

PÉTROLOGIE. — *Les orthomicaschistes du massif des Maures (France) : produits ultimes du tectonometamorphisme metasomatique d'anciens granites.* Note de **Gilbert Crevola**, présentée par Georges Millot.

Des données géométriques, pétrographiques et géochimiques montrent que des micaschistes du massif des Maures résultent de la transformation tectonometamorphique d'anciens granites, comme les orthogneiss auxquels ils sont associés. La genèse de ces orthomicaschistes s'effectue en contexte cisailant, lors du développement de grandes nappes penniques et implique des migrations de matière à diverses échelles.

PETROLOGY. — Orthoschists in the Maures Massif (Southeastern France) as ultimate Products of metasomatic Tectonometamorphism of previous Granites.

Field, petrographic and geochemical evidences indicate that schists from the Maures massif originated through the tectonometamorphic transformation of previous granites, as well as the orthogneisses with which they are associated. The genesis of these orthoschists takes place in shear regime, during the emplacement of large recumbent folds and involves mass transfer at various scales.

I. INTRODUCTION. — Les micaschistes des Maures centrales, région qui s'étend depuis la bordure ouest des gneiss de Bormes, jusqu'à l'accident de Grimaud-Moulin de Paillas (fig. 1), ont été, jusqu'ici, considérés de façon classique par tous les auteurs comme l'expression mésozonale d'un type chimico-minéralogique pélitique, d'origine sédimentaire ([1] à [10]). Leurs positions structurale et lithostratigraphique, parfois délicates à établir, restent cependant controversées. Pour les uns ([4], [5], [7], [8], [10]), ils représentent la couverture sédimentaire d'âge paléozoïque inférieur d'un socle plus ancien, constitué par les orthogneiss de Bormes et, plus à l'Est, par des gneiss migmatitiques. Pour d'autres ([6], [9]), ils correspondent à un ensemble sédimentaire, briovérien à cambrien, dans lequel sont intrusifs des granites plus récents. De nouveaux levés de terrain dans les Maures centrales me conduisent, dans le cadre d'une interprétation structurale nouvelle, à remettre en cause l'origine sédimentaire des micaschistes et à proposer, pour ces roches, une filiation granitique.

II. POSITION STRUCTURALE ET CARACTÈRES DES MICASCHISTES. — La partie centrale du massif des Maures montre la superposition de deux unités tectoniques majeures, constituées chacune par un ensemble de grandes nappes penniques à cœur orthogneissique et à enveloppe de micaschistes (fig. 2).

1. *L'unité I, ou unité des orthogneiss de Bormes et des micaschistes à minéraux*, comprend une nappe principale et plusieurs nappes secondaires. Interrompue par l'accident chevauchant de la Garde-Freinet, elle réapparaît plus à l'Est, à la faveur d'une klippe conservée dans le graben houiller du Plan de la Tour. Elle contient plusieurs intercalations de méta-basites, dont la plus importante est celle du groupe de Collobrières ([2], [5]).

Les orthogneiss de Bormes sont ocellés ou lenticulaires et contiennent fréquemment des quartz globuleux bleutés. Ils proviennent de la blastomylonitisation d'anciens granites alumineux porphyroïdes qui peuvent subsister à l'état de reliques peu transformées (méta-granites de Barral, de l'Aire du Lac, de la Route des Crêtes) ([11], [13]).

Les micaschistes à minéraux (micaschistes des Berles et micaschistes du Cap Nègre, *pro parte* [3]) regroupent des micaschistes à grenat, staurotide (et parfois disthène) de grande taille, des micaschistes à grain fin et des gneiss micacés. Les micaschistes sont bien développés à la bordure ouest des gneiss de Bormes, où ils englobent les méta-basites de Collobrières. Plus à l'Ouest, ils sont surmontés par les schistes et quartzites du Loli [3], ensemble méta-sédimentaire épizonal, à caractère flyschöide, qui débute fréquemment

par des quartzites blancs massifs (quartzites du Temple). Au sein même des gneiss de Bormes, les micaschistes constituent de nombreux niveaux d'épaisseur métrique à hectométrique, correspondant à des bandes cartographiques régulières. Plus épais à l'Est, vers le front de la nappe, ces niveaux se pincent à l'Ouest, vers la racine de celle-ci. Ils se présentent parfois comme des « synformes » très allongées et rarement symétriques.

2. *L'unité II, ou unité des orthogneiss de la Garde-Freinet et des micaschistes à sillimanite* représente la racine d'une grande nappe pennique déversée vers l'Est. Elle contient d'importantes intercalations de méta-basites à lentilles de méta-gabbros et de méta-péridotites (groupes de la Forêt des Arcs, de la Garde-Freinet et de Gassin, [12]).

L'orthogneiss de la Garde-Freinet, dans les secteurs non migmatitiques, est très proche du granite initial (méta-granite à cordiérite à grain fin de Moure-Jaumet [11]). Il se distingue par son grain, sa texture et sa composition chimique de celui de Bormes.

Les micaschistes à sillimanite (groupe des micaschistes du Cap Nègre, *pro parte*, et micaschistes du groupe de la Tuilerie [3]), distincts des micaschistes à minéraux, sont caractérisés par la présence de sillimanite, associée à du grenat et, parfois, à de la staurotide. Ils constituent de nombreux niveaux, métriques à hectométriques, au sein des orthogneiss de la Garde-Freinet.

III. RAPPORTS GÉOMÉTRIQUES ET PÉTROGRAPHIQUES ENTRE ORTHOGNEISS ET MICASCHISTES.

— 1. *Orthogneiss de Bormes et micaschistes à minéraux.* — La plupart des coupes montrent des passages progressifs des uns aux autres, perpendiculaires au litage. Ils se font en quelques décimètres, ou en quelques mètres, *par l'intermédiaire de faciès de transition et avec de fréquentes récurrences*. Le plus souvent, les gneiss ocellés passent aux micaschistes à minéraux par l'intermédiaire de gneiss surmicacés à grenats, puis de micaschistes à nodules feldspathiques (ex. : Route des Crêtes, au SW de la Garde-Freinet). Ces nodules conservent encore l'aspect des yeux de feldspath potassique de l'orthogneiss, mais ont recristallisé en une mosaïque de cristaux polygonaux de plagioclase acide (An 15), incluant staurotide et disthène. Ils s'étirent ensuite en se fondant dans les lits feldspathiques des micaschistes. A l'Ouest, les gneiss lenticulaires (gneiss de la Malière [3]), de plus en plus micacés, passent à des micaschistes à minéraux (micaschistes bicolores [3]) ou à des micaschistes gris-bleu ou blancs, très fins (phyllades des auteurs [2], [4]) dans lesquels apparaissent sporadiquement des micaschistes « tigrés » à lits de quartz très étirés, ou à *quartz globuleux bleutés* (ex. : Cap Bénat). Dans ces zones de transition, on observe de plus : (a) des passages progressifs des orthogneiss à des gneiss quartzeux à grenat, puis à des quartzites à grenat; (b) la présence fréquente de minces niveaux de quartzite, de quartzite feldspathique et de leptynite dont l'aspect est celui de *mobilisats*; (c) la présence, parfois, de lentilles de grenatite et, à la bordure ouest des gneiss de Bormes, leur association avec des lentilles de collobriérite [8].

Dans deux cas précis, des *passages latéraux* ont été mis en évidence à l'échelle cartographique. Sur les flancs de l'anticlinal de Collobrières (*fig. 2*), les amphibolites sont, le plus souvent, en contact avec des micaschistes gris-bleu mais aussi, parfois, avec des gneiss lenticulaires, des gneiss micacés, ou des micaschistes à quartz globuleux

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE

Fig. 1. — Carte géologique schématique du massif des Maures.

Fig. 1. — *Geological sketch map of the Maures massif.*

Fig. 2. — Coupe synthétique E-W dans la région de la Garde-Freinet.

Fig. 2. — *E-W synthetic cross-section in the Garde-Freinet area.*

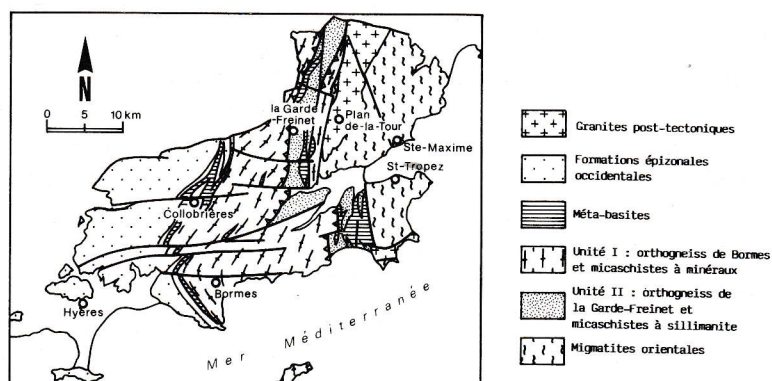


Fig. 1

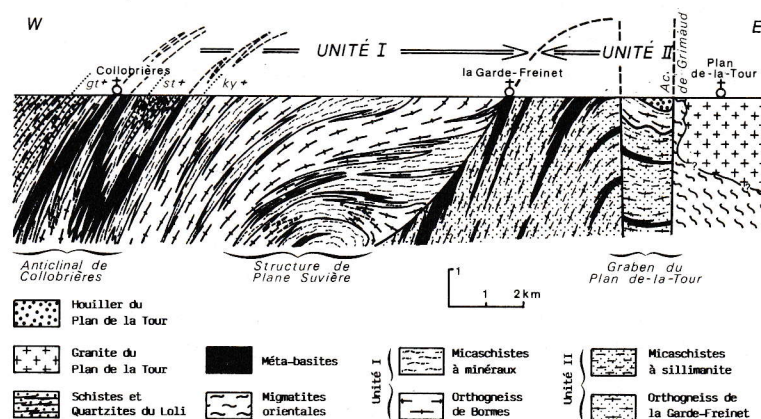


Fig. 2

TABEAU

Analyses chimiques d'orthogneiss et de micaschistes du massif des Maures.
Chemical analysis of orthogneisses and schists from the Maures massif.

	I						II	
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	69,27	68,82	68,92	63,68	58,77	49,81	66,77	62,27
Al ₂ O ₃	14,88	15,28	14,34	18,08	22,39	26,77	15,93	18,26
Fe ₂ O ₃	4,75	4,26	5,73	6,11	8,90	8,73	5,26	7,11
MnO.....	0,06	0,06	0,09	0,11	0,07	0,09	0,07	0,07
MgO.....	1,32	1,22	1,87	1,81	1,87	1,70	2,03	2,00
CaO.....	1,06	0,87	0,57	0,67	tr.	0,46	1,47	0,38
Na ₂ O.....	2,44	2,83	1,94	2,68	1,31	1,02	3,03	1,53
K ₂ O.....	4,44	3,98	2,92	3,81	4,26	4,80	3,45	4,66
TiO ₂	0,82	0,57	0,79	0,75	0,86	1,24	0,75	0,83
P ₂ O ₅	0,16	0,18	0,05	0,04	0,01	0,22	0,20	0,06
P.F.....	0,84	1,60	1,83	1,83	2,81	4,06	1,31	2,60
TOTAL.....	100,04	99,67	99,05	99,57	100,47	98,90	99,98	99,77

I. Orthogneiss de Bormes et micaschistes à minéraux : 1, Méta-granite de Barral (2 anal.); 2, orthogneiss de Bormes (21 anal.); 3, gneiss micacé quartzeux, Plane Suvière; 4, gneiss micacé, Val Verdun; 5, micaschiste à minéraux, SW de la Garde-Freinet; 6, micaschiste bicolore, Collobrières (6 anal. [8]).

II. Orthogneiss de la Garde-Freinet et micaschistes à sillimanite : 7, méta-granite de Moure-Jaumet (5 anal.); 8, micaschiste à sillimanite, la Garde-Freinet.

bleutés. Dans le pli couché de Plane Suvrière, grossièrement délimité par des formations leptynitiques, on peut observer des passages latéraux entre gneiss et micaschistes qui se font parallèlement au plan axial du pli (fig. 2).

Dans certains cas, en particulier à la bordure ouest des gneiss de Bormes, les micaschistes gris-bleu peuvent se développer au sein des gneiss lenticulaires, à la faveur de zones de cisaillement d'épaisseur centimétrique à décimétrique.

Au sein de gneiss micacés, ou de micaschistes très homogènes, apparaissent parfois des reliques de gneiss lenticulaires d'aspect « évanescent ».

2. *Orthogneiss de la Garde-Freinet et micaschistes à sillimanite.* — Les méta-granites, puis les orthogneiss, passent insensiblement aux micaschistes. L'évolution texturale et minéralogique se marque d'abord par l'apparition de petits cisaillements, la déformation ductile des quartz et des feldspaths, puis, ensuite, par la recristallisation des deux types de feldspaths en plagioclase acide, avec disparition de l'orthose et développement de la biotite et d'échevaux de sillimanite. Toutefois, *cette transformation est moins poussée que dans le cas des micaschistes à minéraux.* On note, dans les zones de transition, la présence de petits niveaux de quartzite ou de leptynite.

Les micaschistes peuvent se présenter, au sein d'orthogneiss peu déformés, en passées très fines, décimétriques à métriques, assimilables à des zones de cisaillement.

Dans certains secteurs (la Gorge, N-D de Miramar, Ferme-Jaumet), les méta-granites renferment de nombreuses enclaves de gneiss à silicates calciques, qui se retrouvent en gros nodules dans les micaschistes associés.

IV. ORIGINE GRANITIQUE DES MICASCHISTES. — 1. *Synthèse des données.* — Les données de terrain et les observations pétrographiques mettent en évidence l'intrication extrême des orthogneiss et des micaschistes, l'existence de transitions ménagées entre eux et, dans certains cas, la préservation au sein des micaschistes de reliques gneissiques. Ces caractères, déjà soulignés dans les descriptions objectives de certains auteurs ([3], [10], [13]), rendent illusoire l'établissement d'une lithostratigraphie. Les données structurales montrent que les micaschistes peuvent apparaître dans des sites tectoniques particuliers et privilégiés : bordure ouest des gneiss de Bormes, pseudo-synformes, zones de cisaillement.

2. *Approche des mécanismes.* — L'étude pétrographique des divers types d'orthogneiss et des faciès de transition entre orthogneiss et micaschistes met en évidence, dans la genèse des deux types de roches, l'intervention de *transformations minéralogiques caractéristiques de la blastomylonitisation des granites* ([14] à [17]). Dans la genèse des orthogneiss blastomylonitiques, ces transformations sont limitées et n'amènent que de faibles variations des compositions minéralogiques et chimiques initiales ([14] à [16]). Dans la transformation en micaschistes, elles sont, en revanche, conduites à leur terme, ce qui entraîne une *recristallisation syntectonique totale* de la roche, avec changement de la composition minéralogique et variation importante de la composition chimique.

Les transformations minéralogiques concernent essentiellement les feldspaths magmatiques. La recristallisation du plagioclase, avec perte de Ca, et le remplacement progressif du feldspath potassique par des plagioclases acides s'accompagnent d'abord du développement des micas (stade orthogneiss). Puis, le feldspath potassique disparaît et des minéraux alumineux se développent (stade gneiss micacé ou micaschiste feldspathique). Enfin, les plagioclases peuvent être totalement éliminés (stade micaschiste s. s.).

L'évolution chimique de la roche consiste essentiellement en perte de Ca, Na et Si, avec concentration corrélative en Al, Fe, Mg et Ti. Cette *métasomatose par départ* implique une mobilité chimique à l'échelle de la roche et du massif rocheux, permise par la

circulation de fluides dans le contexte cisaillant du développement de grandes nappes penniques ([14], [18]). Le sort des éléments exportés s'éclaire par leur accumulation dans de nombreux petits niveaux de quartz (quartz d'exsudation), de quartzite, de quartzite feldspathique et de leptynite. En revanche, les éléments, hyperconcentrés, engendrent les quartzites à grenat, les grenatites et la collobriérite [8].

V. CONCLUSIONS. — 1. Dans la partie centrale du massif des Maures, les micaschistes doivent être considérés, au même titre que les orthogneiss auxquels ils sont intimement associés, comme résultant de la transformation tectonométamorphique d'anciens granites.

2. *Simple facies tectoniques*, ces micaschistes ne correspondent pas à des méta-sédiments et sont donc dénués de valeur lithostratigraphique. Cette origine remet en cause les lithostratigraphies précédemment proposées ([5], [9], [10]) et les modèles qui y étaient rattachés (socle-couverture ou granite intrusif).

3. Ainsi est démontrée, par des arguments géométriques, pétrographiques et géochimiques, l'existence d'*orthomicaschistes*, notion déjà approchée dans d'autres régions ([14], [17]). La genèse de ce type particulier de blastomylonite granitique constitue un cas de différenciation métamorphique extrême, réalisée en contexte cisaillant, et qui s'accompagne de migration de matière, à l'échelle de la roche comme à celle du massif rocheux.

Remise le 15 avril 1985.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] A. DEMAY, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), XXVII, 1927, p. 279-336.
- [2] P. BORDET, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 54, 1957, p. 89-101.
- [3] S. GUEIRARD, *Thèse Sc.*, Marseille, 1957, 175 p.
- [4] H. MALUSKI, *Thèse de 3^e cycle*, Montpellier, 1968, 87 p.
- [5] M. SEYLER et M. BOUCARUT, *Bull. B.R.G.M. Fr.*, 20, I, 1978, p. 3-18.
- [6] C. TEMPIER, G. BRONNER, S. GUEIRARD et J. P. LECORCHE, 8^e R.A.S.T., Marseille, 1980, p. 341.
- [7] M. SEYLER et G. CREVOLA, *Comptes rendus*, 295, série II, 1982, p. 243-246.
- [8] P. DE GROULARD, *Thèse de 3^e cycle*, Lyon, 1982, 167 p.
- [9] C. CARUBA, *Thèse Sc.*, Nice, 1983, 359 p.
- [10] M. SEYLER, *Bull. B.R.G.M. Fr.*, (2), I, n° 1-2, 1983, p. 81-96.
- [11] G. CREVOLA et M. SEYLER, 10^e R.A.S.T., Bordeaux, 1984, p. 160.
- [12] M. SEYLER et M. BOUCARUT, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XXI, n° 1, 1979, p. 11-20.
- [13] S. GUEIRARD, *Comptes rendus*, 295, série II, 1982, p. 1125-1128.
- [14] J. BELLIERE, *Ann. Soc. géol. Belgique*, 90, n° 2, 1967, p. 185-199.
- [15] G. BOSSIÈRE, *Thèse Sc.*, Nantes, 1980, 302 p.
- [16] I. ALLISON, R. KERRICH et J. STARKEY, *Intern. conf. on shear zones Abstracts*, Barcelone, 1979, p. 77.
- [17] R. DUBOIS, *Thèse Sc.*, Paris, 1976, 452 p.
- [18] A. BEACH, *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, A 280, 1976, p. 569-604.

Institut de Géodynamique, Université de Bordeaux-III, 33405 Talence Cedex.