

**Zeitschrift:** Archives des sciences physiques et naturelles  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 44 (1917)  
  
**Artikel:** Le tunnel du Simplon étude pétrographique [suite et fin]  
**Autor:** Gonsalves, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-743222>

### **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:** 07.02.2026

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

LE  
TUNNEL DU SIMPLON  
ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

PAR

Max GONSALVES

(Suite et fin)

---

Numéro 130. — 6820 mètres du côté nord.

*Amphibolite.* — Cette roche est formée en majeure partie par du quartz associé à la hornblende et à de l'épidote en quantité relativement faible. On trouve également de la biotite brune, du feldspath clair et limpide, difficilement différenciable du quartz, puis de la magnétite en traînées irrégulières et un peu de grenat jaune rosé en gros cristaux.

Les caractères des minéraux sont les suivants :

Quartz : Signe optique + ;  $n_g - n_p = 0,009$ .

Feldspath : Une section Sng, rigoureusement centrée et légèrement idiomorphe, montre un angle d'extinction de  $+10^\circ = 15\%$  An.

Hornblende : Clivage  $m = (110) (\bar{1}\bar{1}0)$  ; allongement positif ; signe optique négatif ;  $n_g - n_p = 0,024$  ;  $n_m - n_p = 0,015$  ;  $n_g - n_m = 0,009$ .  $2V = 75^\circ 30'$ . Polychroïsme :  $n_g$  vert bleuâtre,  $n_m$  vert,  $n_p$  vert jaunâtre très pâle.

Epidote : Ce minéral se présente en grains trapus, sans allongement marqué. Je ne trouve malheureusement pas de sections rigoureusement orientées, pour une détermination complète. Dans cette série de roches, on remarque que les minéraux sont disposés de la même façon, ce qui rend souvent

difficile de trouver des sections orientées suivant  $n_g - n_p$ ,  $n_g - n_m$  et  $n_m - n_p$ .  $n_g - n_m = 0,031$  environ.

Biotite : Ce minéral est très peu abondant ; clivage  $p$  parallèle à l'allongement positif ; angle des axes optiques presque nul ;  $n_g - n_p = 0,059$ .

Polychroïsme :  $n_g$  brun foncé,  $n_p$  jaune pâle presque incolore.

Numéro 131. — 6833 mètres du côté nord.

*Gneiss à muscovite.* — Cette roche est constituée par du feldspath peu mâclé et abondant, réunis à la muscovite en larges lamelles et à du quartz en petits grains polygonaux, formant mosaïque, et dont les extinctions sont souvent onduleuses. D'une façon tout à fait accessoire, on trouve quelques lamelles de biotite, quelques grains de zoïsite et quelques rares petits grains d'amphibole. On observe encore un peu de magnétite et quelques grains de sphène à très fort relief grisâtre.

Les propriétés optiques des minéraux sont les suivantes :

Feldspath : Les sections sont rarement mâclées et, lorsque, tel est le cas, on observe quelques lamelles suivant la loi de Karlsbad. Les sections parallèles à  $g^1$  permettent de déterminer le pourcentage d'anortite. Sur une section rigoureusement perpendiculaire à la bissectrice  $n_g$ , l'angle d'extinction est de  $+ 20^\circ$  d'où 2 % An.

Muscovite : Extinction droite ou presque droite ; clivage  $p$  parallèle à l'allongement positif ; signe optique négatif ;  $n_g - n_p = 0,044$ ,  $n_g = n_m = 0,041$  ;  $n_m - n_p = 0,003$  ; 2 V calculé  $- 30^\circ 20'$ .

Quartz : Les grains de ce minéral sont généralement de petites dimensions et leurs amas à extinctions onduleuses moulent les feldspath et le mica.

Biotite : Ce minéral de couleur brun rouge, assez foncé, n'est pas suffisamment abondant pour une détermination rigoureuse. Il présente le polychroïsme habituel et est fréquemment groupé parallèlement avec la muscovite. On observe parfois une décomposition plus ou moins complète avec formation de chlorite.

(N° 156. — 7242 mètres du côté nord).

*Micaschiste à deux micas.* — Ce micaschiste montre au microscope une structure schisteuse bien caractérisée. Les cou-

ches de mica alternent régulièrement avec les couches de quartz, qui se trouvent en petits grains irréguliers, à extinctions onduleuses.

Accessoirement, on rencontre quelques cristaux de grenat, quelques grains de zoïsite, des cristaux d'épidote et des amas de magnétite généralement allongés, parallèles à la schistosité.

Le mica se rattache aux deux variétés, muscovite et biotite.

Cette dernière est de couleur verte, et suivant les parties de la roche, elle est quelquefois plus abondante que la muscovite. Le mica est fréquemment accompagné de chlorite vert pâle, légèrement polychroïque, qui très probablement a dû prendre naissance au dépens de la biotite.

Les propriétés optiques des minéraux sont les suivantes :

Biotite : Clivage  $p$  parallèlement à l'allongement positif, signe optif négatif ;  $n_g - n_p = 0.048$ . Polychroïsme :  $n_g$  vert brunâtre,  $n_p$  jaune brunâtre, très clair, presque incolore.

Muscovite : Clivage  $p$  parallèle à l'allongement positif ; signe optique négatif.  $n_g - n_p = 0,0372V$  presque nul.

L'épidote se rencontre en grains cristallisés accompagnant les couches micacées, elle est de couleur jaune verdâtre pâle et ne montre pas de polychroïsme appréciable. On peut l'identifier par son fort relief et sa biréfringence plutôt élevée.

La chlorite se présente en lamelles fortement froissées et ployées, elle est faiblement biréfringente. L'allongement est négatif et le signe optique positif.  $n_g = n_p = 0,005$ . Polychroïsme :  $n_p$  parallèle au clivage  $p$  = vert clair,  $n_g$  perpendiculaire au clivage = incolore. Il s'agit de la variété ripidolite.

N° 168. — 7700 mètres du côté nord.

*Gneiss à microcline.*

Ce gneiss montre au microscope la présence d'orthose et de microcline particulièrement abondant, accompagné d'un peu de plagioclase, associé à du quartz en grains polyédriques et en amas irréguliers. Le mica est représenté principalement par de la muscovite, qui est accompagnée d'un peu de biotite verte brunâtre généralement complètement décomposée en chlorite vert pâle, faiblement biréfringente.

Comme élément accessoire, on trouve de la magnétite, mais

peu abondante, en cristaux octaédriques, de petits grains d'épidote, et quelques sections d'anhydrite et plages de calcite.

Les caractères des minéraux constitutifs sont les suivants :

**Orthose :** Clivage  $p$  et cassures  $h^1$  avec  $ph^1 = 114^\circ$ ; les faces  $g^1$  rigoureusement perpendiculaires à la bissectrice  $n_g$ , donnent pour la trace dans le plan des axes  $n_p$  un angle d'extinction de  $+5^\circ$ . L'orthose est rarement mâclée suivant la loi de Karlsbad et très pauvre en filonnets d'albite. Les sections sont généralement trapues, à contours irréguliers, et ne présentent pas des zones d'allongement déterminables.

**Microline :** Ce minéral se reconnaît facilement par son quadrillage caractéristique, dû au clivage suivant la loi de l'albite et du péricline. L'éclairement commun se fait suivant les directions de bissectrice de l'angle formé par les traces des deux plans de môle.

**Plagioclase :** Ce minéral semble à première vue assez rare, il se rencontre en grains allotriomorphes, généralement courts et rarement mâclés. Lorsqu'on observe des mâcles, celles-ci se font suivant la loi de l'albite, et, parfois, on remarque quelques petites lamelles, suivant la loi du péricline. Une section rigoureusement perpendiculaire sur la bissectrice  $n_p$ , et mâclée, suivant la loi de l'albite, a donné les chiffres ci-dessous.

$1=1_1 = 15^\circ$ ;  $n_g$  du feldspath plus petit que  $n_p$  du quartz, d'où 3% An.

Une section  $g^1$  non mâclée donne un angle de  $114^\circ$  entre le clivage  $p$ . et les cassures  $h^1$ , lesquelles sont peu marquées. La figure en lumière convergente est celle d'une bissectrice positive, légèrement excentrique. L'angle d'extinction de  $+16^\circ 5'$  correspond à 7% An. Nous avons donc, en moyenne, affaire à une albite à 5% An.

**Quartz :** Il se présente, d'une part, en grains craquelés extrêmement onduleux et à contours irréguliers, moulant les éléments feldspathiques; d'autre part, il se présente aussi en petits grains arrondis, formant des tâches au milieu du feldspath. Ces inclusions arrondies de quartz dans une même grande section de feldspath, s'éteignent souvent simultanément; il s'agit donc d'une tendance à la structure pegmatitique.

Muscovite : Clivage  $p$ . parallèle à l'allongement positif ; angle d'extinction de 0 à 1,5 environ,  $n_g - n_p = 0,041$ .

Biotite : Ce minéral est trop peu abondant pour pouvoir être déterminé exactement. Il a été simplement identifié grâce à la présence de quelques rares lamelles de couleur vert foncé, fortement polychroïque, à extinction droite de forte biréfringence, et groupées parallèlement avec la muscovite.

Chlorite : Ce minéral, formé selon toute probabilité au dépens de la biotite est de couleur vert pâle, l'allongement est négatif et le clivage  $p$  parallèle à cet allongement. La biréfringence est faible, certainement inférieure à 0,005, tandis que la dispersion est très conséquente. Le signe optique est positif, et le polychroïsme se fait comme suit :  $n_p$  parallèle au clivage = vert,  $n_g$  perpendiculaire au clivage = jaune très pâle. Il s'agit donc encore ici de la variété ripidolite.

Anhydrite : Ce minéral, dont je n'ai rencontré que quelques sections, peut être identifié par son fort relief, ainsi que par ses clivages à angles droits et des extinctions droites. Les sections observées sont à contour mal défini, mais d'allure rectangulaire.

Calcite : Elle peut se reconnaître par son indice variable par rotation de la platine, ainsi que par ses mâcles caractéristiques et sa biréfringence extrêmement élevée.

N° 177. — 8080 mètres du côté nord.

*Gneiss à muscovite.* — Cette roche est analogue à la précédente par ses éléments principaux. Le plagioclase y est cependant plus rare et se rattache à un terme de la série des oligoclases. Le microcline est abondant et montre le quadrillage caractéristique des deux mâcles, qui fréquemment n'est bien marqué que dans une partie des sections. Les individus deviennent parfois assez larges ou s'interpénètrent d'une façon très confuse. L'orthose est abondante également, et montre le clivage  $p$  bien développé, accompagné parfois des cassures  $h^1$ . Le mica est représenté presque exclusivement par de la muscovite assez abondante, quant à la biotite, elle est rare, et je n'ai trouvé que deux ou trois petites sections dans toute la coupe.

L'élément accessoire le plus important est la calcite, qui se



présente en grands cristaux à relief variable par rotation de la platine, la surface est fortement chagrinée ; on peut reconnaître les clivages rhomboédriques.

Quant aux mâcles d'individus lamellaires, caractéristiques de la calcite de nombreuses roches métamorphiques, on ne les trouve pas ici.

On trouve encore quelques grains d'un minéral opaque, qui doit, selon toute probabilité, être de la pyrite ; celle-ci peut être déjà remarquée sur l'échantillon macroscopique.

Les caractères des minéraux sont analogues à ceux de la roche précédente, dont cet échantillon se distingue par la présence de la muscovite en quantités sensiblement plus abondantes et par l'introduction de la calcite en quantités conséquentes, d'autre part, la biotite y fait pratiquement défaut.

La structure est la même que précédemment, le quartz notamment se présente en sections à contours très irréguliers et en petits grains arrondis inclus dans le feldspath. Le microcline et l'orthose ont leurs caractères habituels, l'angle d'extinction étant de  $+ 5^\circ$  pour les faces  $g^1$ . de ce dernier minéral.

Quant aux plagioclases, ils se rencontrent en grains de petites dimensions, montrant parfois des mâcles polysynthétiques, d'individus lamellaires, suivant la loi de l'albite. La face  $g^1$ . des plagioclases donne un angle d'extinction de  $8^\circ$ , le signe n'était pas déterminable avec certitude ; d'autre part, le contact de cette même section avec un grain de quartz montre par l'observation de la frange de Becke, que  $n_p$  du feldspath est plus petit que  $n_g$  du quartz. Il s'agit donc d'un oligoclase à 18 % An, et ce diagnostic est en parfait accord avec l'apparence des sections finement mâclées suivant la loi de l'albite. L'orthose ne présente pas de filonnets d'albite, le microcline non plus.

N° 183. — 8186 mètres du côté nord.

*Gneiss à muscovite passant au cipolin.* — Cette roche est directement en relation avec les précédentes par sa composition minéralogique. Par rapport aux gneiss ci-dessus, elle est caractérisée par sa forte régression de l'élément feldspatique qui n'est plus ici représenté que par l'orthose ; le plagioclase et le microcline ayant complètement disparu. Le quartz devient

extrêmement abondant ainsi que la muscovite, tandis que la biotite disparaît ; quant à la calcite elle se présente en gros cristaux plus ou moins abondants suivant les parties considérées de la roche. Cette dernière peut donc être bien envisagée comme un gneiss passant, soit au micaschiste, soit au cipolin, suivant l'abondance du carbonate de chaux. La structure schisteuse est produite par la muscovite, dont les cristaux sont sensiblement orientés parallèlement et en guirlandes, mais ils sont répartis un peu dans toute la masse, et ils ne se rencontrent pas exclusivement dans certaines strates comme c'était le cas pour les roches précédentes.

Les caractères des minéraux constitutifs sont les habituels. On trouve en effet pour l'orthose l'angle d'extinction de  $+5^\circ$  dans la face  $g^1 = (010)$ .

Aussi la muscovite montre ses caractères habituels,  $n_g - n_p = 0,039$ .

La calcite montre, à l'exception du type précédent, les mâcles lamellaires suivant les faces du rhomboèdre, ce qui pourrait très probablement indiquer l'existence de formation première et de déformation mécanique, qui est rendue également très probable par l'apparence des grains de quartz à contour extrêmement irrégulier et à extinctions onduleuses.

N° 206. — 9200 mètres du côté nord.

*Micaschiste à amphibole.* — Cette roche est essentiellement constituée par du quartz en grains polygonaux, en grains plus ou moins irréguliers, associés à du mica, représenté par de la muscovite et de la biotite, souvent groupées parallèlement. D'une façon accessoire, quelques rares grains de feldspath montrent des mâcles suivant la loi de l'albite et la loi du péricline. Comme élément noir accompagnant le mica, on trouve une amphibole verte, assez abondante par places.

Comme éléments accessoires on rencontre des grains d'épidote, parfois réunis en amas, de la magnétite en cristaux et en plages irrégulières, et un peu de calcite.

Les caractères des minéraux constitutifs sont les suivants :

Quartz : Il présente les caractères habituels. Il moule les autres minéraux, mais il ne paraît pas, comme dans les roches



précédentes, se rencontrer en grains arrondis dans le feldspath. Les extinctions onduleuses dénotent un fort dynamométamorphisme.

Biotite : Allongement positif ; signe optique négatif ; extinctions droites par rapport au clivage  $p$  ;  $n_g - n_p = 0,057$ . Polychroïsme :  $n_g$  brun foncé  $n_p$  jaune pâle.

Muscovite :  $n_g - n_p = 0,037$  ; allongement positif, extinctions droites.

Amphibole : Les sections de ce minéral sont trapues et généralement sans contours. Le peu de sections n'a pas permis de déterminer exactement tous les caractères optiques. Clivage  $m = (110) (\bar{1}\bar{1}0)$  ; plan des axes optiques parallèle à  $g^1 = (010)$  avec  $n_g$  formant un angle d'extinction de  $15^\circ$  avec l'arête prismatique,  $n_g - n_m = 0,016.2$  V est grand et négatif. Polychroïsme  $n_g$  bleu vert,  $n_m$  vert,  $n_p$  jaune verdâtre pâle.

Epidote : Grains et prisme plutôt courts avec allongement variable. Plans des axes optiques transversalement par rapport à l'allongement, qui se fait par l'arête  $ph^1$  ;  $n_p$  forme dans la face  $g^1$ , un angle de  $3^\circ$  avec l'arête prismatique, dans l'angle aiguë  $ph^1$  de  $65^\circ$  ; clivage  $p$  ; cassure  $h$  ;  $n_g - n_p = 0,047$ . Le minéral est assez fortement dispersif.

La calcite est peu abondante, on en trouve seulement quelques plages irrégulières, qui ne montrent pas les mâcles caractéristiques.

N° 216. — 9579 mètres du côté nord.

*Micaschiste à anhydrite*. — Cette roche est constituée par du mica brun clair, faiblement polychroïque, accompagné de quartz en grains irréguliers à extinctions onduleuses. Comme minéral accessoire, on trouve l'anhydrite en très grandes sections et en petits grains montrant nettement les clivages parallèles aux pinacoides  $p = (001)$ ,  $g^1 = (010)$  et plus difficilement  $h^1 = (100)$ . La présence de fines lamelles, obliques par rapport aux clivages, indique nécessairement la présence des mâcles sur des faces de pyramides. Elle est extrêmement abondante et construit la presque totalité de la coupe.

Sur l'échantillon macroscopique du reste, on remarque, qu'elle forme des veines assez larges, de couleur bleu rosé

Comme autre élément accessoire, on trouve de la calcite, mais moins abondante que l'anhydrite. Il y a encore un peu de tourmaline verdâtre en petits grains hexagonaux et en prismes courts.

Les caractères des minéraux constitutifs sont les suivants :

Quartz : Caractères habituels à extinctions onduleuses.

Biotite : Clivage  $p = (001)$  ; allongement positif ; signe optique négatif ; extinctions droites ;  $n_g = n_p = 0,036$ . Polychroïsme :  $n_g$  brun jaune pâle,  $n_p$  incolore.

Anhydrite : Il ne m'est pas possible de donner les constantes optiques de ce minéral, les biréfringences sont tellement élevées que je n'ai pas pu mesurer le retard avec le compensateur de Babinet. Le retard dépasse 2152 millionièmes de  $m. m.$

Calcite : On observe quelques grandes sections, polarisant très haut et montrant les lamelles de mâcles parallèles aux faces du rhomboèdre.

Tourmaline : Petits grains courts à contour hexagonal ; allongement négatif ; signe optique négatif ;  $n_g - n_p = 0,019$ . Polychroïsme :  $n_g$  vert bleuâtre,  $n_p$  incolore.

N° 233. — 8900 mètres du côté sud.

*Gneiss à deux micas.* — Cette roche est constituée par du feldspath en quantité plutôt considérable, puis à de la biotite et à de la muscovite, ce dernier minéral étant en quantité restreinte par rapport à la biotite. On trouve comme élément accessoire de la magnétite assez abondante, un peu de calcite, de grenat, et quelques cristaux de tourmaline. Parmi ces éléments accessoires, la magnétite est de beaucoup le minéral le plus abondant, elle se rencontre en cristaux, en amas allongés parallèlement à la schistosité, et en tâches nombreuses. On trouve encore quelques petits grains allongés de zoïsite.

Les caractères des minéraux constitutifs sont les suivants :

Quartz : Grains irréguliers à extinctions onduleuses.

Feldspath : Il appartient à la série des oligoclases albite. Les grains sont souvent nonmâclés, d'autre fois on observe de fines mâcles suivant les lois de l'albite et du péricline. L'angle d'extinction maximum dans la zone de symétrie de la macle de

l'albite atteint  $17^\circ$ , ce qui peut correspondre à 2 % ou à 34 % An. Une section approchée d'une perpendiculaire à la bissectrice positive donne un angle d'extinction de  $+10^\circ$ , ce qui correspond à 15 % An. D'autre part, tous les contacts quartz-feldspath montrent, pour ce dernier minéral, des indices constamment inférieurs à ceux du quartz, le pourcentage d'anortite ne peut dépasser 15 %. On a donc affaire à la série des albites oligoclases de 2 à 15 % An. Il n'est pas impossible que le feldspath de la roche soit de pourcentage variable dans ces limites, car les sections montrent parfois une structure légèrement zônée.

Biotite : Clivage  $p$  ; allongement positif, signe optique négatif ;  $n_g - n_p = 0,044$ . Polychroïsme :  $n_g$  brun foncé  $n_p$  jaune pâle.

Muscovite : Elle montre ses caractères habituels, le minéral est beaucoup moins développé que la biotite.

Tourmaline : Prismes courts, allongement négatif, signe optique négatif ;  $n_g - n_p = 0,024$ . Polychroïsme :  $n_g$  vert brunâtre foncé,  $n_p$  jaune brunâtre pâle. Cette tourmaline est donc plus biréfringente et de couleur plus foncée que les précédentes, il s'agit d'une variété plus riche en fer.

Zoïsité : Ce minéral est trop peu abondant pour être déterminé rigoureusement. On peut l'identifier par son fort relief, sa biréfringence très faible et par l'allongement de signe variable. La dispersion est également assez notable.

La calcite qui montre ses caractères habituels, ne présente cependant pas les mâcles sur les faces du rhomboèdre.

N° 255. — 7300 mètres du côté sud.

*Gneiss à deux micas.* — Cette roche est tout à fait analogue à la précédente. Elle ne s'en distingue que par le grain plus fin et la structure schisteuse beaucoup plus accentuée. Quant au feldspath, il est moins abondant que dans la précédente et est remplacé par le quartz. Le feldspath se rattache également à la série albite — oligoclase, comme on peut s'en convaincre en examinant les franges de Becke au contact avec le quartz. Celui-ci en tout petits grains irréguliers, comblant les intervalles entre les strates de mica. La muscovite est mieux développée

et en quantité sensiblement égale à la biotite. Comme dans la roche précédente, les minéraux accessoires sont la magnétite et la tourmaline. Ce dernier est parfois zoné, de couleur verte à vert-brunâtre, le noyau est alors vert et la périphérie vert-jaune à vert-brune. Les prismes sont courts et sur les sections perpendiculaires à l'axe optique on peut reconnaître le développement du prisme hexagonal et du prisme trigonal, ce dernier étant prédominant. La magnétite se présente en traînées parallèlement à la schistosité et en tâches très nombreuses criblant les autres minéraux. Il y a encore du grenat en sections très irrégulières et fortement craquelées.

N° 288. — 5330 mètres du côté sud.

Numéro 288. — 5330 mètres du côté nord.

*Gneiss à deux Micas.* — Cette roche peut être considérée par l'association du quartz, du microcline, de l'albite et du mica, lequel est représenté par la biotite prédominante et un peu de muscovite. Le quartz se présente en grandes plages à contours irréguliers et en amas de petits grains provenant très probablement de l'écrasement de gros individus. Le microcline peut être identifié par le quadrillage caractéristique des deux mâcles. Il est abondant et semble l'emporter sur le plagioclase. Ce dernier se rencontre en grains peu mâclés ou présente, au contraire, de fines lamelles de mâcles suivant la loi de l'albite. Les indices sont toujours inférieurs à ceux du quartz et sur la section  $S_{ng}$  des angles d'extinctions atteignent  $+ 15^\circ$ . C'est donc une variété d'albite-oligoclase. Il ne se rencontre qu'en petits grains en inclusions dans le microcline. Les micas ont les caractères habituels ; la biotite, qui est beaucoup plus abondante que la muscovite, montre un polychroïsme intense ;  $n_g$  brun foncé,  $n_p$  incolore ;  $n_g - n_p = 0.057$ .

Comme élément accessoire, on trouve un peu de sphène, quelques gros cristaux d'apatite et de la calcite, souvent assez abondante, en sections à contours irréguliers. On trouve également du zircon qui développe dans la biotite des auréoles polychroïques.

Comme élément accessoire nettement caractérisé comme tel, se trouve la chlorite groupée parallèlement avec la biotite, dont elle provient par décomposition. Certaines sections montrent,

en effet, la chlorite se formant à partir de la biotite parallèlement au clivage. Cette chlorite est de couleur verte, plutôt pâle, de signe optique positif; la biréfringence est faible, ne dépasse pas 0,003; la dispersion est forte, il s'agit de la variété dite pennine. Le polychroïsme se fait comme suit :  $n_g$  parallèlement au clivage vert,  $n_p$  perpendiculaire au clivage jaune pâle.

N° 297. — 4939 mètres du côté sud.

*Calcaire.* — Cette roche est un calcaire bien cristallisé, constitué presque exclusivement par de la calcite, en quelques plages montrant les mâcles parallèles aux faces du rhomboèdre. La roche est encore criblée de lamelles de muscovite, accompagnées d'un peu de biotite claire, plutôt rare, et de quartz en petits grains arrondis, peu abondants. On trouve encore quelques cristaux de magnétite et de petits grains d'épidote assez uniformément répartie dans la masse de la roche. Cette épidote est légèrement jaunâtre et ne présente pas de polychroïsme apparent, elle est plutôt peu biréfringente. De tous ces minéraux accompagnants, la calcite est de beaucoup la plus abondante, et une augmentation de ce minéral nous amènerait directement au type du cipolin.

N° 299. — 4900 mètres du côté sud.

*Cipolin à anhydrite.* — Cette roche constitue, en quelque sorte une veine d'anhydrite du type précédent. On y trouve de la calcite en petits grains montrant les mâcles caractéristiques, et du mica. représenté principalement par une biotite de couleur claire. Quant à l'anhydrite, elle est ici extrêmement abondante en gros grains présentant les clivages caractéristiques, ainsi que les mâcles signalés précédemment comme étant des groupements sur les faces des pyramides, à moins qu'il ne s'agisse d'inclusions de gypse en formation au dépens de l'anhydrite. Les lamelles sont beaucoup trop étroites pour pouvoir être examinées, de façon à trancher le problème. On trouve encore comme élément accessoire de la magnétite en petits cristaux bien formés et un peu d'amphibole incolore, très probablement de la variété actinote. Ce minéral peut être identifié par ses clivages prismatiques et il ne se trouve pas en quantité suffisante pour être déterminée complètement.



N° 312. — 4477 mètres du côté sud.

*Veine d'anhydrite dans un cipolin.* — Cette roche est identique à la précédente, de proportion près des minéraux constitutifs. Elle est essentiellement formée par de l'anhydrite, contenant quelques grains et des amas de calcite, de la biotite très pâle, et quelques rares grains de quartz.

N° 324. — 4322 mètres du côté sud.

*Gneiss au Leucocrate.* — Cette roche est constituée par du microcline et de l'albite-oligoclase, associés à du quartz en gros grains irréguliers. Le quartz présente les extinctions onduleuses, il est souvent réduit en amas à structure cataclastique.

Le microcline peut être aisément identifié par les deux mâcles, donnant le quadrillage caractéristique avec l'éclairement commun des lamelles, suivant la bissectrice de l'angle formé par les traces des deux mâcles. Le plagioclase est souvent non mâclé; d'autres fois, au contraire, on observe de très fines mâcles suivant la loi de l'albite. La section  $g^1$  montre un angle d'extinction de  $+13^\circ$ , ce qui correspond à 11% An. Le plagioclase est souvent fortement troublé par des produits de décomposition, consistant principalement en paillettes de séricite et en amas limonitiques.

L'élément noir, très peu abondant, est représenté par de la biotite brun rouge assez fortement polychroïque et souvent décomposée, avec formation de chlorite vert pâle, faiblement biréfringente.

Comme élément accessoire, on trouve de la pyrite abondante et un peu d'oligiste, ainsi qu'un peu de zoïsite et d'épidote.

N° 326. — 4300 mètres du côté sud.

*Gneiss à deux Micas.* — Ce gneiss est essentiellement leucocrate, son élément ferromagnésien, très peu abondant, est représenté par de la biotite associée à de la muscovite en quantité sensiblement équivalente, quoique, parfois, suivant la région considérée, elle tende à devenir prédominante. L'élément feldspatique est représenté par du microcline avec sa structure caractéristique, et par l'orthose en grandes sections, rarement mâclé suivant la loi de Karlsbad. L'angle d'extinction de  $+9^\circ$  sur la face  $g^1 = S_{ng}$ , montre qu'il s'agit d'une qualité d'orthose plu-



tôt sodique. Le plagioclase est peu abondant, et montre les mâcles suivant les lois de l'albite. Sur une section voisine de  $S_{np}$ , l'angle d'extinction atteint  $15^\circ$  et la frange de Becke, au contact du feldspath et du quartz, montre que  $n_g$  du feldspath est inférieur à  $n_p$  du quartz. Cette variété se rapporte donc à une albite. Quant au quartz, il est abondant, souvent en grandes sections irrégulières, à extinctions onduleuses, moulant les autres minéraux, ou, alors, en grains arrondis, inclus dans le feldspath.

Comme élément accessoire, on trouve de la magnétite, et un peu d'épidote.

N° 332. — 4000 mètres du côté sud.

*Gneiss à deux Micas.* — Cette roche constitue une variété de la roche précédente, dans laquelle l'élément coloré, au lieu d'être réparti uniformément dans toute la masse, se trouve disposé en couches ou réuni en amas. Les feldspaths prédominants sont encore le microcline et l'orthose. Par places, le plagioclase montre une tendance à se développer en grands individus. Les caractères de ces minéraux sont les mêmes que dans la roche précédente. Le quartz ne se présente que rarement en grandes plages, il est le plus souvent en tous petits grains, intimement lié au feldspath, et il forme parfois avec l'orthose des associations graphiques. L'orthose elle-même montre des associations micropertiques avec le plagioclase. L'élément noir est représenté par de la biotite brune, fortement polychroïque, en voie de chloritisation.

On trouve encore comme élément secondaire quelques grains d'épidote et des plages de calcite, ainsi qu'un minéral noir opaque, qui, grâce à l'examen macroscopique de la roche, semble devoir être attribué, tout au moins en partie, à la pyrite.

N° 380. — 225 mètres du côté sud.

*Micaschiste feldspatique à épidote.* — Cette roche se rattache à la précédente par la présence de quelques restes de microcline et de l'orthose. Ce dernier minéral se trouve fréquemment en association graphique avec le quartz. Le plagioclase tend à prédominer sur les autres feldspaths. Il est souvent non mâclé, ou il montre, au contraire, de très fines lamelles de mâcles suivant la loi de l'albite; il est parfois zoné. Les indices sont inférieurs à ceux du quartz, et il doit donc s'agir, comme

précédemment, d'une variété de la série albite-oligoclase. Une section normale à la bissectrice  $n_p$  montre, par rapport à celle-ci, un très grand angle et un angle d'extinction de  $15^\circ$ , d'où  $3\%$  An.

L'élément feldspatique se trouve en quantité restreinte par rapport au quartz, qui se présente en grandes sections moulant les autres minéraux et à contours irréguliers.

L'élément noir est représenté par la biotite d'un type différent de celles rencontrées précédemment. Elle est très abondante et montre un polychroïsme remarquable,  $n_g$  vert foncé, presque noir,  $n_p$  vert brunâtre pâle.

Comme autre minéral extrêmement abondant, on rencontre de l'épidote incolore en gros grains arrondis et craquelés, fortement biréfringente et associée à un peu de zoïzite.

On remarque également un peu de calcite.

N° 382. — 195 mètres du côté sud.

*Gneiss à biotite.* — Cette roche est analogue à la précédente par ses minéraux principaux ; mais elle constitue le type vraiment gneissique, le feldspath étant plus abondant et l'épidote réduite à la condition d'un minéral accessoire. Les caractères des minéraux sont les mêmes que précédemment. Le microcline est abondant, quant à l'orthose, elle tend à être remplacée par l'albite. Elle se trouve cependant en quantité conséquente.

La biotite n'est autre que la variété vert foncé précédente, elle est accompagnée d'un peu de muscovite. Comme éléments accessoires, on trouve quelques grains et prismes d'épidote et de zoïzite, ainsi que quelques cristaux d'apatite.

La roche est à grain plutôt fin, et les sections des divers minéraux sont fréquemment brisées, tandis que le quartz présente d'une façon extrêmement nette, les extinctions onduleuses. Cette roche offre donc la structure cataclastique et a dû être soumise à de puissants effets mécaniques.

#### CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans la présente étude, j'ai pris comme règle de désigner les roches uniquement d'après leur composition minéralogique et leur structure, en laissant absolument de côté toute terminolo-

gie basée sur les noms de localité. Je ne comprends pas quel avantage il peut y avoir de parler du « gneiss de Monte Leone » ou du « gneiss d'Antigorio ». Il me semble que la terminologie basée sur les noms de localités, qui ne nous explique absolument rien, devrait disparaître. Le nom « gneiss de Monte Leone » ne nous dit rien, ce qui n'est pas le cas quand nous parlons d'un gneiss à microcline ou d'un gneiss à deux micas, noms qui nous désignent, sans autre, la composition minéralogique de la roche en question.

Partant de la tête nord du tunnel, les premières roches rencontrées sont des calcaires silicatés, dont le degré de métamorphisme est plus ou moins conséquent. Ces roches sont toujours bien cristallisées, et l'apport d'alumine et d'alcali donne naissance au cipolin par développement du mica. Dans cette région, on trouve également des zones amphiboliques, qui peuvent être considérées comme résultant d'un métamorphisme complet du calcaire, la chaux de celui-ci étant fixée dans l'amphibole. Comme preuve de cette manière de voir, on peut envisager le fait qu'on rencontre quantités de termes de transition entre les calcaires et les amphibolites, par développement plus ou moins considérable de l'amphibole.

Dans la zone suivante, se succèdent les micaschistes plus ou moins feldspathiques contenant parfois de l'amphibole, provenant très probablement d'une réaction plus ou moins complète avec le calcaire voisin. Dans cette même zone, on rencontre des types plus nettement gneissiques par suite du développement du feldspath, celui-ci étant rattachable, suivant les types, à l'orthose, aux pagoclases et surtout au microcline.

Dans la partie médiane du tunnel, nous ne rencontrons pas les calcaires et cipolins du début, mais plutôt des roches provenant de la réaction de ces calcaires avec les éléments du gneiss, c'est-à-dire des micaschistes et gneiss à amphiboles, à épidote, etc.

Plus loin, se trouve, par contre, de nouveau, du calcaire, fortement silicaté, passant au cipolin et en relation étroite avec les gneiss à microcline, qui le précèdent et qui le suivent. La calcite se trouve du reste comme élément accessoire de plus en plus abondant dans les gneiss, au fur et à mesure que l'on s'ap-

proche de la masse calcaire. Plus loin, on trouve une roche à épidote qui peut être considérée comme un produit de réaction, et dans laquelle, à part l'épidote, on retrouve tous les autres constituants du gneiss.

Nous pouvons donc conclure à une assez grande uniformité des divers types des roches, avec des proportions évidemment plus ou moins variables d'alcali, pouvant provoquer la formation de tel ou tel feldspath. Une autre cause tendant à diversifier les roches, est la réaction avec le calcaire, tendant à créer des types riches en calcite, du cipolin ou, parmi les roches silicatées, des roches à amphibole et épidote. En ce qui concerne le gneiss lui-même, la proportion variable des divers minéraux constitutifs peut amener, par places, la formation des mica-schistes par régression du feldspath. Dans nos gneiss, les divers minéraux montrent généralement un développement sensiblement équivalent. Dans la région nord du tunnel, cependant, j'ai trouvé des types gneissiques dans lesquels le plagioclase a une tendance à se développer en porphyroblastes, qui sont plus riches en anortite que les plagioclases de plus petites dimensions. On a donc ici, pour ces porphyroblastes, l'équivalent des roches éruptives filonniennes ou d'épanchements chez lesquelles le plagioclase des phénocristaux est plus riche en anortite que celui de la pâte.

Il est à remarquer, d'une façon générale, que *ce complexe de gneiss et de calcaire est tout à fait analogue à ce que l'on peut trouver lorsqu'une masse granitique est intrusive dans des calcaires*. Les roches formées par exomorphisme et par endomorphismes sont analogues à celles que nous avons rencontrées.

Je rappellerai, d'autre part, que les veines d'anhydrite qui traversent les calcaires et les gneiss sont presque pures et leur production doit être liée à la présence de failles et de diaclases. Nous pouvons attribuer à ces formations une origine hydrothermale, ce qui explique la disposition en filons, ainsi que la pénétration facile, soit dans les gneiss, soit dans les calcaires, avec formation des roches, dans lesquelles l'anhydrite joue le rôle d'un élément accessoire plus ou moins important.

En ce qui concerne l'anhydrite, elle est très probablement accompagnée par un peu de gypse groupé avec elle, mais

l'étroitesse des lamelles n'a pas permis le diagnostic rigoureux, et il peut tout aussi bien s'agir de mûcles sur les faces des pyramides.

*P.-S.* — Ayant terminé cette étude, je viens de lire le travail de M. Rothpletz sur la chaîne du Simplon, également la réponse de M. Preisswerk. Inutile de dire aux lecteurs de mon étude sur les roches du Simplon, que je suis parfaitement d'accord avec l'hypothèse de M. Rothpletz.

1 *Eclogæ*. Vol. XIV. N° 3, page 443.

---