



HAL
open science

Sur les éclogites des Aiguilles Rouges - Alpes françaises

E. Joukowsky

► **To cite this version:**

E. Joukowsky. Sur les éclogites des Aiguilles Rouges - Alpes françaises. Pétrographie. University of Geneva, 1902. Français. NNT: . tel-00823570

HAL Id: tel-00823570

<https://theses.hal.science/tel-00823570>

Submitted on 17 May 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



EX LIBRIS
Prof. W. KILIAN

Joukowski (E.) 1

Hommage de l'Auteur

SUR LES
ECLOGITES DES AIGUILLES ROUGES

PAR

E. JOUKOWSKY

Ingénieur civil des Mines

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES



GENÈVE

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE
Succ. de Ch. Eggimann et C^e

1902

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
BP. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 83 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

18 AOÛT 2003

SUR LES
ECLOGITES DES AIGUILLES ROUGES

PAR

E. JOUKOWSKY

Ingénieur civil des Mines

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES



GENÈVE

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE
Succ. de Ch. Eggimann et C^{ie}

1902

*La Faculté des Sciences autorise l'impression de la
présente thèse sans exprimer d'opinions sur les propositions
qui y sont contenues.*

GENÈVE, 5 Juin 1902.

LE DOYEN :
D^r R. CHODAT.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR

LOUIS DUPARC

HOMMAGE D'ESTIME ET DE RECONNAISSANCE

SUR LES
ECLOGITES DES AIGUILLES ROUGES

PAR

E. JOUKOWSKY

Ingénieur civil des Mines.

APERÇU GÉOLOGIQUE

Le massif des Aiguilles Rouges fait partie de la grande zone cristalline qui borde celle du Mont-Blanc au N dont elle est séparée par le synclinal de la vallée de Chamonix.

La majeure partie des terrains de ce massif appartient au groupe cristallin, et actuellement on répartit ces terrains en deux séries désignées par les géologues français par les signes X et ζ . Le groupe des mica-schistes granulitisés ζ , est très largement représenté. C'est le groupe le plus ancien des deux, celui où l'on trouve les roches granitiques franches. Quant à la position à attribuer à ces roches dans la série des terrains, la seule donnée stratigraphique positive, c'est qu'ils sont en discordance sous les couches carbonifériennes (Pormenaz). Il est malaisé de trouver une limite entre les schistes noirs et verts des environs de Servoz et les roches cristallines que l'on trouve en parcourant le

massif de l'Aiguillette de l'W à l'E jusqu'au col du Cormet. Alphonse Favre, qui possédait toutes les données stratigraphiques certaines que nous possédons aujourd'hui sur les Aiguilles Rouges, ne croyait pas inadmissible l'hypothèse que les « schistes cristallins lie-de-vin » du Belvédère fussent carbonifériens. On trouve d'ailleurs un certain nombre de petits synclinaux pincés de schistes ardoisiers (arête entre le Brévent et l'Aiguille-Pourrie) et de poudingues métamorphisés (col de Cornu). Ces derniers, autant qu'on peut le dire après un examen sommaire, ont des affinités avec les poudingues de Vallorcine. Cependant il est rare de trouver au cœur du massif des types francs de schistes et poudingues houillers. Ils sont fréquemment métamorphisés et la distinction n'est pas toujours aisée d'avec les terrains sous-jacents. Quant au terrain cristallin proprement dit, on y rencontre deux types principaux : l'un comprend les gneiss et micaschistes occupant la partie centrale du massif et se prolongeant jusqu'à l'extrémité Nord de la chaîne entre Vernayaz et Evionnaz. Le second type se compose de toute une série de roches chloriteuses comprenant tous les termes, depuis le gneiss granitoïde jusqu'au schiste chloriteux.

Les excursions entreprises dans le massif des Aiguilles Rouges en 1896 avaient pour but, à l'origine, une étude stratigraphique du massif dans son ensemble. Mais après deux campagnes, la distinction des niveaux dans les terrains cristallins me sembla de plus en plus difficile, de moins en moins définie, si bien que j'abandonnai l'étude stratigraphique dépourvue de points de repère certains pour limiter les recherches au groupe cristallin du voisinage du lac Cornu.

Le lac Cornu se trouve au cœur du massif cristallin central (micaschistes ζ_2) et c'est au sud et au nord de ce lac que l'on trouve les amphibolites et les éclogites. Ces roches sont disposées en une série de traînées parallèles et discontinues formées elles-mêmes d'amas dont quelques-uns de dimensions considérables (sommet coté 2604 au sud du lac). On retrouve de petits bancs de ces roches basiques plus au sud, sur le sentier de la Flégère à Plampraz; ce sont les mêmes roches que l'on retrouve également au nord, au col de Bérard.

Nous sommes donc en présence d'un groupe important d'éclogites et d'amphibolites, avec lesquelles il convient de citer un certain nombre d'amas lenticulaires de roches serpentineuses formant comme une traînée de pointements elliptiques un peu à l'E des roches basiques précédentes, dans le voisinage du lac Noir (NE du lac Cornu). Un de ces pointements est remarquablement régulier.

Toutes ces roches basiques sont, comme il a été dit, intercalées dans la grande masse des micaschistes granulitisés ζ_2 , et dans le voisinage du col de Cornu on trouve des bancs de granulite franche (un peu au NW du col). Dans tout ce massif l'orientation des bancs est remarquablement parallèle et régulière (N5°S), de sorte que si l'on s'en tenait à cette région, on ne pourrait attribuer aucune relation d'âge aux deux types acide et basique. Mais il existe un point dans la chaîne des Aiguilles-Rouges où la granulite recoupe nettement les bancs de micaschistes, c'est le pied E du massif situé au-dessus d'Argentières. La granulite est NS et les schistes NE-SW.

Dans cette partie ainsi que dans le prolongement NE

du massif, les bancs sont orientés NE-SW, de même que dans le massif du Pormenaz, c'est-à-dire à l'extrémité opposée du massif. Par contre, dans la partie centrale, ainsi que nous l'avons vu plus haut, la direction des bancs cristallins est sensiblement NS. On voit donc que dans leur ensemble, les couches subissent une inflexion vers le centre du massif, et cette inflexion a atteint les synclinaux pincés de schistes houillers.

Ainsi dans la région du lac Cornu, le massif qui nous occupe présente un ensemble de roches basiques, élogites et amphibolites grenatifères, intercalées dans les micaschistes granulitisés, le tout étant traversé par des bancs de granulite.

C'est l'étude des rapports de composition chimique et pétrographiques des roches basiques et des roches acides qui fait l'objet du présent travail.

Etude détaillée des roches cristallines des environs du lac Cornu

Cette étude comprend :

- 1° La détermination pétrographique des roches au moyen du microscope et du réfractomètre de MM. Wallerant et Czapski.
- 2° L'analyse chimique des roches.
- 3° La séparation et l'étude détaillée de l'Amphibole, du Pyroxène et du Grenat.

DESCRIPTION DES ÉCHANTILLONS ÉTUDIÉS

Les roches étudiées comprennent une série de types d'acidité décroissante depuis la granulite jusqu'aux

élogites, Nous commencerons la description par les bancs granulitiques.

N° 11. GRANULITE, roche blanche, finement grenue, ne présentant pas d'élément noir.

Composition chimique.

SiO ₂	70,26
Al ₂ O ₃	16,33
Fe ₂ O ₃	0,76
CaO.....	3,75
MgO.....	0,45
K ₂ O.....	4,48
Na ₂ O.....	5,95
Perte au feu.....	0,74
	99,09

QUARTZ. — Grandes plages moulant les autres éléments. Parfois extinctions onduleuses.

FELDSPATHS. — Feldspaths d'acidité au moins égale à celle de l'oligoclase. La détermination a été faite au réfractomètre de MM. Wallerant et Czapski.

ORTHOSE en grandes plages micropertitiques. Les dimensions de l'orthose sont en général beaucoup plus grandes que celles des autres feldspaths. Comme les orthoses occupent une surface sensiblement plus grande dans les coupes, et que d'autre part la soude l'emporte sur la potasse, on en peut conclure que l'orthose semble être sodifère. Certaines plages que l'on pourrait prendre pour du microcline donnent les indices de l'orthose :

Indices mesurés :

1,522	1,520
1,524	1,522

ALBITE. — Abondante, mais moins que l'orthose et en plages plus petites, finement mûclées.

Indices mesurés :

1,537	1,540	1,532	1,532
1,532	1,535	1,539	1,537

OLIGOCLASE. — En tout deux plages dans la coupe.

Indices mesurés :

1,540
1,539

MICA BLANC. — Muscovite, très rare, caractères optiques communs.

MINÉRAUX ACCESSOIRES.

Le ZIRCON est le seul minéral accessoire que j'aie pu observer. Quelques petits cristaux arrondis de GRENAT. La structure de la roche se rapproche beaucoup de la structure granitique.

N° 12. GRANULITE filonienne, moins dure sous le marteau que la précédente, probablement parce que les feldspaths sont plus kaolinisés.

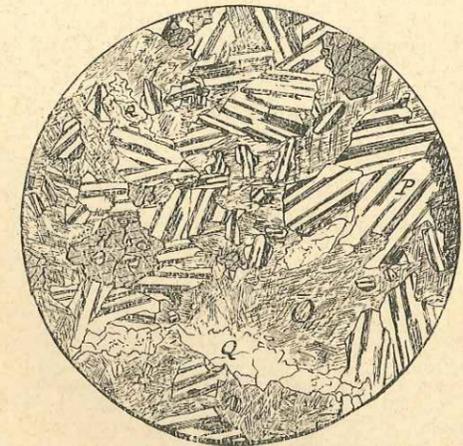
Composition chimique.

SiO ₂	74.21
Al ₂ O ₃	14.37
Fe ₂ O ₃	4.24
CaO.....	0.56
NgO.....	0.05
K ₂ O.....	4.38
NagO.....	4.60
Perte au feu.....	0.57
	99.98

Cette roche a une structure granulitique beaucoup plus franche (panidiomorphe grenue anisométrique). Les minéraux constituants sont les mêmes.

QUARTZ granulitique typique, fréquemment dynamométamorphique. Plus abondant que dans la roche précédente.

Feldspaths. ORTHOSE, ALBITE et OLIGOCLASE; pour les caractères, voir les déterminations de n° 11. Les plagioclases sont sensiblement plus kaolinisés que dans le



N° 13. — GRANULITE AMPHIBOLIQUE. — Q Quartz. — O. Orthose. — P. Plagioclases. — H. Hornblende.

cas précédent, si bien que souvent la détermination de de l'indice au réfractomètre est rendue difficile.

Les *minéraux accessoires* auxquels il convient de joindre la MUSCOVITE, vu sa rareté, sont encore le ZIRCON et le GRENAT en petits grains, également peu répandus.

N° 13. A l'œil nu, GRANULITE avec quelques cristaux d'amphibole irrégulièrement répartis dans la roche.

Composition chimique :

SiO ₂	66.98
Al ₂ O ₃	14.92
Fe ₂ O ₃	4.28
CaO.....	3.33
MgO.....	4.58
K ₂ O.....	3.87
Na ₂ O.....	6.12
Perte au feu.....	0.76
	401.84

QUARTZ. En grains de dimensions variables, souvent à extinctions onduleuses.

Feldspaths. — ORTHOSE ayant souvent l'aspect du microcline. Moins développé que dans les deux précédents. Plages plus petites et moins nombreuses.

Indices mesurés :

4,545	4,549
-------	-------

Plagioclases. — Il est important de noter ici que l'Albite fait défaut. Les éléments dominants de cette série se placent entre l'Oligoclase et l'Andésine.

Indices mesurés :

4,543	4,549
-------	-------

Détermination au moyen de la macle de l'Albite et de la Péricline :

1°	Macle Albite	Macle Péricline
	Sn _p = 4..... + 16°	Sn _p = 4..... - 72°
	4'..... - 10°	4'..... + 79°

OLIGOCLASE entre Ab₃ An₁ et Ab₃ An₃.

2°	Macle Albite	Macle Péricline
	4..... + 15°	4..... - 66°
	4..... - 15°	

ANDÉSINE voisine de Ab₃ An₃.

3°	Macle Albite	Macle Péricline
	Sn _p = 4..... + 40°	4..... - 77°
	4'..... - 13°	

OLIGOCLASE entre Ab₃ An₁ et Ab₃ An₃.

4° Section perpendiculaire à un axe optique B.

Macle Albite

S _B = 4	trace du plan des axes à - 67° de g'
4'	voisin de A, np à - 27° de g'

Macle Péricline

S _B = 4	trace du plan des axes à + 40° de la ligne de macle
4' np	à 45° id.

ANDÉSINE Ab₃ An₃.

5°	Macle Albite	Macle Péricline
	4..... moyenne - 13°	4..... - 72°
	4'..... + 14°	

OLIGOCLASE entre Ab₃ An₁ et Ab₃ An₃.

AMPHIBOLE. — En plages irrégulièrement réparties dans la roche, sans contours propres, fréquemment corrodée. Extinction sur g' voisine de 21°, signe optique (—). Hornblende commune. Parfois décomposée en chlorite.

Minéraux accessoires. — SPHÈNES assez abondants, en losanges et en fuseaux.

MAGNÉTITE rare, sans contours propres.

N° 14. Roche amphibolique et micacée assez friable. Le peu de résistance de la roche est dû sans doute à une forte kaolinisation des feldspaths.

Composition chimique :

SiO ₂	52.28
Al ₂ O ₃	19.58
(1) } Fe ₂ O ₃	0.62
} FeO	7.59
CaO	5.54
MgO	5.09
K ₂ O	1.72
Na ₂ O	4.40
Perte au feu	1.84
	<hr/>
	98.66

Au microscope, pegmatite à amphibole. Ce dernier minéral est irrégulièrement réparti dans la masse granulitique et donne à la roche l'aspect pegmatoïde.

AMPHIBOLE. — Hornblende verte à caractères optiques communs. Je n'ai pas eu de sections centrées de biréfringence maximum qui m'eussent permis de déterminer l'extinction sur g' . Les cristaux qui atteignent parfois un centimètre de longueur, sont très morcelés et pénétrés par l'élément blanc de la granulite.

QUARTZ. — Grandes plages de dernière consolidation.

ORTHOSE. — Le plus développé parmi les feldspaths. Grandes plages quelquefois microperthitiques fortement kaolinisées.

Les PLAGIOCLASES se placent entre l'albite et l'oligoclase (entre Ab₃ An₁ et Ab₅ An₃). La plupart des sections présentaient la mâcle de l'Albite et de la Péri-

¹ Il y a eu sans doute une erreur sur la détermination du fer ferreux. La proportion ne correspond pas à ce qu'on trouve dans les autres échantillons.

cline, dont quelques-unes ont pu être utilisées pour une détermination exacte.

MINÉRAUX ACCESSOIRES.

MAGNÉTITE assez abondante. ZIRCON rare.

N° 15. AMPHIBOLITE foncée, contenant peu d'éléments blancs visibles à l'œil nu.

Composition chimique :

SiO ₂	46.09
Al ₂ O ₃	17.86
Fe ₂ O ₃	0.77
FeO	13.66
CaO	7.97
MgO	6.95
K ₂ O	0.68
Na ₂ O	4.71
Perte au feu	1.55
	<hr/>
	100.24

Au microscope :

QUARTZ en grandes plages intrusives dans le reste de la masse; cet élément forme souvent à lui seul des filonnets recoupant tous les autres minéraux.

FELDSPATHS fortement décomposés. Leur détermination exacte au réfractomètre a été impossible par suite de la difficulté d'obtenir une bonne surface réfléchissante. Par analogie avec l'habitus des minéraux de ce groupe dans d'autres roches avoisinantes, les plages observables semblent appartenir à un terme intermédiaire entre l'Oligoclase et l'Andésine.

AMPHIBOLE. — Très abondante avec les caractères ordinaires de la Hornblende commune. Elle présente

des cristaux développés de deux manières différentes. D'une part de longues trainées de plages amphiboliques assez grandes, entourant souvent un contour fermé. D'autre part, à l'intérieur de celui-ci, des grains d'Amphibole plus petits, parfois fortement transformés en minéraux du groupe de la chlorite.

CLINOCLORE, caractères optiques ordinaires.

On trouve également comme produit de la transformation de l'Amphibole un minéral brun pâle polychroïque (n_g brun pâle, n_p incolore), uniaxe négatif. Les caractères semblent répondre exactement à la SEYBERTITE. Je n'avais malheureusement pas de termes de comparaison. Le fait serait intéressant à noter, car M. Lacroix¹ indique la Seybertite comme n'ayant pas encore été rencontrée en France.

CHRYSOTILE : Lamelles avec un clivage parfait à la façon des micas. Incolores. Signe optique +, allongement (—).

Angle des axes mesuré à l'oculaire de Czapski $52^\circ 2'$.

Les deux minéraux Seybertite et Chrysotile forment des mâcles suivant la face p . Lorsqu'on trouve une face perpendiculaire à l'axe dans la clintonite, elle se trouve généralement associée à une face p de chrysotile montrant une bissectrice aiguë positive.

Les *Minéraux accessoires* sont la MAGNÉTITE et le LEUCOXÈNE, tous deux sans contours propres.

¹ A. Lacroix. *Minéralogie de la France*.

² Cette détermination de l'angle n'a pas grande valeur, étant donné qu'il a fallu se servir d'un indice moyen *donné* de la Seybertite; je n'ai pas pu faire la détermination de cet indice au réfractomètre, faute de plages convenablement polies.

N° 16. Micaschiste à biotite rouge. Banc intercalé entre deux masses amphiboliques.

Composition chimique :

SiO ₂	56.84
Al ₂ O ₃	22.16
Fe ₂ O ₃	4.58
FeO	4.44
CaO	3.08
MgO	3.47
K ₂ O	3.44
Na ₂ O	2.46
Perte au feu	2.42
	99.89

Au microscope, on voit la Biotite orientée parallèlement au plan de stratification.

BIOTITE uniaxe, signe optique (—). Polychroïsme ordinaire n_g brun rouge n_p à peu près incolore. Le minéral n'a jamais de contours (sauf la face p du clivage). Il est remarquablement conservé.

QUARTZ. — En cristaux de dimensions variables, de dernière consolidation. On rencontre d'assez grandes plages filoniennes, quelquefois aussi des trainées formées de plages plus petites diversement orientées. Pas d'extinctions onduleuses.

ORTHOSE. — Grandes plages associées au quartz, généralement fortement kaolinisées, ce qui empêche la détermination au réfractomètre.

LES PLAGIOCLASES existent en assez grande quantité, moindre que l'orthose toutefois, ils présentent la macle double de l'Albite et de la Péricline. N'ayant pu trouver de faces exactement orientées, je n'ai pu faire que des mesures approximatives des angles d'extinction par

rapport aux clivages. Les chiffres trouvés peuvent se rapporter à l'Albite ou à l'Oligoclase¹.

MINÉRAUX ACCESSOIRES.

GRENAT petits grains rares, sans contours propres.

MAGNÉTITE en plages irrégulières, petites et sans contours propres.

RUTILE, très rare, en aiguilles brunes.



N° 117. — ECGLOGITE. — Q. Quartz. — P. Plagioclases. — D. Diopside.
— H. Hornblende. — G. Grenat. — M. Magnétite.

N° 447. EGLOGITE. A l'œil nu, masse vert clair enveloppant de très nombreux grains de grenat atteignant parfois un diamètre de un centimètre. Très fréquemment le grenat est enveloppé d'une bordure foncée qui, au microscope, est principalement composée de Hornblende.

¹ F. Pearce et L. Duparc. *C. R.*, juillet 1901.

Le Grenat et le Pyroxène ont de beaucoup la prépondérance sur tous les autres minéraux.

Composition chimique :

SiO ₂	48,22
Al ₂ O ₃	46,10
Fe ₂ O ₃	3,55
FeO.....	42,80
CaO.....	40,00
MgO.....	7,61
Alcalis non dosés.	
	98,28

Au microscope :

QUARTZ de dernière consolidation. Parfois gros filonets exclusivement quartzeux. En outre on trouve un grand nombre de grains de petite dimension dispersés dans la masse de grandes plages de Pyroxène. Nous en reparlerons à propos du Pyroxène.

Les FELDSPATHS ne se trouvent qu'en faible quantité et toujours en petites plages, ce qui rend la détermination difficile. Je n'ai pu déterminer au réfractomètre que trois coupes. Toutes trois se placent entre l'Oligoclase et l'Andésine par leur indice moyen. Les Feldspaths se trouvent le plus souvent dans la zone amphibolique qui sépare généralement les Pyroxènes des Grenats.

Pyroxène. — Le Pyroxène existe en grande abondance, quoiqu'il ne forme jamais de très grandes plages continues. La surface est parsemée de grains de quartz, généralement arrondis qui semblent avoir corrodé le Pyroxène. Celui-ci est de beaucoup l'élément le plus abondant avec le Grenat dont il est souvent séparé par

une trainée foncée d'Amphibole, Quartz et Feldspath (ce dernier peu abondant).

L'extinction maximum sur la face g^3 est de 44 à 45° , L'angle des axes mesuré à l'oculaire Czapski a donné les résultats suivants.

1 ^{re} série de mesures	2 ^{me} série
(10 visées)	(10 visées)
$54^\circ 12'$	$55^\circ 32'$

Signe optique (+)

La biréfringence mesurée au comparateur a donné $n_g - n_p = 0.0249$. Mais ce chiffre a peu de valeur étant donnée l'incertitude de la mesure de l'épaisseur de la plaque, effectuée sur un quartz contenu dans le Pyroxène.

Clivages m développés, assez fins, à la façon du diallage. Toutefois l'angle des axes et les propriétés optiques font rentrer ce minéral dans le groupe du Diopside, quoiqu'il contienne de l'Alumine.

Voici la composition chimique de ce Pyroxène.

	Analyse I	Analyse II
SiO ₂	51.28	50.44
Al ₂ O ₃	5.00	5.00
Fe ₂ O ₃	2.95	7.19
FeO	9.58	4.10
CaO	19.17	21.37
MgO	11.93	10.90
Perte au feu..	0.49 (un seul dosage)	0.49
	<hr/> 400.40	<hr/> 99.49

Densité comprise entre 3.318	Dens. comp. entre 3.3511
et	et
3.292	3.3425

L'analyse n° 1 a porté sur gr. 0.4996 de matière

séparée par l'iodure de méthylène saturé d'iodure de mercure¹ et triée ensuite à la loupe avec beaucoup de soin (le triage a duré 4 mois environ pour 2 grammes de pyroxène, ce travail étant poursuivi une demi-heure à une heure chaque jour en moyenne).

L'analyse n° 2 a porté sur gr. 0.4895 de matière séparée par la liqueur lourde; examinée à la loupe, la poudre s'est trouvée contenir environ 4 % d'impuretés, principalement de l'Amphibole et quelques rares grains de Grenat et de Magnétite. Le triage ne parut dès lors plus nécessaire.

Si l'on examine les deux résultats précédents, on est frappé du peu de concordance qu'il y a entre le fer et la chaux. La présence des impuretés ne suffit pas à expliquer cette différence, et il ne semble pas qu'on y puisse trouver une raison autre que le défaut d'homogénéité du pyroxène lui-même dans la roche. Il n'y a d'ailleurs là rien de surprenant si l'on songe à la diversité de composition que peuvent présenter les feldspaths dans une même roche, voire même dans un même cristal zoné. Les analyses ont d'ailleurs porté sur des prises différentes, et comme on peut le voir, les limites de densité sont différentes.

Ici encore, on est surpris de voir que la densité plus forte ne correspond pas à la plus forte teneur en fer.

Quoiqu'il en soit, *il ne semble pas que le pyroxène contienne des alcalis*. Je ne puis toutefois pas affirmer le fait d'une manière positive, puisque l'une des analyses a donné un total inférieur à 100.

¹ Voir plus loin le détail des manipulations et au chapitre « Résumé et conclusions » les remarques sur ces analyses.

Le Pyroxène est constellé de points d'ouralitisation et souvent le contact entre le Pyroxène et l'Amphibole qui en résulte est difficile à marquer. On observe souvent dans le Pyroxène des masses réniformes formées d'un agrégat de minéraux de petites dimensions orientés à la façon des nervures d'une feuille. M. Lacroix a observé cette disposition dans des éclogites de Moncaup¹. On y trouve un minéral vert légèrement polychroïque, associé avec du Quartz et du Feldspath (la détermination pour ce dernier n'est pas possible, on ne peut se fier qu'aux sections perpendiculaires à un axe optique). M. Lacroix a observé une association analogue d'Amphibole et d'Anorthite. Ces agglomérations représentent peut-être un stade de l'ouralitisation et se trouvent toujours dans un cristal de Pyroxène.

AMPHIBOLE. — L'Amphibole abondante, mais moins que le Pyroxène et le Grenat, est une Hornblende commune, dont nous donnons ici la composition. La matière a été séparée également par la liqueur lourde.

Analyse I		Analyse II	
SiO ₂	41.24		43.04
Fe ₂ O ₃	6.33		6.54
Al ₂ O ₃	15.67		13.49
FeO.....	13.06		13.56
CaO.....	12.08		11.59
MgO.....	10.34		9.80
K ₂ O.....	0.29		0.40
Na ₂ O.....	1.24		1.43
Perte au feu.	0.80 (un seul dosage)		0.80
	104.02		100.35
Densité comprise entre		Densité comprise entre	
	3.292 et 3.220		3.2795 et 3.2064

¹ Lacroix. *Minéralogie de la France*, I, p. 582, fig. 16.

Quant aux propriétés optiques, cette Hornblende présente les caractères communs. Polychroïsme très marqué, n_g vert d'herbe foncé, n_p vert jaune. Extinction sur g' 19-21°. Signe optique (—).

Une variété à clivages très marqués provient selon toute apparence d'une transformation du Pyroxène; elle est en tout cas identique à la Hornblende formée sporadiquement sur les plages de Pyroxène. La Hornblende d'ouralitisation est souvent formée de plusieurs cristaux *diversement orientés* provenant tous d'un même cristal de Pyroxène.

Une autre variété d'Amphibole semble se rapprocher de la KELYPHITE; elle diffère de la précédente par un moindre développement des clivages et par le polychroïsme., n_g est d'un bleu verdâtre foncé. M. Michel Lévy¹ décrivant les Eclogites des Aiguilles Rouges dit que l'Amphibole est bleuâtre au contact du Grenat. Autant que nous avons pu l'observer, il semble que cette seconde variété a son origine dans une transformation du Grenat. On la retrouve en effet dans une roche du voisinage, remplissant avec du Quartz et du Feldspath un espace primitivement occupé par un Grenat. L'Amphibole est souvent transformée en CLINOCLORE à caractères optiques ordinaires.

GRENAT. — Le Grenat est une variété du Grenat commun participant de l'Almandine, du Pyrope et du Grossulaire par la composition. Il se présente en grains parfois de grandes dimensions, irréguliers; ses contours ne sont jamais bien définis et je n'ai que très rarement

¹ Michel Lévy. *Bulletin des services de la carte géologique de la France et des topographies souterraines*, Février 1890.

observé des contacts francs entre le Pyroxène et le Grenat. Les deux minéraux sont généralement séparés par de la Hornblende associée à des éléments blancs. Optiquement le Grenat ne semble pas présenter d'anomalies sensibles. Il est de couleur rose clair, et présente les cassures irrégulières caractéristiques. Les cassures sont souvent remplies de KÉLYPHITE. Rarement on observe à l'intérieur d'un Grenat de petites lames de Pyroxène, quelquefois avec contours cristallographiques.

Le Grenat a été séparé de la roche n° 117, dans une partie où il était à peu près exclusivement associé à du Quartz, ce qui a rendu la séparation facile par la liqueur lourde.

La densité est supérieure à 3.3546.

Composition chimique. — Dans la colonne I, nous donnons les chiffres correspondant à un Grenat constitué ainsi :

3. Almandine	$\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Fe}_3$
4. Grossulaire	$\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Ca}_3$
4. Pyrope	$\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Mg}_3$

Dans la colonne II sont enregistrés les chiffres trouvés par l'analyse.

	I	II
SiO ₂	38.36	37.37
Al ₂ O ₃	21.73	21.52
FeO	27.62	28.32
CaO	7.46	7.85
MgO	5.11	5.37
MnO		traces
	99.98	100.43

Tout le fer est à l'état ferreux. Gravimétriquement, Fe₂O₃ a donné 31.20 %. Le fer ferreux par titration volumétrique a donné 28.43, soit 31.58 Fe₂O₃.

MINÉRAUX ACCESSOIRES.

RUTILE. — Caractères optiques ordinaires; grains, quelquefois cristaux allongés avec la macle en genou. On observe parfois sur certaines lamelles un fin quadrillage triangulaire. Ce minéral est souvent associé au suivant.

MAGNÉTITE. — Ne présentant jamais de formes cristallines propres. Elle semble être d'origine secondaire.

ZIRCON. — Un seul cristal observé dans trois coupes de la même roche.

N° 119. A l'œil nu, roche analogue à la précédente. L'Amphibole est en beaucoup plus grande abondance, et c'est l'inverse pour le Pyroxène. Les minéraux constituants sont les mêmes. La roche est moins compacte et moins dure sous le marteau.

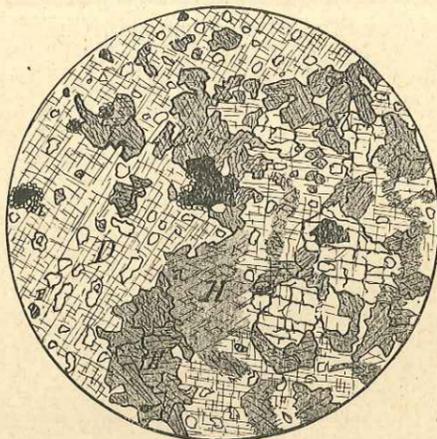
Au point de vue chimique, la plus forte différence est une moindre teneur en fer, ce qui correspond au fait que le Grenat est en plus faible quantité.

Composition chimique :

SiO ₂	47.04
Al ₂ O ₃	18.08
Fe ₂ O ₃	4.01
FeO	8.74
CaO	10.34
MgO	5.43
K ₂ O	1.35
Na ₂ O	4.12
Perte au feu	0.53
	99.58

Les minéraux constitutants sont les mêmes que pour le n° 117 ; les différences portent sur leurs proportions relatives.

Le QUARTZ se trouve disséminé dans toute la masse, formant des *enchevêtrements pegmatoïdes* avec le Pyroxène. Les Feldspaths, plus nombreux que dans le n° 117 sont indéterminables, vu leur petitesse et leur mauvais état de conservation.



N° 119. — ECGITE. — Q. Quartz. — P. Plagioclases. — D. Diopside.
— H. Hornblende. — L. Leucoxène.

Le PYROXÈNE et le GRENAT cèdent tous deux le pas à l'Amphibole. Ce qui est très caractéristique dans cette roche, c'est qu'on y voit fréquemment de grandes plages accusant les contours d'un Grenat (ce dernier minéral étant souvent conservé au centre ou en plusieurs points), mais formées essentiellement d'Amphibole et d'éléments blancs où le Feldspath se trouve en proportion notable. Ces plages sont limitées à l'extérieur par une traînée

amphibolique pareille à celle qui sépare le Pyroxène du Grenat dans la roche n° 117. Au delà de cette traînée on retrouve le Pyroxène associé avec des éléments blancs et présentant un grand nombre de points d'ourlisation. Ici encore on observe souvent de grands cristaux d'Amphibole passant insensiblement à un cristal de Pyroxène, sans qu'il soit possible de trouver une limite nette.

Tous ces faits laissent supposer que l'on se trouve en présence d'une masse primitivement formée de Pyroxène et de Grenat, et que ces deux éléments ont tous deux subi une transformation en Amphibole. Il y a des raisons sérieuses de croire que la cause de cette transformation est l'intrusion de la granulite. Nous reviendrons sur ce sujet, mais il est bon de dire ici que la transformation plus complète des Pyroxènes et des Grenats dans le voisinage de leur contact se conçoit très bien par le fait que ce contact présente une surface de plus faible cohésion, et partant tout élément intrusif exercera son action d'abord en ces points, où la pénétration est plus facile ; cela reste vrai d'ailleurs, que la transformation soit due au magma lui-même ou aux minéralisateurs qui l'accompagnent.

Parmi les *minéraux accessoires*, il faut citer une association de MAGNÉTITE et de LEUCOXÈNE que M. Duparc a déjà observée dans les Eclogites du massif du Mont-Blanc.

Roche n° 120. A l'œil nu, roche vert foncé tachetée de rose. La masse principale semble formée d'Amphibole et de Grenat.

Composition chimique:

SiO ₂	43.48
Al ₂ O ₃	47.93
Fe ₂ O ₃	4.88
FeO	12.25
CaO	10.40
MgO	7.42
K ₂ O	0.07
Na ₂ O	2.97
	<hr/>
	99.40

Au microscope :

Les minéraux constituants sont les mêmes que dans le n° 119.

QUARTZ et FELDSPATH peu abondants, surtout en petits cristaux associés avec le Pyroxène. Les Feldspaths ne sont pas déterminables.

PYROXÈNE, pour les caractères optiques, voir n° 117. Un même individu de Pyroxène peut passer en plusieurs points de sa masse à des cristaux de Hornblende d'orientations diverses, souvent sans limite nette.

GRENAT, mêmes caractères qu'au n° 117.

MINÉRAUX ACCESSOIRES.

RUTILE et MAGNÉTITE généralement en grains sans contours propres.

N° 121. Roche peu résistante sous le marteau, d'un vert foncé avec Grenats moins abondants que dans les précédentes. Elle est traversée de nombreux filons blancs formés essentiellement de quartz et de feldspaths acides.

Composition chimique.

SiO ₂	47.74
Al ₂ O ₃	47.55
Fe ₂ O ₃	4.45
FeO	12.62
CaO	10.00
MgO	6.04
K ₂ O	0.22
Na ₂ O	1.24
Perte au feu	—
	<hr/>
	99.50

Au microscope :

QUARTZ grandes plages filoniennes de dernière consolidation.

FELDSPATHS de petite dimension. Pas de bonnes coupes déterminables.

Le PYROXÈNE se trouve en très faible quantité. Quelques noyaux de faible étendue épargnés par l'ouralite.

L'AMPHIBOLE forme le corps principal de la roche. C'est une Hornblende ayant des caractères identiques à ceux que nous avons vus plus hauts. Elle est parfois associée à du clinocllore qui semble provenir de sa décomposition. Ce minéral présente les caractères ordinaires. Uniaxe (—).

Les GRENATS, moins abondants que dans l'Eclogite franche, sont de dimensions plus faibles et plus décomposés. Dans les cassures, on trouve fréquemment de la *Kélyphite*.

MINÉRAUX ACCESSOIRES.

SPHÈNE en grands fuseaux, à caractères optiques communs.

APATITE en grains, formant de petits amas. Peu abondante.

RUTILE en grains de faible dimension quelquefois entourés de sphène.

ZIRCON très peu abondant, en petits grains.

Cette roche se présente au microscope comme une Amphibolite grenatifère. Ce n'est qu'en suivant le passage à partir des Eclogites, et grâce à la présence, très rare d'ailleurs, de petits noyaux pyroxéniques que l'on peut affirmer que l'on a affaire à une Eclogite ouralitisée. Il est important de noter que la roche contient des filons blancs visibles à l'œil nu.

N° 422. A l'œil nu, sur un petit échantillon, on pourrait prendre la roche pour de l'Amphibole massive. Sur le terrain, on voit ses bancs traversés par des filons blancs ramisés qui paraissent composés exclusivement de Quartz et Feldspath. Je n'ai pas examiné ces filons sous le microscope.

Composition chimique :

SiO ₂	43.90
Al ₂ O ₃	48.20
Fe ₂ O ₃	6.43
FeO	10.43
CaO	10.60
MgO	7.46
Perte au feu	0.64
Alcalis	non dosés
	97.68

Au microscope :

HORNBLÈNDE en grands cristaux entourant de grandes plages à structure granitique formées d'une association de Hornblende Feldspath et Quartz, avec grains irréguliers de Magnétite. Cette disposition rappelle celle des Eclogites moins complètement transformées où le

Grenat existe encore, entouré de grands cristaux de Hornblende d'ouralitisation.

QUARTZ. Grands cristaux filoniens. Très peu abondant. Ce minéral, comme dans toute la série qui précède, est de dernière consolidation.

FELDSPATHS en cristaux très petits, sans contours propres. Une lamelle présentant des mâcles a donné au réfractomètre un angle de 9°7' correspondant à un indice moyen de 1.553, ce qui correspond à l'ANDÉSINE.

Une autre lamelle biaxe a donné 9°38', ce qui place également la coupe dans le voisinage de l'Andésine.

AMPHIBOLE. — Hornblende identique aux précédentes. Ici on n'observe plus les plages à polychroïsme bleuâtre que nous avons vues dans d'autres coupes et qui semblent provenir d'une transformation du Grenat,

MINÉRAUX ACCESSOIRES.

MAGNÉTITE ne présentant jamais de contours cristallins, associée avec le minéral suivant :

LEUCOXÈNE à caractères optiques, commun.

RUTILE en petits grains, peu abondant.

APATITE, un petit nombre de grains arrondis.

N° 423. Micaschiste à Biotite. Banc en contact avec l'Amphibolite grenatifère.

Composition chimique :

SiO ₂	64.86
Al ₂ O ₃	6.93
Fe ₂ O ₃	16.70
CaO	3.24
MgO	3.54
K ₂ O	2.08
Na ₂ O	4.07
Perte au feu	4.59
	99.98

Au microscope, les minéraux sont les mêmes qu'au n° 16. La seule différence est que la BIOTITE se trouve généralement en plages plus grandes. C'est une Biotite à fort polychroïsme (n_g rouge brun, n_p incolore).

QUARTZ sans contours propres, souvent à extinctions onduleuses.

Les FELDSPATHS sont les mêmes que dans la roche n° 16.

Les minéraux accessoires sont la MAGNÉTITE, l'OLIGISTE et le ZIRCON.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES AU POINT DE VUE DE LA COMPOSITION DES ROCHES EN BLOC

Nous avons vu dans la série précédente des types d'acidité variable, depuis la Granulite jusqu'aux Eclogites franches. Les limites extrêmes de teneur en silice étant 74 % et 43 %.

Il est frappant de constater tout d'abord qu'avec des roches aussi basiques que les Eclogites, on n'ait parmi les Feldspaths aucun type dont l'acidité soit supérieure à celle de l'Andésine. Si l'on rapproche de ce fait cet autre que le Quartz et le Feldspath sont très souvent les éléments constituants de filonnets recoupant nettement la roche, on est tenté d'admettre que ces éléments acides sont d'un apport secondaire. Il existe, il est vrai, des enchevêtrements pegmatoïdes (voir n° 119, page 26) de Quartz et de Feldspaths avec du Pyroxène, mais dans ces associations, le Quartz et le Feldspath semblaient toujours avoir rempli des vacuoles à contours plus ou moins arrondis. Jamais on n'observe de

contours comparables à ce que l'on voit dans les pegmatites graphiques.

Nous avons vu (coupe n° 117, page 18) que le Grenat et le Pyroxène étaient toujours séparés par une auréole d'Amphibole et nous avons dit à ce propos comment cette disposition relative des trois minéraux s'explique, en admettant que la transformation en Hornblende soit due à l'intrusion d'un élément étranger. Si cela est vrai, partout où les Eclogites seront abondamment traversées par des apophyses feldspathiques de la Granulite, le Pyroxène n'existera plus; c'est bien en effet ce que l'on observe d'une manière frappante et en grand sur le terrain. Au contraire, tous les filons blancs qui traversent les Eclogites non transformées, sont composés à peu près exclusivement de Quartz. Ce sont précisément ces faits observés sur le terrain qui m'avaient fait penser à attribuer le phénomène de l'ouralitisation à la pénétration de la Granulite, et c'est afin de vérifier cette hypothèse qu'a été entreprise l'étude détaillée des trois minéraux, Amphibole, Pyroxène et Grenat, au point de vue de la composition chimique, étude dont les résultats ont déjà été signalés dans la description de la coupe n° 117.

SÉPARATION ET ANALYSE DES MINÉRAUX

Les trois minéraux à étudier ont des densités voisines de la densité maximum du iodure de méthylène, et leur séparation présente quelque difficulté. Pour le Grenat, le plus dense des trois, la chose eût été à peine réalisable si la roche n'avait présenté par places

cette particularité d'être composée d'une manière à peu près exclusive de Grenat, de Feldspath et de Quartz. Il était dès lors facile, avec une liqueur de densité 3.292. de faire la séparation.

La difficulté de la séparation est, en apparence, moins grande pour le Pyroxène et l'Amphibole, le premier ayant une densité comprise entre 3.29 et 3.35, tandis que la Hornblende est comprise entre 3.29 et 3.20¹. Pratiquement, la séparation par les liqueurs lourdes s'est trouvée très difficile à réaliser; il est vrai que je n'ai pas soumis les poudres à l'aspiration par la machine pneumatique; mais indépendamment de cela, il est extrêmement difficile, lorsqu'on doit opérer sur une poudre fine (grains de 0^{mm},1 à 0^{mm},3 de diamètre) d'éviter l'entraînement d'un corps par l'autre.

Le Pyroxène présentant sur toutes ses plages de nombreux points d'ouraltisation imperceptibles à l'œil nu, il est impossible, par un triage préalable, de pousser la purification bien loin. Il devient nécessaire de pulvériser très fin pour que de petites surfaces d'Amphibole soient visibles à la loupe.

Quoique j'eusse pris pour deux séries de séparation de Pyroxène, des densités comprises entre 3.3514 et 3.3425 d'une part, 3.318 et 3.292 d'autre part, dans les deux cas la poudre s'est montrée impure sous la loupe et pour la prise (3.318-3.292) j'ai eu recours à un triage à la loupe au moyen d'une aiguille à dilacérer. J'ai dû faire ce travail fatigant pendant quatre mois pour obtenir deux grammes de poudre.

¹ L'iodure de méthylène dont je disposais avait une densité de 3.292.

Description des procédés employés.

La roche a été concassée au mortier d'acier et passée après extraction du fer par un électro-aimant, à travers une série de tamis présentant les dimensions suivantes :

	N°	Nombre de fils par cent (moyenne)
Tamis de laiton	4	6.45
	2	40.45
	3	22.13
Tamis de soie	4	30
	5	50

La poudre qui a servi aux analyses était le refus du tamis n° 5. Après un triage préalable à l'œil nu, le refus de chaque tamis a été examiné à la loupe et les morceaux pauvres écartés. De cette manière, le refus du tamis n° 5 se trouvait déjà considérablement enrichi dans chaque cas pour la matière à analyser.

La poudre extraite de cette façon était lavée deux heures sur le tamis n° 5, dans un courant d'eau; cette précaution est nécessaire si l'on veut se débarrasser de toute trace de poudre fine. Cette dernière retenant de l'air, pourrait gêner beaucoup la séparation par la liqueur lourde. La quantité de poudre traitée à la fois ne dépassait jamais 4 grammes pour 200 grammes d'iodure de méthylène ou de borotungstate de cadmium.

La poudre ainsi obtenue était lavée à l'eau distillée puis séchée à l'étuve pendant plusieurs heures. Ensuite elle était introduite par petites portions en agitant chaque fois la liqueur dans un entonnoir à robinet. Je n'ai pas pris la précaution de faire le vide sur le liquide, ainsi que l'indique M. Goldschmidt¹.

¹ *Neues Jb. f. Min.*, 1881.

18 AOUT 2003

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

Mais comme la matière était toujours triée à la loupe avant d'être soumise à l'analyse, cette précaution n'était pas indispensable. D'ailleurs, faire le vide au-dessus d'un liquide aussi volatile que l'iodure de méthylène serait une précaution illusoire, tandis qu'avec une solution de borotungstate de cadmium, on arriverait à la sursaturation et à la solidification d'une partie du sel.

Grenat. — Pour le Grenat, ainsi qu'il a été dit plus haut, la roche qui a servi à l'extraction de ce minéral contenait à peu près exclusivement du *grenat*, du *quartz* et peut-être des feldspaths (je n'ai pas pu observer ces derniers en quantité appréciable sous le microscope). Il était facile dès lors de séparer du grenat dans un iodure de méthylène de densité 3,292. Le minéral était accompagné de magnétite en très faible quantité. Malgré la forte différence de densité, avec trois traitements successifs, la matière contenait encore des grains hyalins de quartz.

Amphibole. — Pour l'Amphibole, la roche qui a servi à l'extraction est une Amphibolite grenatifère contenant peu de Pyroxène. La roche tamisée a été enrichie comme il a été indiqué plus haut. Il s'est trouvé en comptant les grains de la poudre finale qu'elle contenait entre 3 et 4 grains de minéraux étrangers sur 120, comptés sur une lamelle de verre où une petite quantité de poudre avait été étendue. Il était inutile dès lors, au point de vue de la composition chimique, de recourir à un triage à la loupe.

Une certaine portion a été fixée dans du baume de Canada et examinée sous le microscope. Les grains se sont montrés ainsi, à peu près tous, formés exclusivement d'Amphibole.

Pyroxène. — Pour le Pyroxène, le début de l'opération a été le même que pour les minéraux précédents, jusqu'à la séparation par la liqueur lourde. Celle-ci a été répétée plusieurs fois sur de petites portions, et les densités extrêmes ont été mesurées chaque fois au pycnomètre. Les chiffres extrêmes obtenus sont 3,3511 et 3.3406 pour une série d'opérations et 3.318 et 3.292 pour une autre.

La poudre obtenue était ensuite soumise à un triage à la loupe. De petites portions (1 décigramme environ) étaient étendues sur un porte-objet et examinées au moyen d'une loupe ayant un grossissement de 40 diamètres. Les grains impurs étaient écartés à l'aide d'une aiguille à dilacérer. C'est là un travail extrêmement fatigant, mais je ne crois pas qu'on puisse l'éviter lorsqu'il s'agit de séparer des minéraux de densités aussi voisines que le Pyroxène et l'Amphibole.

Résultats de l'analyse et conclusions.

Nous donnons ici les résultats de l'analyse des trois minéraux¹. Les chiffres indiqués ici pour l'Amphibole sont les moyennes des chiffres donnés plus haut (p. 22). Pour le Pyroxène, c'est l'analyse n° I qui a été prise.

¹ Il n'est pas sans intérêt de noter ici les différences qui se sont révélées à l'analyse entre le Grenat d'une part et le Pyroxène et l'Amphibole de l'autre. Tout d'abord, tandis que l'orthosilicate est d'une désagrégation facile, les deux autres doivent être chauffés au bec et au chalumeau beaucoup plus longtemps. En outre, il semble que les métasilicates fondus avec le carbonate de soude donnent un silicate de soude plus difficile à décomposer. Voici les raisons qui me conduisent à cette conclusion.

Une première analyse a été effectuée respectivement pour l'Amphibole et le Pyroxène en évaporant deux fois à sec au bain-

	Grenat.	Pyroxène.	Amphibole.
SiO ₂	37.37	51.28	42.44
Al ₂ O ₃	21.52	5.00	6.44
Fe ₂ O ₃	—	2.95	14.93
FeO	28.32	9.58	13.31
CaO	7.85	49.17	11.88
MgO	5.37	11.93	10.05
K ₂ O	—	—	0.34
Na ₂ O	—	—	1.33
Perte au feu.	—	0.49	0.80
	<hr/> 100.43	<hr/> 100.40	<hr/> 101.22

Il est important de noter le résultat trouvé pour le

marie pour l'extraction de la silice. Les résultats ont été les suivants :

	Pyroxène	Amphibole
SiO ₂	49.12	38.95
Al ₂ O ₃ } non séparés	19.00	15.60
Fe ₂ O ₃ }		6.41
FeO	—	13.59
CaO	18.50	11.07
MgO	11.00	9.49
K ₂ O	—	0.29
Na ₂ O	—	1.24
PaF	—	0.80
	<hr/> 97.62	<hr/> 97.44

Le total de l'analyse du Pyroxène laissait une marge assez considérable pour les alcalis et la perte au feu. D'autre part l'analyse de l'Amphibole donnait un résultat très faible, quoique les alcalis fussent dosés. Dans les minéraux qui nous occupent, il est vrai que le manganèse n'est pas dosé. Mais il existe certainement en quantité beaucoup trop faible pour combler la lacune dans le total de l'Amphibole. La différence ne pouvait provenir que de la silice, car pour tous les autres corps, une fois la solution chlorhydrique obtenue, le dosage est quantitatif. Je fis donc une seconde analyse pour les deux minéraux, en faisant trois

Pyroxène. Ce qui frappe tout d'abord, c'est que le *minéral ne paraît pas contenir d'alcalis*. Je ne puis affirmer le fait d'une manière positive, vu le résultat de l'analyse II (description de la coupe n° 117), mais si l'on se rappelle que l'analyse dont le total est inférieur à 100 a porté sur une matière qui n'était pas absolument pure (voir page 24) on est fondé à conclure que le Pyroxène est bien exempt d'alcalis. Pour établir le fait d'une manière irréfutable, il aurait fallu faire un

évaporations à sec, jusqu'à ce que toute la masse fût devenue rouge brun. Les résultats de ces opérations furent les suivants :

	Pyroxène	Amphibole
SiO ₂	50.39	39.31
Al ₂ O ₃ } non séparés	18.96	15.60
Fe ₂ O ₃ }		6.07
FeO	—	13.59
CaO	18.86	11.80
MgO	11.26	9.92
K ₂ O	—	0.29
Na ₂ O	—	1.43
PaF	—	0.80
	<hr/> 99.47	<hr/> 98.71

il y avait encore doute au sujet d'une teneur possible en alcalis.

Une troisième tentative faite en évaporant six fois à sec dans une grande capsule de platine protégée par une plaque de verre a donné les résultats que nous avons adoptés et qui sont inscrits sous le chiffre I dans les descriptions détaillées de deux minéraux dans la coupe n° 117. Enfin, comme le fait de la longueur des évaporations pouvait avoir, par l'introduction de poussières, faussé les résultats, je fis un quatrième et dernier contrôle, dont les résultats pour le Pyroxène et l'Amphibole sont enregistrés sous le chiffre II (coupe n° 117) et où l'extraction de la silice a été faite par une seule évaporation à sec au bain-marie, suivie de 12 heures d'étuve entre 106° et 114°. Les alcalis pour l'Amphibole et le fer ferreux pour les deux minéraux furent dosés à nouveau. Le fer total a été dosé volumétriquement.

essai chimique direct pour la recherche des alcalis. Je n'ai pas fait cet essai, parce que j'ai reculé devant la nécessité, pour arriver à des résultats quelque peu sûrs, d'obtenir trois grammes au moins de poudre triée à la loupe, étant donnée la faible teneur possible en alcalis, s'il y en a.

D'ailleurs, ces analyses ne sont pas les seules qui aient donné de pareils résultats. Voici ceux d'une analyse faite par Hawes¹ sur un diopside et l'Amphibole qui en résulte.

	Pyroxène.	Amphibole.
SiO ₂	51.05	42.97
Al ₂ O ₃	2.02	11.90
Fe ₂ O ₃	1.30	3.08
FeO.....	12.18	13.84
MnO.....	0.12	0.48
MgO.....	10.02	11.49
CaO.....	22.07	11.63
Na ₂ O.....	—	2.73
K ₂ O.....	—	0.88
Perte au feu.....	0.34	0.38
	99.40	99.38

Il est curieux de rapprocher les teneurs en silice dans le diopside et l'Amphibole qui en dérive dans ces dernières analyses et dans celles que nous avons citées plus haut.

M. Hawes considère les deux minéraux comme se produisant simultanément, et dit qu'une différence de composition doit nécessairement exister pour que les deux minéraux puissent se produire en même temps.

Le fait de la production simultanée de deux espèces

¹ Hawes. *American Journal of Science*, 16, 397, 1878.

se trouve d'ailleurs confirmé d'une manière très probante par les résultats suivants qui se rapportent à un Pyroxène vert et à une Hornblende mâclés se produisant dans les vacuoles d'une lave et que l'auteur considère comme des produits de sublimation¹.

	Pyroxène vert.	Amphibole.
Densité.....	3.252	3.112
SiO ₂	48.4	41.7
Al ₂ O ₃	5.6	8.3
Fe ₂ O ₃	—	14.7
FeO.....	9.5	—
MgO.....	13.7	16.5
CaO.....	22.9	14.5
Na ₂ O.....	—	[4.3] (par différence)
PaF.....	0.26	—
	100.36	100.00

L'auteur dit lui-même qu'il n'a pas dosé les alcalis, et il suppose simplement que le minéral ne contient que de la soude. Ici encore, il est curieux de voir combien les teneurs en silice se rapprochent de ce que nous avons vu pour les Aiguilles Rouges.

Dans le cas de minéraux formés dans des vacuoles et régulièrement mâclés, il est hors de doute qu'on ait affaire à deux minéraux de composition différente se produisant simultanément. Mais il est important de noter ici que les *minéralisateurs* ne sont pas étrangers à leur formation.

Mais revenons à nos Eclogites. Le seul fait de la disposition relative du Pyroxène et de l'Amphibole ne suffit en somme pas à prouver que l'un des minéraux

¹ Rath. *Pogg, Erg.*, 6 229, 1873.

provient de l'autre. Même avec une différence de composition telle que nous l'avons vue, il se pourrait fort bien que les deux espèces se fussent produites simultanément en affectant l'une des dispositions que l'on considère souvent comme caractéristique de l'ouralitisation.

M. Zirkel¹ fait une discussion judicieuse des diverses façons dont on interprète les dispositions relatives que peuvent prendre le Pyroxène et l'Amphibole, et constate que bien souvent on admet sans le discuter le fait de l'antériorité du Pyroxène, qu'il se trouve au centre de la masse ou au contraire à sa périphérie.

G. Rose² a créé le nom d'Ouralite pour une Amphibole qui avait conservé les clivages du Pyroxène. Dans ce cas, l'origine de l'Amphibole n'est pas douteuse, mais il faut dire que ce cas est extrêmement rare, et bien plus souvent on admet le fait de l'ouralitisation sans le discuter.

Etant donné la généralité du fait de l'association du Pyroxène et de l'Amphibole, il est curieux que l'on ne possède pas plus de données chimiques sur les deux minéraux associés; ces données, en effet, sont peut-être les seules qui puissent conduire un jour à une interprétation générale du phénomène de l'ouralitisation.

Outre les deux analyses que nous avons citées plus haut, et dont les résultats concordent remarquablement avec les nôtres, je n'en connais que deux. L'une se rapporte aux éléments d'une Augite ouralitisée de l'état de Québec, est dûe à M. B. Harrington, l'autre à

¹ Zirkel, *Lehrbuch der Petrographie*, p. 316.

² Rose, *Reise nach dem Ural*, in Zirkel.

M. Dahms, et se rapporte à des minéraux provenant du Transvaal.

I. Augite d'Ottawa C^o Québec.

Ia. Ouralite qui provient du précédent.

II. Diallage d'un gabbro de Zwartkopje. Transvaal.

IIa. Ouralite dérivée du précédent.

	I	Ia	II	IIa
SiO ₂	50.87	52.82	53.53	52.73
Al ₂ O ₃	4.57	3.24	3.42	4.70
Fe ₂ O ₃	0.97	2.07	5.09	5.26
FeO.....	4.96	2.74	43.54	40.24
MnO.....	0.45	0.28	—	—
CaO.....	24.44	15.39	6.49	42.58
MgO.....	45.37	49.04	48.77	42.59
K ₂ O.....	0.50	0.69	0.20	0.06
Na ₂ O.....	0.22	0.90	0.57	0.23
PaF.....	4.44	2.40	—	4.54
	100.49	99.54	404.04	99.90
Densité....	3.484	3.003	3.340	3.038

Les résultats de ces analyses sont tout différents des trois autres dont il a été question plus haut. D'abord l'acidité varie fort peu entre le Pyroxène et son dérivé, et en outre la variation de teneur porte surtout sur la chaux et la magnésie dont la somme réduite à l'un des deux éléments varie peu. En outre Pyroxène et Amphibole contiennent des alcalis; dans un cas la proportion augmente, dans l'autre elle diminue et on ne peut en tirer aucune conclusion¹.

¹ M. Dahms indique (*Neues Jb.*, Beil. VII, p. 95-99), les quantités de matière qu'il a employées pour déterminer les alcalis. Pour l'analyse II c'est gr. 0.5322, pour IIa gr. 0.4807. Étant donnée la basicité du minéral et la faible teneur en alcalis, ces quantités sont peut-être trop faibles pour qu'on puisse compter sur de bons résultats.

M. Zirkel pense que l'ouralitisaiton dans le cas étudié par Rose peut être attribuée à une action de l'eau. M. Lacroix (*Minéralogie de la France*, I, 580), cite de nombreux cas d'ouralitisaiton et constate la généralité du phénomène. Il dit : « Cette transformation en amphibole semble se produire par départ de chaux. » Plus loin (p. 582, texte de la fig. 16), M. Lacroix a observé dans une Eclogite de Moncaup la production d'Amphibole aux dépens du Pyroxène et du Grenat, et c'est au contact des deux que se forme un mélange d'Amphibole vermiculée et d'Anorthite.

Le phénomène de l'ouralitisaiton, d'après ce qui précède, ne peut être considéré comme démontré que dans un nombre limité de cas, en particulier lorsque les éléments cristallographiques du Pyroxène sont conservés. Dans tous les autres, le doute persiste et il faudrait apporter des preuves nouvelles.

Dans le cas des Eclogites des Aiguilles Rouges, un fait semble militer en faveur de l'ouralitisaiton, c'est que dans le voisinage de la granulite, on trouve des couches de passage ayant l'aspect de pegmatites à grands cristaux d'*Amphibole*; le Pyroxène fait absolument défaut dans ces roches. En outre les Eclogites elles-mêmes se montrent plus riches en Amphibole lorsque l'élément feldspathique est plus largement représenté. Si l'on ajoute à cela que le Pyroxène ne contient pas d'alcalis et contient beaucoup moins d'alumine que l'Amphibole, on ne peut s'empêcher de faire un rapprochement entre la présence d'alcalis dans l'Amphibole et l'apport de cet élément par la Granulite. Ce n'est là, certes, qu'une hypothèse qui vient s'ajouter à d'autres, mais qui mériterait peut-être une tentative de repro-

duction artificielle. Cette voie présenterait quelque avantage sur la méthode analytique; celle-ci a l'inconvénient de nécessiter un triage à la loupe extrêmement pénible, et en outre le dosage de faibles quantités d'alcalis ne donne pas des résultats absolument certains.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Cet index bibliographique ne comprend que les ouvrages ayant fait mention spécialement des roches cristallines du lac Cornu, ainsi que de ceux qui ont pour but une étude détaillée du phénomène de l'ouralitisaiton.

- Dahms*. Neues Jahrbuch, VII. Beil.
Dana. A System of Mineralogy, 1896.
A, Favre. Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc.
Hawes. American Journal of Science, 16, 397, 1878.
Lacroix. Minéralogie de la France. t. I, p. 580.
Michl-Lévy. Bulletin des services de la carte géologique de la France et des topographies souterraines. Février 1890.
Necker. Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, 1828, IV.
Rath. Annales de Poggendorf. Erg. 6, 229, 1873.
Richter et Scheerer. Annales de Poggendorf. 84, 383. 1851.
Zirkel. Lehrbuch der Petrographie. I, p. 316 et suiv.
Rose in Zirkel.
Pearce et Duparc. Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, juillet 1901.
L. Duparc et L. Mrazec. Mémoires de la Société de Physique, XXXIII, 1. Recherches géologiques et pétrographiques sur le massif du Mont-Blanc.
L. Duparc, F. Pearce et E. Ritter. Mémoires de la Société de Physique, XXIII, 2. Les roches éruptives des environs de Ménerville.
Goldschmidt. N. Jb. für Min. 1881.