

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 20 (1967)
Heft: 2

Artikel: Étude géologique et pétrographique de l'extrémité méridionale du massif des Aiguilles-Rouges (Haute-Savoie, France)
Autor: Laurent, Roger
Kapitel: 1: Les granites et les séries cristallophylliennes du socle
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-739387>

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: 29.01.2026

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

PREMIÈRE PARTIE

LES GRANITES ET LES SÉRIES CRISTALLOPHYLLIENNES DU SOCLE

CHAPITRE PREMIER

LES GRANITES DE PORMENAZ ET DES MONTÉES-PELISSIER

1. INTRODUCTION

Ces granites sont disposés en deux bandes allongées et distinctes, de direction N-S, au sein de la série cristallophyllienne de « Prarion - Pormenaz » et représentent sans doute des satellites du batholite granitique du Mont-Blanc.

2. TYPES DE GISEMENT

A. *Le granite de Pormenaz.*

Ce granite constitue un massif circonscrit de type stock intrusif (plutôt de petite taille, environ 5 km²) en forme de cône renversé et déjeté en éventail vers l'W. En effet, sur la montagne de Pormenaz, à l'altitude de 2000 m, ce granite affleure en coupole de 1500 m de large; 1000 m plus bas, sa largeur n'est plus que de 150 m environ dans les gorges de la Diosaz. Il est donc fort probable qu'il se pince complètement en profondeur.

Ce « granite-champignon » diapirique peut être défini comme *syncinématique*, étant donné qu'il est concordant avec sa couverture de schistes cristallins dont il forme le cœur anticlinal. Son grand axe (longueur 4,5 km) est de direction hercynienne N-S. La présence d'une large zone mylonitique — au toit et sur le flanc E du granite — se poursuivant en concordance dans la couverture des gneiss, traduit une reprise des mouvements tectoniques après la consolidation.

Le granite de Pormenaz montre deux types de contact avec les roches encaissantes, contact normal ou contact mécanique.

Sa bordure E correspond à une zone tectonique écrasée, subverticale et parallèle à la « racine carbonifère de Coupeau - Rochy - Moède ».

En revanche, sa bordure W montre un contact normal, dont l'aspect varié dépend de la roche encaissante. Contre les gneiss à grain fin le contact peut être franc; il peut aussi donner lieu à des zones en voie d'assimilation, dans lesquelles le matériel granitique envahit sous forme de septa ou de masses irrégulières certains lits, qu'il divise en compartiments, segments ou lentilles non digérées. Cette bordure

d'aspect agmatitique n'a que quelques mètres d'épaisseur; en revanche, au contact des gneiss à grain plus grossier elle acquiert une importance particulière (jusqu'à 200 m de puissance) et montre différents faciès migmatitiques (embréchites rubanées et œillées principalement), prenant ainsi l'aspect d'une petite zone d'anatexie. De plus, cette zone bordière est traversée par un stockwerk filonien plus ou moins dense (aplites et microgranites), en provenance du granite. Ces filons intacts, d'épaisseur variable (quelques centimètres à plusieurs mètres), se recoupent en tous sens; leurs épontes sont droites ou irrégulières. Ils représentent certainement le résultat du remplissage de cassures lors d'une phase tardive (posttectonique) de la mise en place du granite.

Le granite n'est pas homogène mais présente une structure zonée à grande échelle, permettant de distinguer un *granite marginal* à grain plus fin, localement riche en sphène et hornblende, et un *granite central* porphyroïde.

Le granite est haché par un réseau de grandes failles transverses, verticales et plus ou moins parallèles, qui sont en général cicatrisées par du quartz (filons ayant parfois plus d'1 m d'épaisseur) ou de la barytine. Les failles sont fréquemment minéralisées en blende, pyrite, galène, chalcopryrite. Cette minéralisation, en relation directe avec le granite, représente certainement une manifestation tardive de la formation du granite.

B. *Le granite des Montées-Pélissier.*

Il s'agit d'une lame granitique stratoïde longue de 2500 m et large au maximum de 800 m. Elle est localisée dans l'axe rompu d'une zone synclinale, déprimée et parcourue de fractures profondes, de la série cristallophyllienne de « Prarion-Pormenaz ».

Les contacts, le long de ses bordures E et W, sont francs, brusques et toujours mécaniques. Ils se font par l'intermédiaire d'une zone mylonitique (de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de puissance) partiellement recristallisée et plus ou moins fortement silicifiée.

Cette lame de granite aux bordures écrasées présente les caractères d'une mise en place *tectonique postcinématique*.

De même que celui de Pormenaz, ce granite est découpé par un réseau serré de failles transverses, qui, contrairement aux précédentes, ne sont pas minéralisées.

A l'exception des zones écrasées, la structure de ce granite est homogène. Ses caractères pétrographiques sont semblables à ceux du faciès marginal du granite de Pormenaz; les deux roches seront, par conséquent, étudiées ensemble.

3. CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES ET MINÉRALOGIQUES

A. *Textures.*

A l'échelle de l'affleurement, le granite possède une texture grossièrement plane. L'orientation parallèle des éléments est produite surtout par les micas et la

chlorite, qui ont tendance à s'aligner et à former des lits enrobant les phénocristaux de feldspath. Ces derniers d'ailleurs paraissent souvent se disposer dans un même plan.

Cette texture orientée résulte d'effets tectoniques; dans les régions très écrasées, elle peut devenir schisteuse, les phénocristaux prennent alors l'allure d'yeux très aplatis tandis que la chlorite, les micas et le quartz forment des bandes soulignées de traînées limonitiques.

Le granite de Pormenaz doit son faciès coloré et particulier à de gros phénocristaux de feldspath potassique rose enrobés dans une pâte verdâtre formée de chlorite, de biotite verte et de quartz vert clair (à inclusions de chlorite). Dans le granite des Montées-Pélissier et dans le faciès marginal du granite de Pormenaz, les couleurs virent au gris tandis que la composition et les structures changent.

B. Structures.

a) *Granite central.* Sa structure est typiquement porphyroïde. Les phénocristaux d'orthose ou de microcline, atteignant jusqu'à 8 cm de long, sont idiomorphes alors que la pâte finement grenue est formée en majeure partie de minéraux allotriomorphes: quartz, biotite, chlorite. Les plagioclases sont aussi le plus souvent idiomorphes, mais leur taille reste de l'ordre du millimètre; ils sont fréquemment en inclusions dans les feldspaths potassiques. Il est intéressant de noter qu'en général les granites syncinématiques présentent fréquemment cette structure porphyroïde.

b) *Granite marginal.* Dans la zone étroite qui sépare les schistes cristallins du granite central, ce dernier tend à acquérir la structure d'un microgranite; les phénocristaux s'espacent et se noient dans une pâte à grain plus fin; le microcline remplace l'orthose et les plagioclases deviennent beaucoup plus nombreux que les feldspaths potassiques. Ces modifications sont graduelles.

A Pormenaz, la couronne de granite marginal se développe surtout dans la partie méridionale où elle se prolonge dans les schistes cristallins encaissants par un stockwerk filonien d'aplites et de micro-granites. Ce phénomène est fréquent; c'est par exemple le cas du granite du Pelvoux, étudié par P. TERMIER (1899), qui passe aussi à des micro-granites et à des aplites finement grenues. Il semble donc que la structure microgranitique représente un faciès typique de bordure. Rappelons que le granite des Montées-Pélissier appartient aussi à ce type.

c) *Mylonites granitiques.* Les structures mylonitiques sont secondaires; elles se superposent progressivement à la structure primaire. On peut distinguer cinq stades principaux de mylonitisation — illustrés dans la figure 2 — et dont les caractéristiques ont été réunies dans le tableau suivant.

Dans cette classification, je ne considère pas que le terme de mylonite implique exclusivement une notion de structure, étant donné que l'écrasement s'est accompagné d'une altération des minéraux constitutifs.

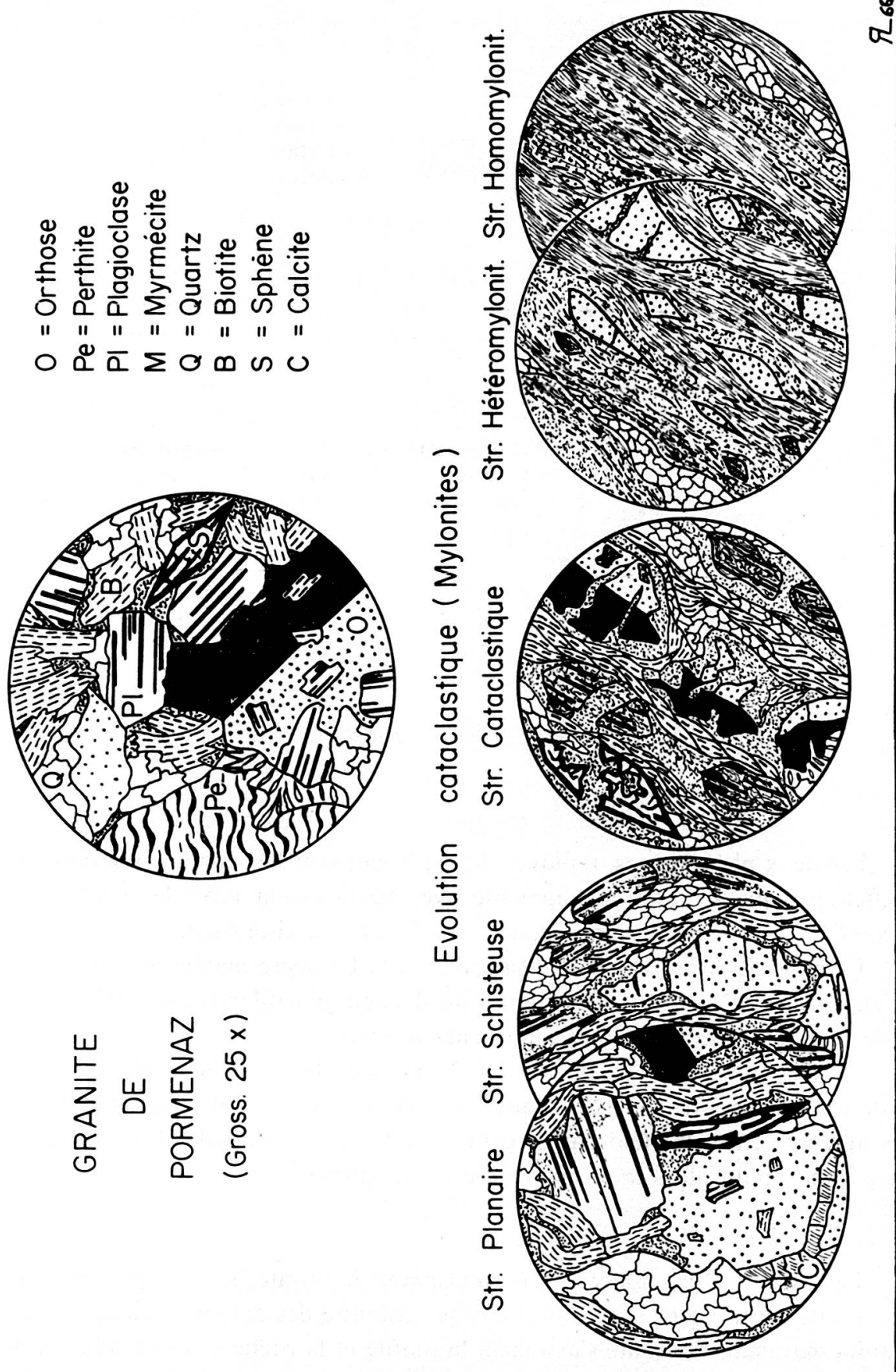


Fig. 2.

| Degré | STRUCTURES MYLONITIQUES | | Plagioclase | Quartz | Biotite | Feldspath potassique |
|-------|---|------------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1 | PLANAIRE Ecrasement peu poussé, tendance à la formation de lits de quartz et de lits de micas | STRUCTURES ORTHOGNEISSIQUES | peu damouritisé | fissuré, extinction onduleuse | lamelles déformées | peu fissuré, frais |
| 2 | SCHISTEUSE Les feldspaths s'allongent dans le plan de schistosité | | en voie de damouritisation, macles incurvées | fragmenté | étirée et décomposée | fissuré, extrémités écrasées |
| 3 | CATACLASTIQUE Degré mixte présentant alternativement les degrés 1-2 et 3-4 | | fragmenté et damouritisé | purée | fragmentée et chloritisée | très fissuré et fragmenté |
| 4 | HÉTÉROMYLONITIQUE Débris de feldspaths dans une purée fine | | purée | purée | purée | fragments allongés |
| 5 | HOMOMYLONITIQUE Mylonite homogène | | purée séricito-quartzo-chloritique | | | |

Les deux phénomènes, typiques de l'épizone, sont liés par une relation de cause à effet, puisque l'altération augmente avec l'écrasement (voir les transformations successives des minéraux principaux dans le tableau ci-dessus).

La mylonitisation va en croissant de 1 à 5. Le degré maximum n'est représenté qu'en bordure d'accidents tectoniques où il s'agit généralement de mylonites d'âges variés, les failles ayant rejoué à plusieurs reprises.

Notons encore qu'aux degrés 1 à 3, qui sont les plus fréquents, la roche présente souvent une structure cloisonnée où les lamelles de biotite et de chlorite forment des agrégats entre les feldspaths, contribuant ainsi à les isoler les uns des autres. Le granite prend alors la structure d'un orthogneiss.

C. Les Minéraux.

Les minéraux essentiels sont les feldspaths, la biotite, les chlorites et le quartz. Le granite central est un granite à biotite (granitite des auteurs allemands). Dans le granite marginal, l'ouralite s'associe à la biotite et la roche se rapproche localement d'un granite à hornblende.

a) *Les feldspaths potassiques.* Ces grands phénocristaux sont représentés par l'orthose ($2V=60^\circ$ à 70°) et le microcline ($2V=70^\circ$ à 85°). L'orthose rosâtre (oxydes de fer), à macle de Carlsbad, prédomine largement dans le faciès central où elle coexiste cependant avec un peu de microcline, qui en dérive. La microclinisation de l'orthose semble s'opérer à partir des nombreuses inclusions de plagioclases. Les choses se passent comme si ce dernier contaminait le feldspath potassique en le triclinsant. D'autre part, l'apparition de microcline est liée aux zones écrasées; ce minéral correspond ici nettement à une forme cristallisée sous contrainte et probablement de plus basse température que l'orthose. En effet, dans le granite marginal, le microcline blanchâtre, non maclé ou avec ses macles polysynthétiques caractéristiques, prédomine à son tour. De plus, il est souvent perthitique, c'est-à-dire imprégné de fines facules, fusiformes ou irrégulières, d'albite. Il paraît alors provenir de la transformation d'orthoses à inclusions de plagioclases partiellement homogénéisées.

L'étude des couples de réflexions $(\bar{1}\bar{1}1)-(111)$, $(\bar{1}30)-(130)$ et $(\bar{1}31)-(131)$ en diffraction des R. X montre la symétrie monoclinique parfaite de l'orthose du « faciès central » (couple confondu en une seule réflexion) et le passage de cette orthose au microcline de la zone migmatique de contact, par l'intermédiaire de cristaux au triclinsisme croissant (apparition des groupes de deux réflexions de mieux en mieux distinctes).

Ces feldspaths potassiques sont en réalité des porphyroclastes; ils se sont formés peu après les autres minéraux principaux du granite et ont été affectés par certaines transformations tardives liées aux processus de rétro-morphose des schistes cristallins encaissants. Ils ont aussi subi les effets de la cataclase, dont ils portent les traces. La partie centrale des cristaux a bien résisté à l'écrasement et n'est généralement que fort peu séricitisée; par contre, les bordures et les extrémités sont largement fissurées, ce qui a facilité leur altération. Ils peuvent aussi être brisés en multiples fragments, ayant pivoté les uns par rapport aux autres, et réunis par des filonnets de produits secondaires.

b) *Les plagioclases.* Il s'agit de plagioclases acides: albite et oligoclase (maximum 30% An) ne montrant jamais de zonation nette. Le plus souvent les cristaux ne sont pas maclés ou maclés seulement selon la loi de l'albite. Cependant de nombreux individus présentent aussi les macles de péricline ou de Carlsbad. Si la plupart de ces plagioclases appartiennent au type de basse température, ceux qui présentent, par exemple, l'association des macles d'albite et de Carlsbad sont considérés par GORAI (1951) comme typiques des roches éruptives.

On reconnaît l'existence de trois générations différentes de plagioclases:

1) plagioclases (oligoclase) en inclusions dans les feldspaths potassiques; ils sont fortement damouritisés et ont libéré, par endroits, un peu de calcite et de quartz.

2) plagioclases (oligoclase) porphyroclastiques associés aux phénocristaux de feldspath potassique, mais de taille généralement plus petite, ils sont également plus ou moins fortement damouritisés.

3) antiperthites et albites très fraîches de néoformation, tendant à développer leurs formes idiomorphes. Par exemple, certaines perthites écrasées sont albitisées. Ce phénomène se manifeste également par une régénération des plagioclases plus anciens se traduisant par le développement d'une couronne d'albite limpide.

c) *Le quartz*. Ce minéral constitue une partie de la pâte; il apparaît aussi en inclusions dans de nombreux phénocristaux et enfin remplit des cassures. Il présente généralement trois caractères nettement cataclastiques: 1) extinction roulante, 2) biaxie anormale et 3) fragmentation en petits grains à microcassures remplies de paillettes de chlorite, ce qui lui donne une couleur vert clair. Secondairement, il a recristallisé en lentilles allongées à plages engrenées ou en veinules cimentant d'anciennes diaclases.

d) *Bordures réactionnelles*. Très fréquemment des associations myrmécitiques bourgeonnantes se développent contre la bordure des feldspaths potassiques qu'elles paraissent corroder. Cette myrmécite — constituée de fins vermicules divergents de quartz emprisonnés dans une masse trouble de plagioclase — se forme à partir des produits damouritiques et quartzeux de l'altération des plagioclases. Elle est non déformée, donc postérieure à l'écrasement et correspond à des recristallisations tardives au sein de la masse granitique.

e) *Biotites et chlorites*. La biotite est le mica le plus fréquent de ce granite; cependant, elle s'altère plus ou moins complètement en chlorite et forme avec ce minéral des associations intimes. Les termes de passage sont les suivants:

1) biotite brune, fortement pléochroïque, à petites inclusions de zircon, sphène, apatite, etc.

2) biotite verte, présentant les mêmes teintes de polarisation que les biotites brunes (il s'agit souvent de biotite régénérée).

3) hydrobiotite, association de fines lamelles de biotite, de vermiculite ou de chlorite.

4) vermiculites ou chlorites.

Les vermiculites se présentent en lamelles exfoliées brun verdâtre à incolore, pléochroïques ($n=1,54$; biréfringence moyenne 0,02; $2V - 5^\circ$ à -10° , extinction droite, allongement positif); leurs teintes de polarisation de la fin du premier ordre les distinguent nettement et des micas et des chlorites.

Les chlorites, incolores à vertes, pléochroïques, ont une biréfringence très faible (0,004 environ) et présentent des teintes de polarisation bleu-noir à brun violacé

(n 1,58 environ; 2V 0-40° (+)). Elles appartiennent aux chlorites riches en Mg et semblent principalement représentées par le clinochlore.

Ce processus de chloritisation libère des oxydes de fer et du leucoxène, qui s'accumulent dans la trace des anciens clivages du mica pseudomorphosé, ainsi que des touffes de rutile sagénitique.

Enfin, cette chlorite (clinochlore) peut cristalliser en rosettes et remplir des filonnets tranchant à l'emporte-pièce toutes les structures de la roche; elle est accompagnée de quartz et semble liée à une manifestation alpine tardive (sécrétion latérale d'origine hydrothermale). AMBERGER (1960) a observé de tels filons pénétrant dans la base du Trias de l'« Autochtone » des Aiguilles-Rouges.

f) *Minéraux accessoires.* — *Amphibole.* Il s'agit d'ouralite (2V —80°) formée d'un mélange de hornblende vert foncé, au pléochroïsme variable et d'un peu d'actinote vert pâle à incolore. L'ouralite caractérise certaines zones du faciès marginal, où elle se présente en grandes plages poecilites (inclusions de quartz) à clivages bien marqués. Le plus souvent, elle se décompose en produits chloriteux, quartz, calcite, sphène, rutile.

Sphène. (Titaniter) Le sphène apparaît en petits grains dans le granite central, alors que fréquemment dans le type marginal, associé à la hornblende, il constitue de nombreux et très beaux prismes parfois maclés, à section rhombique, pouvant contenir des inclusions de plagioclases damouritisés. Ces cristaux sont porphyroblastiques et souvent brisés en plusieurs fragments. Les macles sont peut-être d'origine mécanique, car WINCHELL (1959) mentionne que l'on peut produire artificiellement ce genre de macle sous une pression de 3000 atm. Les grands prismes de sphène sont graduellement pseudomorphosés par du leucoxène et de l'oligiste; ils deviennent opaques, libèrent, en plus de la calcite, du rutile et montrent alors des bordures irrégulières, découpées de golfes remplis de ces produits de décomposition.

Rutile. Cet oxyde de titane accompagne le silicate du même élément sous deux habitus différents: 1) fines aiguilles (sagénite) en épitaxie dans la biotite chloritisée, 2) en prismes allongés; dans ces cas, il se comporte optiquement comme un biaxe et montre parfois une macle en chevron. WINCHELL (1959) précise que ces caractères peuvent également être acquis par déformation mécanique.

Zircon. Ce minéral est omniprésent et plus abondant dans le granite central que dans les faciès de bordure. Son habitus le plus fréquent est celui de grains petits et trapus. Il ne détermine pas de halo pléochroïque au contact des micas. Par contre, il existe dans ces minéraux de rares halos provoqués par de très petites inclusions d'allanite ou de monazite.

Apatite. Ce phosphate est lui aussi omniprésent en prismes hexagonaux ou en fines baguettes formant le plus souvent des inclusions dans de nombreux minéraux tels que les micas.

Minéraux opaques. Ces minéraux se présentent sous deux formes: en grains grossièrement cubiques et polyédriques (magnétite, pyrite, hématite), ou en traînées d'altération (limonites, leucoxène) mêlées aux autres produits de décomposition.

Carbonates. La calcite est fréquente en plages dispersées comme produit de décomposition; elle constitue aussi le remplissage de petits filonnets et présente alors souvent ses jolies macles mécaniques. Aux épontes des filons métallifères, elle peut être accompagnée localement de rhomboèdres de dolomie ou d'ankérite.

Séricite et damourite. Ces produits de décomposition des feldspaths sont omniprésents. Dans les faciès écrasés, ils prennent une importance particulière et peuvent constituer la plus grande partie de la mylonite.

D. *Paragenèses et transformations métamorphiques.*

L'ordre de cristallisation établi par ROSENBUSCH (1910), ainsi que la conception des séries réactionnelles de BOWEN (1933) expliquent dans les grandes lignes la genèse du granite de Pormenaz.

Cependant un tel cadre reste schématique et les exceptions sont d'autant plus nombreuses que les facteurs secondaires (assimilation, cataclase, métamorphisme), intervenant au cours du temps, se multiplient. On est alors conduit à penser que les granites subissent une large recristallisation après leur première cristallisation magmatique fondamentale. DRESCHER-KADEN (1948), par exemple, soutient ce point de vue en montrant que certains phénomènes (myrmécite, bords attaqués des grains, silicification, albitisation, etc...) attestent l'importance des processus postérieurs à la consolidation.

Souvent plusieurs causes produisent le même effet, les facteurs interfèrent entre eux et il devient difficile de faire exactement la part de chaque chose. Mise en place, consolidation, écrasement, métamorphisme, régénération font partie d'un processus continu, accompagné de transformations progressives, de retour en arrière, etc. Schématiquement, je distinguerai *trois étapes*, au cours desquelles les conditions du milieu ont varié (pressions dirigée et lithostatique, températures, équilibres chimiques, etc.):

1° *Phase précataclastique* (consolidation fondamentale).

L'injection ou la diffusion du matériel granitique au cœur de la charnière anticlinale de Pormenaz a probablement débuté pendant l'élaboration de cette structure (orogénèse hercynienne majeure). A ce sujet RAGUIN (1957, p. 15) écrit: « Les déformations favorisent l'afflux et la diffusion des minéralisateurs. Une grande phase de détente consécutive permet la cristallisation régulière de grands feldspaths à tendance idiomorphe ».

Cette phase précataclastique se subdivise elle-même en deux temps : *1^{er} temps* — Cristallisation des minéraux que l'on trouve en inclusions dans les phénocristaux (apatite, zircon, minerais, petits sphènes, biotite, plagioclases de la première génération, quartz).

2^e temps — Dans le faciès central, développement porphyroblastique de l'orthose, forme monoclinique de moyenne ou basse température. Dans le faciès marginal, développement porphyroblastique de l'association de microcline et d'oligoclase, feldspaths tricliniques de basse température. D'autre part, le matériel granitique s'enrichit en éléments ferro-magnésiens et en titane par places, à la périphérie de l'intrusion, ce qui permet la cristallisation de grands prismes de sphène et d'amphibole.

La formation et le développement de ce faciès porphyrique impliquent probablement une faible épaisseur du toit. Par exemple, certains granites porphyriques des « Basin-Ranges » aux U.S.A. semblent s'être consolidés à moins de 1000 m de la surface. Cette circonstance expliquerait les phénomènes ultérieurs de cataclase et de métamorphisme épizonal bien nets.

2^o Phase cataclastique.

Au cours de cette phase, le granite déjà consolidé subit une forte pression dirigée. Sous l'effet de la tension, une partie de l'orthose est microclinisée, il y a développement de perthites et formation de macles dans des minéraux tels que le sphène et le rutile. Le toit et le flanc E du granite sont mylonitisés.

A cette phase correspond certainement le début de la rétro-morphose, commune à toutes les séries cristallophylliennes des « massifs cristallins externes » (chloritisation des minéraux ferro-magnésiens et altération des feldspaths). Cette rétro-morphose, ou métamorphisme du granite, s'est produite dans la zone des micaschistes supérieurs (épizone).

3^o Phase postcataclastique (recristallisation).

A la périphérie du granite, cette phase se traduit premièrement par un remplissage des cassures par des aplites et des microgranites, et dans un second temps par la mise en place d'une minéralisation cuproplombo-zincifère.

Au sein de la masse granitique, la phase postcataclastique se marque par trois phénomènes principaux :

1) *Albitisation* — Il y a développement d'une nouvelle génération d'albite à tendance idiomorphe (3^e génération), formation d'antiperthites par pseudomorphose de perthites par l'albite et régénérescence de certains plagioclases anciens (bordure d'albite fraîche).

2) *Formation de myrmécite* — A partir des produits de décomposition feldspathique, il y a remobilisation avec recristallisation d'une bordure de réaction au contact des feldspaths potassiques.

3) *Silicification* — Une partie importante du quartz recristallise sous forme de remplissage de cavités et de filonnets (colmatage des failles, recristallisation des mylonites).

Enfin, sans relations avec les phénomènes précédents, les circulations d'eaux déposent des carbonates, tandis qu'une manifestation hydrothermale alpine tardive donne lieu, dans le plan de certaines diaclases, à une minéralisation quartzo-chloritique.

4. COMPOSITION

A. Analyses modales.

a) *Résultats*. Pour éliminer de trop grandes erreurs causées par la répartition inégale des phénocristaux, il a été nécessaire d'effectuer le comptage de 20 coupes minces (20.000 points). Les résultats, qui rendent bien compte de l'hétérogénéité de ce « granite », sont les suivants :

| | Granite de Pormenaz | | | | Granite des Montées-Pélistier | |
|------------------------|---------------------|------------|--------------|------------|-------------------------------|------------|
| | Central | | Marginal | | | |
| | Moyenne de 8 | Variations | Moyenne de 8 | Variations | Moyenne de 4 | Variations |
| Plagioclases | 26.2 | 17.0-32.6 | 33.2 | 20.9-54.3 | 32.4 | 25.1-40.1 |
| Feldspaths potassiques | 17.7 | 2.2-32.6 | 11.1 | 4.1-26.5 | 13.8 | 9.1-17.9 |
| Quartz | 20.2 | 12.4-27.9 | 18.6 | 4.2-32.9 | 29.2 | 26.1-33.4 |
| Biotite-Chlorite | 17.5 | 9.7-27.9 | 20.0 | 17.3-22.9 | 13.1 | 9.8-17.0 |
| Séricite | 12.4 | 4.9-24.1 | 7.8 | 3.7-18.0 | 10.4 | 9.7-12.1 |
| Sphène | 1.5 | 0- 3.4 | 3.6 | 1.4- 5.7 | 0.4 | 0- 1.1 |
| Hornblende | — | — | 1.8 | 0-10.0 | — | — |
| Calcite | 3.1 | 0.1- 6.0 | 2.5 | 0- 6.3 | 0.2 | 0- 0.3 |
| Divers | 1.5 | 0.2- 3.0 | 1.6 | 0.8- 2.7 | 0.6 | 0.4- 0.9 |

La lecture du tableau montre :

1) qu'il s'agit d'un granite de composition calco-alkaline, puisque la teneur en plagioclases est toujours supérieure à celle des feldspaths potassiques.

2) que la teneur en feldspaths potassiques décroît rapidement dans les faciès marginaux.

b) *Composition :*

| | Q/L | P/F |
|--------------------------------------|-----|-----|
| granite de Pormenaz, faciès Central | 26 | 60 |
| granite de Pormenaz, faciès Marginal | 26 | 75 |
| granite des Montées-Pélissier | 34 | 70 |

Q/L = rapport du volume du quartz au volume total des éléments leucocrates

P/F = rapport du volume des plagioclases au volume total des feldspaths.

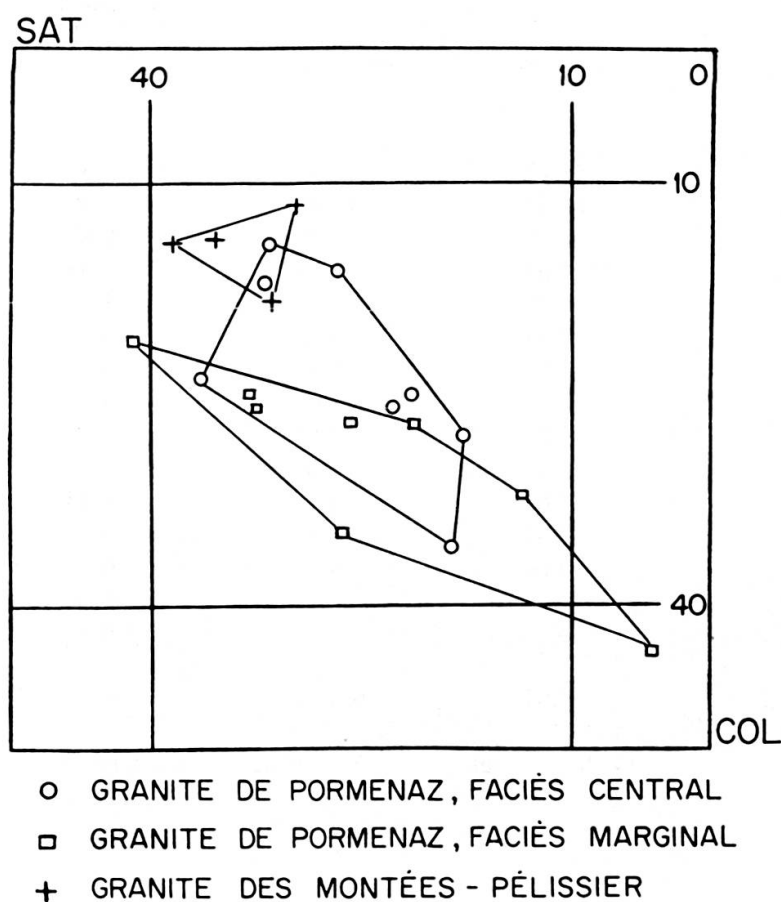


Fig. 3.

Diagramme « Saturation-coloration » des granites
 (points représentatifs calculés d'après les analyses modales)

Le calcul des coefficients Q/L et P/F de TRÖGER (1935, 1938) permet de rapporter à la classification de cet auteur les compositions minéralogiques déterminées, qui tombent dans le domaine des granites monzonitiques quartziques. Cependant, il est nécessaire d'introduire ici un facteur de correction; en effet, la plupart des plagioclases de ces granites sont des albites, dont la composition est à cheval entre les feldspaths alcalins s.str. et les feldspaths calco-alcalins. En tenant compte de ce

fait, on dira plutôt que le granite de Pormenaz est à *tendance monzonite quartzique*.

La comparaison des coefficients de saturation et de coloration (JUNG et BROUSSE, 1959), sous forme de graphique (fig. 3), met en évidence les variations locales rapides de la composition des faciès marginaux du granite de Pormenaz. Elle montre aussi la parenté qui existe entre ces roches et le groupement des faciès de bordure autour du type central.

| | Granite de Pormenaz | | Granite des Montées-Pélissier (MP 5) | Mylonite du granite des Montées-Pélissier (MP 23) |
|--|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| | T. Central | T. Marginal variété (P 35) leucocrate | | |
| SiO ₂ | 56.12 | 71.45 | 69.35 | 67.88 |
| Al ₂ O ₃ | 17.85 | 13.40 | 14.40 | 14.91 |
| Fe ₂ O ₃ | 3.29 | 0.49 | 0.60 | 2.99 |
| FeO | 2.03 | 2.18 | 1.36 | 1.27 |
| MgO | 3.56 | 1.53 | 1.53 | 0.98 |
| MnO | 0.08 | 0.02 | 0.04 | 0.00 |
| CaO | 3.24 | 1.64 | 0.90 | 0.82 |
| Na ₂ O | 3.10 | 3.08 | 3.31 | 0.24 |
| K ₂ O | 5.81 | 4.64 | 5.07 | 8.20 |
| TiO ₂ | 1.14 | 0.60 | 0.38 | 0.99 |
| P ₂ O ₅ | 0.62 | 0.12 | 0.14 | 0.46 |
| H ₂ O ⁺ | 2.43 | 1.32 | 1.48 | 1.74 |
| H ₂ O ⁻ | 0.60 | 0.05 | 0.07 | 0.21 |
| CO ₂ | — | — | 0.70 | — |
| S | — | — | 0.16 | — |
| Totaux | 99.87 | 100.52 | 99.49 | 100.69 |
| Analystes | G. M. Zippel | G. M. Zippel | G. Krummen- acher | G. Mérandon |

Coordonnées :

| | | |
|------------------|---------------------------------|------------------|
| — | Granite de Pormenaz, T. Central | 116.500: 943.750 |
| P ₃₅ | » de Pormenaz, T. Marginal | 114.850: 943.900 |
| MP ₅ | » des Montées-Pélissier | 111.750: 944. |
| MP ₂₃ | Mylonite des Montées-Pélissier | 110.400: 944.800 |

B. Analyses chimiques.

a) *Résultats* : quatre analyses sont présentées : celle du faciès central du granite de Pormenaz concerne un échantillon ayant une signification statistique, prélevé par quartages successifs sur 20 kg de poudre broyée. Ces quatre analyses montrent qu'il y a toujours plus d'alumine que de ferromagnesiens, et d'alcalis que de chaux.

b) Paramètres de NIGGLI.

| | Si | al | fm | c | alk | k | mg |
|--|-------|------|------|------|------|------|------|
| 1. Granite de Pormenaz, F. Central . . . | 185,1 | 34,8 | 31,4 | 11,5 | 22,3 | 0,55 | 0,56 |
| 2. Granite de Pormenaz, F. Marginal . . | 355,9 | 39,4 | 22,2 | 8,7 | 29,7 | 0,49 | 0,51 |
| 3. Granite des Montées-Pélissier . . . | 348,5 | 42,7 | 22,0 | 4,9 | 32,4 | 0,50 | 0,58 |
| 4. Mylonite des Montées-Pélissier . . . | 339,2 | 44,0 | 24,1 | 4,5 | 27,4 | 0,95 | 0,30 |

Le diagramme de la fig. 4 met en évidence la distinction des faciès marginaux (2, 3, 4) par rapport au type central (1). Dans le champ d'existence de ces granites, on observe parallèlement, du faciès central aux faciès de bordure, les deux variations suivantes: l'alumine (al) et les alcalis (alk) augmentent, tandis que les ferromagnésiens (fm) et la chaux (c) diminuent.

c) *Composition*: la composition chimique du faciès central du granite de Pormenaz est approximativement celle d'un magma leucomonzonitique (BURRI und

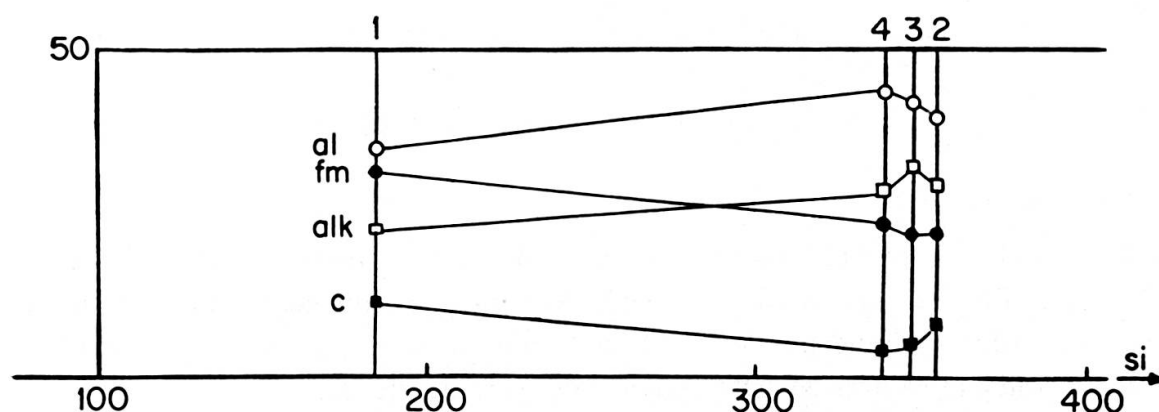


Fig. 4.

Diagramme de variation de Niggli pour les granites.

NIGGLI, 1945), tandis que ses faciès de bordure correspondent à des *variétés granito-alcalines*. Pour ces derniers, il convient de rappeler que les variations sont cependant rapides et certaines zones, localement enrichies en hornblende et sphène, paraissent avoir au contraire une composition plus basique que celle du noyau central. L'analyse chimique rejoint les conclusions de l'analyse modale.

d) *Comparaisons avec la « protogine » du Mont-Blanc*. Dans un travail récent, VITEL (1965) montre que la « protogine » du tunnel du Mont-Blanc a la composition (moyenne de 40 analyses chimiques) d'un granite calco-alcalin monzonitique, elle est comparable à la variété leucocrate (P 35) du faciès de bordure analysé du granite de Pormenaz.

e) *Origine du « granite de Pormenaz »*. La composition chimique particulière du faciès central de ce granite s'explique si l'on admet que les « venues granitisantes », de composition acide, ont digéré une part importante du matériel basique apparte-

nant au cœur anticlinal de la « série cristallophyllienne de Prarion-Pormenaz ». L'assimilation complète conduit à l'individualisation d'un noyau granitique plus riche en ferro-magnésiens et en chaux que les variétés bordières.

Dans le faciès marginal, le phénomène est semblable mais l'assimilation incomplète. Près du contact, le mélange au lieu d'être intime se traduit à grande échelle par une zone agmatique, dans laquelle alternent les faciès granitiques alcalins, du type de l'échantillon analysé P 35 (« venues granitisantes »), et les faciès plus basiques (non assimilés).

La granitisation a pour origine non seulement une remobilisation du matériel *in-situ* mais encore l'appoint d'apports importants en Al_2O_3 , SiO_2 et K_2O provenant du substrat (voir analyses chimiques des gneiss GS 17, Pr 38 et 7.16865 de la série de Prarion-Pormenaz encaissante). La distribution des zircons met également ces apports en évidence. En effet, ces minéraux abondent dans le granite du faciès central, alors qu'il n'y en a pratiquement pas dans les gneiss encaissants.

5. DATATIONS GÉOCHRONOMÉTRIQUES

A. Ages « plomb total ».

Les résultats ont été obtenus par une méthode d'analyse rapide des teneurs en U, Th et Pb des zircons (BUCHS 1962). Les mesures ont été faites, dans le cadre d'un projet subventionné par le Fonds national suisse de la recherche scientifique, par mon collègue et ami M. DELALOYE, que je remercie ici.

Granite de Pormenaz

| | Radioactivité en α /mg.h. | Age « plomb total » en millions d'années | Etage |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|------------|
| * Zircons 175 AR ₇ | 579 | 290 | Stéphanien |
| 227 AR ₁₅ | 542 | 347 | Dinantien |

* Résultat déjà publié (J. BERTRAND et al., 1965).

Le granite est *d'âge carbonifère*. Les gneiss encaissants étant dépourvus de zircons, la probabilité de dater des zircons « reliques » (xénolithiques) est quasi inexistante. De plus, le caractère syncinématique de ce granite donne en même temps l'âge de la phase ségalaunienne (orogénèse hercynienne majeure). Cette phase couvrirait ainsi la plus grande partie des temps carbonifères, du Carbonifère inférieur au Westphalien, soit une période de 60 m.a. environ.

L'âge « plomb total » s'accorde parfaitement avec les données géologiques.

Granite des Montées-Pélissier

| | Radioactivité en α /mg.h. | Age « plomb total » en millions d'années | Etage |
|-----------------------------|-------------------------------------|---|--------------|
| Zircons 176 AR ₈ | 811 | 250 | Permien inf. |

Ce faciès de bordure s'est sans doute formé dans une phase plus tardive que le faciès central du « granite de Pormenaz ». Le résultat obtenu (250 m.a.) confirme cette hypothèse. Il est cependant trop jeune (de 15 % environ), car la mise en place de cette lame tectonique s'est effectuée au Stéphanien moyen au plus tard. Il est possible que les zircons de cette roche fortement écrasée aient subi des pertes en éléments radiogéniques, probablement par lessivage de plomb, ou encore par diffusion éventuelle de certains gaz intermédiaires entre les éléments de départ (Th, U) et le plomb final (voir à ce propos: CHESSEX et al. 1965).

B. Ages « Potassium — Argon ».

Cette méthode repose sur la détermination des quantités de l'isotope radioactif K⁴⁰ et de l'isotope radiogénique Ar⁴⁰ qui en dérive. Elle s'applique à des minéraux riches en potassium (biotite, orthose, etc.). Les résultats obtenus par le professeur D. KRUMMENACHER, que je remercie également bien sincèrement, sont les suivants:

| | Age K/Ar |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| KA 237 Biotite, granite de Pormenaz | 215 \pm 5 m. a. (Permien) |
| KA 236 Orthose, » » » | 247 \pm 5 m. a. » |

Ces âges K/Ar sont trop jeunes de 15 à 35 %. En effet, les zircons donnent un âge carbonifère et l'étude pétrographique du Carbonifère de la montagne de Pormenaz (LAURENT, 1965) montre que ce granite était déjà en proie à l'érosion au Stéphanien supérieur.

Ces âges K/Ar mettent en évidence, par rapport aux âges « Pb total », une discordance de 100 m.a. environ. L'interprétation de cette discordance apporte une contribution utile à la connaissance des conditions physico-chimiques, qui ont présidé à l'évolution du granite de Pormenaz après sa mise en place.

Dans la méthode K/Ar on sait que la diffusion de l'argon est un facteur qui abaisse l'âge apparent des minéraux (CHESSEX et al., 1965). Cette perte par diffusion, d'autant plus grande que le minéral est plus ancien, dépend aussi de la température, la vitesse de diffusion augmentant rapidement avec cette dernière, et de la structure du minéral. Par exemple, les feldspaths retiennent en général moins bien l'argon que les micas. En outre, la taille des grains intervient aussi, plus le minéral potassique est largement cristallisé plus la diffusion sera difficile, ainsi que son état de conservation. C'est vraisemblablement pour ces raisons que l'orthose porphyro-

blastique donne un âge plus ancien (247 m.a.) que la biotite partiellement chloritisée (215 m.a.).

C. *Conclusions.*

D'après ces données, il est possible dans le cas particulier d'utiliser la discordance entre l'âge K/Ar et l'âge « Pb total » pour en tirer des conclusions sur le métamorphisme subi par la roche étudiée. Le rajeunissement, dû à des pertes d'argon par diffusion, donne à penser que le granite a subi, postérieurement à sa mise en place, un réchauffement qui peut être mis en relation avec les nombreux phénomènes de recristallisation décrits précédemment. Ce réchauffement correspond certainement aux phases terminales de l'orogénèse hercynienne (plissement des sédiments du Westphalien D — Stéphaniens inférieurs).

D'autre part, ces résultats indiquent que la région méridionale des Aiguilles-Rouges semble par contre avoir échappé au métamorphisme alpin, à l'exception de quelques manifestations hydrothermales locales. Un échantillonnage complémentaire, de différents minéraux pris dans d'autres formations de la région, confirme pleinement ce fait :

| | Age K/Ar | |
|---|------------------|-----------|
| KA 238 Hornblende, amphibolite du lac Cornu | 276 ± 5 m.a. | (Permien) |
| KA 239 Muscovite, micaschiste de Mégève | 241 ± 5 m.a. | » |
| KA 240 Biotite, gneiss Aiguillette du Brévent | 213 ± 5 m.a. | » |

En revanche le granite du Mont-Blanc, contemporain du granite de Pormenaz, a subi un réchauffement important pendant l'orogénèse alpine :

| | Age K/Ar | |
|---|-----------------|-------------|
| KA 241 Orthose, protogine du Plan-de-l'Aiguille | 33 ± 4 m.a. | (Tertiaire) |

Ces résultats rejoignent les premières conclusions de KRUMMENACHER et EVERNDEN (1960), à savoir que, contrairement au massif du Mont-Blanc, la chaîne des Aiguilles-Rouges n'a pas été fortement affectée par l'orogénèse alpine.

6. LES PHÉNOMÈNES CONNEXES LIÉS À LA GRANITISATION

A. *Introduction.*

Après la mise en place des granites carbonifères, des phénomènes tardifs caractérisent la phase de détente qui a suivi et au cours de laquelle le socle fracturé a joué. Il s'agit principalement d'une activité filonienne se traduisant par des filons de roches différenciées et une riche minéralisation. Ces phénomènes paraissent contemporains de la recristallisation partielle du granite et du réchauffement (métamorphisme) déduit des âges K/Ar ; c'est également au cours de cette période que se sont déposés les sédiments permo-carbonifères.

B. *Les filons de kersantites quartzifères.*

Ces filons sont rares et jalonnent sporadiquement les grands accidents N-S du socle, le long du flanc E (Coupeau) et W (Tête-Noire) de la « série cristallophyllienne de Prarion-Pormenaz », ainsi que dans sa partie synclinale médiane, déprimée et fracturée (gorge de l'Arve). A cet endroit, de nombreux filons recoupent la lame granitique des Montées-Pélissier. Dans les schistes cristallins, par contre, ils constituent des filons-couches discontinus de quelques mètres d'épaisseur.

A l'œil nu, la roche est gris foncé; on distingue de nombreuses paillettes de mica noir disséminées et des mouches de chlorite, une certaine schistosité d'écrasement et, souvent, de nombreuses diaclases soulignées par un enduit limonitique.

Au microscope la structure de ces roches est microporphyrrique. Elles sont constituées de cristaux allongés de plagioclase, répartis parfois en gerbes, et de lamelles plus trapues de biotite nageant dans une pâte finement grenue de quartz, épidote, oxydes de fer, sphène, leucoxène, actinote, calcite, apatite, ou légèrement phylliteuse du fait de la présence de chlorite et damourite. Un ancien minéral ferromagnésien (pyroxène ou amphibole) a été complètement pseudomorphosé; il est remplacé par un noyau de calcite et de minerai de fer, entouré de paillettes de biotite. Le plagioclase est de l'albite ou de l'oligoclase acide (0-15% An) présentant de nombreux types différents de macles: albite, albite et Carlsbad, albite et péricline. Parfois certains individus sont zonés; leur partie centrale est alors altérée (damourite avec un peu de calcite), tandis que la bordure reste fraîche.

La composition modale de ces roches est la suivante (20.30865, origine Tête-du-Chêne au S du Prarion; 8.16865, origine flanc W de Tête-Noire, alt. 1300 m; 15.25665, origine sur « Les Chavants » dans le granite des Montées-Pélissier):

| | 20.30865 A | 8.16865 | 15.25665 |
|-----------------------|------------|---------|----------|
| Quartz | 8.6 | 9.7 | 1.3 |
| Plagioclase | 50.1 | 62.1 | 60.8 |
| Mica blanc | 3.4 | 5.0 | 5.9 |
| Biotite | 27.2 | — | 5.2 |
| Chlorite | 2.6 | 20.2 | 19.0 |
| Calcite | 7.3 | — | — |
| Sphène | 0.3 | 1.9 | 2.3 |
| Divers | 0.5 | 1.1 | 5.5 |

Ces roches riches en plagioclases ont une composition voisine des kersantites parfois légèrement quartziques.

Nous donnons ci-dessous, en exemple, l'analyse chimique d'une kersantite provenant de la Tête-du-Chêne, sud du Prarion, coord. 106.000: 941.850 (échantillon voisin de 20.30865 A, cf. analyse modale). On remarquera l'importance des ferro-magnésiens:

| | | |
|--------------------------------|--------|------------------------------------|
| SiO ₂ | 51.57 | Kersantite 20.30865 B |
| Al ₂ O ₃ | 14.78 | |
| Fe ₂ O ₃ | 3.87 | si 136 |
| FeO | 4.54 | al 23 |
| MnO | 0.11 | fm 51 |
| MgO | 8.33 | c 14 |
| CaO | 5.12 | alk 12 |
| Na ₂ O | 2.39 | k 0.47 |
| K ₂ O | 3.24 | mg 0.65 |
| H ₂ O ⁺ | 2.96 | qz—12 |
| H ₂ O ⁻ | (0.27) | |
| TiO ₂ | 0.89 | |
| P ₂ O ₅ | 0.83 | |
| CO ₂ | 1.50 | |
| S | traces | |
| Total | 100.13 | (Analyste M ^{me} Monnier) |

Notons pour terminer que BELLIERE (1957) a signalé sous le nom de cératophyres des roches semblables en filons dans les schistes cristallins de la partie SW du Mont-Blanc.

C. Les minéralisations filoniennes.

Les petits gisements miniers de la région sont nombreux. Le relevé des galeries les plus importantes vient d'être réalisé par VITEL (1965) et GYSIN et DESBAUMES ont donné une bonne description des minerais. Mon but, par conséquent, ne sera pas d'en reprendre l'étude détaillée — au demeurant fort difficile maintenant que ces gisements sont épuisés et abandonnés depuis longtemps — mais de mettre en évidence leurs principaux caractères dans le contexte général.

Ce sont tous des gisements filoniens. Les filons, simples ou multiples, résultent du remplissage de failles transverses E-W (ex.: gisements de la montagne de Pormenaz) ou du colmatage d'accidents N-S (ex.: gisements de Vaudagne). Ils se répartissent en deux types principaux:

1. Filons Cu-Pb, à gangue de quartz et barytine.
2. Filons Zn-Pb, à gangue de quartz souvent accompagné de carbonates.

Il est intéressant de constater que les filons Cu-Pb sont dans le granite de Pormenaz (Les Argentières, les Baraques, Raissy) ou s'alignent dans son prolongement (Mont-Vauthier, Tour Saint-Michel, viaduc Sainte-Marie) tandis que les filons Zn-Pb se répartissent symétriquement de part et d'autre de ce granite (à l'E: les Molliasses, les Faux, la Bérangère; à l'W: Vaudagne, la Gruvaz, Notre-Dame-de-la-Gorge).

Cette structure concentrique (zonalité), qui s'exprime par des paragenèses hydrothermales de température décroissante lorsqu'on s'éloigne du granite, montre qu'il y a liaison entre ce dernier et la minéralisation.

J'ai tiré de l'article de GYSIN et DESBAUMES (1947) les renseignements qui m'ont permis de dresser le tableau de la fig. 5 résumant les caractères essentiels de cette minéralisation. Contrairement à l'opinion de ces auteurs, je ne pense cependant pas que ces venues soient alpines, à l'exception de certaines remobilisations tardives et locales. Voici les raisons qui m'empêchent de suivre leurs conclusions:

1° La minéralisation paraît manifestement liée à une phase tardive de la mise en place des granites régionaux;

| SENS DE LA PARAGÈNESE → | Quartz | Pyrite | Mispickel | Barytine | Pyrrhotine | Chalcopyr. | Blende | Sulfo-antimoniures | | Galène |
|-------------------------------|--------|--------|-----------|----------|------------|------------|--------|--------------------|----------|--------|
| | | | | | | | | Tétraèdr. | Bournon. | |
| I. Filons Cu-Pb | | | | | | | | | | |
| Argentières | | | | | | | | | | |
| Les Baraques | | | | | | | | | | |
| Raissy | | | | | | | | | | |
| Mont-Vauthier | | | | | | | | | | |
| Tour St. Michel | | | | | | | | | | |
| Ste. Marie | | | | | | | | | | |
| II. Filons Zn-Pb | | | | | | | | | | |
| A. Ouest | | | | | | | | | | |
| Vaudagne | | | | | | | | | | |
| La Gruvaz | | | | | | | | | | |
| N. Dame Gorge | | | | | | | | | | |
| B. Est | | | | | | | | | | |
| Les Moliasses | | | | | | | | | | |
| Les Faux | | | | | | | | | | |
| La Bérangère | | | | | | | | | | |

Fig. 5.

2° Les filons ne pénètrent jamais dans les sédiments de la couverture mésozoïque du granite, ni même dans le Carbonifère supérieur;

3° Dans les gisements Cu-Pb de Pormenaz ou du viaduc Sainte-Marie, j'ai observé les restes d'une ancienne zone d'oxydation limonitique, riche en malachite et azurite, qui pourraient s'interpréter comme des témoins de l'ancienne croûte d'altération permienne (ancien chapeau de fer);

4° Dans les gisements proches de la chaîne de Belledonne, YPMA (1959) a daté, par les isotopes du plomb, treize échantillons de galène d'Allevard et de Vizille; leur âge moyen est 230 ± 50 m. a. De même, dans une récente étude métallogénique de la région d'Allemont, CLAVEL (1964) conclut que la période de minéralisation la plus active serait la fin de l'orogénèse hercynienne;

5° Enfin, l'orogène alpine n'a que très superficiellement affecté cette partie des Aiguilles-Rouges (ce qui n'est en revanche pas le cas pour les massifs du Mont-Blanc ou de l'Aar, par exemple).

CHAPITRE 2

LA SÉRIE DE SAINT-GERVAIS

1. OBSERVATIONS GÉNÉRALES

La « série de Saint-Gervais » constitue le flanc occidental du Prarion. A l'E (cf. carte), elle bute contre la « série Prarion-Pormenaz ». Le contact est tectonique et souligné par un accident N-S profond, longeant tout le versant W du Prarion. Au S, la série se raccorde à la chaîne de Belledonne par l'intermédiaire des coins cristallins de la vallée de Montjoie.

Il est possible de subdiviser cette « série de Saint-Gervais » en deux unités :

1. *Unité supérieure* constituant la couverture de l'unité inférieure et formée de :

Micaschistes à deux micas

Leptynites

Quartzites phylliteux.

Son épaisseur visible est de 800 m environ, cependant, comme elle se poursuit vers l'W en direction de Mégève (sous la masse charriée des sédiments mésozoïques du Mont-Joly), elle doit atteindre une puissance réelle de l'ordre de 5000 m au moins.

2. *Unités inférieure* (épaisseur d'environ 1000 m), caractérisée par une structure anticlinale dont la partie axiale est migmatisée; elle est formée de :

a) Gneiss plagioclasiques

gneiss à micas blancs

gneiss à deux micas

gneiss biotitiques

gneiss amphiboliques

b) Gneiss granitiques

gneiss œillés à biotite

gneiss rubanés à micas blancs

gneiss granitoïdes.

Ces deux unités paraissent provenir d'une seule et même série sédimentaire schisto-gréseuse. Le passage de l'unité supérieure à l'unité inférieure est progressif; les plagioclases, dont la proportion est généralement inférieure à 10 % dans les mica-

schistes, deviennent prépondérants dans les gneiss et bien visibles à l'œil nu. Cependant ces roches conservent toujours un grain assez fin (de l'ordre du millimètre).

La migmatisation est diffuse, développée localement et à petite échelle parallèlement à la structure des gneiss de l'unité inférieure. Des ségrégations de matériel quartzo-feldspathique (avec microcline) apparaissent progressivement dans les trames riches en biotite et chlorite; elles s'accompagnent de texture variées (rubano-lenticulaires, œillées, rubanées et plissotées), caractéristiques des embréchites (migmatites imbibées, homogènes) de JUNG et ROQUES (1952). Il s'agit de migmatites stratoïdes, puisqu'elles sont interstratifiées dans la série des gneiss plagioclasiques.

La « série de Saint-Gervais » est caractérisée, du point de vue minéralogique, par l'abondance des micas. Les micas blancs, intermédiaires entre la muscovite et la phengite, sont en général beaucoup plus abondants que la biotite (l'étude par diffraction des R. X a montré l'absence d'autres micas tels que l'épidolite, paragonite ou phlogopite). La fréquence des minéraux dans cette série est la suivante (moyenne de onze comptages):

| | % |
|-----------------|-----|
| 1. Quartz | 32 |
| 2. Plagioclases | 23 |
| 3. Micas blancs | 18 |
| 4. Biotite | 9 |
| 5. Chlorite | 8,5 |
| 6. Hornblende | 3 |
| 7. Microcline | 3 |
| 8. Calcite | 1,5 |
| 9. Sphène | 1 |
| 10. Grenats | 1 |

Cette série est en grande partie cachée sous les sédiments triasiques, ainsi que sous une épaisse couverture morainique. Les affleurements sont rares et discontinus. Seule la gorge du torrent de Bionnassay donne une bonne coupe.

Profil d'W en E à travers la « série de Saint-Gervais ».

1. Région du plateau de Saint-Nicolas

Unité supérieure: série de micaschistes en petits bancs bien lités, avec intercalations de plus gros bancs (50 cm à 5 m) de leptynites ou de quartzites phylliteux diaclasés, fracturés et sillonnés de filonnets de quartz; présence de joints micacés riches en micas blancs, parfois chloriteux ou graphiteux. Le toit de ces micaschistes est fortement rubéfié et imprégné de carbonates bruns ankéritiques. Cette unité se prolonge (en direction N à N 25 E) dans le flanc W du Prarion entre Saint-Gervais et Montivon. Son pendage vers l'E est le plus souvent subvertical; dans la zone de

passage à l'unité inférieure, les assises se couchent et leur inclinaison peut descendre à moins de 30° (exemple: torrent des Meuniers).

2. De la base du plateau de Saint-Nicolas au contact avec la « série Prarion - Pormenaz » (coupe du torrent de Bionnassay).

Unité inférieure: elle débute par des gneiss micacés leucocrates et mélanocrates (traversés de lentilles pegmatitiques à micas blancs ou imprégnations de pyrite et chalcoppyrite), avec intercalations de gneiss biotitiques à grain fin, plus massifs, se débitant parfois en plaques. A Bionnay, sur une largeur d'une centaine de mètres, apparaissent les premiers bancs de gneiss œillés; puis, dans la gorge du torrent de Bionnassay, la série des gneiss micacés reprend avec réapparitions sporadiques de niveaux à faciès migmatitiques; de plus, des bancs de gneiss amphiboliques liés aux gneiss biotitiques ou chloriteux s'y intercalent. Ces roches sont traversées par places de filonnets alpins de chlorite ou d'épidote. Enfin, près du contact tectonique, sur 300 m environ, les gneiss sont fortement écrasés, chloritisés (on peut néanmoins reconnaître encore des zones à biotite épargnée) et parcourus en tous sens par des diaclases remplies de quartz. Cette zone écrasée constitue dans la morphologie une dépression continue, qui se suit du S au N par Le Champel - Mont-Forchet - Mont-fort et Chedde.

2. DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE

A. Unité supérieure.

Les micaschistes.

Ce sont des roches bien litées, à schistosité très prononcée due à l'alternance de minces lits micacés et quartzeux répétés régulièrement. Le développement de cette texture conduit à une foliation caractérisant les termes de passage aux gneiss. La schistosité est fréquemment déformée par des microplissements intimes. Les micaschistes à deux micas prédominent largement; leur couleur est gris satiné à verdâtre. Elle peut être nacrée dans les variétés de micaschistes où les micas blancs sont seuls présents, plus rarement gris-noir dans les variétés biotitiques, grise quand il y a beaucoup de quartz et de calcite ou noire dans les variétés graphiteuses.

Le développement considérable des micas blancs, dans la roche ou dans les lentilles pegmatitiques, est à mettre en parallèle avec les phénomènes de migmatisation de l'unité inférieure. On trouvera ci-après la description microscopique d'un échantillon de chaque variété.

Micaschiste à deux micas — Pr 14.

Origine: Le Verney, à l'E de Saint-Gervais, alt. 1005 m (Prarion).

S.M. Structure grano-lépidoblastique fine. Quartz en grains de dimensions variées, montrant des signes d'écrasement (extinction roulante) ou en grains recristallisés allongés parallèlement à la schistosité; oligoclases (15 à 30% An), maclés selon les lois d'albite ou d'albite et de Carlsbad, frais ou légèrement damouritisés (résidus beaucoup plus basiques, mais altérés et calcitisés); gerbes

lamellaires de micas blancs: mélange de muscovite (2 V — 40° environ) et phengite, parfois quasi uniaxe; lamelles plus trapues de biotite en voie de chloritisation (biotite brune, verte, hydrobiotite); quelques grains de microcline à inclusions de biotite et de plagioclase damouritisé; amas chloriteux (riches en oxydes de fer, sphène-leucoxène et sagénite) interrompant parfois de grandes plages de calcite; dans les micas inclusions de zircons, d'apatite, de petits grains d'épidote et par places de tourmaline en prismes à bords arrondis.

Micaschiste à micas blancs — 12.27865.

Origine: torrent des Meuniers, alt. 1080 m (S de Saint-Nicolas).

S.M. Structure lépidoblastique. Quartz en lits anastomosés et boudinés; association de micas blancs (muscovite-phengite) formant un feutrage, avec de la biotite et de la chlorite; amas de calcite allongés parallèlement à la schistosité; un peu d'oligoclase (mêmes caractères que Pr 14); sphènes en fuseau, brisés, passant à des traînées de leucoxène; apatites, zircons et quelques plages de hornblende fortement chloritisée.

Micaschiste à biotite — 25.27865.

Origine: rive gauche du Bonnant, alt. 970 m, sous Saint-Nicolas.

S.M. Structure grano-lépidoblastique fine. Minéraux identiques aux deux coupes précédentes, s'en distinguant par la grande abondance de la biotite, relativement fraîche, qui enveloppe des lentilles étirées et déformées de quartz recristallisé. De plus apparaissent de nombreux petits grains de grenats parcourus de fines cassures tapissées de chlorite.

Leptynites et Quartzites phylliteux

Ce sont des roches, à texture massive et structure granoblastique, interstratifiées dans les micaschistes. Leur grain est fin, de l'ordre du 1/10 mm; à la loupe on peut reconnaître un certain litage marqué par l'allongement des grains de quartz et de feldspath parallèlement à de minces intercalations de minéraux phylliteux. Une schistosité d'écrasement, dans le même sens, vient souvent s'y superposer avec recristallisation d'amas lenticulaires de quartz, qui ont été ensuite recoupés par de petites diaclases remplies d'un carbonate brun ankéritique.

La couleur de ces roches est généralement gris-vert à gris-beige et varie avec la composition minéralogique. Cette dernière n'est pas homogène; la roche présente une texture zonée, guère apparente à l'œil nu, due à des lits de composition ou de granularité différentes. La composition pétrographique de ces lits est variable: quartzites (quartz, + minéraux accessoires); quartzites chloriteux (quartz + chlorite), quartzites phylliteux (quartz + micas blancs), leptynites micacées (quartz + feldspaths + micas) et leptynites franches (quartz + feldspaths, plus minéraux accessoires). La teneur de ces roches en feldspaths varie de 0 à 40%; l'association plagioclases acides — microcline prédomine dans les leptynites, on trouve plus rarement les plagioclases acides seuls ou le microcline seul. Les micas noirs sont rares et disséminés, le plus souvent chloritisés, tandis que les micas blancs restent presque toujours abondants.

Leptynite micacées — Pr 10 (voir photo 7, planche II).

Origine: Le Verney, à l'E de Saint-Gervais, alt. 990 m (Prarion).

S.M. Structure granoblastique. Le quartz est grenu, en plages engrenées, à extinction roulante et caractère biaxe anormal; il forme des lits parfois boudinés passant à une pâte phylliteuse localement fluidale. De gros grains de quartz à section rhombique et bords concaves tapissés de micas

blancs se développent. Le quartz qui recrystallise tend à remplacer les plagioclases altérés et les feldspaths potassiques fragmentés; ces derniers sont ainsi découpés par des golfes de corrosion remplis de produits siliceux. Les plagioclases sont damouritisés; il s'agit d'oligoclase, parfois d'andésine (35 % An), maclés selon albite, albite et péricline, albite et Carlsbad; de plus apparaissent quelques albites fraîches de néoformation, disséminées. Séricite et phengite forment un feutrage qui souligne la schistosité de la roche; ces micas sont mêlés à de la chlorite et à des hydrobiotites (2 V — 10°, légèrement pléochroïques, à relief faible et noyau incolore) riches en exsudats: oxydes de fer, leucoxène, sagénite. Sphène, rutil, tourmaline, zircons trapus et arrondis, apatite parfois en gros prismes, épidote et pyrite constituent le lot des minéraux accessoires les plus fréquents. La calcite en plages limpides remplit de petits filonnets parcourant la roche en tous sens.

Compositions minéralogiques quantitatives

| | Micaschistes à deux micas | | | Leptynite micacée |
|------------------------|---------------------------|----------|----------|-------------------|
| | Pr 14 | 12.27865 | 25.27865 | Pr 10 |
| Quartz | 33.8 | 27.1 | 45.1 | 34.9 |
| Microcline | 0.6 | — | — | 15.9 |
| Plagioclase | 8.9 | 4.9 | 3.1 | 9.2 |
| Micas blancs | 17.4 | 40.2 | 10.3 | 26.7 |
| Biotite | 8.2 | 3.4 | 33.8 | — |
| Chlorite | 24.9 | 9.1 | 5.8 | 10.1 |
| Calcite | 4.2 | 8.2 | — | 1.1 |
| Sphène | 1.1 | 2.5 | — | 0.3 |
| Grenats | — | — | 0.9 | — |
| Divers | 0.9 | 4.6 | 1.0 | 1.8 |

B. Unité inférieure.

a) Les gneiss plagioclasiques.

Ces gneiss constituent un ensemble relativement homogène, dans lequel prédominent largement les gneiss micacés, riches surtout en micas blancs.

C'est le développement de l'oligoclase (à 15 % d'An en moyenne), dans une trame de micaschiste, qui leur a conféré une structure finement gneissique. Ces cristaux d'oligoclase (longueur 1-3 mm, jusqu'à 1 cm) sont des « porphyroblastes », ayant subi une forte cataclase; leur forme caractéristique est devenue ovoïde. Ainsi, au microscope, la structure de ces gneiss est souvent *granolépidoïblastique ocellaire*.

Les porphyroblastes d'oligoclase, à inclusions de quartz corrodé et de biotite chloritisée, sont déformés (macles de l'albite ployées), souvent brisés en plusieurs segments et étirés; leurs extrémités granuleuses, puis effilochées sont plus ou moins complètement résorbées par la pâte formée de leurs produits de décomposition (séricite, quartz, chlorite, calcite); ils sont envahis par de petites paillettes de mica qui se développent le long des plans de macles, pour gagner ensuite la totalité de la surface. Le plus souvent, il n'en reste qu'un noyau, dont la composition est indé-

terminable. Ces yeux d'oligoclase sont enrobés dans une purée de quartz écrasé, dans des gerbes de chlorite et des amas flexueux de grandes paillettes de micas blancs.

Dans les gneiss plagioclasiques, une recristallisation importante de nombreux minéraux s'est produite postérieurement à la cataclase. De grandes lamelles de muscovite-phengite parfois poeciloblastiques (à inclusions de quartz et de séricite) et de petites albites fraîches à tendance idiomorphe sont apparues, ainsi qu'une nouvelle génération de biotite verte frangeant les amas chloriteux d'altération. Une grande partie du quartz, remobilisé, a recristallisé en plages dentelliformes, colmatant les microcassures des feldspaths ou constituant des lentilles allongées. De même, la calcite, sous forme de filonnets, d'infiltrations ou d'imprégnations, envahit parfois certains bancs écrasés.

Les gneiss à micas blancs.

Ce sont des roches de couleur grise à reflets satinés. Leurs plans de schistosité, rugueux et irréguliers, sont particulièrement riches en touffes de grands micas blancs. Sur la tranche on remarque des ocelles de plagioclases ainsi que de petites lentilles de quartz recristallisé.

Gneiss à micas blancs — 26.30865.

Origine: chemin de Bionnay à Bionnassay, alt. 1100 m.

S.M. Structure granolépido-blastique ocellaire. Quartz souvent recristallisé en grandes plages engrenées à extinction roulante. Oligoclase (10-15% An), à fines macles de l'albite, fortement damouritisé passant sur les bords à une purée damouritique (avec quartz, chlorite et calcite), dans laquelle s'est développée de la séricite, puis de grandes lamelles de muscovite-phengite. Ces micas blancs constituent souvent des lits replissés; ils se terminent aussi en houppes passant à des nuages de paillettes de séricite. Des amas de chlorite et de biotite verte s'y intercalent. Sphène, leucoxène, oxydes de fer, rutile, apatite, zircon et quelques plages de hornblende entièrement chloritisée constituent le lot des minéraux accessoires.

Les gneiss à deux micas.

Ce sont des roches de couleur gris foncé à vert satiné. Leur aspect est identique à celui des gneiss à micas blancs; ils constituent en mélange intime avec ceux-ci la plus grande partie de l'unité inférieure de la « série de Saint-Gervais ».

Gneiss à deux micas — 10.30865.

Origine: torrent de Bionnassay, 500 m en amont du pont de Bionnay.

S.M. Structure granolépido-blastique ocellaire. Quartz recristallisé à extinction roulante et oligoclase damouritisé constituent des lits alternant avec les feutrages de minéraux phylliteux. Les grandes lamelles de muscovite-phengite sont replissées et leur extinction est roulante; elles contiennent de nombreuses inclusions de petits zircons idiomorphes, des baguettes d'apatite et des grains ovoïdes de tourmaline jaune clair à brunâtre. La biotite verte est associée à de l'hydrobiotite incolore et à des chlorites riches en oxydes de fer, leucoxène, sagénite et sphène. Une nouvelle génération de biotite verte, oblique par rapport à la schistosité, frange d'anciennes hornblendes complètement chloritisées, dont les anciens clivages sont soulignés par des traînées de minéraux opaques. De même, apparaissent quelques petites albites fraîches finement maclées. Enfin de nombreux petits grenats (almandin), incolores à gris rosé, parsèment la roche.

Les gneiss biotitiques.

Ce sont des roches plus sombres de couleur gris foncé à verdâtre, dans lesquelles le matériel leucocrate (quartz et plagioclases) est apparemment réduit à l'état de lentilles boudinées ou de linéoles discontinues. Ces roches constituent des niveaux massifs, finement lités, rappelant les bancs d'amphibolites en raison de leur richesse en minéraux verts (biotite verte et chlorite). Elles ne contiennent cependant guère plus de biotite que les gneiss à deux micas. En revanche, les micas blancs, dont la proportion reste importante, ne sont représentés que par les petites paillettes de damourite et séricite; ils ne se développent pas en grandes lamelles.

Gneiss biotitique chloriteux — 37.27865.

Origine: sous « La Villette », rive droite du Bonnant.

S.M. Structure granolépidoblastique ocellaire. Le quartz a recristallisé en grandes plages limpides, à extinction cataclastique, jointives et enfermant des inclusions de biobite verte et des paillettes de séricite. L'oligoclase apparaît en grains ovoïdes écrasés, parfois maclés selon albite, envahis et cernés par les produits usuels de rétro-morphose (damourite, quartz, chlorite). De grandes plages de hornblende complètement chloritisée sont parsemées de petits grains fusiformes de sphène et d'un peu de calcite. Biotite et chlorite constituent des associations lamellaires intimes avec inclusions de gros grains d'apatite. La biotite (2 V — 5 à 10°) est fortement pléochroïque (Ng, Nm: brun-vert à vert vif; Np vert jaunâtre); elle passe insensiblement à la chlorite).

Compositions minéralogiques quantitatives des gneiss plagioclasiqes

| | 26.30865 | 10.30865 | 37.27865 | 30.27865 |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Quartz | 48.4 | 24.6 | 26.6 | 14.0 |
| Plagioclases | 16.6 | 24.4 | 33.7 | 32.3 |
| Micas blancs | 22.3 | 21.6 | 17.9 | 5.5 |
| Biotite | 4.2 | 18.1 | 7.9 | 0.6 |
| Chlorite | 7.8 | 8.9 | 12.0 | 9.2 |
| Calcite | — | — | 0.3 | 1.0 |
| Sphène | 0.2 | 0.5 | 1.4 | 1.3 |
| Hornblende | — | — | — | 35.4 |
| Grenats | — | 0.5 | — | — |
| Divers | 0.5 | 1.4 | 0.2 | 0.7 |

Les gneiss amphiboliques.

Ce sont des roches bien litées dont la texture rubanée est due à l'empilement de lits mélanocrates vert foncé (amphiboles et chlorite) et de lits quartzo-feldspatiques grisâtres. Les lits déformés par la cataclase deviennent irréguliers, ondulents et s'anastomosent.

Ces bancs de gneiss amphiboliques (généralement de quelques mètres d'épaisseur) ne représentent qu'une faible fraction de l'ensemble et s'intercalent toujours dans les horizons de gneiss biotitiques.

Gneiss amphiboliques — 30.27865.

Origine: sous « Le Champel », rive droite du Bonnant.

S.M. Structure granoblastique allotriomorphe. Les plagioclases et les amphiboles se moulent les uns contre les autres. Il y a peu de quartz; celui-ci se trouve en inclusion dans les autres minéraux, en purée comme produit de décomposition ou en ciment interstitiel recristallisé. Les amphiboles constituent de grandes plages allotriomorphes colorées, intensément pléochroïques (Ng: vert émeraude, Nm: vert, Np: jaune verdâtre), enfermant des inclusions de plagioclase damouritisé, de quartz et d'apatite; il s'agit de hornblende commune ($2V = 70$ à 75° ; angle d'extinction 20°), dont la chloritisation partielle a libéré des granules de sphène et d'épidote; certains cristaux possèdent un noyau plus sombre et fortement altéré (ancien pyroxène ?). Les oligoclases, parfois maclés selon albite, sont accompagnés de plagioclases plus basiques (au moins andésine à 35 % d'An), présentant de larges lamelles de macle d'albite ou l'association albite-péricline. Ces plagioclases plus calciques sont saussuritisés (épidote, zoïsite, calcite, damourite). Quelques gros grains de pyrite sont dispersés dans la roche.

b) Les gneiss granitiques.

L'endomigmatisation de l'unité inférieure de la « série de Saint-Gervais » est diffuse. Elle se traduit par l'apparition des feldspaths potassiques dans le matériel leucocrate. Ce dernier tend à se ségréger en amas ou rubans dans une trame de micaschiste. La roche reste toujours riche en petites paillettes de micas blancs. La répartition de la biotite, par contre, devient hétérogène, sa teneur variant entre 1 et 20 %, elle est en général concentrée à la périphérie des zones feldspathiques.

Au sein de la roche, les processus de la migmatisation sont caractérisés par le remplacement progressif du plagioclase:

- 1) par du microcline porphyroblastique allotriomorphe (à caractères optiques variables: $2V = 70$ à 85° ; parfois macles polysynthétiques typiques), aux bordures très irrégulières; ce microcline contient de nombreuses reliques du plagioclase damouritisé qu'il remplace, ainsi que des inclusions de quartz et des résidus de calcite; par homogénéisation, il évolue vers une perthite (voir photo 6, planche II);
- 2) par du quartz lui aussi allotriomorphe (voir photo 5, planche II).

La roche paraît s'enrichir en zircons, fréquemment inclus dans les micas blancs; dans les biotites apparaissent de très petites inclusions d'allanite ou de monazite donnant naissance à des halos pléochroïques.

Dans une phase de recristallisation plus tardive, les produits damouritiques et quartzeux de la décomposition des oligoclases ont donné lieu à un développement de myrmécite, qui corrode les bords des feldspaths potassiques. Le développement de cette bordure réactionnelle s'accompagne, comme dans les autres gneiss de la série, de la néoformation de petites albites à tendance idiomorphe (voir photo 8, planche II).

Les roches ainsi migmatisées sont souvent replissées; la schistosité primaire est déformée par des plis serrés; le matériel quartzofeldspathique différencié se rassemble en soulignant les replis, il suit la déformation. Le microcline allotriomorphe semble avoir cristallisé pendant cette phase de contrainte. La migmatisation apparaît donc comme syntectonique et peut être mise en parallèle avec la formation des granites carbonifères. L'histoire des granites et des migmatites est ensuite commune, puisque

ces dernières présentent les mêmes phénomènes de recristallisation décrits à propos du granite de Pormenaz (phase de réchauffement).

Les gneiss œillés à biotite.

Ce sont des roches de couleur grisâtre à faciès gneissique typique. Dans une matrice plus foncée, riche en biotite et micas blancs, se répartissent irrégulièrement des lits quartzo-feldspathiques anastomosés, lenticulaires ou ovoïdes. Leur grosseur dépend souvent de leur position; dans la charnière des replis schisteux, le matériel différencié s'est accumulé et les yeux atteignent jusqu'à 4 cm de long sur 2 cm de large environ.

Gneiss œillé à biotite — 14.30865.

Origine: torrent de Bionnassay, angle pont de Bionnay.

S.M. Structure granolépido-blastique ocellaire à lenticulaire. Quartz en plages engrenées, limpides, à extinction roulante, parfois recristallisé aussi sous forme de lentilles allongées. Les plagioclases (oligoclase parfois maclée selon albite) sont damouritisés, surtout sur les bords tandis que leur cœur reste plus frais et semble partiellement régénéré; ils contiennent des inclusions de quartz et de biotite; de la calcite de décomposition apparaît dans les plagioclases les plus altérés. Microcline poeciloblastique allotriomorphe en plages fraîches, contenant des inclusions de plagioclase et de quartz; les bordures sont souvent envahies par de la myrmécite. Les micas constituent des feuillettes soulignant la schistosité: lamelles de muscovite-phengite à inclusions de petits zircons et associations lamellaires de biotite et hydrobiotite à petites inclusions (monazite ou allanite ?) produisant des halos pléochroïques. Dans la chlorite verte (clinocllore) se développe de la sagénite et des granules de sphène.

Les gneiss rubanés à micas blancs.

Ce sont des roches présentant des phénomènes de différenciation métamorphique très nets, dans lesquelles de larges zones grenues, quartzo-feldspathiques, riches en micas blancs, parfois replissées et déformées, alternent avec des zones biotitiques schisteuses plus sombres.

Gneiss rubané à micas blancs — 24.31865 (voir photo 8, planche II).

Origine: torrent, 400 m NW de Montivon, alt. 1300 m (Prarion).

S.M. Structure granolépido-blastique. Le quartz a recristallisé en plages engrenées; il tend à remplacer les plagioclases les plus altérés. Le microcline est souvent perthitique. L'oligoclase (15% An) est fortement damouritisé; de plus, il est souvent fragmenté et ses macles de l'albite sont déformées. De l'albite de néoformation, finement maclée selon albite, se développe par endroits aux dépens des oligoclases les plus altérés et englobe de nombreuses inclusions non digérées de quartz. Zircons et grains d'apatite sont nombreux. Les micas sont identiques à ceux de l'échantillon précédent.

Remarque: L'analyse modale de cette roche (voir plus loin) a été faite dans une zone leucocrate; c'est la raison pour laquelle la teneur en biotite est si faible.

Les gneiss granitoïdes.

Ce sont des roches leucocrates homogènes à structure subisotrope. Les micas sont dispersés en petites paillettes entre les grains largement cristallisés de feldspath et de quartz.

La schistosité cataclastique se décèle néanmoins grâce à la présence de lentilles de quartz secondaire allongées parallèlement, dont le contour est fréquemment souligné par un liseré de chlorite. Ces roches sont parcourues par deux réseaux perpendiculaires de diaclases remplies de calcite ferrugineuse.

Gneiss granitoïde — Pr 7 A (voir photos 5 et 6, planche II).

Origine: flanc W de Tête-Noire, alt. 750 m.

S.M. Structure granoblastique. Cette roche, très riche en oligoclases plus ou moins damouritisés, montre tous les phénomènes de remplacement de ces plagioclases par le quartz et par le feldspath potassique (microcline perthitique), qui se développent en grandes plages allotriomorphes. De même, la myrmécite est bien représentée. En revanche, il y a peu de micas blancs et encore moins de biotite.

Compositions minéralogiques quantitatives des gneiss granitiques

| | 14.30865 | 24.31865 | Pr 7 A |
|--------------------------|----------|----------|--------|
| Quartz | 31.6 | 32.9 | 30.5 |
| Feldspaths potassiques . | 5.7 | 7.9 | 1.7 |
| Plagioclases | 21.0 | 45.1 | 56.9 |
| Micas blancs | 19.0 | 12.2 | 7.0 |
| Biotite | 18.9 | 0.9 | 3.1 |
| Chlorite | 2.5 | 0.6 | 0.8 |
| Calcite | 0.6 | — | — |
| Divers | 0.7 | 0.4 | — |

3. ANALYSES CHIMIQUES

Un échantillon de micaschiste à deux micas (Pr 16) de l'unité supérieure et un échantillon de gneiss œillé micacé (13.30865) de l'unité inférieure ont été analysés.

Paramètres de Niggli

| | si | al | fm | o | alk | k | mg | c/fm |
|--------------------|-------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Pr 16 | 229.9 | 47.6 | 19.6 | 2.2 | 30.6 | 0.52 | 0.24 | 0.11 |
| 13.30865 | 331.6 | 41.2 | 31.6 | 4.0 | 23.2 | 0.55 | 0.55 | 0.12 |

Les analyses montrent que du micaschiste (Pr 16) à la roche migmatisée (13.30865) il y a augmentation de silice, d'éléments ferro-magnésiens et de chaux, et diminution parallèle d'alumine et d'alcalis. Cependant ces roches ont une composition chimique voisine, salique, acide, riche en alcalis et pauvre en chaux (granitosyénitique sodique). Ces deux analyses n'ont qu'une valeur indicative étant donné l'hétérogénéité de la série; elles donnent la composition de deux roches bien représentatives mais fort éloignées dans l'espace l'une de l'autre.

| | Pr 16 | 13.30865 |
|--|-----------|-----------|
| SiO ₂ | 57.92 | 68.97 |
| Al ₂ O ₃ | 20.32 | 14.55 |
| Fe ₂ O ₃ | 2.73 | 1.92 |
| FeO | 2.02 | 1.70 |
| MgO | 0.79 | 2.47 |
| MnO | 0.02 | 0.03 |
| CaO | 0.53 | 0.77 |
| Na ₂ O | 3.85 | 2.24 |
| K ₂ O | 6.22 | 4.14 |
| TiO ₂ | 0.76 | 0.43 |
| P ₂ O ₅ | 0.69 | 0.16 |
| H ₂ O ⁺ | 3.03 | 2.43 |
| H ₂ O ⁻ | 0.42 | 0.03 |
| Totaux | 99.30 | 99.84 |
| Analystes | J. Helwin | G. Zippel |

Pr 16: { Le Verney, E de Saint-Gervais, alt. 1000 m (Prarion).
 Coord. 108.600: 940.450.

13.30865: { Torrent de Bionnassay, angle pont de Bionnay.
 Coord. 106.250: 940.700.

Dans les gneiss granitiques, la matériel quartzo-feldspathique (le microcline en particulier qui est plus récent que les autres minéraux de la trame) semble bien s'être différencié sur place et ne pas provenir d'apports lointains d'origine profonde. En effet, la roche granitisée contient par exemple moins d'alcalis que le micaschiste analysé.

Par conséquent, l'endomigmatisation a pour origine une remobilisation locale des éléments les plus mobiles, probablement due, ou du moins favorisée, par le fait que simultanément ces roches passaient alors par une phase de déformation mécanique (plissements). Ce processus s'est déroulé en présence d'eau (développement des micas blancs riches en radicaux OH⁻), dont le rôle, dans l'origine des textures particulières de ces roches, a sans doute été important.

La projection du point représentatif de ces deux roches, dans le tétraèdre de référence de Niggli, se trouve dans la section II (rapports c/fm 0.11-0.25); elle tombe dans la zone des sédiments résiduels et argileux.

L'origine sédimentaire est d'ailleurs confirmée par l'étude géologique, qui montre que la « série de Saint-Gervais » provient du métamorphisme d'une série schisto-gréseuse avec intercalations de niveaux arkosiques (leptynites) et anthraciteux (micaschistes graphiteux). Notons cependant qu'il est possible qu'une partie au moins des leptynites dérive d'anciennes roches volcaniques acides, rhyolites ou ignimbrites (grands cristaux de quartz et de feldspaths corrodés; cf. échantillon de leptynite Pr 10 et photo 7, planche II).

4. ZONÉOGRAPHIE ET FACIÈS DE MÉTAMORPHISME

En se basant sur la classification de JUNG et ROQUES (1938, 1952), fondée sur la séquence alumineuse des schistes cristallins du Massif Central, la « série de Saint-Gervais » se diviserait ainsi:

Unité supérieure: Zone des Micaschistes à deux micas.

Unité inférieure: Zone des Gneiss supérieurs.

Ces deux zones correspondent à la mésozone de Grubenmann et Niggli. Dans le Massif Central, elles se situent entre 7 et 14 km de profondeur.

Mais l'intensité maximum du métamorphisme est difficile à déterminer. Si l'on veut définir le « faciès métamorphique » de la série, il est nécessaire de retrancher successivement aux assemblages minéralogiques de ces roches:

- 1) *Les minéraux de rétrographie*: Chlorite, damourite, séricite, épidote, une partie de la calcite, du quartz, etc.
- 2) *Les minéraux de recristallisation* (phase de métamorphisme postérieure à la rétrographie): myrmécite, albite de néoformation, biotite verte régénérée, une partie des micas blancs (phengite) et du quartz, etc.

Il subsiste sept minéraux « index »: quartz, plagioclase (notamment vestiges d'andésine à 35% An), microcline, hornblende, biotite, muscovite et grenat (almandin), qui se répartissent selon trois assemblages principaux:

1. Séquence pélitique

quartz-plagioclase-biotite-muscovite-almandin
(exemple: gneiss à deux micas 10.30865)

2. Séquence quartzo-feldspathique et pélitique

quartz-plagioclase-microcline-biotite-muscovite
(exemple: gneiss œillé à biotite 14.30865)

3. Séquence basique

hornblende-plagioclase-quartz-biotite
(exemple: gneiss amphibolique 30.27865).

Ces assemblages, dont le plagioclase typique doit être de l'oligoclase ou de l'oligoclase-andésine, appartiennent tout trois au *faciès amphibolite à almandin* de TURNER (FYFE et al., 1958). Ils caractérisent plus particulièrement le *sous-faciès staurotide-almandin* (TURNER et VERHOOGEN, 1960). Remarquons que ce « sous-faciès staurotide-almandin » peut être parallélisé avec la partie la plus profonde de la « zone à almandin » et la totalité de la « zone à staurotide » de la séquence pélitique métamorphique du Dalradien d'Ecosse.

Le faciès amphibolite à almandin doit correspondre à un champ étendu de conditions physico-chimiques si l'on en juge par la large distribution et la grande variété des roches de ce faciès.

Pour évaluer les conditions physiques de formation de ce faciès, pression lithostatique totale, pression partielle des fluides (P_{H_2O} , P_{CO_2} ...) et température, il est essentiel de connaître le domaine de stabilité des micas et des amphiboles, qui sont les minéraux caractéristiques et prédominants. Or la stabilité de ces minéraux est difficile à fixer (FYFE et al., 1958, p. 611 et suiv.); elle dépend de nombreux facteurs accessoires. Par exemple, les possibilités de substitution isomorphe de cations sont plus grandes que chez tout autre silicate. De plus, l'ion hydroxyle (OH^-) peut être entièrement remplacé par l'ion fluor (F^-); à température élevée, en présence d'eau, l'hydrolyse de ces minéraux libérera de l'acide fluorhydrique (HF), ce qui les rendra fortement instables.

Actuellement, on pense que la formation du faciès amphibolite nécessite des températures de 500° à 750° , pour une pression lithostatique variant entre des limites espacées (de 300 à 8000 atm.) suivant le gradient géothermique.

Il est possible de préciser les valeurs locales des conditions physico-chimiques en confrontant les observations faites à la théorie.

1) La température.

Des bancs granitisés s'observent en interstratification dans la « série de Saint-Gervais ». Les premières manifestations migmatiques (granite saturé en eau) apparaissent vers $650^\circ C$ dans le « faciès amphibolite à almandin » (cf. fig. 107, FYFE et al., 1958), ce qui détermine ici la température maximum atteinte.

2) La pression d'eau.

L'abondance des minéraux riches en groupes hydroxyles (OH^-) démontre que la P_{H_2O} devait être forte.

3) Le gradient géothermique.

Etant donné la P_{H_2O} forte et la température, on peut en déduire que le gradient géothermique devait être relativement élevé; il était probablement de l'ordre de $50^\circ/km$, ce qui est comparable à certaines valeurs actuelles (en Hongrie par exemple: cf. BOLDIZAR, 1964).

4) La pression lithostatique.

Avec un gradient géothermique de $50^\circ C$, une température d'environ $600^\circ C$ est atteinte à 12 km de profondeur, ce qui correspond à une pression de 3000 atm. environ.

Ces données restent cependant schématiques, adaptées à nos connaissances relativement sommaires. L'étape suivante consistera à tenir compte des caractéristiques encore inconnues du dépôt originel — telles que sa porosité et sa perméabilité — ainsi que de l'élévation de température due à la radioactivité.

Conclusions :

La « série sédimentaire schisto-gréseuse de Saint-Gervais » a été métamorphisée dans des conditions physico-chimiques caractérisées par une température maximum de 650° C, une pression de 3000 atm. et un milieu saturé en eau. La base de cette série aurait ainsi atteint la profondeur de 12 km.

Les mêmes faciès, dans le Massif Central, étant compris entre 7 et 14 km de profondeur, les conditions de formation paraissent donc assez semblables dans les deux domaines.

CHAPITRE 3

LA SÉRIE DES AIGUILLETES

1. OBSERVATIONS GÉNÉRALES

La « série des Aiguillettes » constitue principalement le petit massif groupant l'Aiguillette des Houches et l'Aiguillette du Brévent; elle se prolonge en direction du N dans le flanc oriental de la montagne de Pormenaz (arête de Rochy). La « série des Aiguillettes » correspond aux « leptynites et micaschistes de la région occidentale » de BELLIERE (1958, page M27); selon cet auteur: « ... Les leptynites y occupent une place prépondérante et sont caractéristiques de cette région: on ne les rencontre dans aucune autre partie du massif... ».

Le contact W avec la « série Prarion-Pormenaz » est tectonique; il se fait par l'intermédiaire du Houiller pincé de la « racine de Coupeau-Rochy-Moède » de direction N-S.

Le contact E avec la série des Aiguilles-Rouges s. str. (gneiss du type « Lac Cornu » de BELLIERE, 1958) est tectonique et direct; il est jalonné par une zone écrasée d'extension variable. Cette zone, bien que fortement silicifiée, détermine une dépression NNW-SSE, qui se suit de Montquart (dans la vallée de Chamonix) à Moède en passant par le col du Cormet (2 km au SW du Brévent), le Grand-Brié et la rive droite de la Haute-Diosaz (cf. carte).

La « série des Aiguillettes » se subdivise en deux unités:

1. *Unité supérieure* (épaisseur 500 m environ) dans laquelle prédominent:
 - Micaschistes à deux micas et grenat
 - Mylonitoschistes à tourmaline
 - Leptynites quartziques à grenat.
2. *Unité inférieure* (épaisseur 1500 m environ) correspondant à la base de la série, elle est formée de:

- a) gneiss plagioclasiqes:
 - Gneiss à deux micas
 - Gneiss à deux micas et grenat
 - Gneiss à biotite
 - Gneiss à biotite et grenat
 - Gneiss biotitique chloriteux;
- b) bancs interstratifiés de:
 - Leptynites à biotite
 - Schistes graphiteux
 - Lentilles de cipolin (très rares).

Ces deux unités proviennent du métamorphisme d'une même série sédimentaire schisto-gréseuse; le passage de l'une à l'autre est progressif. Le nombre des bancs leptynitiques intercalés dans les gneiss plagioclasiqes augmente graduellement de la base au sommet de la série où ils prédominent, alternant avec des niveaux de mica-schistes. De même, le passage des gneiss plagioclasiqes micacés aux micaschistes est tout-à-fait graduel et déterminé par la diminution progressive de la teneur en plagioclase (de 30 % environ à moins de 10 %) et de la taille des cristaux de ce minéral.

Ainsi qu'on peut le remarquer immédiatement, la « série des Aiguillettes » offre de grandes similitudes avec la « série de Saint-Gervais ».

La plus grande partie de la « série des Aiguillettes » est constituée de gneiss plagioclasiqes biotitiques à grain fin (0,1 à 0,5 mm). Ces roches ont autant de feldspath que de quartz et leur texture est rarement schisteuse (ce ne sont donc pas des micaschistes), car le développement en longues lamelles des micas est limité le plus souvent aux zones écrasées de la base et du sommet de la série. La texture de ces roches reste au contraire toujours massive. Ce caractère, provenant pour une part de la finesse générale du grain, est dû, en grande partie, à une forte cataclase. A des degrés divers, ces roches présentent toutes les variétés de structures écrasées: ocellaire, glandulaire, lenticulaire, schisteuse, fluidale... Au microscope, la structure la plus fréquente d'un gneiss plagioclasiqes à biotite est hétérogranulaire ocellaire (yeux de plagioclase de 0,5 mm pris dans une pâte plus fine formée de grains de 0,1 mm).

Des bancs à textures migmatitiques bien exprimées n'apparaissent pas dans la « série des Aiguillettes ». Cependant si l'endomigmatisation est moins apparente que dans la « série de Saint-Gervais », elle n'en existe pas moins à l'état diffus. Le microscope montre que, dans de nombreux gneiss biotitiques, du microcline se développe en remplaçant une partie du plagioclase. Dans certains bancs, à composition intermédiaire entre une leptynite et un gneiss micacé, une différenciation locale s'est développée. La ségrégation métamorphique se traduit par une texture micro-rubanée, partiellement boudinée, passant latéralement à la roche restée homogène.

La « série des Aiguillettes » est caractérisée, du point de vue minéralogique, par les micas, bien que ceux-ci n'apparaissent qu'en petites paillettes. Contrairement à la « série de Saint-Gervais », la biotite est en général plus abondante que les micas blancs. La fréquence des minéraux dans cette série est la suivante (moyenne de dix comptages):

| | % |
|---------------------------|----|
| 1. Plagioclases | 31 |
| 2. Quartz | 30 |
| 3. Biotite | 15 |
| 4. Micas blancs | 14 |
| 5. Chlorite | 6 |
| 6. Microcline | 1 |
| 7. Grenat | 1 |
| 8. Calcite | 1 |
| 9. Sphène | 1 |

Cette série affleure bien, principalement au-dessus de 1500 m, et les bonnes coupes ne manquent pas.

A. Coupes dans l'unité supérieure:

Route forestière de Coupeau à Merlet (altitudes 1300-1500 m)

Arête W de l'Aiguillette des Houches (1950-2250 m)

Gorge basse Diosaz à l'E de la combe de Rochy (1500 m)

Ligne des crêtes au SW de la Pointe-Noire de Pormenaz (2300-2100 m).

B. Coupes dans l'unité inférieure:

Arête de l'Aiguillette du Brévent au col du Cormet (2309-2100 m)

Gorge Diosaz, région du coude entre basse et haute Diosaz (1500 m)

Arête de Rochy (2200-1800 m).

A ces coupes naturelles, il convient d'ajouter la galerie de l'E.D.F. de Mont-Vauthier, qui traverse toute la série du NE au SW et donne ainsi une excellente coupe de la rive gauche, impraticable, de la Diosaz.

Profil d'W en E à travers la « série des Aiguillettes ».

Unité supérieure: elle est caractérisée par un litage généralement bien exprimé, qui suffit à lui seul à démontrer l'origine sédimentaire de la série. Dans la région de l'Aiguillette des Houches, l'unité supérieure, bien développée (500 m de puissance environ), est constituée par une série de micaschistes — souvent riches en grenat et en tourmaline — et de gneiss micacés à grain fin. Le nombre des bancs de leptynites, qui s'y intercalent, diminue progressivement d'W en E en s'éloignant du sommet de la série. Ils ont une épaisseur variable (du décimètres à quelques mètres) et montrent parfois des textures frappantes peut-être sédimentaires; BELLIÈRE (1958)

pense avoir reconnu notamment une sédimentation entrecroisée. Malheureusement, comme le reste de la série, ces bancs ont le plus souvent subi une forte cataclase (schistosité d'écrasement surimposée) et une recristallisation poussée; de sorte qu'il devient impossible, pour les structures, de faire la part propre au métamorphisme et à la sédimentation; il y a conjugaison des deux phénomènes. L'unité supérieure se poursuit par l'arête de la Vogealle en direction du N dans la montagne de Pormenaz. Elle constitue les abrupts du flanc E de la combe de Rochy et montre, au contact avec le Houiller enraciné, des déformations tectoniques nombreuses (replis, boudinages, diaclases), ainsi qu'une tendance généralisée au fauchage avec déversement en direction de l'accident de Coupeau. Parallèlement au contact tectonique W, de Coupeau à Moède, les roches ont acquis une forte schistosité mécanique, soulignée par un développement important de micas blancs. La biotite, d'autre part, y est fortement chloritisée et ces roches prennent l'aspect de schistes verdâtres et satinés (mylonitoschistes). Cette zone est habituellement altérée et riche en carbonates, de plus les oxydes de fer lui confèrent une patine brun-rougeâtre.

Unité inférieure: cette unité est homogène et constituée en majeure partie de gneiss biotitiques variés à grain fin. Cependant, la fréquence des bancs de leptynites diminue graduellement d'W en E vers la base de cette unité, tandis que des intercalations de schistes graphiteux deviennent fréquentes; elles s'accompagnent d'horizons lenticulaires, peu épais et rares, de cipolins grisâtres. Les lits de schistes graphiteux sont fortement comprimés et n'apparaissent guère en surface; ils ne sont, le plus souvent, visibles que dans les coupes profondes.

Au contact tectonique avec la « série des Aiguilles-Rouges », la base de l'unité inférieure de la « série des Aiguillettes » est fortement écrasée. De part et d'autre du contact, sur une largeur de 300 m environ, s'est établie une zone de mylonitoschistes, dans laquelle roches écrasées et roches intactes alternent en bandes parallèles. Cette zone est parcourue par un réseau dense de filonnets et de lentilles de quartz; elle présente par endroits de vraies brèches tectoniques à ciment siliceux (Moède, gorge Diosaz par exemple) et un enrichissement général en micas blancs (muscovite-phengite) accompagnés de tourmaline. A ce propos, notons que l'on trouve également de telles roches, riches en tourmaline, en galets dans le conglomérat à grands éléments, d'âge carbonifère supérieur (Stéphanien supérieur ?), de la montagne de Pormenaz. Enfin, cette zone est profondément altérée (biotite chloritisée) et partiellement rubéfiée.

2. DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE

A. Unité supérieure.

Les micaschistes à deux micas et grenat.

Ce sont des roches finement litées de couleur gris-verdâtre à éclat brillant; leur schistosité est bien marquée par le développement d'associations lamellaires

de biotite et de micas blancs. Les lits micacés enveloppent des phénoblastes de grenat brun rose de tailles variées. Le quartz constitue fréquemment de petites lentilles de recristallisation allongées dans le plan de la schistosité; cette dernière peut être intimement déformée par des replis donnant parfois naissance à une linéation qui s'estompe rapidement. La déformation postschisteuse est soulignée par la néoformation de micas blancs, dont les paillettes frangent les grandes lamelles replissées des micas primaires.

Micaschistes à deux micas et grenat — D 15 (voir photo 1, planche I).

Origine: flanc W de l'Aiguillette-des-Houches, alt. 2200 m.

S.M. Structure lépidoblastique porphyroblastique. Entre les lamelles très longues de muscovite-phengite et de biotite partiellement chloritisée, qui constituent un feutrage épais (environ les deux tiers de la roche), se loge une abondante purée séricitique et du quartz écrasé, à extinction onduleuse, ou en plages recristallisées à contours irréguliers. Un peu de plagioclase damouritisé (albite-oligoclase) et quelques grains de microcline parsèment la roche, ainsi que des traînées de sphène-leucoxène ou d'oxydes de fer. Les grenats porphyroblastiques présentent des cassures dont les principales sont perpendiculaires à la schistosité, ils sont fragmentés et les micas se replissent à leur contact en les enveloppant. Ces grenats (almandin ?), incolores à gris rosâtre, souvent poeciloblastiques (inclusion en « gouttes » de quartz), s'altèrent en chlorite (plus un peu d'épidote) ou en biotite avec en plus un peu d'hématite et de plagioclase lui-même altéré en damourite. De même qu'il y a de la séricite-phengite secondaire, il existe également de la biotite de seconde génération se développant fréquemment aux dépens des grenats.

Mylonitoschiste à tourmaline — Gs 77.

Origine: base W de l'Aiguillette-des-Houches, alt. 2000 m.

S.M. Structure lépidoblastique amygdalaire. Des paillettes exfoliées d'un mica blanc verdâtre (séricite-phengite) associées à des amas séricito-chloritiques, dans lesquels subsistent de la biotite décolorée riche en aiguilles de sagénite, cernent des fantômes d'anciens cristaux de grenat, de plagioclase ou de biotite complètement pseudomorphosés. Le quartz finement broyé a partiellement recristallisé en plages engrenées à extinction roulante. Des concentrations de leucoxène, d'oxydes et d'hydroxydes de fer confèrent au schiste une certaine structure zonée. Dans cette pâte phylliteuse, uniquement composée de produits d'altération des minéraux broyés, se développent de grands cristaux subidiomorphes de tourmaline zonée bleu lavande, brune et jaunâtre. Enfin la roche est partiellement imprégnée de carbonates bruns, ferrugineux, en petits rhomboédres.

Les leptynites.

Les leptynites de la « série des Aiguillettes » sont plus riches en grenats que celles de la « série de Saint-Gervais ». Mais à part cette différence, leurs caractères sont absolument identiques et je ne les rappellerai donc pas (revoir pages 259-260).

Leptynite micacée — B9.

Origine: crête de Rochy, 100 m à l'E de la Pointe-Noire de Pormenaz.

S.M. Structure granoblastique. De petites plages de quartz, aux formes irrégulières et à extinction onduleuse, moulent les feldspaths. Ces derniers sont en grande partie composés par de l'oligoclase (15% An, non maclé ou maclé albite, plus rarement « albite-péricline ») damouritisé. Une seconde génération formée d'albite fraîche s'est développée en cristaux subidiomorphes allongés parallèlement à la schistosité cataclastique. Enfin, les plages allotriomorphes de microcline perthitique sont assez fréquentes. Ce matériel quartzo-feldspathique est parfois boudiné en lits lenticulaires enrobés de gerbes micacées, où s'associent un mélange de séricite-phengite, de biotite fraîche et d'hydrobiotite parsemée de petits grains de sphène. De l'apatite en gros prismes ou en petites

baguettes, du rutile, des minerais opaques, de la tourmaline et de petits zircons constituent le lot des minéraux accessoires les plus fréquents.

Leptynite quartzique à grenat — Gs 133.

Origine: crête de Rochy, 500 m au NE de la Pointe-Noire de Pormenaz.

S.M. Structure granoblastique. Quartz et feldspaths apparaissent en plages cristalloblastiques engrenées, entre lesquelles se dispersent des mouches de biotite plus ou moins chloritisée à exsudats de sagénite; des zircons et des grains opaques d'allanite (?) y déterminent de jolis halos pléochroïques. Les grenats sont nombreux mais petits et disséminés; ils sont le plus souvent pseudomorphosés en chlorite ou biotite. Localement, de grandes lamelles poeciloblastiques de muscovite-phengite se développent indépendamment de la schistosité et lui sont donc manifestement postérieures.

Compositions minéralogiques quantitatives

| | Micaschiste à deux micas et grenat D 15 | Leptynites | |
|------------------------|--|------------|--------|
| | | B 9 | GS 133 |
| Quartz | 17.6 | 26.3 | 40.6 |
| Microcline | 0.3 | 2.7 | 2.2 |
| Plagioclase | 3.3 | 47.0 | 42.2 |
| Micas blancs | 46.1 | 4.2 | 6.8 |
| Biotite | 22.8 | 7.2 | 4.0 |
| Chlorite | 5.8 | 10.4 | 2.3 |
| Sphène | 0.1 | 1.1 | — |
| Grenats | 3.1 | — | 0.5 |
| Divers | 0.9 | 1.1 | 1.4 |

B. Unité inférieure.

a) Les gneiss plagioclasiques.

Ces gneiss d'aspect homogène à grande échelle sont relativement variés dans le détail. Le type le plus commun est un gneiss plagioclasiique à biotite, mais les constituants principaux et accessoires peuvent varier en toutes proportions. Cependant, ces roches contiennent toujours plus de 50 % de matériel quartzo-feldspathique. Bien que le grain de la roche soit fin, ses structures sont gneissiques et sa texture massive.

Comme dans les gneiss plagioclasiiques de la « série de Saint-Gervais », une structure cataclastique bien exprimée s'est superposée aux structures primaires en les oblitérant plus ou moins. Il en résulte l'apparition généralisée d'une structure amygdalaire ou lenticulaire par boudinage des minces bancs quartzo-feldspathiques. Dans les gneiss à foliation moins marquée (plagioclases répartis également dans la masse), les cristaux d'oligoclase sont devenus de petits porphyroblastes, dont les extrémités écrasées passent à une pâte plus fine (grains ≥ 0.1 mm). Ainsi se déve-

loppent des structures microscopiques hétérogranulaires en lentilles, en amygdales ou en ocelles.

Les « yeux » d'oligoclase sont souvent damouritisés et le pourcentage d'anorthite est alors impossible à déterminer. Notons cependant qu'ils ne contiennent jamais d'épidote et semblent par conséquent trop acides pour être saussuritisés. Le plagioclase le plus basique rencontré (à macles de l'albite larges) et non altéré contenait 31 % d'An. En général, ce sont des oligoclases à 15 % d'An environ, maclés selon albite ou non maclés; plus rarement certains présentent des associations de macles complexes: Albite et Carlsbad, albite et péricline ou encore une combinaison de ces deux types. Je n'ai pas observé d'individus zonés.

L'oligoclase primaire et le quartz s'associent en plages cristalloblastiques allongées; le quartz montre toujours en L.P. des extinctions onduleuses et un caractère biaxe anormal. La biotite constitue des associations en sandwich de variétés brune ou verte avec de l'hydrobiotite incolore à rutile aciculaire maclé; ces lamelles parfois poeciloblastiques englobent du quartz ou même de petits grenats. De plus, elles renferment souvent de très fines inclusions (monazite, allanite ?) déterminant de jolis halos pléochroïques. La séricite en flammèches flexueuses et les lamelles moins abondantes de muscovite-phengite sont souvent replissées avec extinction roulante. Les grenats porphyroblastiques sont toujours plus ou moins pseudomorphosés par de la biotite brune ou verte et par de la chlorite. Le sphène, en grains entourés d'une moucheture opaque de leucoxène, l'apatite en prismes subhexagonaux, les zircons (petits, limpides ou plus grands à arêtes émoussées avec un noyau plus sombre) et des fragments résiduels de hornblende verte chloritisée constituent le groupe des minéraux primaires accessoires.

L'endomigmatisation diffuse s'est traduite par l'apparition de feldspaths potassiques allotriomorphes, ainsi que par une remobilisation partielle du quartz. De plus, elle s'accompagne fréquemment du développement lamellaire de micas blancs. Ces minéraux tendent à remplacer les plagioclases altérés.

Enfin, une recristallisation presque générale de ces gneiss a fait suite à ce début de granitisation et à la cataclase. Cette phase de recristallisation se caractérise ici par la néoformation d'albite (0-10 % An), le développement de myrmécite finement vermiculaire (contre le bord des feldspaths potassiques) et de phengite, la régénération partielle des biotites, la silicification des diaclasses et l'apparition de prismes porphyroblastiques de tourmaline.

Ainsi, il est possible de mettre en évidence une phase de métamorphisme principal (cristallisation des minéraux primaires), suivie d'un début de migmatisation et d'une période de forte cataclase accompagnée de l'altération des minéraux primaires, puis finalement une phase de recristallisation (léger métamorphisme).

On remarquera que l'ordre et la nature des phénomènes mis en évidence dans cette série sont identiques à ceux de la « série de Saint-Gervais ». A priori, l'histoire de ces deux séries paraît donc être commune.

Les gneiss à deux micas.

Ce sont des roches à grain fin de couleur claire à reflets satinés. Elles peuvent être zonées et présenter des lits de composition diverse tour à tour grisâtres (quartz-feldspaths), brunâtres (biotite) ou verdâtres (biotite-chlorite).

Gneiss plagioclasique à deux micas — G 35 A.

Origine: galerie E.D.F. de Mont-Vauthier, jalon 1240, 28.

S.M. Structure granolépido-blastique. Quartz, en plages engrenées à extinction onduleuse, associé à de l'oligoclase damouritisé en cristaux souvent jointifs ou séparés par un liseré séricitique. Albite (3-6% An) fraîche (avec fines macles de l'albite) à tendance idiomorphe, parfois allotriomorphe et inclusions de « gouttes » de quartz. Biotite brune plus ou moins chloritisée et biotite verte régénérée en lamelles allongées. Muscovite-phengite en paillettes effilochées; chlorite à exsudats de rutile, sphène et oxydes de fer; calcite en plages cimentant les fractures des phénocristaux ou en filonnets. Nombreux prismes pseudohexagonaux, à terminaisons arrondies, de tourmaline, dont un avec inclusion d'un petit zircon. Apatite en gros grains, plus quelques zircons généralement petits et prismatiques.

Les gneiss à deux micas et grenat.

Il s'agit d'une variété bien litée des roches précédentes, de couleur gris-brunâtre, dans laquelle sont disséminés de petits grenats dodécaédriques, altérés et souvent écrasés.

Gneiss plagioclasique à deux micas et grenat — GS 80.

Origine: Aiguillette-du-Brévent, alt. 2300 m.

S.M. Structure granolépido-blastique. Le quartz et l'oligoclase damouritisé (15% An), parfois à fine bordure de calcite, sont associés en plages cristalloblastiques et constituent de petits lits alternant avec des amas phylliteux de biotite et de micas blancs (muscovite-phengite, séricite), dans lesquels sont disséminés des grenats porphyroblastiques. Les cassures de ces grenats sont tapissées de micas tandis que leur surface est partiellement chloritisée. Du microcline frais à inclusions d'oligoclase ainsi que de l'albite de néoformation apparaissent aux côtés de nombreux grains de tourmaline incolore à bleu vert, de zircon, de rutile, d'apatite et d'un peu d'épidote.

Les gneiss à biotite.

Ce sont des roches gris-sombre à reflets brillants et structure gneissique fréquemment amygdalaire. Les lits quartzo-feldspathiques sont boudinés dans une pâte phylliteuse riche en micas noirs.

Gneiss plagioclasique à biotite — GS 132.

Origine: crête de Pormenaz, 300 m au NE de la Pointe-Noire.

S.M. Structure granolépido-blastique ocellaire et lenticulaire. Les lits quartzo-feldspathiques boudinés alternent avec des lits micacés; le tout est souvent largement replissé. Certains phénocristaux d'oligoclase (jusqu'à 25% An) sont isolés par les lamelles entremêlées de biotite, hydrobiotite et muscovite-phengite; ils constituent des yeux, dont les extrémités passent à une purée de quartz et de séricite. Certains de ces yeux sont partiellement remplacés par du feldspath potassique (microcline), qui les envahit en partant des zones de bordure. Le quartz recrystallise aussi en petites lentilles aplaties, tandis que se développent un peu d'albite de néoformation et la séricite-phengite, dont les paillettes frangent la schistosité cataclastique de la roche. Sphènes, petits zircons et rutiles sont disséminés.

Les gneiss à biotite et grenat.

Cette variété de gneiss biotitique bien lité ressemble à un micaschiste, quoique de texture plus massive, car autour des grenats la schistosité est souvent fluidale. Le fond de la roche, sur lequel se détachent les petits grenats brun-rosâtres, est de couleur gris-noir à reflets satinés et poudré de produits d'oxydation.

Gneiss plagioclasiqye à biotite et grenat — GS 63.

Origine: région SW de Merlet, alt. 1420 m.

S.M. Structure granolépido blastique. Le quartz et l'oligoclase damouritisé constituent des lits parallèles séparés par un feutrage de grands micas emballant des grenats porphyroblastiques. Ces grenats, de teinte grisâtre à légèrement rosée, dodécaédriques, ont une forme globuleuse; leur surface est craquelée et ils contiennent de nombreuses inclusions de quartz, parfois même du zircon. Dans ces roches riches en biotite fraîche, seules les bordures des micas noirs sont partiellement chloritisées; la biotite est représentée par deux générations. Les lamelles de la première génération sont plus ou moins chloritisées et recoupées par celles, très fraîches, brun jaunâtre ou vertes, de la seconde génération ainsi que par de la muscovite-phengite. Les micas tardifs englobent de nombreuses inclusions de tourmaline, de quartz, de zircon et d'apatite.

Les gneiss biotitiques chloriteux.

Ces roches à grain très fin, d'un beau vert foncé, litées en bancs massifs, peuvent être confondues avec des traînées d'amphibolites. Elles ne représentent cependant qu'un faciès plus écrasé et altéré des gneiss biotitiques communs. La structure ocellaire y est bien développée et particulièrement mise en évidence grâce à la chloritisation. L'œil, à l'aide de la loupe, découvre avec plaisir les jolis cristaux blanchâtres de plagioclase cernés par la pâte verte filamenteuse.

b) Les bancs interstratifiés.

Ce sont des niveaux pétrographiques d'importance secondaire, qui constitueraient d'excellents horizons repères s'ils étaient continus. Malheureusement, sur le terrain, il est difficile de les suivre en direction à cause de la nature très accidentée du relief et parce que ces niveaux sont le plus souvent lenticulaires ou laminés. La présence de calcaires métamorphiques et de « schistes carburés » est intéressante car elle implique en effet, pour la série, une origine sédimentaire.

Les leptynites à biotite.

Ces roches de couleur gris-beige, à grain fin et texture apparemment isotrope, constituent des bancs massifs et résistants en interstratification, de quelques décimètres à plusieurs mètres d'épaisseur, dans la série des gneiss plagioclasiques micacés. Elles présentent fréquemment un débit parallélipipédique dû à un réseau orthogonal de diaclases parallèles et perpendiculaires à l'allongement. Une répartition des micas noirs en petites touffes donne un aspect moucheté aux variétés riches en biotite.

Leptynite à biotite — 21.30765.

Origine: sur « La Bajule », au coude des gorges entre haute et basse Diosaz.

S.M. Structure granoblastique. Le quartz à extinction roulante et l'oligoclase damouritisé forment des plages cristalloblastiques jointives, parfois séparées par un enchevêtrement de grandes lamelles de biotite. Cette dernière, fraîche ou accompagnée d'un peu d'hydrobiotite incolore, renferme de nombreuses inclusions de quartz, d'apatite et de zircon.

Les schistes graphiteux.

Ce sont des roches schisteuses et finement gréso-micacées, dont les feuillets noirâtres, à éclat brillant, sont riches en pellicules graphiteuses tachant les doigts.

La structure mylonitique et la texture fréquemment noduleuse de ces schistes — par boudinage des lits quartzeux — montrent qu'ils ont subi un écrasement, voire même une trituration particulièrement intense. Ces niveaux correspondent souvent à des zones faillées silicifiées qui ont rejoué; le quartz a été moulu et l'ensemble prend le faciès pseudoconglomératique d'une brèche tectonique à petits éléments de quartz et ciment mylonitique très fin, presque opaque.

Ces intercalations de schistes graphiteux et de mylonitoschistes, surtout nombreuses à la base de la « série des Aiguillettes », ont une épaisseur variant de quelques dm à 25 m environ.

Schiste graphiteux — 15.30765.

Origine: sur « La Bajule », coude des gorges entre haute et basse Diosaz.

S.M. Structure lépidoblastique amygdalaire. La structure schisteuse hétérogène est due à une purée de minéraux écrasés et phylliteux: quartz finement grenu, séricite-phengite, graphite en cha-pelets de paillettes exfoliées, amas chloritiques, lamelles régénérées de biotite brun verdâtre et traînées de minerais (pyrite, limonite, leucoxène) qui cernent de petits lits boudinés, déformés et lenticulaires de quartz recristallisé en grandes plages à extinction onduleuse et quelques plagioclases porphyroblastiques altérés.

Les cipolins.

Ces roches constituent en général des horizons peu épais, boudinés et étirés, qu'il est difficile de mettre en évidence. En effet, bien que les carbonates, sous forme de filonnets et d'imprégnations, soient fréquents dans la « série des Aiguillettes », les niveaux individualisés purement calcaires sont très rares. Je n'ai observé que quelques lentilles étroites, de quelques dm, disséminées près de la base de l'unité inférieure; la plus belle (d'où provient l'échantillon décrit ci-dessous) atteint cependant 3 m d'épaisseur et est visible sur une centaine de mètres.

Ce sont des roches massives de couleur gris-bleuâtre, sans litage apparent. Dans la pâte claire, formée de calcite finement cristallisée, se détachent de petites lentilles plus sombres et effilochées de silicates.

Cipolin — 16.30765.

Origine: lentille sur « La Bajule », coude des gorges entre haute et basse Diosaz.

S.M. Structure granoblastique. La calcite a cristallisé en grandes plages allotriomorphes présentant souvent les macles mécaniques typiques de ce minéral. Dans cette masse de carbonates sont

disséminés des grains de quartz, un peu d'apatite, des résidus lenticulaires de biotite chloritisée et de séricite-phengite accompagnés d'un peu de minerais opaques (pyrite et oxydes de fer).

Compositions minéralogiques quantitatives

| | Gneiss plagioclasiques | | | | | | Leptynite à biotite |
|------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-----------|-------|---------------------------|
| | à deux micas | | | | à biotite | | |
| | G 35 A | GS 68 | GS 80 | GS 78 | GS 132 | GS 63 | 21.30765 |
| Quartz | 30.5 | 28.2 | 25.0 | 22.7 | 28.5 | 44.1 | 32.1 |
| Microcline | — | 0.5 | 0.4 | 2.2 | — | 0.6 | — |
| Plagioclases | 36.6 | 28.0 | 37.8 | 34.5 | 23.5 | 16.8 | 41.8 |
| Micas blancs | 7.9 | 17.8 | 16.2 | 12.0 | 18.7 | 10.5 | 2.3 |
| Biotite | 9.7 | 18.1 | 12.2 | 10.2 | 26.5 | 19.5 | 20.1 |
| Chlorite | 7.4 | 5.4 | 4.6 | 12.7 | 1.8 | 6.4 | 3.0 |
| Calcite | 6.2 | 0.6 | — | — | — | — | — |
| Sphène | — | — | 0.5 | 0.9 | — | — | — |
| Grenat | — | — | 1.4 | 1.7 | — | 1.8 | — |
| Divers | 1.7 | 1.4 | 1.9 | 3.1 | 1.0 | 0.3 | 0.7 |

GS 68 Origine: côte 1330 m sous Merlet.

GS 78 Origine: Aiguillette du Brévent, alt. 2250 m.

(Les autres échantillons ont été décrits dans les pages précédentes.)

3. ZONÉOGRAPHIE ET FACIÈS DE MÉTAMORPHISME

Les conditions physicochimiques, qui ont présidé à la formation des schistes cristallins de la « série des Aiguillettes », paraissent à quelques détails près semblables à celles de la « série de Saint-Gervais ». En effet, comme cette dernière, la « série des Aiguillettes » se répartit ainsi dans la zonéographie de JUNG et ROQUES (1938, 1952):

Unité supérieure: Zone des micaschistes à deux micas

Unité inférieure: Zone des gneiss supérieurs

ce qui correspond à la mésozone de GRUBENMANN et NIGGLI.

Retranchons des assemblages minéralogiques les minéraux de rétro-morphose et de recristallisation, ainsi qu'on l'a fait pour la « série de Saint-Gervais », il ne reste alors que 6 minéraux « index »: quartz, oligoclase, microcline, biotite, muscovite et grenat (almandin).

Ces minéraux constituent l'assemblage principal:

quartz-oligoclase-biotite-muscovite-almandin-(microcline)

(exemple: gneiss à biotite et grenat, GS 63)

Cet assemblage est caractéristique de la séquence pélitique du « *sous-faciès staurotide-almandin* » (TURNER and VERHOOGEN, 1960), compris dans le « *faciès amphibolite à almandin* ».

Conclusions.

En utilisant les mêmes arguments que précédemment (pp. 267-269), il est possible de conclure que la série sédimentaire schisto-gréseuse des « Aiguillettes » a été métamorphosée dans les mêmes conditions physico-chimiques que la « série de Saint-Gervais »: 650° C de température, 3000 atm. de pression et saturation en eau, pour une profondeur maximale d'environ 12 km pour la base de la série.

La « série de Saint-Gervais » et celle des « Aiguillettes » sont donc isométamorphiques; cependant la seconde a évolué ensuite plus lentement au cours de la rétomorphose épizonale et la majorité de la biotite y est préservée, tandis que le développement des micas blancs secondaires est nettement plus limité.

CHAPITRE 4

LA SÉRIE PRARION — PORMENAZ

1. OBSERVATIONS GÉNÉRALES

La « série Prarion-Pormenaz » se trouve au cœur de la région étudiée, entre la « série de Saint-Gervais » et celle des « Aiguillettes ». Comme nous l'avons déjà vu, les contacts entre ces séries sont tectoniques. A l'est, le contact avec la « série des Aiguillettes » se fait par l'intermédiaire du Houiller pincé de la « racine de Coupeau-Rochy-Moède », tandis qu'à l'ouest le contact avec la « série de Saint-Gervais » est direct et correspond à un accident profond, souligné par une zone écrasée importante, longeant tout le flanc occidental du Prarion.

La « série Prarion-Pormenaz » se subdivise géographiquement en trois zones déterminées par sa structure tectonique:

- 1° Le massif de Prarion-Tête Noire
- 2° Les gorges de l'Arve, correspondant au fossé de Vaudagne — Servoz
- 3° Le massif de Pormenaz-Montagne du Fer.

Les massifs de Prarion-Tête Noire et de Pormenaz-Montagne du Fer représentent des bombements anticlinaux de la série, caractérisés par les faciès métamorphiques les plus profonds, tandis que la zone médiane des gorges de l'Arve apparaît comme une dépression synclinale intermédiaire constituée par les termes les moins métamorphiques.

Cette « série Prarion-Pormenaz » est découpée en compartiments par un réseau de grandes failles verticales longitudinales (de direction N-S à NNW-SSE). La présence fréquente de Houiller pincé en souligne l'importance et montre qu'elles ont joué au cours des phases orogéniques hercyniennes terminales. Un style brisant s'est donc superposé au style primaire souple (à double bombement anticlinal et dépression synclinale médiane). La série présente aujourd'hui une structure en « horst et graben » analogue à celles qui ont été décrites par C. BORDET (1961) à Belledonne.

La « série Prarion-Pormenaz » se subdivise pétrographiquement en trois unités principales :

1. *Unité supérieure* (épaisseur 1500 m environ) correspondant à la zone synclinale intermédiaire, déprimée et faillée des gorges de l'Arve; elle représente la couverture des unités inférieures et est formée de :

- a) cornéennes à deux micas
 - » chlorito-séricitiques
 - » quartzo-chloritiques
 - » granitiques à biotite.
- b) schistes chlorito-séricitiques
 - » séricitiques
 - » quartzo-séricitiques
 - » chloriteux
 - » graphiteux.
- c) quartzites.

2. *Unité moyenne* (épaisseurs 1300 m au Prarion et 1800 m environ à Pormenaz). Elle comprend tout le massif de Pormenaz-Montagne du Fer et une partie de celui de Prarion-Tête Noire. Cette unité se caractérise par l'abondance des « roches vertes »; mais, dans le massif de Pormenaz — Montagne du Fer, elle a été profondément transformée par l'intrusion du granite de Pormenaz, qui en a digéré une fraction importante et a provoqué la granitisation partielle de son entourage en donnant naissance à des faciès migmatitiques de contact. L'unité moyenne est constituée par :

- a) Groupe des gneiss prasinitiques
 - gneiss plagioclasiques chlorito-épidotiques
 - » épidoto-amphiboliques
 - » amphibolo-épidoto-chloritiques
 - » chlorito-calcitiques.
- b) Groupe des gneiss ovarditiques
 - gneiss plagioclasiques chloritiques

gneiss plagioclasiqes chloritiques à grenat
 » quartzo-chlorito-séricitiques.

c) Groupe des gneiss leucocrates et roches diverses
 gneiss plagioclasiqes

» à biotite

» à micas blancs

leptynites quartziques
 cipolins.

d) Groupe des mylonitoschistes
 schistes chlorito-séricitiques
 » séricitiques
 mylonites.

e) Groupe des gneiss migmatitiques de Pormenaz
 gneiss biotitiques
 » granitiques.

3. *Unité inférieure* (épaisseur 500 m environ). Elle constitue le cœur de la « série Prarion-Pormenaz ». A Pormenaz, cette unité paraît avoir été assimilée par le granite; par contre, elle affleure bien dans le Prarion, où elle suit un axe N-S de la Tête du Chêne à la Tête Noire (cf. carte hors texte). Ses roches caractéristiques sont:

Epidotites
 Amphibolites
 Chlorite.

La « série Prarion-Pormenaz » est ainsi formée de deux complexes de caractère différent: l'unité supérieure d'une part et les unités moyenne et inférieure de l'autre.

L'unité supérieure provient du métamorphisme de silts argilogréseux contenant quelques intercalations quartzitiques. Son origine sédimentaire est attestée par une disposition généralement litée, par un rubanage fin des bancs de cornéennes, par la présence de schistes graphiteux (ou même de lentilles de graphite) et de niveaux grossièrement détritiques, etc... La couleur gris-foncé à gris-verdâtre de cette unité est due à l'abondance relative de la chlorite et parfois du sphène. Le zircon, ce minéral omniprésent dans les sédiments pélitiques alumineux, est ici très rare (sa teneur est très inférieure à 100 mg pour 25kg de roches). Il est donc possible que ces roches à grain très fin (inférieur à 0,1 mm) dérivent pour une part importante de tufs volcaniques ou proviennent du remaniement partiel des unités sous-jacentes. La fréquence des minéraux, dans l'unité supérieure, est la suivante (moyenne de 8 comptages):

| | % |
|---------------------------|----|
| 1. Quartz | 32 |
| 2. Micas blancs | 28 |
| 3. Chlorite | 14 |
| 4. Plagioclases | 12 |
| 5. Biotite | 5 |
| 6. Sphène | 4 |
| 7. Calcite | 2 |
| 8. Microcline | 1 |

En revanche, l'unité inférieure, de composition gabbroïque (voir analyse 7.16865 pp. 298), est massive, sans niveaux stratigraphiques individualisés. Ses variations minéralogiques, qui affectent les proportions relatives des divers minéraux fémiques (chlorite, épidote, hornblende), passent inaperçues à l'œil et par conséquent indéterminables avec précision sur le terrain.

Lorsqu'on monte dans cette série de composition essentiellement basique, on voit s'intercaler progressivement divers gneiss leucocrates alternant avec les roches prasinitiques ou ovariditiques. L'unité inférieure passe ainsi à l'unité moyenne en perdant son homogénéité pétrographique et en acquerrant un litage fruste: les roches présentent alors un rubanage grossier, le plus souvent à l'échelle du décimètre ou du mètre, dû à la succession de lits de composition différente.

Les roches de ces deux unités sont pauvres en quartz et dépourvues de zircons; elles contiennent par contre un grand nombre de plagioclases à macles complexes caractéristiques d'une origine éruptive. En l'absence de structures sédimentaires et au vu des critères minéralogiques, il semble bien que l'unité inférieure provient du métamorphisme de roches volcaniques de composition basaltique ou proche, tandis que l'unité moyenne pourrait être d'origine mixte: niveaux sédimentaires alternant soit avec d'anciennes coulées, soit avec des dépôts de tufs ou de cinérites.

La fréquence des minéraux, dans les unités inférieure et moyenne, est la suivante (moyenne de 16 comptages):

| | % |
|---------------------------|----|
| 1. Plagioclases | 35 |
| 2. Epidote | 14 |
| 3. Quartz | 14 |
| 4. Chlorite | 12 |
| 5. Hornblende | 9 |
| 6. Micas blancs | 6 |
| 7. Biotite | 4 |
| 8. Calcite | 2 |
| 9. Microcline | 2 |

10. Sphène 1
11. Grenat

Le passage de l'unité moyenne à l'unité supérieure est progressif mais rapide. Il s'observe bien sur la rive droite de l'Arve au-dessus de la « route blanche », de la gare TMB des Houches au viaduc Sainte-Marie. Dans les assises des « gneiss verts » de Coupeau s'intercalent à leur sommet un nombre croissant de bancs de cornéennes; 200 m plus à l'W, face aux Houches, ces cornéennes — base de l'unité supérieure — devenues massives constituent les hautes parois, qui dominent la rive droite des gorges de l'Arve entre les Houches et Le Lac. Ce passage stratigraphique est partiellement masqué par une zone faillée longitudinale, de direction NNW-SSE, qui s'est développée au contact des deux unités, probablement à cause de leur différence de plasticité (incompétence tectonique); en effet, l'unité supérieure est rigide, tandis que les « gneiss verts » de l'unité moyenne, plus souples, se sont déformés plastiquement et montrent des replis serrés.

La ligne de crête du Prarion à Tête-Noire, par le col de la Forcle, ainsi que le versant ouest permettent de bien étudier la pétrographie de ce massif. Plus au sud, les trois coupes:

voie ferrée étroite du TMB de Saint-Gervais au col de Voza
Chemin de Bionnay à Bionnassay
chemin de Bionnay à Le Champel

montrent le contact mécanique avec la « série de Saint-Gervais ».

Dans les gorges de l'Arve, les affleurements sont bons sur la rive gauche, où les roches présentent de belles surfaces polies d'origine glaciaire (ancien verrou des glaciers du Mont-Blanc); par contre sur la rive droite, les masses rocheuses sont en voie d'éboulement, disloquées, fauchées ou effondrées.

Les meilleures coupes dans le massif de Pormenaz-Montagne du Fer sont:

les gorges de la Diosaz (avec notamment la sortie des gorges en visite aménagée à Servoz), doublée par la galerie E.D.F. de Mont-Vauthier
le chemin de Pormenaz à le Mont
la partie sud des gorges de l'Arve
la nouvelle route de Coupeau et les chemins des Houches à Servoz (par les crêtes ou les flancs).

Ces différentes coupes permettent d'établir le profil suivant:

Profil d'ouest en est, à travers la « série Prarion-Pormenaz »

1. Prarion — Tête-Noire.

Unité inférieure. — Série de « roches vertes », homogènes et massives, formées en grande partie de prasinites avec des niveaux purement épidotiques, amphiboliques

ou chloritiques. Cette série de 500 m d'épaisseur affleure bien sous le flanc ouest de Tête-Noire; elle est parcourue de grandes diaclases longitudinales recoupées par un jeu de fractures transverses, ce qui lui confère un débit parallélipipédique et de loin une fausse allure de stratification. L'unité inférieure passe progressivement à l'unité moyenne, qui constitue l'ossature de la région sommitale du Prarion.

Unité moyenne. — Aux prasinites se joignent de nombreux types d'ovardites et de gneiss leucocrates divers en bancs généralement mieux lités. Cette série du Prarion est plus ou moins écrasée, de nombreuses bandes de mylonites apparaissent près du sommet (mylonitoschistes); elle est hâchée de failles verticales transverses et parallèles (comparables à celles de Pormenaz) qui, par gradins successifs, déterminent la dépression du col de la Forcle entre Prarion et Tête-Noire. De nombreux filons et filonnets de quartz, de chlorite et de calcite sont en relation avec ces accidents. De plus, sous Bionnassay dans le flanc E de la Tête du Chêne, les gneiss présentent une schistosité cataclastique oblique aux structures primaires et parallèle à la direction de la « zone de Chamonix » toute proche; cette schistosité s'accompagne de diaclases ainsi que de bancs de mylonite homogène, noire, à grain fin. Le long du flanc E du Prarion, le contact entre les unités moyenne et supérieure est masqué par les placages houillers, ainsi que par une couverture morainique ou d'éboulis.

2. *Fossé de Vaudagne — Servoz.*

Unité supérieure — Le premier élément de l'unité supérieure, rencontré en venant de l'W, est la lame tectonique de Vaudagne, qui pénètre dans le flanc W du Houiller de la « racine de Charousse-le Lac ». Elle est constituée d'une série de cornéennes et schistes chloriteux à patine roussâtre, jalonnés d'exsudats pegmatitiques de quartz riche en pyrite et galène (mine de Vaudagne). Cette lame, longue de 1200 m et large de 60 m au plus, plonge 80° E et sa direction est N 10 E.

La série, épaisse de 120 m environ, bordant le granite des Montées-Pélissier sur son flanc W, entre le Lac et Charousse, est en grande partie constituée de schistes quartzo-chloritiques ou chlorito-séricitiques avec quelques intercalations de cornéennes. Le contact mécanique (plan de glissement de direction N-S à N 10 E) avec le granite est souligné par une petite combe; les roches y sont fortement tectonisées et traversées par deux systèmes orthogonaux de diaclases silicifiées ainsi que par de petites failles obliques (N 40 E). Il n'y a aucun phénomène de métamorphisme de contact. De même, le contact avec le Houiller de la « racine de le Lac — Charousse » est tectonique. Les schistes cristallins, ainsi que les schistes ardoisiers, sont abondamment silicifiés, déformés et rubéfiés tout au long de ce contact.

Le fond du « fossé de Vaudagne-Servoz » est constitué par une série de schistes cristallins de plus de 800 m d'épaisseur, intercalés entre le granite des Montées-Pélissier à l'W et l'unité moyenne à l'E. Cette série est rompue dans l'axe de la structure par l'accident, rempli de Houiller, de la « racine des gorges de l'Arve ». Son contact avec le granite est mécanique et identique à celui qui vient d'être décrit,

alors qu'il y a passage progressif à l'unité moyenne (revoir pp. 284). Cette série comprend sur la rive gauche 250 m de schistes quartzo-chlorito-séricitiques, dans lesquels s'intercalent des niveaux de quartzites phylliteux, plus rarement bréchiques, qui sont suivis — en amont du viaduc Sainte-Marie, à cheval sur chaque rive de l'Arve — par 80 m de schistes carburés (schistes noirs graphiteux ou roussâtres pyriteux). Sur la rive droite, la série devient homogène et n'est plus représentée que par une séquence de cornéennes épaisse de 500 m environ.

3. *Pormenaz — Montagne du Fer.*

Dès l'entrée des gorges de la basse Diosaz, on pénètre dans les « faciès verts » de l'unité moyenne. Les gneiss plagioclasiqes chloriteux à caractère ovarditique prédominent sur les types prasinitiques ou sur les bancs de cornéennes; ils sont très écrasés et traversés de bandes mylonitiques noires à grain fin. En marchant vers l'E, à la rencontre du granite de Pormenaz, les faciès changent progressivement, des bancs embréchitiques riches en porphyroblastes de feldspaths (plagioclase et microcline) apparaissent ainsi que des gneiss à texture rubanée; le matériel quartzo-feldspathique suit les déformations intimes de la roche et esquisse parfois de véritables replis méandriformes ptygmaticques. Cette zone migmatitique de contact est traversée de filons d'aprites, de microgranites et de filonnets de quartz ou de barytine. Sur le versant E du granite, le contact est mécanique; là, granite et gneiss granitisés sont fortement cataclasés et fréquemment enrichis en micas blancs. Cette zone mylonitique, subverticale, s'étend jusqu'à l'accident de «Coupeau-Rochy-Moède», qui est comblé par du Houiller et coïncide avec la limite orientale de la « série Prarion-Pormenaz ».

2. DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE

A. *Unité supérieure.*

a) *Les cornéennes*

Ce sont des roches dures et compactes. L'absence d'une schistosité bien marquée les rend difficilement fissibles. Elles sont de couleur gris-verdâtre, à reflets satinés dans les variétés séricitiques, et peuvent être fréquemment zonées, présentant des lits bigarrés gris, bruns, verts ou noirs, accompagnés de traînées de produits d'altération (oxydes de fer, leucoxène, etc.).

Leur nom de cornéenne utilisé par les anciens auteurs, OULIANOFF notamment, implique ici un sens purement descriptif (roche ressemblant à de la corne). Ce sont des gneiss à grain fin (0,1 mm ou moins) dérivant probablement d'anciens silts argileux, que la recristallisation métamorphique a transformés en bancs massifs rappelant les produits du métamorphisme de contact (Hornfels).

Dans les cornéennes, quartz et plagioclases ont une structure granoblastique. Les minéraux phylliteux peuvent constituer un feutrage alternant avec les lits grenus ou se présenter en nuages envahissant toute la roche; cette trame phylliteuse s'infiltré alors entre les plages de quartz et de feldspath pour dessiner une structure cloisonnée. Le quartz s'est souvent ségrégé en amas lenticulaires parallèles à structure en mosaïque, extinction roulante et caractère biaxe anormal. Il recrystallise également en plages à contours irréguliers englobant des fragments de la pâte.

Il y a deux types de plagioclases, de l'albite fraîche, néoformée, à inclusions poeciloblastiques de quartz, et des plagioclases altérés de première génération (oligoclases acides à 12% An). Ces derniers sont d'anciens gros cristaux, maclés selon albite et plus rarement selon Carlsbad, fortement damouritisés, exceptionnellement saussuritisés (contenant alors un peu de calcite et de très petits grains de zoïsite); ils ne se présentent souvent plus qu'en masse résorbée, indistincte et trouble, au centre d'un amas nébuliforme de séricite.

Les micas sont représentés par de la biotite brune chloritisée, accompagnée peut-être d'un peu de stilpnomélane, de la biotite verte de seconde génération et par de la séricite-phengite en paillettes ou touffes échevelées.

Les chlorites (clinocllore) se présentent sous deux habitus différents, soit en pseudomorphose de la biotite et de la hornblende (rétromorphose), soit en remplissage de cassures (processus hydrothermal de sécrétion latérale).

Dans le lot des minéraux accessoires, on trouve du feldspath potassique (microcline), de la calcite, de la tourmaline zonée (bleu-vert à brune) en grains prismatiques recrystallisés autour d'un noyau plus ancien, de la hornblende chloritisée, de l'actinote en fines aiguilles, du rutile-sagénite, des grains de sphène (-leucoxène), d'épidote, de pyrite, de magnétite-ilménite et quelques zircons.

Les principales variétés sont:

Cornéenne à deux micas — GS 98-99.

Origine: le viaduc Sainte-Marie, gorges de l'Arve.

S.M. Structure finement granolépido-blastique. Ces variétés sont zonées; elles se caractérisent par l'alternance de rubans finement granoblastiques, cloisonnés, chloriteux et biotitiques et de rubans quartzo-plagioclasiques à grain plus grossier riches en séricite-phengite. Le sphène y est abondant.

Cornéenne chlorito-séricitique — GS 9.

Origine: voie TMB entre les Montées-Pélissier et le ruisseau des Violets.

S.M. Cette variété est identique à la précédente mais beaucoup plus riche en chlorite, car la biotite y est entièrement altérée.

Cornéenne quartzo-chloritique — GS 102.

Origine: lame de Vaudagne, sous Vaudagne.

S.M. Structure granoblastique. Cette variété est riche en quartz (plus de 50%), qui a recrystallisé en mosaïque, et en chlorite, mais est très pauvre en micas.

Cornéenne granitique à biotite — GS 94.

Origine: 1 km au sud de Servoz, rive droite de l'Arve.

S.M. Structure granoblastique écrasée. Cette variété se distingue des précédentes par une texture finement gneissique. Dans la trame gris verdâtre constituée de quartz, chlorite, séricite et calcite se détachent des lits feldspathiques leucocrates à paillettes de biotite. Ces lits ont été écrasés et déformés; ils sont lenticulaires. Beaucoup d'albite (à maximum de 8% An) et du microcline alio-triomorphe, à large bordure de myrmécite, s'y développent. Il est possible qu'il s'agisse d'une granitisation latérale ou encore de filons-couches. En effet, ces roches se rencontrent surtout à proximité du granite de Pormenaz.

Compositions minéralogiques quantitatives des cornéennes

| | GS 98 | GS 99 | GS 9 | GS 102 | GS 94 |
|------------------------|-------|-------|------|--------|-------|
| Quartz | 32.8 | 43.3 | 29.8 | 54.5 | 12.2 |
| Microcline | — | — | — | — | 9.8 |
| Plagioclases | 11.2 | 10.3 | 3.2 | 15.8 | 36.5 |
| Micas blancs | 18.4 | 20.0 | 44.2 | 0.2 | 1.3 |
| Biotite | 7.2 | 18.2 | — | 0.7 | 16.6 |
| Chlorite | 18.0 | 4.4 | 14.2 | 23.8 | 5.6 |
| Calcite | 3.2 | — | — | — | 15.4 |
| Sphène | 8.2 | 2.1 | 6.2 | 3.1 | 1.9 |
| Divers | 1.0 | 1.7 | 2.4 | 1.9 | 0.7 |

b) Les schistes (phyllites).

Ce sont des roches litées à schistosité bien marquée; elles sont de couleur gris clair à verdâtre et offrent un clivage facile d'éclat lustré. Il semble qu'une partie d'entre elles dérive de gneiss à grain fin par dynamométamorphisme. On y observe en effet des structures gneissiques reliques ainsi que de nombreux vestiges de feldspaths brisés et pseudomorphosés.

A côté du quartz, les minéraux qui composent ces schistes sont tous des « stress minerals » stables dans des conditions de forte pression dirigée: séricite, chlorite, albite, épidote, microcline, talc, sphène, rutile, apatite, tourmaline, etc.

Les associations de minéraux phylliteux prédominent largement et constituent des feutrages lités ou une trame nébuleuse de paillettes échevelées enveloppant des mosaïques lenticulaires de quartz de recristallisation. La schistosité est souvent finement déformée; micas et chlorites se présentent alors en lamelles replissées et imbriquées dessinant des chevrons à extinction roulante.

Les principales variétés sont:

Schiste chlorito-séricitique — 10.25665.

Origine: 250 m au NW des Montées-Pélissier, à 30 m du contact avec le granite.

S.M. Structure granolépido-blastique. Il subsiste des vestiges du gneiss ancien sous forme de nombreux petits plagioclases porphyroblastiques emballés dans de la séricite et des gerbes de

chlorite. Le quartz finement grenu est accompagné de grains d'épidote, de sphène-leucoxène, de tourmaline et de quelques petits zircons. La roche est parfois zébrée de filonnets d'un carbonate brun ankéritique.

Schiste séricitique — GS 5.

Origine: tour Saint-Michel (le Lac).

S.M. Structure lépidoblastique. Cette variété de schiste, gris-argenté à verdâtre, au toucher onctueux, est particulièrement riche en séricite, séricite-phengite et contient à côté de la chlorite un peu de talc en flammèches fines, ployées ou en amas nébuliformes.

Schiste quartzo-séricitique — GS 129.

Origine: 200 m au SW de Mont-Vauthier.

S.M. Cette variété se distingue de la précédente par une structure granolépido-blastique, formée par l'empilement régulier de lits monocristallins de quartz et de micas blancs avec un peu de chlorite; ces lits sont intensément replissés. La roche est de couleur gris cendré.

Schiste chloriteux — 9.25665.

Origine: 250 m au NW des Montées-Pélissier, à 10 m du contact avec le granite.

S.M. Structure granolépido-blastique. Dans cette variété de couleur vert foncé, le quartz — souvent recristallisé en lentilles aplaties — et la chlorite prédominent. La séricite n'apparaît guère qu'en taches disséminées à l'emplacement d'anciens feldspaths entièrement pseudomorphosés.

Schiste graphiteux — GS 33.

Origine: lentille graphiteuse, rive droite de l'Arve, au-dessus du pont face à l'usine E.D.F. des Montées-Pélissier.

S.M. Ces roches sont semblables aux schistes carburés de la « série des Aiguillettes ». Structure lépidoblastique replissée, à exsudats lenticulaires de quartz et gros grains de pyrite. Le graphite à éclat nacré se présente en larges lamelles à terminaisons palmées, mêlées à un peu de séricite et de chlorite.

Compositions minéralogiques quantitatives des schistes (phyllites)

| | 10.25665 | GS 5 | GS 129 |
|------------------------|----------|------|--------|
| Quartz | 39.1 | 16.3 | 27.4 |
| Plagioclases | 12.3 | —. | 4.6 |
| Micas blancs | 24.0 | 59.8 | 53.0 |
| Chlorite | 17.5 | 16.4 | 8.6 |
| Sphène | 3.6 | 0.5 | 4.6 |
| Epidote | 0.3 | —. | —. |
| Divers | 3.2 | 7.0 | 1.8 |

c) *Les quartzites.*

Ils se présentent en bancs homogènes, de quelques mètres d'épaisseur, intercalés dans les cornéennes ou dans les schistes. Ces roches — de couleur grisâtre, à patine rousse quand elles sont imprégnées de pyrite limonitisée — ont une structure parfois assez grossièrement hétérogranulaire.

Dans une pâte à grain fin et de même composition que les cornéennes (quartz, séricite, plagioclases altérés, calcite, chlorite, sphène) se détachent de gros grains

de quartz, des fragments de quartzites à bordures corrodées, en larges plages cristalloblastiques engrenées, et des porphyroblastes de microcline ou de perthite. Le tout est écrasé et affecté d'une schistosité marquée par l'élongation parallèle de tous les constituants.

Dans les parois dominant la «route blanche», sur la rive gauche de l'Arve 300 m en aval du viaduc TMB de Sainte-Marie, s'observe un niveau de quartzites bréchiques épais de 6 m environ. Les éléments, petits (quelques centimètres de diamètre), anguleux et fortement écrasés sont constitués de quartz et de gneiss à grain fin du type des cornéennes encaissantes. En raison de son extension réduite, ce niveau représente probablement un ancien conglomérat bréchique local.

B. *Unité moyenne*

a) *Les gneiss prasinitiques*

Ce sont des roches massives, de couleur vert foncé, à schistosité mal développée et grain fin (0,1-0,5 mm). Elles sont constituées pour moitié de minéraux ferromagnésiens et calciques (épidote, chlorite, hornblende, calcite, biotite, sphène) et pour le reste surtout de plagioclases (40% environ), de quartz (peu abondant, 6% en moyenne) et de séricite. La structure de ces roches est généralement hétérogène; les plagioclases — incomplètement altérés, en porphyroblastes isolés, ocellaires, ou réunis en lits lenticulaires à croissance granoblastique — nagent dans une pâte épidoto-amphibolo-chloritique (voir photo 4, planche I).

On remarque facilement les feldspaths de couleur crème sur les plans de schistosité rubéfiés; ils s'accompagnent souvent de petites taches blanchâtres de carbonates effervescents à l'acide. Ces gneiss sont parfois rubanés, ils présentent alors une alternance de lits leucocrates gris ou beiges et montrent aussi localement des structures d'écrasement kakiritiques, avec noyaux résistants contournés fluidalement par les produits moulus.

Il y a deux types de plagioclases; une première génération est constituée de porphyroblastes altérés: oligoclase à 20% An en moyenne, parfois andésine à 40% An. Ces cristaux présentent fréquemment des macles complexes (albite, Carlsbad et péricline combinées), qui peuvent être déformées par cataclase, ainsi que des assemblages par interpénétration; ils s'altèrent en damourite ou ont été plus ou moins saussuritisés, avec libération de damourite, calcite, épidote, actinote et quartz. De l'albite fraîche, parfois maclée selon albite, est nettement de deuxième génération (voir photo 2, planche I).

Les épidotes sont représentées par le groupe monoclinique pistacite (épidote s. str.) — clinozoïsité (variété moins ferrière). La clinozoïsité ($2V + 85^\circ$, angle max. d'ext. 18° , teintes de polarisation anormales gris-bleu) est intimement mêlée à la pistacite ($2V - 80^\circ$, angle max. d'ext. 28° , teintes de polarisation vives et forte dispersion); le passage de l'une à l'autre a souvent lieu dans le même cristal, la

biréfringence maximum varie de 0,008 à 0,038. Ces épidotes se présentent en grains incolores à gris-jaunâtre, allongés, à clivages plus ou moins nets, cassures nombreuses; ils sont parfois maclés selon h^1 (100).

Les amphiboles comprennent de la hornblende verte en grands individus allotriomorphes allongés et de l'actinote incolore en longues baguettes aciculaires. La hornblende verte ($2V = 80^\circ$, angle max. d'ext. 20° , biréfringence 0,016) montre un fort pléochroïsme dans les tons bleu-vert, vert et jaunâtre quand elle est restée fraîche; cependant, elle est souvent pigmentée d'oxydes de fer, d'épidote et semée d'aiguilles d'actinote, tandis que ses bordures deviennent incolores et passent à un liseré plus ou moins épais de chlorite.

Les chlorites (clinocllore) constituent un feutrage riche en oxydes de fer, exsudats de sphène-leucoxène et rutil. De la calcite primaire, en plages irrégulières, voisine avec de la calcite secondaire — plus limpide, à macles polysynthétiques — remplissant de fines diaclases.

Les autres composants sont moins typiques: quartz, séricite, biotite verte, apatite, pyrite et quelques zircons.

Les principales variétés sont:

Gneiss plagioclasiq. chlorito-épidotique — GS 108.

Origine: paroi formant le flanc E du Prarion, alt. 1600 m.

S.M. Structure porphyroblastique. Porphyroblastes de plagioclase à macles complexes, partiellement saussuritisés, pris dans une pâte plus finement grenue chlorito-épidotique avec albite, quartz, séricite, biotite, calcite, sphène, parsemée de baguettes aciculaires d'actinote.

Gneiss plagioclasiq. épidoto-amphibolique — 16.51065.

Origine: en aval du pont de Barme-Rousse, sentier touristique des gorges de la basse Diosaz, Servoz.

S.M. Structure granolépido-blastique. Cette roche rubanée est constituée de lits riches en plagioclases granoblastiques altérés, séricite et calcite alternant avec des lits de hornblende verte, plus ou moins chloritisée, et d'épidote.

Gneiss plagioclasiq. amphibolo-chloritique — G 48.

Origine: galerie E.D.F. de Mont-Vauthier, 770 m.

S.M. Structure granolépido-blastique. Cette variété se distingue de la précédente par une plus forte teneur en chlorite et peu ou pas d'épidote. Accompagnant la hornblende verte allotriomorphe, de la biotite verte secondaire se développe aux dépens des autres minéraux.

Gneiss plagioclasiq. amphibolo-épidoto-chloritique — 7.16865.

Origine: flanc W de Tête-Noire, alt. 1300 m.

S.M. Structure granolépido-blastique. Dans cette variété, la hornblende, l'épidote et la chlorite sont présentes en proportions presque égales. De petites aiguilles d'actinote pénètrent dans les plagioclases saussuritisés, qui sont parfois entourés de calcite (voir photo 4, planche I).

Gneiss plagioclasiq. chlorito-calcitique — Pr 29.

Origine: région au N de l'hôtel du Prarion, Prarion.

S.M. Structure granolépido-blastique écrasée. Le 70% de la roche est constitué par des chlorites riches en oxydes de fer et sphène et par des plagioclases fortement altérés. Le reste ne comprend guère que de la calcite, un peu de quartz recristallisé et des grains de pyrite. Je conserve

ici le nom de « gneiss » à cette roche — bien qu'en coupe mince il s'agisse d'un schiste chlorito-calcitique — parce qu'elle fait partie intégrante de la série des autres gneiss prasinitiques, dont elle dérive par écrasement local et rétrogenèse plus poussée.

Compositions minéralogiques quantitatives des gneiss prasinitiques

| | GS 108 | 16.51065 | G. 48 | 7.16865 | D ₅ | 33.30865 | GS 17 |
|------------------------|--------|----------|-------|---------|----------------|----------|-------|
| Quartz | 12.7 | 0.2 | 12.0 | — | 4.0 | 7.8 | 4.5 |
| Plagioclases | 40.3 | 42.3 | 46.3 | 36.2 | 28.2 | 48.6 | 41.8 |
| Micas blancs | 3.0 | 2.5 | 4.7 | — | 12.7 | 12.1 | 2.9 |
| Biotite | 2.2 | — | 2.8 | — | 5.8 | — | — |
| Chlorite | 10.0 | 6.0 | 15.5 | 21.4 | 16.0 | 9.2 | 15.6 |
| Calcite | 1.2 | 1.5 | — | 2.5 | 1.5 | — | 3.3 |
| Sphène | 1.9 | 0.6 | 1.3 | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 0.2 |
| Amphiboles | 1.4 | 25.0 | 13.2 | 22.1 | 2.8 | 15.3 | 4.9 |
| Epidotes | 25.9 | 21.4 | 0.5 | 16.7 | 25.2 | 4.8 | 25.3 |
| Divers | 1.4 | 0.5 | 3.7 | 0.6 | 3.0 | 1.0 | 1.5 |

D₅ Origine: pont naturel, extrémité sentier touristique des gorges de la Diosaz, Servoz.
 33.30865 » Tête du Chêne, altitude 1300 m (sud du Prarion).
 GS 17 » route de Coupeau, à 400 m au sud-ouest de cette localité.

b) *Les gneiss ovariditiques*

Ils alternent avec les gneiss prasinitiques, dont ils ont le même aspect et la même couleur vert foncé; cependant ces niveaux, plus minces, sont en général moins durs et de débit plus facile.

Minéralogiquement, les gneiss ovariditiques se distinguent des précédents par la disparition des épidotes et amphiboles. Les plagioclases se présentent fréquemment en petits porphyroblastes ocellaires, entourés par la pâte chloritique, et parfois tronçonnés en plusieurs fragments. Dans la pâte prédomine la chlorite riche en exsudats variés: oxydes de fer, grains de sphène, rutile et traînées de leucoxène. Les minéraux accessoires sont représentés par le quartz, qui a recristallisé en lentilles aplaties, la calcite, la séricite, la pyrite, l'apatite, la tourmaline; du grenat (almandin), en petits grains arrondis souvent entièrement chloritisés, apparaît dans certains niveaux (voir photo 2, planche I).

Les principales variétés secondaires sont:

Gneiss plagioclasique chloriteux — Pr 37.

Origine: sommet du Prarion (alt. 1966 m).

S.M. Structure granolépido-blastique. Dans cette variété leucocrate, les plagioclases (oligoclase à macles de Carlsbad et à macles plus complexes) se présentent en prismes rectangulaires très allongés, à bordures corrodées, disposés dans toutes les directions; ils rappellent une structure de roche éruptive subvolcanique. Pâte de chlorite avec un peu de séricite, quartz, sphène et oxydes de fer.

Gneiss plagioclasiqne chloriteux à grenat — 15.31865.

Origine: voie T.M.B., SW col de Voza, alt. 1620 m (sud du Prarion).

S.M. Structure granolépido-blastique hétérogranulaire écrasée. Dans une pâte de chlorite, séricite et quartz se détachent des plagioclases ocellaires et de petits grenats porphyroblastiques. De la calcite cimente les diaclases. Des grains de sphène-leucoxène, un peu d'épidote et des oxydes de fer parsèment la trame chloriteuse.

Gneiss plagioclasiqne quartzo-chlorito-séricitique — 28.30865.

Origine: flanc ouest de la Tête-du-Chêne, alt. 1140 m.

S.M. Structure granolépido-blastique. Cette variété de gneiss, située près du contact tectonique avec la « série de Saint-Gervais », a subi une silicification. En effet, le quartz, en plages cristallo-blastiques à extinction roulante, envahit la roche; il renferme des enclaves de plagioclase altéré. Dans la trame phylliteuse de séricite et chlorite apparaissent quelques grenats ainsi que de la calcite, du rutile, de la pyrite, des oxydes de fer et quelques petits zircons arrondis.

Compositions minéralogiques quantitatives de quelques variétés de gneiss ovaritiques

| | Pr 37 | 15.31865 | 28.30865 |
|------------------------|-------|----------|----------|
| Quartz | 2.7 | 21.6 | 49.7 |
| Plagioclases | 66.4 | 7.1 | 21.6 |
| Micas blancs | 4.8 | 12.7 | 17.2 |
| Chlorite | 23.2 | 36.5 | 9.3 |
| Calcite | —. | 3.4 | 0.5 |
| Sphène | 1.4 | 2.7 | 1.4 |
| Grenat | —. | 8.9 | —. |
| Divers | 1.5 | 7.1 | 0.3 |

c) Les gneiss leucocrates et roches diverses

Une partie de ces roches, qui constituent de fréquentes intercalations dans les gneiss prasinitiques et ovaritiques de l'unité moyenne, représente peut-être des produits felsiques de différenciation. Leur composition est souvent dacitique et voisine de celle des kersantites décrites au chapitre I. D'ailleurs certains de ces niveaux pourraient être d'anciens filons-couches. Les principaux types rencontrés sont les suivants:

Gneiss plagioclasiqne leucocrate — GS 18.

Origine: au-dessous de Bettey, sur Coupeau, alt. 1280 m.

Roche hololeucocrate à grain fin, gris blanchâtre à bleuâtre; texture massive; schistosité d'écrasement soulignée par des filonnets chloritiques.

S.M. Structure hétérogranulaire. Porphyroblastes de quartz, d'albite (2% An) fraîche maclée selon albite plus quelques plagioclases calcosodiques damouritisés; ces derniers — ocellaires, à bords écrasés entourés d'une frange de produits de décomposition — présentent des macles complexes, des interpénétrations et parfois un zonage net. La pâte, finement granolépido-blastique, contient de l'albite en grains non maclés accompagnée de quartz, calcite, séricite, chlorite, vermiculite en paillettes brun jaunâtre exfoliées, ainsi que des grains d'apatite, d'épidote et des traînées de leucoxène.

Gneiss plagioclasiqne à biotite — 2.30765.

Origine: sur la Tête-de-la-Fontaine, alt. 1200 m, Pormenaz.

Roche finement litée et rubanée, lits gris brunâtre biotitiques séparant des lits feldspathiques minces, étirés et boudinés.

S.M. Structure cloisonnée. Des lamelles de biotite plus ou moins décolorée séparent les plagioclases. Ces derniers comprennent de l'oligoclase à 25 % An, également damouritisé mais non maclé, et de l'albite fraîche (5 % An). Il y a un peu de quartz, de la calcite à inclusions d'oxydes de fer de l'apatite, de l'épidote et des zircons.

Gneiss plagioclasiqne à micas blancs — GS 19.

Origine: les Trois-Nants, chemin de Pierre-Blanche, Montagne du Fer.

Roche à grain moyen, hololeucocrate, gris blanchâtre; texture massive parsemée de grains de pyrite et de mouches limonitiques.

S.M. Structure granoblastique écrasée. Le quartz ancien, morcelé en petits grains, a ensuite recristallisé en grandes plages engrenées (mosaïque), à inclusions de micas, et tend à remplacer les plagioclases. Ceux-ci sont représentés par de l'oligoclase maclé selon albite et combinaisons plus complexes, ainsi que par de l'albite de néoformation. Du microcline perthitique, allotriomorphe, à bordure de myrmécite apparaît en même temps que se développent de longues paillettes froissées de séricite-phengite; apatite, pyrite, chlorite, petits zircons, rutile, oxydes de fer sont accessoires

*Compositions minéralogiques quantitatives des gneiss plagioclasiqnes
(variétés leucocrates)*

| | 2.30765 | GS 19 |
|------------------------|---------|-------|
| Quartz | 13.1 | 32.3 |
| Plagioclases | 40.5 | 54.6 |
| Micas blancs | 3.9 | 11.2 |
| Biotite | 31.6 | —. |
| Chlorite | 6.4 | 0.5 |
| Sphène | 2.3 | 0.1 |
| Divers | 2.2 | 1.3 |

Leptynite quartzique — GS 107.

Origine: paroi formant le flanc E du Prarion, alt. 1530 m.

S.M. Structure finement grenue; aspect détritique. Les grains de quartz et de plagioclase (oligoclase montrant parfois des produits d'exsolution antiperthitiques et des macles déformées) sont enrobés d'une pâte plus fine de séricite, chlorite, épidote, oxydes de fer, traînées de leucoxène, sphène avec quelques zircons. Ce type de roche correspond probablement à d'anciens grès arkosiques à grain fin.

Cipolin — 25.30765.

Origine: gorge de la Diosaz, 100 m à l'W de la combe de Rochy.

Roche gris clair à grain fin, saupoudrée de produits verts d'altération cuprifères (malachite, etc.).

S.M. Structure finement granoblastique: calcite en plages jointives, un peu de quartz et mouches de minéraux opaques. Ces niveaux carbonatés, rares et discontinus, représentent soit des lits sédimentaires, soit des produits de sécrétion latérale métamorphiques.

d) *Les mylonitoschistes.*

Ces schistes sont localisés près des accidents tectoniques importants (contacts de séries, failles transverses) et sur le dos des dômes anticlinaux. Ils constituent soit des bandes relativement étroites, parallèles aux structures hercyniennes N-S, soit des zones à contours irréguliers à proximité de la « zone de Chamonix ».

Les principales variétés sont:

Schiste chlorito-séricitique — Pr 24.

Origine: flanc SW du Prarion, alt. 1800 m.

Roche schisteuse, gris-verdâtre, lardée de lentilles pegmatitiques de quartz et partiellement rubéfiée.

S.M. Structure lépidoblastique; feutrage épais de chlorite et de séricite, quartz microgrenu, débris de sphène et d'apatite, oxydes de fer.

Schiste séricitique — Pr 26.

Origine: comme Pr 24.

Schiste satiné au toucher onctueux.

S.M. Structure finement lépidoblastique intimement replissée. Trame de séricite, en lamelles épaisses, par places amas nébuliformes incolores englobant de petits grains de quartz. Cassures cimentées par du quartz et de la chlorite hydrothermaux.

Mylonite — 38.30865.

Origine: flanc SE de la Tête-du-Chêne (sous Bionnassay).

Roche massive gris-vert à gris-noir à texture amygdalaire.

S.M. Granularité indistincte, presque opaque en L.N. Purée lépidoblastique présentant une orientation optique d'ensemble avec quartz, séricite, chlorite, traînées de minéraux opaques. Replis postschisteux et diaclases obliques, parfois rubanage secondaire dû à la recristallisation partielle du quartz.

Ces roches ont été soumises à deux phases de cataclase au moins: une mylonitisation primaire suivie de déformations secondaires de la schistosité et de l'ouverture de diaclases.

e) *Les gneiss migmatitiques de Pormenaz.*

Ces roches sont caractéristiques, dans les schistes cristallins de la « série Prarion-Pormenaz », de la zone de contact du « granite » de Pormenaz.

La granitisation se traduit par l'apparition du microcline et la formation de biotite brune et verte. Dans ces « gneiss verts », les apports granitiques ont déterminé deux modes de texture typiques:

texture œillée (gneiss biotitiques)

texture rubanée (gneiss granitiques).

La granitisation suit les structures de la roche, en souligne les replis, le litage, etc. Elle se propage facilement dans les gneiss prasinitiques et ovariditiques, tandis qu'elle est arrêtée par les gneiss à grain fin du type des cornéennes. De ce fait sa zone d'in-

fluence varie considérablement; elle atteint par exemple Le Bettéy, au-dessus de Coupeau, qui est situé 2 km au S du plus proche affleurement (en surface) de granite.

Le passage des gneiss migmatisés aux faciès de bordure du granite est graduel. Les structures deviennent isotropes (abstraction faite de la schistosité d'écrasement), le microcline grandit et apparaît bientôt en phénoblastes idiomorphes.

Gneiss biotitique œillé — G 60.

Origine: débouché de la galerie E.D.F. de Mont-Vauthier (chalets du Fer).

Roche de trame gris foncé à verdâtre parsemée d'yeux feldspathiques blanchâtres, écrasés et étirés dans le plan de la schistosité.

S.M. Structure granolépidoblastique ocellaire. Les porphyroblastes sont formés de feldspath potassique allotriomorphe et d'oligoclase (10-15 % An) plus ou moins porphyroblastique. Le microcline, souvent finement perthitique, présente ses macles polysynthétiques et parfois la macle de Carlsbad; il renferme des inclusions de plagioclase, de biotite, de quartz, d'apatite et occupe souvent la partie interne d'une structure concentrique avec auréole extérieure de paillettes de biotite enchevêtrée et bordure réactionnelle de myrmécite. L'oligoclase ovoïde, à macles fines de l'albite, est fortement damouritisé et souvent fragmenté; ses cassures sont cimentées par de petits grains de quartz ou de calcite. La pâte est constituée par un peu de quartz, de l'albite néoformée, de la calcite et par un feutrage de chlorite, biotite verte, vermiculite et séricite parsemé de quelques grands prismes rhombiques de sphène leucoxénisés ou calcitisés, de grains de zircons et d'apatite.

Gneiss granitique rubané — G 56.

Origine: galerie E.D.F. de Mont-Vauthier, côte 600 m.

Roche hololeucocrate, constituée par des rubans de grands feldspaths ovoïdes blanchâtres pressés les uns contre les autres alternant avec des zones quartziques.

S.M. Structure grenue porphyroblastique. Le quartz a recristallisé en mosaïque de plages engrenées à extinction onduleuse, tandis que les plagioclases (identiques à ceux des gneiss biotitiques) ovoïdes, brisés, sont entourés d'un feutrage de séricite et de chlorite. Les microclines et perthites allotriomorphes remplacent les plagioclases et sont eux-mêmes frangés de myrmécite. On note des résidus de hornblende chloritisée.

Compositions minéralogiques quantitatives des gneiss migmatiques de Pormenaz

| | G 60 | G 56 | 32.30765 | 16.13865 |
|------------------------|------|------|----------|----------|
| Quartz | 11.4 | 30.0 | 4.2 | 17.7 |
| Microcline | 3.9 | 21.9 | 4.5 | 5.8 |
| Plagioclases | 32.5 | 33.9 | 30.2 | 35.5 |
| Micas blancs | 7.7 | 4.0 | 18.0 | 6.9 |
| Biotite | 23.4 | 3.5 | 20.4 | 22.2 |
| Chlorite | 9.6 | 4.8 | — | — |
| Calcite | 8.0 | 0.2 | 4.3 | 6.3 |
| Sphène | 1.3 | 1.1 | 5.7 | 3.9 |
| Hornblende | — | — | 10.0 | — |
| Divers | 2.2 | 0.6 | 2.7 | 1.7 |

32.30765 — Origine: Gorge Diosaz, 300 m. à l'W de la combe de Rochy

16.13865 — Origine: Pt 1917,2 au SE du hameau de Pormenaz.

C. Unité inférieure.

Cette unité massive et homogène n'est formée que par la série des roches vertes — gneiss prasinitiques et ovarditiques décrits dans les paragraphes consacrés à l'unité moyenne — dans laquelle s'individualisent quelques termes extrêmes et caractéristiques:

Epidotite — 13.16865.

Origine: flanc W de Tête-Noire, alt. 1290 m.

Roche vert foncé à vert jaunâtre, à texture isotrope, traversée d'un réseau de fines diaclases calcitisées.

S.M. Structure granoblastique. Grains fusiformes, allongés parallèlement, de pistacite et clinozoïsite entre lesquels sont intercalés des paillettes de chlorite, des amas locaux de quartz recristallisé et de calcite, des petits grains de sphène, d'apatite et quelques aiguilles d'actinote.

Amphibolite — GS 112 (voir photo 3, planche I).

Origine: voie du T.M.B., au SW du col de Voza, alt. 1610 m.

Roche vert noirâtre à texture légèrement zonée.

S.M. Structure granolépido-blastique. La hornblende verte, en plages allotriomorphes très allongées, parallèles, cerne des plagioclases altérés; elle constitue des rubans bordés de lits grenus d'épidote et d'un peu de quartz avec quelques paillettes de chlorite. Les amphiboles sont partiellement épigénisées par de l'épidote avec calcite et chlorite.

Chloritite — Pr 4.

Origine: flanc NW de Tête-Noire, parois dominant Chedde, alt. 1000 m.

Schiste à grain fin, dense, vert foncé, divisé par des diaclases remplies de calcite ferrugineuse.

S.M. Structure lépidoblastique. Les gerbes allongées de chlorite forment plus du 60% de la roche; elles se mêlent à passablement de séricite et englobent des plagioclases altérés (vestiges d'andésine à 31% An), du quartz finement grenu, beaucoup de calcite, des nodules allongés de sphène leucoxénisé ou calcitisé, des grains de pyrite, des oxydes de fer et des traînées limonitiques.

Compositions minéralogiques quantitatives

| | Epidotite 13.16865 | Amphibolite GS 112 |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Quartz | 10.9 | 6.5 |
| Plagioclases | —. | 17.4 |
| Micas blancs | —. | 1.1 |
| Chlorite | 9.6 | 3.9 |
| Calcite | 3.7 | 1.5 |
| Sphène | 0.2 | 0.4 |
| Hornblende | —. | 47.8 |
| Epidote | 73.6 | 21.2 |
| Divers | 2.0 | 0.2 |

3. ANALYSES CHIMIQUES

Les huit échantillons analysés ont été choisis en vue de mettre en évidence les principales caractéristiques de chaque unité et aussi d'illustrer quelques-uns des cas particuliers de l'unité moyenne.

| | Unité inférieure 7.16865 | Unité moyenne | | | | | Unité supérieure | |
|--|-----------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|------------------|-----------|
| | | GS 89 | GS 17 | Pr 26 | Pr 38 | D ₂ | GS 1 | GS 28 |
| SiO ₂ | 48.81 | 51.43 | 58.20 | 57.50 | 63.22 | 65.85 | 75.91 | 68.17 |
| Al ₂ O ₃ | 17.03 | 18.54 | 16.16 | 21.28 | 15.68 | 16.37 | 12.05 | 15.46 |
| Fe ₂ O ₃ | 1.65 | 4.26 | 2.54 | 4.12 | 1.50 | 1.36 | 0.23 | 2.29 |
| FeO | 5.93 | 6.57 | 3.10 | 1.55 | 3.73 | 3.76 | 2.08 | 2.48 |
| MgO | 7.28 | 6.33 | 5.40 | 0.93 | 2.52 | 1.80 | 1.58 | 1.91 |
| MnO | 0.15 | 0.01 | 0.09 | 0.03 | 0.06 | 0.02 | 0.01 | 0.06 |
| CaO | 7.32 | 0.89 | 4.47 | 0.50 | 1.54 | 0.25 | 0.35 | 0.30 |
| Na ₂ O | 5.21 | 0.82 | 5.57 | 1.48 | 6.34 | 1.97 | 1.81 | 3.37 |
| K ₂ O | 0.34 | 5.37 | 0.72 | 5.95 | 1.02 | 3.89 | 3.07 | 2.54 |
| TiO ₂ | 0.88 | 0.67 | 0.54 | 1.09 | 1.45 | 0.86 | 0.05 | 0.71 |
| P ₂ O ₅ | 0.08 | 0.32 | 0.08 | — | 0.20 | 0.14 | 0.10 | 0.11 |
| H ₂ O ⁺ | 2.77 | 4.66 | 2.36 | 5.11 | 2.51 | 3.06 | 2.10 | 2.52 |
| H ₂ O ⁻ | 0.06 | 0.22 | — | 0.66 | 0.06 | 0.03 | — | 0.10 |
| S | — | — | — | — | — | 0.10 | — | — |
| CO ₂ | 2.92 | — | — | — | — | — | — | — |
| Totaux . . . | 100.43 | 100.09 | 99.23 | 100.20 | 99.83 | 99.46 | 99.34 | 100.02 |
| Analyste . . | G. Méran- don | G. Zippel | G. Zippel | J. Helvin | G. Zippel | G. Krum- menacher | J. Helvin | G. Zippel |

Unité inférieure:

7.16865 gneiss plagioclasiq. prasinitique (voir p. 291); flanc W de Tête-Noire, alt. 1300 m. Coord. 111.900: 941.500.

Unité moyenne:

GS 89 gneiss migmatitique prasinitique; gorge de la Diosaz, contact flanc W granite de Pormenaz. Coord. 113.950: 945.450.

GS 17 gneiss plagioclasiq. épidoto-chloritique (gr. prasinitique); route de Les Houches à Coupeau à 400 m au SW de cette dernière localité. Coord. 110.100: 946.050.

Pr 26 Mylonitoschiste séricitique (voir p. 295); flanc SW du Prarion, 1800 m. Coord. 108.700: 942.200.

Pr 38 gneiss plagioclasiq. quartzo-chloritique (gr. ovaritique); sommet du Prarion. Coord. 109.400: 942.300.

D₂ gneiss plagioclasiq. quartzo-chlorito-séricitique (gr. ovaritique); entrée du sentier touristique des gorges de la Diosaz, Servoz. Coord. 113.600: 944.650.

Unité supérieure:

- GS 1 cornéenne chlorito-séricitique; Montées-Pélissier, contact avec le granite. Coord. 111.500: 944.150.
- GS 28 cornéenne chlorito-séricitique; rive droite de l'Arve, en aval du viaduc Sainte-Marie. Coord. 109.700: 945.250.

Paramètres de Niggli

| | | si | al | fm | c | alk | k | mg |
|----|----------------|-----|----|----|----|-----|------|------|
| 1. | 7.16865 | 120 | 25 | 43 | 20 | 13 | 0.04 | 0.63 |
| 2. | GS 17 | 177 | 29 | 39 | 15 | 18 | 0.08 | 0.64 |
| 3. | Pr 38 | 244 | 36 | 32 | 7 | 26 | 0.10 | 0.47 |
| 4. | GS 28 | 324 | 43 | 32 | 1 | 23 | 0.33 | 0.42 |
| 5. | GS 1 | 490 | 46 | 28 | 2 | 24 | 0.53 | 0.55 |
| 6. | GS 89 | 150 | 32 | 53 | 3 | 12 | 0.81 | 0.52 |
| 7. | D ₂ | 310 | 46 | 33 | 2 | 21 | 0.56 | 0.39 |
| 8. | Pr 26 | 238 | 52 | 24 | 2 | 22 | 0.72 | 0.24 |

A. *Roches typiques de la « série Prarion-Pormenaz ».*a) *Unité inférieure.*

7.16865. Ce gneiss plagioclasiq — composé pour ce qui est des minéraux noirs en parties presque égales de hornblende, chlorite et épidotes (cf. pp. 291) — représente bien le type de roche le plus commun dans l'unité inférieure. Sa composition fémique, basique ($qz = -32$), pauvre en alcalis, l'excès de Mg sur Fe ($mg = 0.63$), la très faible teneur en K_2O sont autant de caractères propres aux magmas gabbroïques et à de nombreuses ophiolites alpines (cf. BURRI und NIGGLI, 1945, pp. 128 et suiv.).

L'analyse chimique confirme donc l'hypothèse d'une origine volcanique (basaltique), suggérée par l'étude de terrain et l'analyse pétrographique.

b) *Unité moyenne.*

GS 17. Ce gneiss plagioclasiq de Coupeau représente bien le type prasinique commun de l'unité moyenne. Il possède encore bien des analogies avec la roche précédente: excès de Mg sur Fe ($mg = 0.64$), faible teneur en K_2O , richesse en éléments ferromagnésiens, pas d'excès d'alumine ($t < 0$), ... Mais sa composition n'est plus soussaturée en silice ($qz = 5$) et tend vers celle d'un magma diorito-quartzique.

Pr 38. Ce gneiss plagioclasiq du Prarion représente bien le type ovarditique commun de l'unité moyenne; il est beaucoup plus pauvre en chaux que les gneiss prasinitiques précédents. La composition subfémique présente une certaine sur-saturation ($qz = 39$), car riche en alcalis et pauvre en chaux; ces caractères la

rapprochent de certaines variétés de diorites quartziques. La teneur en soude est importante, tandis que celle en potasse reste très faible; l'alumine est faiblement excédentaire ($t > 0$), ce qui se traduit par l'apparition d'un peu de micas blancs dans la roche. Notons enfin l'importance relative de TiO_2 (1.45%).

c) *Unité supérieure.*

GS 28 — GS 1. Ces deux cornéennes représentent le faciès le plus typique de l'unité supérieure. Leur composition — salique, très siliceuse (qz moyen = 213) et très pauvre en chaux (proche de certains granites alcalins) — différencie nettement, du point de vue chimique, ces roches des précédentes et par conséquent l'unité supérieure des unités plus profondes. Il faudrait rechercher d'éventuelles analogies chimiques entre les deux groupes dans les schistes chloriteux représentant peut-être des récurrences d'épisodes caractéristiques des unités profondes. Les cornéennes possèdent un excès d'alumine important, se traduisant par leur richesse en micas; parallèlement la teneur en potasse augmente et devient sensiblement égale à celle

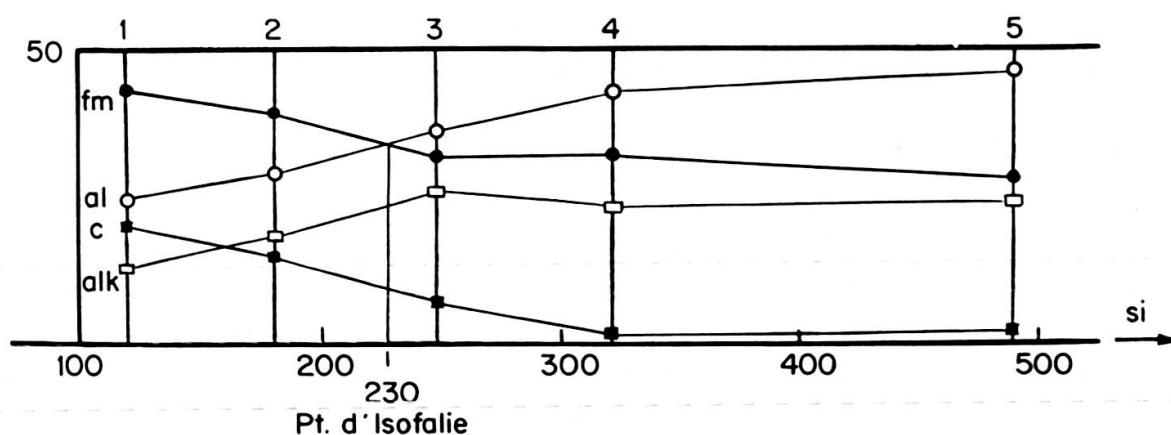


Fig. 6.

Diagramme de variation de Niggli pour les schistes cristallins de la « série Prarion-Pormenaz ».

de la soude ($k = 0.33-0.53$).

Le diagramme de variation de Niggli, ci-dessous, est régulier; il montre l'évolution continue des caractères chimiques lorsque l'on va de l'unité inférieure à l'unité supérieure. En effet, des gneiss prasinitiques aux cornéennes, les teneurs en éléments ferromagnésiens et chaux diminuent peu à peu tandis que parallèlement les alcalis et l'alumine augmentent.

Ce schéma — montrant une différenciation progressive des termes les plus basiques aux plus acides — correspond-il à une activité volcanique évoluant dans ce sens ? L'analyse chimique seule n'est pas concluante.

Ce que l'on peut déduire des observations de terrain, des analyses chimiques et pétrographiques, c'est que l'unité inférieure dérive vraisemblablement de roches

volcaniques de composition basaltique ou voisine (coulées, sills et tufs) et que l'unité supérieure apparaît comme une série d'anciens silts argileux, avec peut-être des apports rhyolitiques (ignimbrites ?), tandis que l'unité moyenne se présente comme un terme intermédiaire dans cette évolution.

B. *Roches particulières de l'unité moyenne.*

Les roches particulières à l'unité moyenne sont, d'une part, des migmatites, d'autre part des mylonites.

a) *Migmatites.*

On sait qu'au voisinage du contact avec le « granite de Pormenaz », l'unité moyenne présente des faciès migmatitiques. Par rapport aux roches semblables de la même unité, le gneiss prasinitique (GS 89) et le gneiss ovarditique (D₂) granitisés montrent alors une teneur importante en potasse et un fort excédent d'alumine. Ceci confirme que la migmatisation, qui s'est traduite par le développement de feldspaths potassiques et de micas (biotite et micas blancs), correspond à des apports importants de potasse et d'alumine, et réciproquement, au départ d'une grande partie de la chaux et de la soude. Par conséquent, l'analyse chimique permet de voir que la migmatisation s'est accompagnée ici d'échanges de matière, et ce sur des distances relativement considérables (de l'ordre du kilomètre), compte tenu du volume restreint du « granite de Pormenaz ».

b) *Mylonitisation.*

La présence de bandes de mylonitoschistes séricitiques (Pr 26) au Prarion correspond souvent aux intercalations de gneiss plagioclasiques et autres roches différenciées. En effet, l'analyse chimique montre que ces mylonitoschistes ont une composition salique, peu siliceuse (qz = 51), pauvre en chaux, très riche en alumine et en potasse, correspondant à des variétés de syénites potassiques. Il s'agit donc de bancs de composition particulière et peut-être d'anciens sills ou filons — couches ayant été plus facilement écrasées à cause de leur épaisseur réduite.

4. LES FACIÈS DE MÉTAMORPHISME

Les schistes cristallins de la « série Prarion-Pormenaz » se répartissent en deux groupes:

A. Unité supérieure épizonale

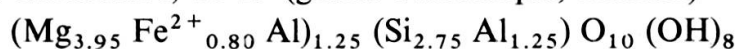
B. Unités moyenne et inférieure mésozonales.

Comme précédemment, pour définir les faciès de métamorphisme, il est nécessaire de tenir compte:

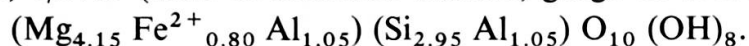
1) *De la rétromorphose.* — L'altération des minéraux ferromagnésiens (+ magnétite-ilménite) a donné des minéraux tels que: chlorite, actinote, oxydes de fer, sphène, rutile, leucoxène, calcite; la damouritisation des plagioclases acides a produit du mica blanc et la saussuritisation des plagioclases plus basiques des micas blancs, de l'épidote, de l'actinote, de la calcite et du quartz.

J'ai étudié plus particulièrement quatre échantillons de chlorite par diffraction des R. X (caméra grand angle, compteur proportionnel, enregistrement sur papier) en suivant la méthode de détermination présentée par DELALOYE (pp. 51-56, 1966). Ces chlorites appartiennent toutes au groupe clinochlore-sheridanite (chlorites magnésiennes). Je donnerai deux exemples de leurs formules (établies à partir des deux meilleurs enregistrements):

Sheridanite-clinochlore, Pr 29 (gneiss ovarditique, Prarion)



Clinochlore, 6/2765 (filon de sécrétion latérale, gorge de l'Arve)



2) *Des minéraux de recristallisation* (postérieure à la rétromorphose). — Quartz, albite de néoformation, myrmécite, micas blancs, calcite, tourmaline, etc. On a vu, par exemple, que les nombreuses diaclases — dans les unités inférieure et moyenne — étaient remplies de calcite et de chlorite; il est probable que ces minéraux sont dus à la réaction:

« clinozoïsite + actinote → calcite + chlorite ».

Ainsi, dans le cas d'un gneiss prasinitique, par exemple, les transformations minéralogiques successives peuvent être schématisées de la manière suivante:

| Roche primitive (composition basaltique) | <u>gneiss prasinitique</u> Métamorphisme fondamental (faciès amphibolite) | Rétromorphose et recristallisation |
|---|--|---|
| Plagioclase basique | Oligoclase - andésine | Albite |
| | Epidote | Epidote |
| Minerais de fer | +H ₂ O Hornblende | Chlorite (+ oxydes de fer et rutile) |
| Augite titanifère | Quartz | Quartz |
| | Calcite | Calcite |
| | Sphène | Leucoxène |

Dans l'unité supérieure, il subsiste sept minéraux « index »: quartz, albite, mica blanc, chlorite, biotite, microcline et épidote.

Une partie de l'albite des cornéennes est primaire puisque les cristaux sont déformés; de même la chlorite, dans les schistes, ne se contente pas d'épigéniser quelques minéraux mais constitue des lits épais et réguliers (en alternance avec le quartz). Les assemblages minéralogiques se répartissent selon quatre types principaux:

Schistes :

- 1) « Quartz-Séricite-Chlorite » (par exemple GS 129)
- 2) « Quartz-Albite-Mica blanc-Chlorite (-Epidote) » (10.25665).

Cornéennes :

- 3) « Quartz-Albite-Mica blanc-Chlorite-Biotite » (GS 98-99)
- 4) « Quartz-Albite-Mica blanc-Chlorite-Biotite-Microcline » (GS 24)

caractéristiques du *faciès schiste vert*. Notons que le métamorphisme croît de 1 à 4.

Dans les unités moyenne et inférieure, il subsiste également sept minéraux « index »: plagioclase (10-40% An), épidotes (pistacite et clinozoïsité), hornblende, quartz, calcite, biotite et grenat (almandin) se groupant aussi en quatre assemblages principaux:

Ovardite :

- 5) « Plagioclase-Quartz-Almandin-Chlorite (-Epidote) » (par exemple 15.31865).

Prasinites :

- 6) « Plagioclase-Epidote-Hornblende-Quartz-Calcite (-Biotite) » (GS 108 et suiv.)
- 7) « Hornblende-Epidote-Plagioclase (-Quartz) » (GS 112)
- 8) « Epidote-Quartz » (13.16865)

caractéristiques du *sous-faciès staurotide-almandin* du *faciès amphibolite à almandin*. On sait que la limite entre le faciès « schiste vert » et le « faciès amphibolite » est arbitrairement définie par la nature du plagioclase. Dans le « faciès schiste vert », le plagioclase est de l'albite presque pure (0-7% An); tandis que dans le « faciès amphibolite », c'est de l'oligoclase ou de l'andésine.

Dans les Alpes suisses BEARTH (1958) a d'ailleurs pu mettre en évidence une « zone de l'albite » (Valais) et une « zone de l'oligoclase » (vallée d'Anzasca à Locarno), tandis que WENK (1962) a montré que la basicité des plagioclases dépendait du degré de métamorphisme et non du chimisme de la roche.

Dans la région étudiée ici, on voit que la distinction entre une « zone à albite » (faciès « schiste vert » de l'unité supérieure) et une « zone à oligoclase » (faciès « amphibolite » des unités moyenne et inférieure) est évidente, bien que la rétro-morphose épizonale ait considérablement oblitéré les différences primitives.

Une étude des plagioclases par diffraction des R. X, selon la méthode préconisée par SMITH (1956), montre que l'albite de néoformation prédomine dans toutes ces roches; son effet surpasse généralement celui des plagioclases plus basiques résiduels (de première génération). Cependant, le mélange de ces deux plagioclases différents se révèle par un redoublement plus ou moins net de chacune des deux réflexions considérées. Les mesures ont donné par exemple:

| | Echantillon | 20 (111)-20 $1\bar{1}1$ | % An | Plagioclases |
|-----------------------|-------------|-------------------------|---------|-------------------|
| Gneiss prasinitique | (33.30865) | 0.58-0.68 | 14-30 % | Oligoclase |
| Gneiss ovaritique | (7.25665) | 0.52-0.60 | 6-17 % | Albite-Oligoclase |
| Gneiss prasinitique | (8.16865) | 0.52-0.56 | 6-13 % | » » |
| » » | (GS 108) | 0.50-0.53 | 4- 8 % | Albite |
| Schiste vert | (GS 124) | 0.50 | 4 % | » |
| Gneiss plagioclasique | (GS 18) | 0.48 | 2 % | » |

* * *

La série, dont l'épaisseur totale est d'environ 3,5 km, a évolué d'une manière homogène; elle montre un métamorphisme qui, de la base au sommet, décroît régulièrement, en partant du « faciès amphibolite » pour aboutir au « faciès schiste vert ». Il est intéressant de constater, en comparant les différentes séries régionales, que seule celle de « Prarion-Pormenaz » présente un métamorphisme épizonal primaire de type « schiste vert », les autres séries n'ayant acquis ce caractère que partiellement et localement durant une rétro-morphose ultérieure.

Conditions physico-chimiques.

A propos de la « série de Saint-Gervais », j'ai déjà discuté des conditions physiques qui déterminent le « faciès amphibolite à almandin »; la proximité de la « série Prarion-Pormenaz » et de celles de « Saint-Gervais-Aiguillettes » implique des conditions de formation proches, sinon semblables, pour les unes et les autres. De nouveaux arguments viennent étayer cette manière de voir.

Le passage rapide du faciès « amphibolite » au faciès « schiste vert » implique l'existence d'un gradient géothermique assez élevé pour produire d'importantes variations de température sur une différence de profondeur de moins de 4 km.

De plus, l'étude de chacune des trois séries cristallophylliennes met en évidence l'absence — tant dans les séquences pélitiques des séries de « Saint-Gervais » et des

« Aiguillettes » que dans les séquences basiques des unités inférieure et moyenne de « Prarion-Pormenaz » — de toute roche appartenant au faciès « schiste à glaucophane ». Cette absence démontre que la pression n'était pas anormalement élevée, ce qui implique que la température a été le facteur prépondérant. Voilà qui confirme nos hypothèses ultérieures quant à une profondeur maximum de l'ordre de 12 km, avec une température voisine de 600° C et une P_{H_2O} forte, étant donné la prédominance des minéraux riches en groupes hydroxyles OH^- .

Les valeurs maximales de la pression et de la température étant ainsi provisoirement établies, voyons ce que nous pouvons penser des valeurs minimales. Des renseignements sur ces dernières nous sont donnés par la connaissance du domaine de stabilité des minéraux caractéristiques du faciès « schiste vert » (quartz, albite, chlorite, mica blanc, épidote, etc.).

Il est généralement admis que ces minéraux ne peuvent se former qu'à des températures supérieures à 300° C. En fixant la température minimale à 400° et en admettant un gradient géothermique de 50°/km, la profondeur minimale atteinte par le sommet de la « série Prarion-Pormenaz » serait de 8 km. On voit qu'entre le toit de la série et sa base, fixée à 12 km de profondeur, il y a précisément l'intervalle de 4 km correspondant à sa puissance approximative.

CHAPITRE 5

REMARQUES SUR LA TECTONIQUE DU SOCLE CRISTALLIN

Les principales caractéristiques de la structure tectonique des séries cristallophylliennes décrites ont été acquises au cours d'une période orogénique complexe antéstéphanienne.

Cette orogénèse s'est traduite par les épisodes successifs suivants:

- 1) Un métamorphisme de caractère mésozonal profond à épizonal, avec individualisation de blocs orientés N-S, isoclinaux, limités par des plans de cisaillement longitudinaux et subverticaux;
- 2) La mise en place de granites intrusifs;
- 3) Une période importante de cataclase;
- 4) Le découpage des unités par des failles transverses (E-W), déterminant des rejets verticaux et, localement, des décrochements dans le plan horizontal.

Les nombreux replis internes, que l'on observe communément, témoignent du fait que les séries ont commencé par être largement plissées; puis au fur et à mesure de la recristallisation métamorphique, le style souple a progressivement fait place

à un style brisant. Pressés les uns contre les autres, les plis se sont laminés et leurs structures sont devenues uniformément isoclinales. Les blocs isoclinaux ainsi créés n'ont plus alors été séparés que par des plans de cisaillement longitudinaux convergeant vers l'est dans leur zone d'enracinement.

Sur le terrain, la proximité d'un de ces plans de cisaillement se traduit dans les roches de la zone tectonique par quatre types de phénomènes (voir photo ci-dessous, fig. 7):



Fig. 7.

Gneiss de la « série Prarion-Pormenaz » sous Coupeau, replissé, silicifié, faillé et écrasé (voir texte ci-dessus).

déformation de la schistosité principale du gneiss (replis, boudinage, elongation);
exsudats pegmatitiques lenticulaires de quartz dans le plan de la schistosité,
soulignant la déformation;
réseau secondaire de petites failles en éventail, qui convergent vers l'accident principal;
mylonitisation et altération.

Le style en « horst et graben » date d'une phase tardive, postérieure à la mise en place des granites, et correspond à une remontée générale du bâti dans l'épizone (rétromorphose principale). Pendant cette phase cataclastique, le socle cristallin induré a été fortement écrasé et découpé par un réseau dense de failles transverses. Leur intersection avec les accidents N-S a localement isolé des compartiments entiers, exhaussés ou effondrés (exemple: sommets du Prarion ou de Tête-Noire et dépression intermédiaire du col de la Forcle). Les mouvements tectoniques dans le plan vertical ont prédominé, mais ils ont été accompagnés parfois de décrochements latéraux importants. La faille des gorges de la basse-Diosaz (cf. carte), avec son rejet horizontal de 250 m environ, en est un bon exemple.

Les failles transverses ont été rapidement cicatrisées par de la silice, puis par de la barytine et des carbonates, le tout accompagné de divers sulfures de Cu, Pb et Zn. En revanche, il n'y a pas eu colmatage des plans de cisaillement N-S trop importants et profonds; ceux-ci, délimitant des graben, ne furent cimentés que plus tardivement par les sédiments plastiques du Carbonifère supérieur.



Fig. 8.

Diaclases N-S verticales (hercyniennes tardives) et diaclases E-W (alpines) subhorizontales dans les gneiss de la « série Prarion-Pormenaz » (localité: gare TMB des Houches).

S'il est relativement aisé de déterminer l'âge de la phase cataclastique terminale (Westphalien; phase ségalaunienne de Lugeon) en se basant sur l'âge des granites intrusifs et sur celui des sédiments superposés, il est par contre encore impossible de se prononcer avec précision sur l'âge du début de l'orogénèse, qui doit très probablement remonter à la limite Dévonien-Carbonifère. On sait, en effet, qu'une part importante du métamorphisme a précédé la venue des granites carbonifères, or leur mise en place, qui s'étend du Carbonifère inférieur au Westphalien, paraît couvrir une période de 60 millions d'années environ. La durée de cette phase majeure de l'orogénèse hercynienne a donc été fort longue, de l'ordre d'une centaine de millions d'années peut-être.

Les phases orogéniques ultérieures, hercyniennes tardives et alpines, ne se sont guère traduites dans le socle cristallin que par des manifestations mineures:

- rejeu des accidents plus anciens;
- mylonitisations locales;
- déformations, remobilisations et recristallisations secondaires;
- diaclasses et filonnets quartzo-chloritiques.

P. BORDET (1963) a minutieusement décrit ces phénomènes particuliers et tardifs, aussi je n'y reviendrai par conséquent pas en détail.

Dans cette région, les diaclasses sont presque partout bien marquées. On peut observer selon les endroits deux ou trois réseaux de direction différente (voir photo ci-dessus, fig. 8): deux jeux sensiblement N-S (NNW-SSE) (NNE-SSW) et un jeu E-W. Ce dernier recoupe les réseaux N-S ainsi que toutes les structures de la roche (lentilles de quartz d'exsudation, par exemple); il paraît donc lié à une phase alpine de rémission des tensions orogéniques, tandis que les précédents datent sans doute de phases hercyniennes tardives. Au réseau de diaclasses E-W sont fréquemment liés les nombreux filonnets quartzo-chloritiques hydrothermaux pénétrant jusque dans la base des quartzites du Trias (et confirmant ainsi l'âge alpin du phénomène).

Quand les deux réseaux N-S de diaclasses apparaissent simultanément, ils déterminent dans la roche un débit parallépipédique particulier. C'est le cas fréquemment dans les roches à grain fin du type des cornéennes ou des gneiss prasinitiques.

L'extrémité méridionale des Aiguilles-Rouges est réunie à l'extrémité septentrionale de Belledonne par un faisceau N-S d'accidents garnis ou non de Carbonifère supérieur. De plus, cette zone est recoupée en biseau par un train de cassures NE-SW, qui déterminent à grande échelle l'apparition des coins cristallins de la bordure SW du Mont-Blanc (cf. PARÉJAS, 1922b).