

PÉTROLOGIE. — *Origine des amphibolites à saphirine, corindon et grenat de la formation précambrienne du Vohibory (SW de Madagascar).* Note de **Christian Nicollet**, présentée par Maurice Roques

Les amphibolites à saphirine, corindon et parfois grenat (associées à des métatroctolites) du Vohibory, proviennent du métamorphisme de cumulats magmatiques à plagioclase + olivine ± clinopyroxène. Amphibolites et métatroctolites se sont formées dans les mêmes conditions Pt-T (Pt = 9-11,5 Kb; T = 750-850°C). Cependant, l'évolution métamorphique de la métatroctolite est inachevée (assemblages coronitiques) certainement à cause d'une faible activité de l'eau et l'amphibolitisation n'a pas lieu.

PETROLOGY. — *Origin of saphirine, corundum and garnet bearing amphibolites from the Precambrian Vohibory formation (SW Malagasy).*

The saphirine, corundum and sometimes garnet bearing amphibolites (associated with metatroctolites) from Vohibory result from the metamorphism of igneous cumulates of plagioclase + olivine ± clinopyroxene. Metatroctolites and amphibolites are formed under the same Pt-T conditions (Pt = 9-11.5 Kb; T = 750-850°C). However, the metamorphic evolution of the metatroctolites is unfinished (coronitic assemblages), certainly on account of a low water activity and the "amphibolisation" does not occur.

La saphirine apparaît dans des roches de composition chimique bien précise : il s'agit de roches riches en magnésium et alumine, pauvre en silice : métasédiments magnésiens et roches anorthositiques dans des complexes plutoniques basiques-ultrabasiques métamorphisés dans les conditions du faciès amphibolite profond-faciès granulite [e. g. 1].

Dans le précambrien malgache, les roches à saphirine sont connues depuis longtemps et une origine paradérivée est généralement proposée ([2], [3]). Nous avons signalé [4] l'existence d'amphibolites à corindon et saphirine dans la formation du Vohibory (SW de Madagascar). Trois gisements sont connus : Anavoaha, Marolinta et Ianapera (extrémité NE de la formation).

Dans la région affectée par un métamorphisme barrovien atteignant les conditions de la migmatite, ces amphibolites sont systématiquement associées à des serpentinites et des granulites à grenat (salite, grenat almandin, andésine, magnésiohornblende brune).

A Anavoaha, elles contiennent du grenat et entourent un massif de métatroctolite coronitique. Un filon anorthositique métrique recoupe ces roches. Dans les amphibolites d'Ianapera la saphirine en abondance est visible à l'œil nu et peut être centimétrique dans des filonnets anorthositiques.

ÉTUDE PÉTROLOGIQUE DES GISEMENTS D'ANAVOHA ET MAROLINTA. — *Anavoaha.* — La métatroctolite est une roche à grain fin (< 3 mm). Le plagioclase calcique (bytownite) est schillérisé. Quelques cristaux d'augite de la paragenèse magmatique sont bordés de hornblende brune. La majorité des minéraux ferromagnésiens est représentée par un ensemble coronitique qui comprend au centre un agrégat polycristallin granuleux de bronzite autour duquel se développe une fine auréole médiane de clinopyroxène ou de pargasite, une auréole de grenat riche en composant magnésien (pyr ≈ 50 %, alm ≈ 30 %, gro ≈ 20 %) et/ou une auréole symplectitique de pargasite + spinelle vert. La présence rare d'olivine au cœur de ces amas coronitiques montre que ceux-ci sont le résultat d'une réaction classiquement décrite entre l'olivine et le plagioclase dans les conditions du faciès granulite (e. g. [5]). La proportion des minéraux Fe-Mg/Pl est variable et on observe quelques niveaux décimétriques d'anorthosites.

Les paragenèses des amphibolites entourant la métatroctolite sont :

- (1) gédrite + Mg hornblende verte;
- (2) gd + Mg Hbv + Pl calcique + corindon;

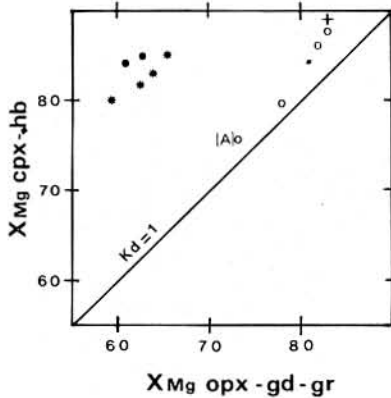


Fig. 1

Fig. 1. — Répartition Fer-Magnésium entre les couples Opx-Cpx (+), Opx-Hb (.) dans les métatroctolites, Hb-gd (O) dans les amphibolites et dans l'anorthosite d'Anavoha (A), Hb-Ga dans les métatroctolites (●) et dans les amphibolites (*). $X_{Mg} = Mg \times 100 / (Mg + Fe^{2+})$. Analyses réalisées par D. Ackermann (Kiel) et A. Leyreloup (Montpellier).

Fig. 1. — *Magnesium-Iron distribution for the mineral pairs.*

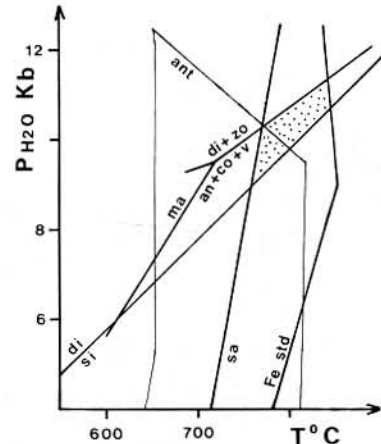


Fig. 2

Fig. 2. — Conditions de stabilité de l'anorthosite d'Anavoha à partir des courbes expérimentales ([12], [15] à [18]). Std, staurotide; sa, saphirine; ant, anthophyllite; di, disthène; si, sillimanite; ma, margarite; co, corindon; an, anorthite; zo, zoïsite; V, vapeur.

Fig. 2. — *P-T conditions of stability for the Anavoha anorthosite according to experimental curves of mineral equilibria.*

(3) gd + Mg Hbv + Pl Ca + Co + grenat;

(4) Mg Hbv + Pl Ca + Co + ga + saphirine;

± spinelle vert.

Ces minéraux ont une composition chimique homogène et ne sont pas zonés. Les minéraux ferromagnésiens ont des rapports Mg/Fe élevés qui diminuent lorsque la proportion de plagioclase augmente. On remarque que l'orthoamphibole et la saphirine n'existent pas ensemble. L'orthoamphibole grise est une gédrite dans la classification de Leake [6]. Toutefois, une analyse aux rayons X réalisé par Seifert montre qu'il s'agit d'une orthoamphibole intermédiaire composé de lamelles d'exsolution invisibles au microscope d'anthophyllite dans la gédrite [7]. Le plagioclase est calcique (bytownite-anorthite). La teneur en pyrope des grenats varie entre 53 et 59 % pour des valeurs de 30-35 % d'almandin et moins de 10 % de grossulaire. Certains cristaux en atoll ou disposés en chapelet se localisent à la limite plagioclase-amphibole, suggérant une disposition coronitique. La saphirine forme des tablettes dans le plagioclase ou dans la hornblende. Elle est souvent intimement liée au corindon et au spinelle vert, ce qui suppose un équilibre entre ces trois minéraux. On peut trouver du spinelle brun chromifère appartenant à l'association magmatique initiale.

Le passage est progressif entre ces amphibolites et l'anorthosite dont l'association minéralogique est : anorthite + corindon et/ou grenat ± Mg Hbv ± gd ± staurotide ± saph ± sp brun. Signalons que la saphirine est très rare et qu'une augmentation de la proportion de la staurotide (quelques pour cent au maximum) s'accompagne d'une diminution de celle des amphiboles. Du disthène, associé à du plagioclase et de la staurotide est inclus dans le grenat. Tous ces minéraux, à l'exception du plagioclase et du grenat, sont chromifères. La staurotide est magnésienne avec 5 % (et 1 à 2 % Cr 203).

TABLEAU

Analyses (1) d'une métatroctolite, (2) d'une amphibolite d'Anavoah (paragenèse 4) et (3) d'une amphibolite de Marolinta (paragenèse 2) (XMg, voir fig. 1). Analyses réalisées au Centre géologie géophysique de Montpellier.

Analyses of (1) a metatroctolite, (2) an amphibolite from Anavoah (paragenesis 4) and (3) an amphibolite from Marolinta (paragenesis 2).

	(1)	(2)	(3)		(1)	(2)	(3)
SiO ₂	44,19	42,96	43,81	Ol	30,2	29,7	30,4
Al ₂ O ₃	21,42	21,80	20,60	Hy	2,2	—	—
Fe ₂ O ₃	7,40	6,23	4,80	Di	1,4	4,4	2,3
MnO	0,11	0,10	0,09	Or	0,3	0,4	5
MgO	13,07	13,31	14,33	Ab	11,5	6,3	11,5
CaO	10,87	11,90	10,12	An	52,3	53,7	47,5
Na ₂ O	1,37	1,21	1,37	Ne	—	2,3	—
K ₂ O	0,05	0,07	0,83	Ilm	0,3	0,2	0,2
TiO ₂	0,18	0,11	0,13	Ap	0,1	0,1	0,1
P ₂ O ₅	0,05	0,02	0,02				
H ₂ O	0,42	1,37	3,07				
TOTAL	99,13	99,07	99,17				
X Mg	78	81	86				

Signalons un peu de clinocllore dans des fissures.

A Marolinta, les amphibolites n'ont pas de grenat. Les paragenèses sont : (2) et (5) Mg Hbv + Pl Ca + Co + saph ± spv.

Les amphiboles sont plus magnésiennes que dans l'affleurement précédent. Dans la paragenèse (2), du talc-chlorite remplit de nombreuses fissures. Dans la paragenèse (5), le plagioclase est remplacé par un agrégat polycristallin de muscovite. La présence de ces deux minéraux témoignent de circulations hydrothermales tardives.

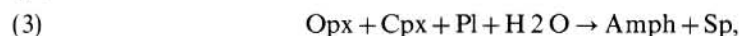
ORIGINE DES AMPHIBOLITES A SAPHIRINE ET CORINDON ET CONDITIONS DE FORMATION DE LA SAPHIRINE. — A Anavoah, le passage progressif entre les métatroctolites et les amphibolites suggère que l'ensemble de ces roches provient de la transformation d'un massif de troctolite. Les analyses (tableau) d'une métatroctolite, d'une amphibolite d'Anavoah (paragenèse 4) et une amphibolite de Marolinta (paragenèse 2) confirme cette hypothèse : la composition normative fait apparaître dans les trois roches de composition chimique voisine environ 60 % de plagioclase normatif et 30 % d'olivine : il s'agit donc de cumulat à plagioclase et olivine. On note une forte teneur en eau dans les amphibolites (particulièrement dans l'amphibolite de Marolinta contenant de la chlorite). On a porté dans la figure 1, les variations du rapport $Mg \times 100 / (Mg + Fe^{++})$ (XMg) entre les différents couples Hb-gd dans les amphibolites, Opx-Cpx et Opx-Hb dans les métatroctolites et Hb-ga dans les deux types de roches. La variation linéaire de XMg pour les différents couples montre que les conditions d'équilibre sont atteintes. Nous pensons que les amphibolites et les métatroctolites se sont formées au cours d'un même épisode métamorphique sous des pressions d'eau variable. L'évolution coronitique de la troctolite peut s'expliquer par les réactions : ([5], [8], [9], [10]) :



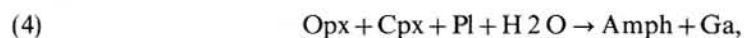
ou :



et :



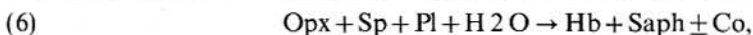
ou :



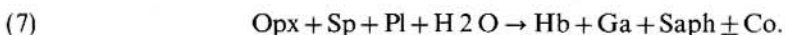
ou :



Dans les amphibolites, l'association saphirine-spinelle (-corindon) suggère que la saphirine se développe à partir du spinelle si de la silice est disponible. Celle-ci pourra être fournie au cours de réactions entre l'orthopyroxène et le plagioclase. En effet, l'abondance de l'orthopyroxène dans les amas coronitiques de la métatroctolites impose que le clinopyroxène disparaîtra avant l'orthopyroxène dans les réactions 3, 4 et 5 si ces dernières se poursuivent, grâce à la présence d'eau en excès. On peut proposer les réactions :



ou :



L'alumine en excès forme des germes de corindon dans la saphirine.

Les conditions métamorphiques pourront être estimées grâce à la présence dans l'anorthosite d'Anavoha, de saphirine, du disthène, de l'assemblage anorthite + corindon et de la staurotide (fig. 2). Précisons que les conditions de stabilité de la gédrite et de la staurotide solution solide seront déplacées vers les hautes pressions et les hautes températures (environ 100°C) par rapport à celles de l'anthophyllite [11] et de la Fe staurotide [12]. L'absence de grenat dans les amphibolites de Marolinta peut s'expliquer par les compositions chimiques plus magnésiennes mais aussi par des conditions métamorphiques de plus basses pressions qu'Anavoha.

CONCLUSIONS. — Les compositions chimiques des métatroctolites et des amphibolites à saphirine-corindon sont celles de leucotroctolites, compositions semblables aux roches à saphirine du Massif Central français [13] et de la zone d'Ivrée [14]. Les répartitions Fe-Mg identiques dans les différents couples de minéraux des métatroctolites et amphibolites suggèrent que ces roches se sont formées au cours d'un seul épisode métamorphique dans des conditions Pt-T identiques (Pt=9-11,5 Kb; T=650-750°C) : en l'absence d'eau en quantité suffisante, la métatroctolite n'a pu évoluer jusqu'à l'amphibolitisation.

Remise le 22 avril 1985.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] B. F. WINDLEY, D. ACKERMAN et R. K. HERD, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 86, 1984, p. 342-358.
- [2] A. LACROIX, *An. géol. Madagascar*, II, 1941.
- [3] G. NOIZET, *Thèse Dr. Sc.*, Nancy, 1969.
- [4] C. NICOLLET, *Comptes rendus*, 297, série II, 1983, p. 145-148.
- [5] W. GRIFFIN et K. HEIER, *Lithos*, 6, 1973, p. 315-335.
- [6] B. E. LEAKE, *Mineral. Mag.*, 42, 1978, p. 533-563.
- [7] P. ROBINSON, M. ROSS et H. W. JAFE, *Amer. Mineral.*, 56, 1971, p. 1005-1041.
- [8] H. VAN LAMOEN, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 68, 1979, p. 259-268.
- [9] M. OBATA et A. THOMPSON, *Contrib. Miner. Petrol.*, 77, 1981, p. 74-81.
- [10] C. HERZBERG, *Geochim. Cosmochim. Act.*, 42, 1978, p. 945-957.
- [11] W. SCHREYER et F. SEIFERT, *Phys. Earth Planet. Interiors*, 3, 1970, p. 422-430.
- [12] J. GANGULY, *J. Petrol.*, 131, 1972, p. 335-365.
- [13] F. FORESTIER et B. LASNIER, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 23, 1969, p. 194-235.
- [14] J. SILLS, D. ACKERMAN, R. HERD et B. WINDLEY, *J. metamorphic geol.*, I, 1983, p. 337-351.
- [15] H. DAY et H. HALBACH, *Amer. Mineral.*, 64, 1979, p. 809-823.
- [16] D. ACKERMAN, F. SEIFERT et W. SCHREYER, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 50, 1975, p. 79-92.
- [17] M. HOLDAWAY, *Amer. J. Sc.*, 269, 1971, p. 97-131.
- [18] B. STORRE et K. NITSCH, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 43, 1974, p. 1-24.