semblent être celles de certaines parties des Alpes françaises, qui n'ont pas reçu de front le déferlement des grandes nappes penniques.

CHAPITRE XIII ORIGINE DU MATÉRIEL DES GRÈS DE TAVEYANNAZ

Nous arrivons en quelque sorte, avec ce chapitre, au coeur du problème des grès de Taveyannaz: quelle fut la source des débris qui forment ces grès et tout spécialement l'origine des roches volcaniques?

En ce qui concerne les grès de Taveyannaz ordinaires, la difficulté du problème résidait dans l'absence de coulées andésitiques récentes ou d'appareils volcaniques dans les Alpes occidentales.

Il faut donc établir des relations avec des foyers volcaniques très lointains et c'est ainsi que L. DUPARC et E. RITTER [29, p. 47] font venir les andésites des grès de Taveyannaz, de la région du Vincençin, le transport s'étant effectué grâce à des courants marins.

On peut aussi supposer des éruptions andésitiques recouvertes ultérieurement par des dépôts sédimentaires. Ainsi M. LUGEON admet l'existence d'anciens volcans sous la molasse. D'autres en-

¹⁾ Il s'agit d'une collection de cailloux de la Durance déposée au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Genève par W. KILIAN.

visagent des coulées entièrement détruites. Ces éruptions auraient été pour E. ARGAND [3, p. 29], R. STAUB [108] et P. NIGGLI [94] en relation avec les intrusions granodioriques du Bergell ou de Traversella; pour J. BOUSSAC [11], en relation avec les ophiolites penniques.

F. DE QUERVAIN, qui analyse à la fin de son travail ces quatre hypothèses, et auquel on se reportera pour plus de détails, n'en retient aucune.

L'hypothèse de M. LUGEON est éliminée du fait que, dans le Dauphiné, où il n'y a pas de molasse, on n'a pas trace d'anciens volcans. Les hypothèses de E. ARGAND, R. STAUB et P. NIGGLI, et surtout L. DUPARC et E. RITTER ont contre elles la grande distance des foyers d'éruption aux bassins de sédimentation, argument qui prend toute sa valeur lorsqu'on rappelle que, dans les conglomérats de Taveyannaz, on trouve des galets de roches volcaniques de plus de 20 cm. de diamètre. Nous ne retiendrons pas l'hypothèse de J. BOUSSAC, la composition pétrographique des andésites et des ophiolites est assez différente.

La question reste donc en suspens et nous n'avons pas la prétention d'y répondre, mais plutôt d'indiquer une direction où poursuivre des recherches qui ont déjà partiellement abouti.

Pour nous, en effet, le problème se présentait sous un aspect plus simple, car dans les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez nous avons des fragments de porphyrites arborescentes. Or ces roches sont représentées en gisement primaire dans les Alpes, et nous avons étudié dans la deuxième partie de ce travail un de leurs plus beaux affleurements. D'autre part, les porphyrites arborescentes étant des roches rares, on est porté à imaginer une relation entre celles des grès de Taveyannaz et celles des gisements connus.

L'analogie, nous dirons même l'identité, des roches des grès de Taveyannaz et de celles du Flysch de la Nappe de la Brèche renforce l'idée d'une relation comme l'a indiqué SCHROEDER [108].

En effet, la composition minéralogique est la même. Dans les deux cas nous avons des roches formées uniquement a) de feldspath: de l'albite dans les porphyrites de la Brèche, un plagioclase indéterminé dans celles des grès, mais certainement acide; b) de substance vitreuse, verdâtre, plus ou moins chloriteuse; c) de granules opaques et semi-opaques.

De plus, nous notons une grande analogie de structure. Les porphyrites arborescentes III 1, III 2, III 3, III 4 sont identiques dans

les deux roches; il en est de même des porphyrites opaques III 5, III 6 analogues à certaines parties de la brèche porphyritique de La Rosière. Les fragments de porphyrites diabasiques II 1 sont semblables soit à la porphyrite ophitique du Cannevey, soit à certaines roches marginales des sills de gabbro. Les galets de substance vitreuse verte proviennent, en grande partie, à notre sens, de matière analogue à celle qui forme la pâte des variolites (v. plus haut, p. 405). Dans ce cas, on ne peut pas parler d'identité, cependant la notion d'une relation étroite entre cette substance et les pillow lavas se trouve renforcée par la trouvaille, dans un échantillon du Déquemant-lieu, d'un fragment de roche verdâtre que nous avons décrit au paragraphe des minéraux; cette roche présente des ressemblances frappantes avec le verre que W. SCHROEDER nous a dit avoir trouvé interstratifié dans les coulées de lave.

Nous pouvons enfin citer des analogies de détails. Nous avons retrouvé dans les grès des sphérolites arborescents avec au centre un petit plagioclase fourchu. Dans le type grossier III 4 de nos grès, le feldspath présente des gouttes et hiéroglyphes de matière vitreuse isotrope; or les roches de Jouplane offrent la même particularité. Enfin certains débris de porphyrites fines III 1 montrent à l'instar de celles du Vuargne des sections de minéraux entièrement chloritisés.

Au surplus, les descriptions pétrographiques détaillées et les microphotos (Pl. I et II) étayent notre manière de voir.

Comme toute liaison tectonique entre les deux affleurements est inacceptable, la seule relation que nous puissions invoquer entre les grès de Taveyannaz et la Nappe de la Brèche est d'ordre stratigraphique, en ce sens que les porphyrites arborescentes des grès sont le produit de l'érosion des coulées du Flysch de la Brèche.

S'il en est bien ainsi, il est naturel de s'attendre à trouver dans les grès des fragments d'autres roches que l'on puisse attribuer à cette nappe ou, pour reprendre un mot de M. LUGEON et E. GAGNEBIN, à son « parasite », la Nappe de la Simme qui contient aussi des variolites.

Après des recherches et des comparaisons, nous pensons que l'on peut se livrer aux rapprochements suivants:

1. Les radiolarites et jaspes proviennent de cette paire de nappes précitées. En effet, ces roches sont présentes dans le Crétacé inférieur de la Nappe de la Brèche, mais surtout dans la Nappe de la Simme dont elles caractérisent le Jurassique supérieur et une

partie du Cénomanien [14] ¹⁾. On peut rattacher à ces roches le calcaire fin à radiolaires dont nous avons fait mention et qui serait à rapporter au Malm de la Simme ou au Néocomien de la Brèche. Remarquons que les auteurs sont unanimes dans l'attribution des radiolarites de la Nagelfluh à la Nappe de la Simme.

2. Les fragments des grès quartzitique à ciment calcaréo-siliceux appartiennent sans doute au Mésocrétacé de la Brèche [108].

Il est fort possible que d'autres roches des deux nappes en question se retrouvent dans les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Cependant nous ne nous sommes arrêté qu'aux termes les plus caractéristiques et les plus sûrs.

Il est évident que tous les phénomènes d'érosion que nous venons d'admettre impliquent un déferlement des nappes préalpines supérieures à l'air libre, accompagné de puissantes démolitions.

L'érosion des nappes en marche a déjà été réclamée par M. LUGÉON et E. GAGNEBIN [87] qui se fondent sur la tectonique des Préalpes et principalement sur l'absence de certaines parties de ces nappes (les Médianes rigides, par exemple). N'est-il pas frappant que, partant de tout autres prémisses, en l'occurrence d'analogies pétrographiques, nous arrivions à une conclusion identique? La théorie de ces auteurs s'en trouve renforcée, et cela d'autant plus que nous sommes arrivés à nos résultats indépendamment; en effet, nous n'avons pas été influencé par les idées de M. LUGÉON et E. GAGNEBIN, car nous avions déjà conçu la nécessité d'un tel mécanisme avant d'avoir pris connaissance de leur travail sur les Préalpes romandes.

Ainsi nous croyons avoir retrouvé la source des porphyrites arborescentes, des porphyrites diabasiques, de la substance vitreuse verdâtre et d'un certain nombre de roches sédimentaires. Qu'en est-il du reste du matériel et tout spécialement des porphyrites andésitiques?

Nous avons déjà relevé qu'il existe de grandes analogies entre les porphyrites andésitiques et les porphyrites arborescentes. Revenons quelques instants sur ce point:

Nous notons une identité frappante de composition minéralogique. Ce sont dans les deux cas des roches essentiellement feldspathiques, ce feldspath étant de l'albite; il y a absence presque totale de minéraux ferro-magnésiens (sauf dans les types I 3b et I 3c),

¹⁾ Nous n'avons pris connaissance du Mémoire de B. CAMPANA sur la Géologie des Nappes Préalpines au Nordest de Château-d'Oex (Mat. N.S. 83, 1943) que pendant la publication de cette Thèse. Les faits apportés par cet auteur ne modifient en rien ce que nous venons de dire.

par contre présence d'une substance verte analogue dans les deux cas, sorte de verre chloritisé, presque isotrope, parfois dispersif dans le bleu. Cette identité minéralogique se traduirait à coup sûr par une grande parenté de composition chimique.

Remarquons la ressemblance de certains détails. Dans les porphyrites arborescentes grossières III 4 et les porphyrites andésitiques, les cristaux de plagioclases présentent les mêmes gouttelettes et hyéroglyphes de matière verte isotrope, dans les deux roches leur cœur est parfois remplacé.

Rappelons enfin, qu'il existe des types de structure intermédiaire. Nous renvoyons pour ce point à ce que nous avons dit plus haut (p. 368).

Il semble que nous soyons en droit de conclure à une même composition chimique des deux groupes de roches, seule la structure permet de les distinguer; elles ont sans doute dû se consolider dans des conditions différentes. Les porphyrites arborescentes et diabasiques forment des coulées à la mer ou des sills interstratifiés dans les sédiments; les porphyrites andésitiques, par contre, représentent le même magma qui est monté par des bouches volcaniques et qui s'est épanché en puissantes coulées à l'air libre. Peut-être ces coulées furent-elles postérieures aux pillow lavas et aux sills et trahissent-elles un accroissement de l'activité volcanique, qui n'avait pas eu, tout d'abord, la force de donner naissance à de grandes éruptions.

Les relations admises ci-dessus jettent-elles une lumière sur l'origine des andésites vraies des grès de Taveyannaz ordinaires?

Il est possible que ces roches volcaniques aient une origine tout autre que les porphyrites de nos grès de Taveyannaz du Val d'Illiez. Toutefois cette solution paraît bien peu satisfaisante et nous allons voir pourquoi.

Nous voyons les porphyrites andésitiques entièrement feldspathiques à microlites passer avec transition aux porphyrites felositiques du type I 3 avec restes altérés de minéraux ferro-magnésiens; la proportion de ces minéraux, tout d'abord très faible, augmente et devient notable dans le type I 3c; d'autre part, nous avons insisté sur quelques rares fragments où l'on observe des restes frais de biotite et sur un échantillon des grès de Bellevue (Voirons) qui est une andésite vraie à plagioclase zoné. Remarquons d'ailleurs que les grès de Taveyannaz ordinaires contiennent de nombreux débris de porphyrites I 3b à minéraux ferromagnésiens complètement

altérés et que l'on n'a jamais songé à les séparer du reste des fragments andésitiques.

Il apparaît donc que toute coupure serait arbitraire et il semble bien que l'on ait un passage insensible des types uniquement feldspathiques aux andésites vraies. Il est à souhaiter que l'étude des relations des grès de Taveyannaz ordinaires avec ceux du type Val d'Illiez nous livre non seulement tous les types intermédiaires de grès, mais, à l'intérieur de ces grès, tous les types intermédiaires d'andésites.

Si maintenant nous jetons un coup d'oeil d'ensemble sur les phénomènes qui sont à l'origine des grès de Taveyannaz, nous arrivons, d'après nos observations, à la représentation suivante.

Au Sénonien, il s'est produit, en étroite relation avec l'activité ophiolitique alpine, des intrusions de sills diabasique et des épanchements sous-marins de laves. Peu après, la force des intrusions augmentant, le magma atteint la surface et s'épanche en coulées andésitiques de nature un peu spéciale; la composition de ces coulées évolue et, alors que nous sommes partis d'une roche entièrement feldspathique et albitisée, nous arrivons graduellement à des andésites typiques; le volcanisme est alors à son paroxysme et le volume des matières rejetées est énorme. Peut-être l'évolution se continue-t-elle jusqu'aux dacites décrites par de QUERVAIN? La limite d'âge supérieure de ces phénomènes est difficile à fixer, peut-être est-ce le Paléocène?

Toutes ces éruptions se produisaient sur le bord Sud des Alpes; soit que l'on admette avec R. STAUB, dans une première hypothèse, que les ophiolites de la Simme doivent être rattachées à celles de la Nappe de Platta, soit que l'on penche pour la seconde hypothèse de cet auteur, qui fait venir l'ensemble de la Simme du géosynclinal du Quatervals situé devant le front des Tyrolides [113].

Il est logique d'admettre que ces phénomènes volcaniques ont eu lieu, là où plus tard les massifs tertiaires granodioritiques firent intrusion. Relevons que la règle, si souvent observée, au cours d'un cycle magmatique, de l'acidité croissante des roches, est respectée puisque nous partons du magma gabbroïque des ophiolites pour arriver aux andésites et aux granodiorites.

Nous n'avons retracé que la première partie de l'histoire de ces coulées. En effet, lors des intrusions granodioritiques, ces coulées ne se trouvaient plus dans leur position primitive; le paroxysme alpin les avait décollées des unités dont elles faisaient partie et elles avaient commencé leur déferlement vers le Nord. Au cours

de ce dernier qui semble avoir été fort long, elles ont probablement cheminé alternativement sous l'eau (périodes de rémission de l'effort tangentiel) ou à l'air libre (périodes de poussée). Dans ce dernier cas, l'érosion attaquait violemment les jeunes reliefs et les coulées étaient peu à peu démolies alors que leurs débris comblaient les avant-fosses. C'est ainsi que l'on voit, dans les grès de Taveyannaz, réapparaître, mais dans un ordre inverse, la succession des roches volcaniques du cycle magmatique. Il semble qu'il a fallu que les coulées d'andésites vraies fussent entièrement détruites, pour que l'érosion ait accès aux andésites albitisées, puis que s'enfonçant toujours plus au cœur des nappes elle atteigne le Crétacé avec ses pillows lavas et ses sills. Enfin le Jurassique, dont la démolition (qui s'effectue principalement au Chattien) donnera les innombrables galets de radiolarites de la Nagelfluh.

Remarquons que dans cette représentation, la distance des gisements primaires des roches volcaniques au bassin de sédimentation des grès de Taveyannaz ne joue pas un rôle important, puisque grâce à la mobilité des nappes on peut la diminuer autant qu'il est nécessaire.

Cette interprétation ne rend pas compte de l'origine d'une grande partie du matériel sédimentaire et plutonique. Ce matériel est représenté par des roches peu caractéristiques que l'on retrouve dans plusieurs unités tectoniques. La solution la plus simple consiste donc à considérer l'origine la plus proche. Les galets de Nummulitique, de calcaires du Crétacé supérieur, de calcaires dolomitiques proviendraient de l'autochtone ou de sa continuation vers le Sud-Est: la Nappe de Morcles. Les roches cristallines: granites, gneiss, aplites, pegmatites, quartz-porphyrés, quartz filonien et même les quartzites chlorieux, se retrouvent tous dans le massif Mont-Blanc-Aiguilles Rouges. Rien ne s'oppose à cette solution; nous savons au reste qu'au Nummulitique, tous les terrains de l'Eocène au Cristallin ont affleuré, coupés en biseau par l'érosion [80]. La mise à nu du cristallin est de plus attestée par les lentilles de granite jalonnant le plan de chevauchement de la nappe et par les brèches à débris de gneiss récemment découvertes par CH. DUCLOZ dans le Nummulitique de la base des Dents du Midi.

En résumé: Les porphyrites arborescentes et diabasiques; la substance vitreuse verdâtre; les radiolarites, jaspes et le calcaire à radiolaires; les grès quartzitiques glauconieux à ciment calcaréo-siliceux et spicules de spongiaires proviennent des Nappes Brèche-Simme.

Les porphyrites andésitiques albitisés dérivent sans doute du même magma que les arborescentes, mais résultent de coulées à l'air libre.

Les porphyrites andésitiques à restes de minéraux ferro-magnésiens et les andésites vraies des grès de Taveyannaz ordinaires peuvent fort bien avoir une même origine, mais se rattacher à des coulées ultérieures de nature un peu différente et plus puissantes.

Toutes ces dernières roches ont appartenu à la Nappe Brèche-Simme, qui a été érodée lors de son déferlement vers le Nord.

Les calcaires nummulitiques, crétacés supérieurs; les calcaires dolomitiques; les roches plutoniques et métamorphiques proviennent avec beaucoup de vraisemblance de l'autochtone, de la Nappe de Morcles et de leur soubassement cristallin; le massif des Aiguilles Rouges.

CHAPITRE XIV ESQUISSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE DE LA RÉGION DU VAL D'ILLIEZ AU NUMMULITIQUE

Arrivé au terme de ce travail, résumons les conclusions les plus importantes sous forme d'une brève esquisse paléogéographique.

Nous n'ignorons pas ce que cette tentative a d'audacieux; certes, bien des faits nous sont encore inconnus, mais ceux que nous possédons suffisent pour que l'on puisse se faire une idée, pas trop éloignée de la vérité, de ce qui se passait au Nummulitique dans la région du Val d'Illiez.

Au Paléocène, toute cette région est exondée, il en est de même, plus en arrière, de ce qui sera plus tard la Nappe de Morcles. La mer a atteint l'autochtone au Priabonien et il semble que la transgression se soit effectuée du Nord-Ouest vers le Sud-Est. Cette mer était peu profonde, ainsi que le montrent divers épisodes bréchiques (La Crettaz, Champéry), il s'y sédimentait un calcaire organogène à petites Nummulites, elle était même parsemée de récifs (Verossaz). Nous avions là, en un mot, une plateforme continentale à sédimentation épicontinentale telle que l'a définie J. TERCIER [123].

Or, subitement, le régime sédimentaire change; les marnes à globigérines trahissent ce changement, qui consiste d'abord en un approfondissement. Il faut bien remarquer qu'il n'y a pas passage graduel des calcaires aux marnes, mais une discontinuité, accusée parfois par le ravinement des calcaires (boutonnière de Champéry). Ce brusque approfondissement représente, en réalité, l'arrivée dans notre région de l'avant-fosse, dont E. ARGAND nous a montré la migration du géosynclinal pennique au sillon molassique péricalpin [2].

La sédimentation a bien changé; alors qu'au début du Priabonien elle était représentée par quelques mètres, tout au plus quelques dizaines de mètres de calcaires organogènes, nous avons maintenant un apport détritique abondant, qui accumule sur des centaines de mètres des marnes schisteuses, des grès et des conglomérats. Nous nous acheminons vers la sédimentation paralique de J. TERCIER.

Attardons-nous un peu à cette seconde partie de l'histoire du Nummulitique de notre région. Notons que si le changement de sédimentation s'est sans doute effectué, à l'aube de l'Oligocène, sur l'axe du Val d'Illiez, il est d'autant plus ancien que l'on considère une région plus interne et, dans le flanc normal de la Nappe il a eu lieu en plein Priabonien. Là, après une certaine période de sédimentation plus fine (Flysch marno-micacé), les grès de Taveyannaz ordinaires ont commencé à se déposer. Se sont-ils déposés entre la Haute-Savoie et le Rhône? La culmination des Aiguilles Rouges les en a-t-elle empêchés ou les a-t-elle condamnés à une érosion complète? Nous ne pouvons nous prononcer; toutefois, il suffira de se déplacer de quelques kilomètres au SW ou au NE pour que notre description reste valable, dans tous les cas.

Les coulées andésitiques qui fournissent le matériel des grès de Taveyannaz se trouvent alors, avec la nappe dont elles font partie, dans le domaine Helvétique supérieur ou Ultrahelvétique.

Suivant la migration de l'avant-fosse, le lieu de sédimentation maxima se déplace vers le NW et atteint le domaine parautochtone. Les Nappes Brèche-Simme ont suivi ce mouvement et recouvrent déjà le domaine Helvétique inférieur, ce qui expliquerait que les grès de Taveyannaz ordinaires aient été soustraits à tout remaniement.

La nature des reliefs attaqués a changé, les coulées d'andésites vraies, victimes d'une érosion puissante, ont disparu et c'est au tour des porphyrites albitisées et des porphyrites arborescentes d'être détruites. Les torrents qui les démolissent traversent aussi la série sédimentaire des terrains parautochtones et leur soubassement cristallin; la nature des débris est ainsi plus variée que précédemment et nous avons les grès, micropoudingues et conglomérats de Taveyannaz du type Val d'Illiez.

Lorsque la sédimentation détritique atteint l'axe même du Val d'Illiez, l'apport est plus fin; les Alpes, comme fatiguées, s'assoupissent et nous imaginons que les fleuves, plus lents, doivent traverser une plaine côtière avant de se jeter à la mer où ils déposent les grès de Val d'Illiez. Le fond de cette mer doit se relever toujours

plus, au reste elle doit être bordée de lagunes, comme le montre la faune de Cyrènes découverte par L. VONDERSCHMITT [129]. Nous sommes au Sannoisien. Au Stampien, cette tendance à l'exondation va s'accentuer et la mer est devenue un grand lac où se dépose toute la gamme des molasses rouges et vertes.

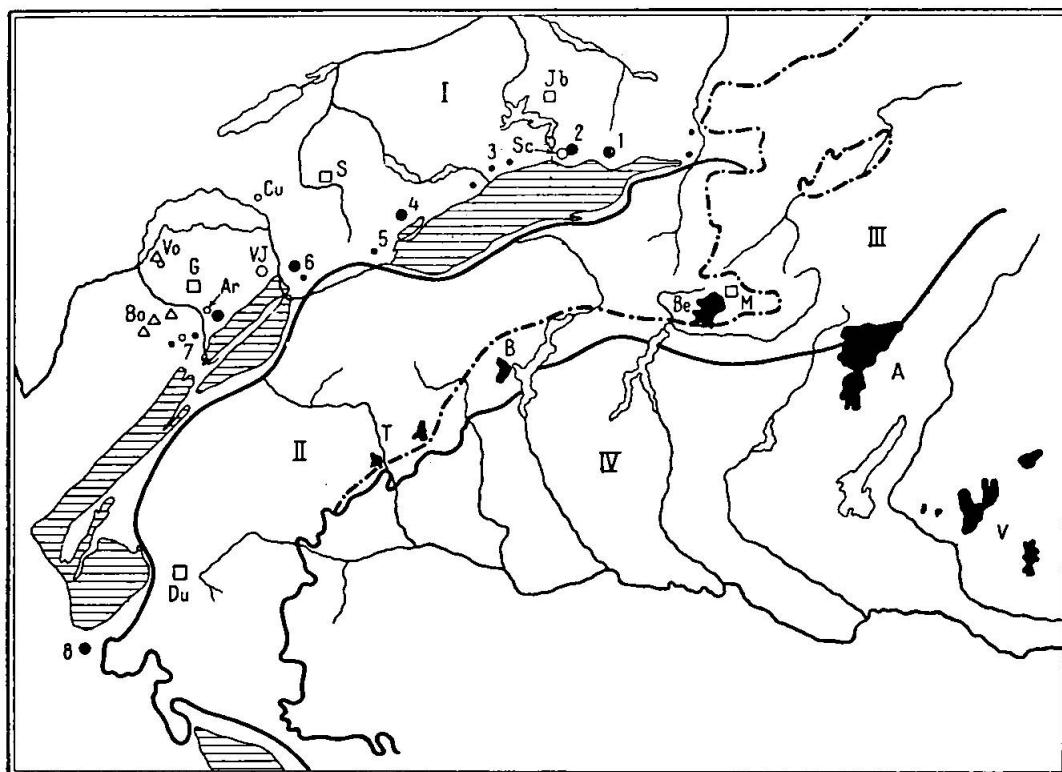


Fig. 8

Répartition des différents types de grès de Taveyannaz

Unités géologiques: I = Jura, Plateau molassique, zone autochtone et helvétique. II = Zone pennique. III = Zone austroalpine. IV = Dinarides et plaine du Pô.

Massifs tertiaires du Sud des Alpes (en noir): T = Traversella-Biella; B = Bavéno *); Be = Bergell; A = Adamello; V = Basalte du Vicentin et des Monts euganéens.

Affleurements de grès de Taveyannaz ordinaires (points noirs): 1 = Glaris; 2 = Uri; 3 = Engelberg-Grindelwald; 4 = Kiental; 5 = Wildstrubel; 6 = Diablerets; 7 = Hte Savoie; 8 = Dauphiné.

Affleurements de grès de Taveyannaz du type „Val d'Illiez“ (cercles): Ar = Arâches; VI = Val d'Illiez; Sc = Schächental; Vo = Voirons; Cu = Cucloz.

Affleurements de grès de Taveyannaz submolassiques (triangles): Bo = Bornes.

Affleurements de variolites (carrés): Du = Durance (Mt Genève); G = Col des Gêts; S = Bloc des Fenils, brèche porphyritique du Jaun Pass; Ib = Ober-Iberg; M = Couverture de la nappe de la Margna.

* On pense actuellement que Bavéno est d'âge paléozoïque.

Nous savons que ce repos n'est que temporaire et que, lorsque le paroxysme safique (STILLE) travaillera la jeune chaîne, la sédimentation grossière reprendra de plus belle, donnant naissance aux poudingues chattiens du Mont-Pèlerin. Ce seront toujours les mêmes unités tectoniques qui livreront le gros du matériel, mais l'érosion aura atteint leur coeur et elles auront déferlé sur l'ayant-pays, recouvrant et dépassant même les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez.

Nous terminons par cette image classique des nappes recouvrant leurs propres débris, l'une des plus belles que nous offre l'orogenèse alpine. Ce phénomène, découvert d'abord pour la molasse, se retrouve ici, mais avec plus d'ampleur, puisque les nappes ont laissé en arrière leurs produits de démolition, les grès de Taveyannaz, qui ne sont ainsi qu'une Nagelfluh précoce.

Reçu juillet 1943.

Bibliographie

A b r é v i a t i o n s

- B. S. M. P. = Bulletin suisse de Minéralogie et de Pétrographie.
- C. R. S. G. F. = Compte rendu des séances de la Société géologique de France.
- C. R. S. P. H. = Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.
- Ecl. = Eclogae geologicae helveticae.
- Mat. = Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse.
- Viert. = Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.

1. ARBENZ P., Die helvetische Region. Guide géol. Suisse, fasc. 2, p. 96, Wepf, Bâle 1934.
2. ARGAND E., Sur l'arc des Alpes occidentales. Ecl., vol. 14, n° 1, 1916, p. 145.
3. — Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagnes. Actes Soc. helv. Sc. nat. 1921, p. 13.
4. — La tectonique de l'Asie. C. R. XIIIème Congrès géol. intern. 1922, p. 171.
5. — La zone pennique. Guide géol. Suisse, fasc. III, p. 14, Wepf, Bâle 1934.
6. BARTH T. F. W., CORRENS C. W. und ESKOLA P., Die Entstehung der Gesteine. J. Springer, Berlin 1940.
7. BAUMBERGER E., Die Molasse des schweizerischen Mittellandes und Juragebietes. Guide géol. Suisse, fasc. 1, p. 57, Wepf, Bâle 1934.
8. BERSIER A., Un critère de durée dans l'Oligocène Vaudois. Bull. Lab. Géol. etc. Univ. Lausanne, n° 56, 1936.
9. — Caractère et signification de la sédimentation dans l'avant-fosse alpine (phase externe). C. R. Acad. Sc., t. 206, 1938, p. 193.
10. — La subsidence dans l'Avant-fosse molassique des Alpes. C. R. Acad. Sc., t. 206, 1938, p. 445.
11. BOUSSAC J., Etude stratigraphique sur le Nummulitique alpin. Mem. Carte géol. France 1912.

12. BRÜCKNER W., Stratigraphie des autochtonen Sedimentmantels und der Griesstockdecke im oberen Schächental (Kanton Uri). Verhandl. Naturf. Ges. Basel, Bd. XLVIII, 1937, p. 77.
13. BUXTORF A., KOPP J. und BENDEL L., Stratigraphie und Tektonik der aufgeschobenen Molasse zwischen Horw und Eigenthal bei Luzern. Ecl., vol. 34, n° 1, 1941, p. 135.
14. CAMPANA B., Faciès et extension de la nappe de la Simme au Nord-Est de Château-d'Oex. Ecl., vol. 34, n° 2, 1941, p. 221.
15. CAYEUX L., Les roches sédimentaires de France. — Roches siliceuses. Paris 1929.
16. CLEMENTS J. M., The Vermilion iron-bearing district of Minnesota. Mon. U. S. Geol. Surv., vol. XIV, 1903.
17. COLE G. A. J., The variolite of Ceryg Gwladys, Anglesey. Sci. Proc. Roy. Dublin. Soc., new ser., vol. VII, 1891—1892, p. 112.
18. COLLET L. W., The structure of the Alps. 2^eme ed. Arnold, London 1935.
19. COLLET L. W. et LILLIE A., Le nummulitique de la nappe de Morcles entre Arve et Rhône. Ecl., vol. 31, n° 1, 1938, p. 105.
20. COLLET L. W. et LOMBARD AUG., Le Flysch de l'arête de Berroy entre le col de Cou et les Dents Blanches de Champéry. C. R. S. P. H., vol. 56, n° 2, 1939, p. 87.
21. COLLET L. W. et GYSIN M., Les grès de Taveyannaz dans les Dents du Midi. C. R. S. P. H., vol. 58, n° 1, 1941, p. 47.
22. COLLET L. W., La nappe de Morcles entre Arve et Rhône. Mat. N. S., n° 79, 1942.
23. DALY R. A., Igneous rocks and their origin. New-York 1914.
24. DEWEY H. and FLETT J. S., On some british pillow lavas and the rocks associated with them. Geol. Mag., vol. VIII, 1912.
25. DOUXAMI H., Etude sur la Molasse rouge. Ann. Soc. Lin. Lyon, t. 51, 1904.
26. — La Molasse de Bonneville et ses fossiles. Revue savoie., 1905, fasc. 4, p. 167.
27. DUCLOZ Ch., Découverte d'écailles de terrains autochtones dans le Flysch du versant Nord des Dents du Midi (Rossetan-Bonavau). C. R. S. P. H., vol. 57, n° 4, 1940, p. 257.
28. — Nouvelles observations sur le Flysch du Val d'Illiez (Valais). C. R. S. P. H., vol. 59, n° 1, 1942, p. 98.
29. DUPARC L. et RITTER E., Le grès de Taveyannaz et ses rapports avec les formations du Flysch. Arch. Sc. phys. et nat., Genève, 3^eme période, t. XXXIII, 1895.
30. DUPARC L. et REINHARD M., La détermination des plagioclases dans les coupes minces. Mem. Soc. phys. et hist. nat. Genève, vol. 40, fasc. 1, 1924.
31. EMERSON B. K., Diabase pitchstone and mud enclosures of the Triassic trap of New England. Bull. Geol. Soc. of Amer., vol. 8, 1897.
- 31 bis — Geology of Old Hampshire County, Massachusetts, Monograph U.S. Geol. Surv., vol. XXIX, 1898.
32. FAVRE A., Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc. 3 vol. et Atlas. Paris, V. Masson, Genève 1867.

33. FLETT J. S. and HILL J. B., The geology of the Lizard and Meneage. Mem. Geol. Surv. of Great Brit. England and Wales. Expl. for sheet 359, 1912.
34. FRÖHLICHER H., Nachweis von Fischschiefern mit Meletta in der subalpinen Molasse des Entlebuch (Kt. Luzern). Ecl., vol. 24, n° 2, 1931, p. 241.
35. GAGNEBIN E., Les Cyrènes de la Veveyse de Feygire. Ecl., vol. 17, n° 3, 1922, p. 387.
36. — Description géologique des Préalpes Bordières entre Montreux et Sem-salles. Mem. Soc. vaud. Sc. nat., vol. 2, n° 1, 1924.
37. — Les Préalpes Internes dans la région de Champéry. Ecl., vol. 21, n° 2, 1928, p. 351.
38. — Observations nouvelles sur la Dent du Midi (Valais). Ecl., vol. 25, n° 2, 1932, p. 252.
39. — Champéry-Sézanfe-Salanfe-Salvan. Guide Geol. Suisse, fasc. 6, p. 408, Wepf, Bâle 1934.
40. — Environs de Châtel St-Denis. Guide géol. Suisse, fasc. 6, p. 369, Wepf, Bâle 1934.
41. — Les Préalpes et les „Klippes“. Guide géol. Suisse, fasc. 2, p. 79, Wepf, Bâle 1934.
42. — Notice explicative de la feuille Saint-Maurice de l'Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25 000. Berne 1934.
43. — Les relations des nappes préalpines au Nord du Val de Morgins (Valais). Ecl., vol. 30, n° 2, 1937, p. 222.
44. — La géologie du Chablais. Bull. S. G. F., 5ème ser., t. IX, 1939, p. 673.
45. — Interprétation nouvelle des unités préalpines entre Champéry et Morgins (Valais). Ecl., vol. 32, n° 2, 1939, p. 227.
46. GIGNOUX M., Géologie stratigraphique. 2ème ed. Masson, Paris 1936.
47. GIGNOUX M. et MORET L., Sur le prolongement en Haute-Savoie et en Suisse des unités structurales des Alpes dauphinoises. C. R. Acad. Sc., t. 196, 1933, p. 1153.
48. — La zone du Briançonnais et les racines des nappes préalpines savoyennes. C. R. Acad. Sc., t. 196, 1933, p. 1189.
49. — Les grandes subdivisions géologiques des Alpes françaises. Ann. de géogr., n° 234, 1934.
50. — Description géologique du bassin supérieur de la Durance. Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble, t. XXI, 1937, p. 1.
51. — L'Oligocène du Bassin du Rhône entre Genève et Seyssel. Etudes Rhod., vol. XV, 1939, 1-2-3.
52. GYSIN M., Sur l'emploi des signes + et — devant les coordonnées des pôles des éléments cristallographiques dans la méthode de Fedorow. Bull. Soc. Franç. Min. 1928.
53. HEIM ALB., Geologie der Schweiz. Bd. 2. Tauchnitz, Leipzig 1919.
54. JEANNET A., Das Romanische Deckengebirge, Préalpes und Klippen, in ALB. HEIM: Geologie der Schweiz, p. 589.
55. — Einsiedeln-Iberg-Mythen. Guide géol. Suisse, fasc. 10, p. 750, Wepf, Bâle 1934.
56. JENNY J. J., Geologische Beschreibung der Hohen Faulen-Gruppe im Kanton Uri. Verhandl. Naturf. Ges. Basel. Bd. XLV, 1934, p. 109.

57. JOHANSEN A., A descriptive petrography of the igneous rocks. University of Chicago Press. Chicago 1931.
58. KILIAN W., Présence de galets de variolite dans les conglomérats burdigaliens des environs de Grenoble et le Miocène des Basses-Alpes. C. R. S. G. F., n° 10, 11, 12, 1915, p. 77.
59. KRAUS E., Über den Schweizer Flysch. Ecl., vol. 25, n° 1, 1932, p. 39.
60. DE LAPPARENT J., Leçons de pétrographie. Masson, Paris 1923.
61. LAWSON A. C., San Francisco Folio of the U. S. geol. Survey. (Cité dans J. V. LEWIS, voir plus bas.)
62. LEITH C. K., An algonkian Basin in Hudson Bay: A comparison with the Lake Superior Basin. Econ. Geol., vol. V, 1910, p. 227.
63. LEUPOLD W., Zur Stratigraphie der Flyschbildungen zwischen Linth und Rhein. Ecl., vol. 30, n° 1, 1937, p. 1.
64. LEWIS J. V., Origin of pillow lavas. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 25, 1914, p. 591.
65. LIECHTI P., Über das Alter des ultrahelveticen Flysches südlich des Thunersee. Ecl., vol. 25, n° 2, 1932, p. 357.
66. LILLIE A., Les Préalpes Internes entre Arve et Giffre. Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn., vol. IX, fasc. 3, 1937.
67. — La Nappe du Laubhorn entre le col de Coux et Morgins. Ecl., vol. 30, n° 2, 1937, p. 222.
68. — Sur la nappe du Laubhorn et le Flysch entre le Col de Coux et Morgins. Ecl., vol. 32, n° 1, 1939, p. 25.
69. LOMBARD AN. et SCHROEDER W. J. Faciès peu connus du Crétacé supérieur des Préalpes Médianes. C. R. S. P. H., vol. 56, n° 2, 1939, p. 76.
70. LOMBARD AN. Les Préalpes Médianes entre le Giffre et le Somman (Vallée du Giffre, Hte. Savoie). Ecl., vol. 33, n° 1, 1940, p. 53.
71. LOMBARD AUG., Conglomérats polygéniques du soubassement des Préalpes Externes (Voirons, Pleïades, Collines du Faucigny). Répartition, lithologie. C. R. S. P. H., vol. 54, n° 3, 1937, p. 127.
72. — Idem. Problème de leur origine. C. R. S. P. H., vol. 54, n° 3, 1937, p. 129.
73. — Nummulites dans le Flysch autochtone des environs de Monthey (Val d'Illiez, Valais). Ecl., vol. 32, n° 2, 1939, p. 220.
74. — Géologie des Voirons. Mem. Soc., Helv. Sc. nat., vol. LXXIV, Mem. 1, 1940.
75. DE LOYS F., Monographie géologique de la Dent du Midi. Mat. N. S., n° 58, 1928.
76. LUGEON M., Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. Bull. S. G. F. (4), t. 1, 1901, p. 723.
77. — Les hautes Alpes Calcaires entre la Lizerne et la Kander. Mat. N. S., n° 30, 1, 1914.
78. — Sur l'origine des blocs exotiques du Flysch préalpin. Ecl., vol. 14, n° 2, 1916, p. 217.
79. — Sur l'âge du grès de Taveyannaz. Ecl., vol. 18, n° 2, 1923, p. 220.
80. — Trois tempêtes orogéniques. La Dent de Morcles. Livre jubilaire 1830—1930 de la S. G. F., t. II, p. 499.
81. — Aigle-Sépey-Diablerets. Guide géol. Suisse, fasc. 6, p. 426, Wepf, Bâle 1934.

82. — Notice explicative de la feuille Saxon-Morcles de l'Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25 000, Berne 1937.
83. — Quelques faits nouveaux dans les Préalpes Internes Vaudoises (Pillon, Aigrement, Chamossaire). Ecl., vol. 31, n° 1, 1938, p. 1.
84. — Notice explicative de la feuille Diablerets de l'Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25 000, Berne 1940.
85. — Une hypothèse sur l'origine du Jura. Bull. Lab. géol. Univ. Lausanne, n° 73, 1941.
86. LUGEON M. et GAGNEBIN E., La géologie des collines de Chiètres. Bull. Lab. Géol. etc. Univ. Lausanne, n° 57, 1937.
87. — Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes Romandes. Bull. Lab. Géol. etc. Univ. Lausanne, n° 72, 1941.
88. MICHEL-LEVY A., Etudes sur les pointements de roches cristallines qui apparaissent au milieu du Flysch du Chablais, des Gêts aux Fenils. Bull. Carte géol. France, t. 26, n° 3, 1892, p. 39.
89. VON MOOS A., Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen. B. S. M. P., Bd. XV, 1935, p. 169.
90. MORET L., Sur la découverte d'Orthophragmomes dans les „Grès de Taveyannaz“ du Massif de Platé (Haute-Savoie) et sur ses conséquences. C. R. Acad. Sc. Paris, 21 janvier 1924.
91. — Géologie du Massif des Bornes et des Klippes Préalpines des Annes et de Sulens (Haute-Savoie). Mem. Soc. Géol. France, n° 22, 1934.
92. — Sur l'âge des complexes détritiques qui terminent la série nummulitique subalpine. C. R. S. G. F., n° 2, 1936, p. 22.
93. — L'âge des complexes détritiques terminaux du Nummulitique subalpin envisagé au point de vue de la structure générale des Alpes. C. R. S. n° 3, 1936, p. 37.
94. NIGOLI P., Der Taveyannazsandstein und die Eruptivgesteine der Jung-mediterranen Kettengebirge. B. S. M. P., Bd. II, 1929, p. 169.
95. OBERHOLZER J., Altdorf-Klausenpass-Linthal-Glarus. Guide géol. Suisse, fasc. 12, p. 906, Wepf, Bâle 1934.
96. PAREJAS E., Géologie de la zone de Chamonix. Mem. Soc. phys. et hist. nat. Genève, vol. 39, fasc. 7, 1922, p. 373.
97. — Essai sur la géographie ancienne de la région de Genève. Publ. Inst. Géol. Univ. Istamboul N. S., n° 2, 1938.
98. PLATANIA G., Geological notes on Acireale. The South Italian Volcanoes. ed. by H. J. Johnston-Lavis Naples 1891, p. 37.
99. QUEREAU E. C., Die Klippenregion von Iberg (Sihltal). Mat. N. S., n° 3, 1893.
100. DE QUERVAIN F., Zur Petrographie und Geologie der Taveyannaz-Gesteine. B. S. M. P., Bd. VIII, 1928, p. 1.
101. RENZ H. H., Die subalpine Molasse zwischen Aare und Rhein. Ecl., vol. 30, n° 1, 1937, p. 87.
102. RITTENER T., Les pointements cristallins de la zone du Flysch. A. Notice sur le pointement des Fenils. Bull. Soc. vaud. Sc. nat., vol. XXVIII, p. 180.
103. ROSENBUSCH H., Elemente der Gesteinslehre. 4ème ed., Stuttgart 1923.
104. — Microscopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Bd. II, 4ème ed., Stuttgart 1908.

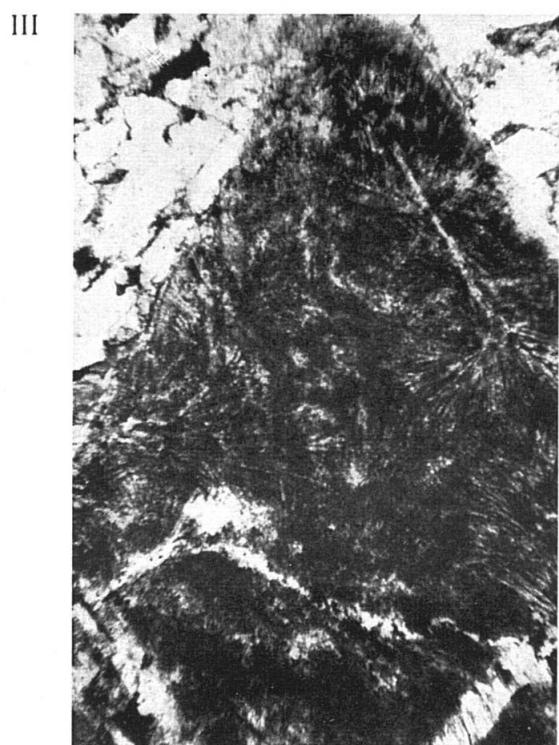
105. SARASIN CH., De l'origine des roches exotiques du Flysch. Arch. Sc. Phys. et nat. Genève, 3^{ème} per., t. XXXII, 1894.
106. SCHMIDT C., Diabasporphyrite und Melaphyre vom Nordabhang der Schweizer Alpen. N. J. für Min. etc., 1887, n° 1, p. 58.
107. SCHNETZLER J. B., Feuilles dans les schistes de Morgins. Bull. Soc. vaud. Sc. nat., t. 8, 1863, p. 7.
108. SCHROEDER W. J., La Brèche du Chablais entre Giffre et Dranse et les roches éruptives des Gêts. Arch. Sc. phys. et nat. Genève, 5^{ème} per., vol. 21, 1939.
109. STAUB R., Geologische Beobachtungen am Bergeller Massiv. Viert., Bd. 63, 1918, p. 1.
110. — Über die Verteilung der Serpentine in den alpinen Ophiolithen. B. S. M. P., Bd. II, 1922, p. 78.
111. — Der Bau der Alpen. Mat. N. S., n° 52, 1924.
112. — Übersicht über die Geologie Graubündens. Guide géol. Suisse, fasc. 3, p. 205, Wepf, Bâle 1934.
113. — Geologische Probleme um die Gebirge zwischen Engadin und Ortler. Mem. Soc., Helv. Sc. nat., vol. 72, n° 1, 1937.
114. — Gedanken zum Bau der Westalpen zwischen Bernina und Mittelmeer. Viert., Bd. 82, 1937, p. 1 et Bd. 87, 1942.
115. — Einige Ergebnisse vergleichender Studien zwischen Wallis und Bünden. Ecl., vol. 31, n° 2, 1938, p. 305.
116. STAUB W., Géologische Beschreibung der Gebirge zwischen Schächental und Maderanertal im Kanton Uri. Mat. N. S., n° 32, 1911.
117. STEINMANN G., Geologische Beobachtungen in den Alpen. II. Die SCHARDT-sche Überfaltungstheorie und die geologische Bedeutung der Tiefseeabsätze und der ophiolitischen Massengesteine. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B., Bd. XVI, 1905, p. 18.
118. — Gibt es fossile Tiefseeablagerungen von erdgeschichtlicher Bedeutung? Geol. Rund., Bd. XVI, H. 6, p. 435.
119. — Die ophiolitischen Zonen in den mediterranen Kettengebirgen. C. R. XIV Congrès Intern., 1926.
120. STILLE H., Grundfrage der vergleichenden Tektonik. Borntraeger, Berlin 1924.
121. VON TAVEL H., Stratigraphie der Balmhornguppe mit Einschluß des Gemmipasses (Berner Oberland). Mitt. Naturf. Ges. Bern, 1936, p. 43.
122. TERCIER J., Géologie de la Berra. Mat. N. S., n° 60, 1928.
123. — Dépôts marins actuels et séries géologiques. Ecl., vol. 32, n° 1, 1939, p. 47.
124. TOMKEEFF H. I., Metasomatism in the basalt of Haddenrig quarry near Kelso and the veining of the rocks exposed there. Min. Mag., vol. XXVI, n° 173, 1941, p. 45.
125. TRÖGER W. E., Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Berlin 1935.
126. TSCHACHTLI B., Gliederung und Alter der Couches Rouges und Flyschmassen in der Klippen- und Simmendecke der Préalpes am Jaunpass (Simmental). Ecl., vol. 32, n° 1, 1939, p. 39.
127. — Über Flysch und Couches Rouges in den östlichen Préalpes Romandes (Simmental-Saanen). Inaug. Diss., Bern 1941.

128. VERNIORY R., La géologie des Collines du Faucigny. Préalpes Externes (Haute-Savoie). Bull. Inst. nat. Genevois, vol. LI A (fasc. III, 1937), p. 41.
129. VONDERSCHMITT L. Neue Fossilfunde im Flysch des Val d'Illiez (Valais). Ecl., vol. 28, n° 2, 1935, p. 550.
130. VUAGNAT M., Sur l'origine du matériel volcanique des grès de Taveyannaz du Val d'Illiez (Valais). C. R. S. P. H., vol. 59, n° 2, 1942, p. 186.
131. — Sur quelques nouveaux affleurements de grès de Taveyannaz du type Val d'Illiez à porphyrites arborescentes. C. R. S. P. H., vol. 59, n° 2, 1942, p. 186, 1943, p. 53.
132. WINTERHALTER R. U., Petrographische Untersuchung eines Augitführenden Tuffes aus der Gegend von Leuk. B. S. M. P., Bd. XIII, 1933, p. 318.

Legende des photos

- Fig. I. (La Pâle, Val d'Illiez). Porphyrite andésitique hyalopilitique de type I/2a. Lumière naturelle. Gross. 65 fois.
- Fig. II. Le même fragment sous les nicols croisés. Gross. 65 fois.
- Fig. III. (Sur Crête, Val d'Illiez). Fragment de porphyrite arborescente fine de type III/2. Lumière naturelle. Gross. 65 fois.
- Fig. IV. (Croix de Culet, Val d'Illiez). Fragment de porphyrite arborescente fine à moyenne de type III/2 à III/3. Lumière naturelle. Gross. 65 fois.
- Fig. V. (Val d'Illiez). Fragment de porphyrite arborescente moyenne de type III/3. Nicols croisés. Gross. 65 fois.
- Fig. VI. (Les Gêts, Haute-Savoie). Porphyrite arborescente fine de type b. Lumière naturelle. Gross. 65 fois.
- Fig. VII. (Les Gêts, Haute-Savoie). Porphyrite arborescente fine de type b. Nicols croisés. Gross. 65 fois.
- Fig. VIII. (Les Gêts, Haute-Savoie). Porphyrite arborescente moyenne de type c. Lumière naturelle. Gross. 65 fois.

PLANCHE I



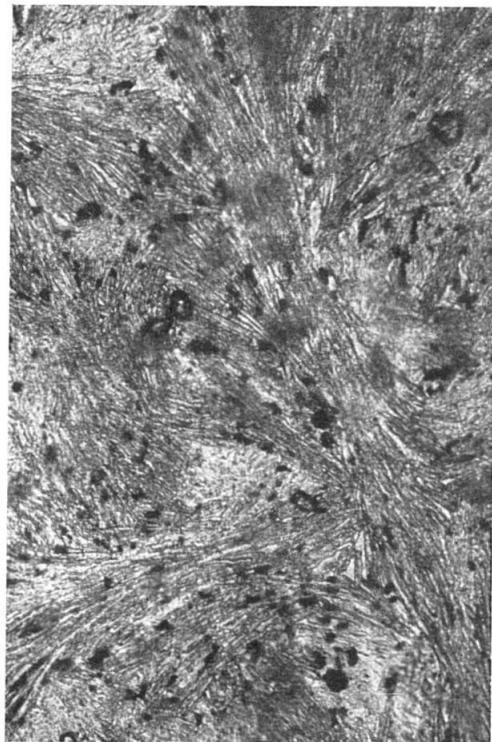
Leere Seite
Blank page
Page vide

PLANCHE II

V



VI



VII



VIII



Leere Seite
Blank page
Page vide