

**LE CORTÈGE OPHIOLITIQUE DE L'EUBÉE MOYENNE (GRÈCE) :
ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DES FORMATIONS VOLCANIQUES
ET DES ROCHES MÉTAMORPHIQUES
ASSOCIÉES DANS LES MONTS KANDILIS AUX RADIOLARITES**

J.-F. PARROT

*R.C.P. 214 « Roches vertes mésogéennes » et Laboratoire de
Géologie de l'ORSTOM, 70 route d'Aulnay, 93140 Bondy*

C. GUERNET

*Laboratoire associé au CNRS n° 145 « Géologie de la Méditer-
ranée » et Laboratoire de Géologie I, Paris-VI, 75005 Paris*

RÉSUMÉ

Sous les ophiolites (péridotites), au Mont Kandili s.s., au-dessus du village de Troupi, apparaît une « semelle » de roches volcaniques qui repose elle-même sur des radiolarites et des pelites à radiolaires. Les analyses chimiques établissent la parenté génétique des roches volcaniques de cette « semelle » et des mandelsteins qui apparaissent à la base des radiolarites.

Un métamorphisme de basse température et pression (faciès zéolite) semble affecter les roches volcaniques de la « semelle », plus particulièrement à son sommet.

De plus, affleurent au Mont Kandili s.s., des amphibolites, parfois étroitement associées aux roches volcaniques de la « semelle » ; leur litage est parallèle au contact péridotite-semelle et à la stratification des radiolarites et des calcaires sous-jacents ; leur assemblage minéralogique — hornblende, plagioclase, épidote — correspond classiquement à un faciès de métamorphisme général de température et pression moyennes.

L'interprétation de ces faits est tentée dans l'hypothèse de l'autochtonie des ophiolites (alors d'origine volcanique) d'une part, de leur allochtonie d'autre part.

ABSTRACT

Under the ophiolites (peridotites), at Mount Kandili, below the village of Troupi, there appears a « bed » of volcanic rocks which rests on radiolarites and radiolaria pelites. Chemical analyses prove the genetic relationship between the volcanic rocks of this « bed » and the mandelsteins which appear at the base of the radiolarites.

A low temperature and pressure metamorphism (zeolite facies) seem to affect the volcanic rocks of the « bed » most particularly at its top.

Moreover, amphibolites, sometimes linked to the volcanic rocks of the « bed », break through at Mount Kandili. Their bedding is parallel to the peridotite « bed » and to the stratification of the underlying radiolarites and limestones. Their mineralogic assemblage-hornblende, plagioclase, epidote - corresponds classically to a facies of general metamorphism of average temperature and pressure.

We have tried to interpret these facts under the assumption of the autochthony of the ophiolites (then of volcanic origin), on the one hand, and of their allochthony on the other.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Ophiolitgangefolge in Mitteleuböa (Griechenland): Eine petrographische Studie von vulkanischen Formationen und metamorphem Gestein, die im Kandilisgebirge an Radiolarite gebunden sind.

Unter den Ophioliten (Peridotiten) am Berg Kandili erscheint oberhalb des Dorfes Troupi eine « Sohle » vulkanischen Gesteins, die wiederum auf Radiolariten und Radiolariten-Peliten ruht. Chemische Analysen beweisen die Verwandtschaft der Entwicklung des vulkanischen Gesteins dieser « Sohle » und des Mandelsteins, der an der Basis des Radiolariten erscheint.

Ein Metamorphismus von niedrigen Temperaturen und Druck (Zeolithfazies) scheint auf das vulkanische Gestein der « Sohle » besonders am Gipfel, einzuwirken. Ausserdem treten am Berg Kandili Amphiboliten zutage, die manchmal eng mit dem vulkanischen Gestein der « Sohle » verbunden sind; ihre Textur ist parallel zum Peridotiten-Sohle-Kontakt und zur Schichtung der Radiolariten und dem darunterliegenden Kalkstein; ihre mineralogische Zusammensetzung — Hornblende, Plagioklas, Epidot — entspricht normalerweise einem Fazies allgemeinen Metamorphismus der Temperatur und des mittleren Drucks.

Man hat eine Auslegung dieser Tatsachen in der Hypothese einerseits der Autochthonie (also vulkanischen Ursprungs), andererseits der Allochthonie der Ophioliten versucht.

РЕЗЮМЕ

На горе Кандили, над селом Трупи, под офиолитами (перидотитами), была обнаружена « подошва » вулканических пород, в свою очередь покоящаяся на радиоларитах и пелитах с радиолариями. Химические анализы показали генетическое родство между вулканическими породами этой « подошвы » и мандельштейнами появляющимися в основе радиоларитов.

Вулканические породы « подошвы », особенно на вершине последней, повидимому подвергаются метаморфизму при низкой температуре и низком давлении (цеолитовая фация).

Кроме того, на горе Кандили выходят на поверхность амфиболиты, иногда в тесном сочетании с вулканическими породами « подошвы »; наложение их параллельно контакту перидотит-подошва и стратификации подстилающих радиоларитов и известняков; их минералогический состав — роговая обманка, плагиоклаз, эпидот — классически соответствует

фации общего метаморфизма при средней температуре и среднем давлении.

Делается попытка интерпретации этих фактов при допущении гипотезы, либо автохтонного происхождения офиолитов (и в таком случае вулканического), либо — аллохтонного их происхождения.

INTRODUCTION

Dans une note antérieure (GUERNET et PARROT - 1972), nous avons étudié la position du cortège ophiolitique de l'Eubée moyenne (réduit dans cette région au terme inférieur de la trilogie : les péridotites) et ses relations avec les séries mésozoïques. Sur une série radiolaritique d'une centaine de mètres d'épaisseur faisant suite à une masse carbonatée jurassique, viennent 600 m de péridotites, elles-mêmes surmontées par des calcaires crétacés. Le cortège ophiolitique s'est mis en place entre le Kimmeridgien supérieur et le Cenomanien supérieur et, selon l'un d'entre nous (J.-F. P.), un contact anormal majeur, réalisé dans cet intervalle de temps, se situe entre le sommet des radiolarites et la base des péridotites (1).

Dans les Kandilis, la série radiolaritique renferme deux horizons distincts de coulées volcaniques : le premier (d'une dizaine de mètres environ d'épaisseur), situé à la base de la série et formé de mandelsteins à débit en coussins, repose sur les calcaires à Cladocoropsis, par l'intermédiaire d'une brèche à éléments calcaires (GUERNET-1971) ; le second, d'une trentaine de mètres d'épaisseur, ne présentant pas de débit en coussin, est constitué par plusieurs niveaux, sinon plusieurs coulées, de laves à structure fluidale ou intersertale ; faute de mieux, nous avons appelé ce deuxième horizon (GUERNET et PARROT - op. cit.) : « semelle volcanique des ophiolites », en raison de sa position sous les péridotites, bien qu'il ne soit pas présent partout. A cette « semelle volcanique » sont associées des roches métamorphiques (essentiellement amphibolitiques) que l'on retrouve d'ailleurs parfois seules, en d'autres points, au voisinage des péridotites.

(1) A ce propos, signalons que BERNOUILLI et LAUBSCHER (1972) envisagent, pour l'ensemble des Héliénides, un charriage antécénomanien d'ophiolites océaniques d'origine interne, sur le massif pélagonien jouant lui-même ultérieurement le rôle de nappe.

LES PÉRIDOTITES

Quoique renfermant un peu de clinopyroxène, les péridotites peuvent être considérées comme des harzburgites ; elles sont tantôt fraîches, tantôt assez fortement serpentinisées ; les échantillons étudiés contiennent en moyenne :

— 65 % d'olivine forstérite ($2V_z$: 86 à 88°) en plages xenomorphes, ou plus rarement sous forme de petits cristaux subautomorphes de 500 μ à 1 mm de diamètre ; on observe de nombreux « kinks » ;

— 26 % d'orthopyroxène enstatite ($2V_z$: 70 à 72°), en plages xénomorphes de 1 à 4 mm, présentant une extinction ondulante ;

— 7 % de clinopyroxène, en petits grains de taille comparable à celle des cristaux d'olivine ;

— 2 % de spinelle brun, en cristaux automorphes à subautomorphes de 300 μ à 1 mm de diamètre.

L'échantillon harzburgique 3407 a été analysé (2) :

SiO ₂	41,07	Ab	0,52
Al ₂ O ₃	2,80	An	5,28
Fe ₂ O ₃	6,13	Cor	0,82
FeO	4,00	Σc	6,62
MnO	0,08		
MgO	40,23	Pyr	23,33
CaO	1,24	Ma	7,19
Na ₂ O	0,06	Ap	0,34
K ₂ O	0,06	Per	56,54
TiO ₂	—	Σb	87,40
P ₂ O ₅	0,18		
H ₂ O ⁺	3,65		
H ₂ O ⁻	0,14		
Total	99,31		

La masse péridotitique repose sur la « semelle volcanique » par l'intermédiaire d'une passée de schistes d'environ 1 m d'épaisseur ; il s'agit d'une serpentinite écrasée dont la structure met en évidence

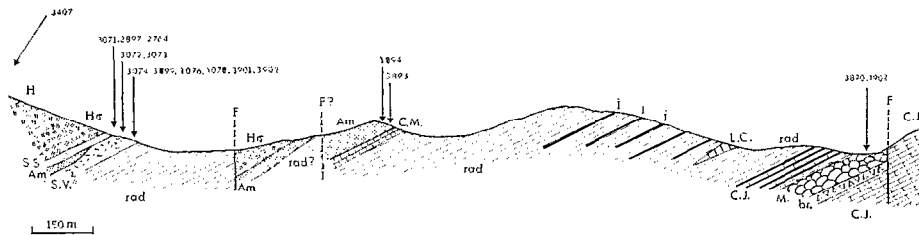


FIG. 1.

l'existence d'un mouvement relatif de l'ensemble péridotitique par rapport à son substratum (3).

De plus, comme nous l'avons déjà vu plus haut la « semelle » ne s'interpose pas partout entre les péridotites et les radiolarites ; ainsi, par exemple, dans la coupe de Troupi elle-même (cf. fig. 1), le contact péridotites-série radiolaritique et roches associées, redoublé par faille, se fait une fois par l'intermédiaire de la « semelle », une autre, apparemment par l'intermédiaire d'un paquet de roches métamorphiques (cf. plus loin) ; qui plus est, dans certains cas, (à la crête de Portes, par exemple), les péridotites, broyées sur quelques mètres d'épaisseur, viennent directement sur les radiolarites.

La présence, sous les péridotites, de la « semelle volcanique », n'est donc pas constante ; on pourrait

d'ailleurs fort bien envisager qu'il s'agit d'un horizon volcanique quelconque compris dans la série radiolaritique. Nous verrons cependant dans la suite de l'exposé en quoi cet horizon qui joue parfois le rôle de semelle est particulièrement intéressant et en quoi, il diffère des mandelsteins indiscutablement liés à la base des radiolarites.

(2) Analystes : G. RICHEBOIS, 1969. — Lab. Géol. 1 Fac. Sci Paris, et H. GUENIN, 1970. — Lab. Chim. Sols ORSTOM Bondy, pour le fer ferreux.

(3) Dans le cadre d'une hypothèse autochtoniste, ce mouvement ne serait que le résultat d'un rejeu postérieur à la mise en place.

LES FORMATIONS VOLCANIQUES

Les mandelsteins

Les mandelsteins qui présentent un débit en coussins de petite taille, forment un ensemble d'une dizaine de mètres d'épaisseur.

Dans une mésostase opaque bien développée, à très nombreuses vésicules remplies de calcite (10 % environ de la lame mince), on observe d'abondants microlites de plagioclases An 45 - An 50 très altérés, parfois disposés en gerbes et présentant par endroit des phénomènes d'albitisation ; on observe également un peu d'épidote et quelques rares phénocristaux de

pyroxène chloritisés ou plus ou moins épigénisés en calcite.

Deux analyses chimiques de mandelsteins (échantillons 1902 et 3890) figurent, au côté de celles des différents niveaux de la « semelle », dans le tableau n° 1 ; nous avons également reporté dans ce tableau, la composition chimique anhydre et sans CO₃Ca, de la quasi-totalité des roches analysées ; en ce qui concerne les mandelsteins, nous n'avons pas tenu compte de la part de calcite qui revient à l'épigénisation de quelques pyroxènes, celle-ci étant négligeable. Nous voyons donc que si l'on considère la calcite comme secondaire, la composition des laves de la base de la série radiolaritique est à peu près celle d'un basalte labradoritique.

		Mandelsteins		Semelle volcanique des ophiolites										
				Zone inférieure					Zone supérieure		Niveau sommital			
		1902 (b)	3890 (c)	3902 (a)	3901 (a)	3078 (b)	3076 (b)	3899 (a)	3074 (b)	3073 (b)	3072 (b)	2764 (b)	3897 (a)	3071 (b)
Pourcentage des différents oxydes	SiO ₂	42,24	37,50	48,55	51,01	48,50	49,01	47,32	44,70	44,62	39,34	37,25	36,57	35,19
	Al ₂ O ₃	13,67	10,25	15,19	13,92	14,87	15,92	14,77	13,61	13,56	13,88	12,33	11,21	12,72
	Fe ₂ O ₃	4,52	4,88	10,61	9,39	6,98	6,14	9,49	6,33	6,04	7,67	6,62	10,81	7,25
	FeO	2,82	2,10			2,53	3,04		5,89	4,26	4,26	2,43		1,90
	MnO	0,09	0,17	0,18	0,19	0,14	0,22	0,17	0,21	0,16	0,18	0,14	0,18	0,18
	MgO	7,68	5,44	5,51	7,69	5,84	3,97	7,18	7,18	4,38	4,44	3,49	3,72	4,00
	CaO	14,98	20,30	8,91	8,02	11,11	8,02	8,02	8,56	14,19	15,69	32,79	32,09	29,79
	Na ₂ O	3,50	3,70	4,80	4,80	4,20	3,70	3,40	3,60	3,10	2,10	≤ 0,10	tr.	≤ 0,10
	K ₂ O	0,60	0,66	0,20	0,15	0,85	1,55	1,60	1,30	2,30	1,60	≤ 0,20	—	≤ 0,20
	TiO ₂	1,08	0,66	1,80	1,87	1,78	1,88	2,04	2,15	1,95	1,68	1,43	1,51	1,73
	P ₂ O ₅	0,04	0,16	0,16	0,16	0,28	0,08	0,15	0,13	0,08	0,08	0,12	0,10	0,24
	CO ₂	5,50	10,38	n.d.	n.d.	—	0,10	n.d.	0,40	1,20	1,65	0,55	n.d.	—
	H ₂ O ⁺	3,00	2,80	2,87	2,52	2,82	4,09	4,43	5,08	4,07	4,83	2,72	3,01	5,95
	H ₂ O ⁻	0,47	0,38	0,60	0,44	0,12	1,18	0,94	0,92	0,57	0,82	0,08	0,19	0,21
Total	100,19	99,38	99,38	100,16	100,02	98,90	99,51	100,06	100,48	98,22	100,25	99,39	99,46	
Pourcentage recalculé	SiO ₂	50,04	51,56			49,87	52,35		47,77	47,76	44,64	38,65		37,72
	Al ₂ O ₃	16,19	14,09			15,29	17,00		14,54	14,52	14,61	12,79		13,63
	Fe ₂ O ₃	5,59	6,92			7,35	6,78		7,20	6,78	9,04	6,99		7,77
	FeO	3,34	2,89			2,60	3,25		6,29	4,56	4,83	2,58		2,04
	MnO	0,10	0,23			0,14	0,24		0,22	0,17	0,20	0,14		0,19
	MgO	9,10	7,48			6,00	4,24		7,67	4,69	5,04	3,62		4,28
	CaO	9,45	9,71			11,42	8,43		8,61	13,55	15,42	33,29		31,93
	Na ₂ O	4,14	5,09			4,32	3,95		3,85	3,32	2,38	≤ 0,10		≤ 0,11
	K ₂ O	0,71	0,91			0,87	1,65		1,39	2,46	1,81	≤ 0,21		≤ 0,21
	TiO ₂	1,28	0,91			1,83	2,00		2,30	2,08	1,91	1,48		1,85
P ₂ O ₅	0,04	0,21			0,29	0,08		0,14	0,08	0,09	0,12		0,26	

(a) Analyste : G. RICHEBOIS (1972). — Lab. Géol. 1 Fac. Sci. Paris.

(b) Analystes : G. RICHEBOIS (1969-1972). — Lab. Géol. 1 Fac. Sci. Paris, et H. GUÉNIN (1970). — Lab. Chim. Sols ORSTOM Bondy pour le fer ferreux.

(c) Analystes : H. GUÉNIN (1971). — Lab. Chim. Sols ORSTOM Bondy et J.-F. PARROT (1972). — Lab. Géol. ORSTOM Bondy, pour le CO₂.

La « semelle volcanique »

On peut distinguer deux zones principales dans la « semelle ». L'une, inférieure, de 20 à 25 m d'épaisseur (de bas en haut : échantillons 3902, 3901, 3078, 3076, 3899 et 3074). L'autre, supérieure, a environ 5 m d'épaisseur (échantillons 3073 et 3072) ; sur le terrain, elle se distingue de la zone inférieure, par sa couleur plus claire et sa plus grande dureté ; de plus, tout à fait à son sommet et au contact des serpentinites schisteuses signalées plus haut, on observe une formation blanchâtre de moins de 50 cm d'épaisseur (échantillons 2764, 3897, et 3071) qui renferme 70 % d'hydrogrossulaire (hibshite), les 30 % restant étant formé d'un matériel volcanique (plagioclases, verre, chlorite et pyroxène ouralitisés).

A l'exception de cette formation sommitale particulière, les roches de la « semelle volcanique » sont, dans l'ensemble, des roches à verre peu abondant, mais discernable, notamment dans les échantillons basal et sommital où la structure est de plus nettement fluidale. Les minéraux se présentent sous la forme de grains allongés et de faible taille ; dans les niveaux supérieurs, le développement relatif de certains d'entre eux (plagioclases et pseudomorphoses d'olivine) détermine une structure microlitique de type porphyroïde, mais généralement, la disposition que présentent les fins microlites feldspathiques dessine une structure intersertale dans les mailles de laquelle se placent de nombreux grains de clinopyroxènes plus trapus. *L'abondance des clinopyroxènes, remarquablement frais dans tous les échantillons, est un caractère commun dominant de toute cette série volcanique.* Associées aux clinopyroxènes, on observe des plages chloriteuses qui se développent d'autant plus que l'on se rapproche des niveaux supérieurs de la « semelle ». Il en va de même pour la calcite peu abondante et à l'état diffus dans les niveaux de base. Les minéraux opaques sont assez abondants, l'olivine rare.

L'échantillon 3078, sur lequel il a été possible d'effectuer un comptage, comprend :

- 48 % de plagioclase (An 50) ;
- 31 % de clinopyroxène (augite ; $2V_z$: 48°) ;
- 9 % de chlorite ;
- 6 % de verre ;
- 5 % de minéraux opaques ;
- 0,5 % de calcite ;
- 0,5 % d'olivine.

Outre les variations de structure déjà signalées entre les différents niveaux de la « semelle », on remarque aussi des variations portant sur la nature,

la répartition, la proportion et l'état d'altération des minéraux suivants :

Olivine. Elle est presque totalement absente à la base de la « semelle volcanique » ; dans les rares cas où on l'observe, elle se présente sous forme de très petits grains trapus à bordure iddingsitisée. Son abondance croît en montant dans la série. Dans la zone supérieure, elle se présente sous forme de pseudomorphoses de 3 à 4 mm (conférant à la roche une structure porphyroïde) renfermant, soit un minéral phylliteux d'altération brun jaune, soit, concurremment à ce même minéral, mais plus rarement, de gros cristaux de carbonate. Ces plages peuvent alors couvrir jusqu'à 6 % de la lame mince.

Carbonate. La calcite absente ou présente de façon diffuse dans la zone inférieure, change brusquement d'habitus lorsque l'on passe dans la zone supérieure ; elle forme à ce niveau des sphérolites et des vésicules, pouvant aller jusqu'à représenter 3 à 4 % de l'échantillon (3073 et 3072). A cela s'ajoute la présence d'un peu de dolomie dans les pseudomorphoses d'olivine décrites plus haut. L'augmentation du pourcentage en carbonates va de pair avec l'augmentation du pourcentage en CO₂ dans les échantillons de la zone supérieure.

Feldspaths. Il s'agit essentiellement de microlites plagioclasiques plus calciques au sommet de la série qu'ils ne le sont à la base (de An 45 dans les échantillons de la zone inférieure à An 55 dans l'échantillon 3072 par exemple). On observe de nombreux cas d'albitisation de lattes plagioclasiques. Un peu de sanidine apparaît dans la lame 3073 après coloration des ions K au cobaltinitrite de Na (HAYES et KLUGMAN - 1959).

Feldspathoïdes. On trouve 6 à 8 % d'analcime dans la zone supérieure et même dans les niveaux supérieurs de la zone inférieure (3 % dans l'échantillon 3074) ; le caractère sous-saturé de ces échantillons est d'ailleurs confirmé par les analyses chimiques ; l'analcime s'y présente dans des veines, fractures et microfractures qui recourent l'échantillon ; cet habitus nous fait penser que l'analcime est peut-être d'origine secondaire.

A ces quelques variations, il convient d'ajouter la présence de cumulats lherzolitiques dans la zone supérieure.

Les différences que présentent entre eux les deux principaux niveaux de la « semelle volcanique » sont peut-être dues à la superposition d'au moins deux coulées basanitiques ou basaltiques (selon que l'on considère le feldspathoïde comme primaire ou secondaire), l'une plus calcique que l'autre.

Comparaison chimique entre mandelsteins et « semelle volcanique »

Afin de comparer les roches volcaniques entre elles, nous avons (chaque fois que le CO_2 a été dosé de façon certaine) recalculé le pourcentage des différents oxydes en retirant H_2O et CO_3Ca , la calcite étant globalement considérée comme secondaire dans tous les cas (car de toute façon, si contrairement à ce que nous en avons dit pour les mandelsteins, la calcite n'est pas d'origine secondaire dans les roches de la « semelle », le retrait de CO_3Ca ne modifie que sensi-

blement leur composition chimique, puisque ces roches ne contiennent dans le meilleur des cas, que 3,80 % de calcite normative) ; toutes les compositions calculées figurent sur le tableau n° 1, à la suite des différents résultats d'analyse.

La parenté chimique entre les mandelsteins et les roches de la « semelle volcanique » est évidente ; tous les échantillons analysés se groupent d'ailleurs parfaitement (cf. fig. 2) sur les diagrammes AFM et CaK Na (NOCKOLDS et ALLEN - 1953), la différence entre les termes supérieurs et inférieurs de la « semelle » étant plus sensible que celle qui existe entre les termes infé-

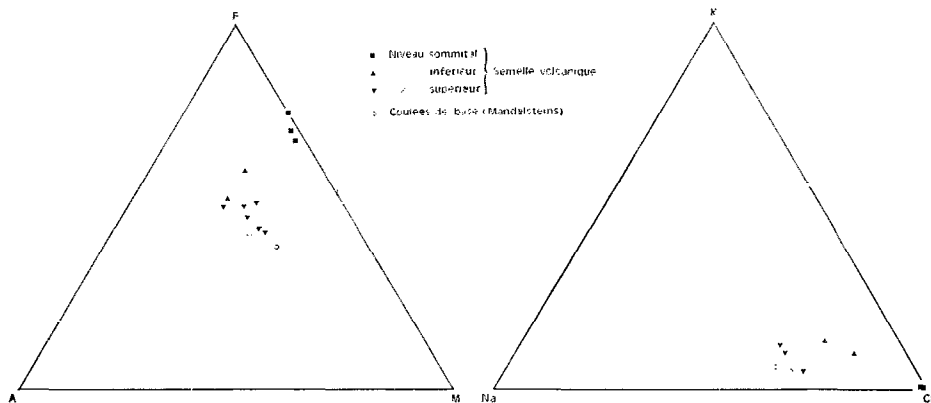


FIG. 2.

rieurs de la « semelle » et les mandelsteins. Ceci tend à confirmer l'origine secondaire de la calcite au moins au niveau des premiers épanchements qui ont dû se produire, au sommet de la série carbonatée jurassique. Ce phénomène s'est accompagné d'une modification du type de sédimentation, responsable de la formation des cherts. Les épanchements ultérieurs se sont produits à des niveaux plus élevés de la série radiolaritique, dans un contexte lithologique différent, et, de ce fait, ne contiennent que peu ou pas de calcite secondaire.

Modifications observées au sommet de la « semelle volcanique »

Nous avons vu que les niveaux supérieurs de la « semelle » se caractérisent entre autre par la présence d'analcime dans des veines, fractures et microfractures de la roche. Le caractère sous-saturé de ces échantillons est de plus confirmé par les analyses chimiques et les

paramètres CIPW. Cette nouvelle distinction entre les deux zones principales de la « semelle » n'est peut-être pas aussi nette que les précédentes, tout d'abord parce qu'il existe un peu d'analcime dans les niveaux supérieurs de la zone inférieure, ensuite parce que l'on ne peut pas exclure la présence éventuelle d'analcime dans le verre des échantillons des niveaux inférieurs de cette même zone, même si le paramètre CIPW q est égal à 5 ; en effet, cette valeur du paramètre q peut très bien être due à une trop grande abondance en fer ferrique par suite d'une oxydation ultérieure du fer ferreux ; celle-ci ferait alors apparaître comme « saturée » une roche qui ne l'était pas primitivement. Quoi qu'il en soit, l'habitus qu'elle présente dans les roches où nous l'avons réellement observée, nous fait considérer que l'analcime est probablement secondaire ; la formation de ce minéral, peut-être à partir du verre basaltique, laisse supposer que l'on est en présence d'un faciès zéolite (FYFE,

TURNER et VERHOOGEN - 1958), ce que confirmeraient les nombreux indices d'albitisation des lattes de plagioclases et le développement d'hydrogrossulaire, au contact de la serpentinite schisteuse, dans le niveau sommital de la « semelle volcanique ». Trois analyses chimiques correspondant à ce niveau ont été reportées dans le tableau n° 1 ; nous avons également pointé ces analyses dans les diagrammes AFM et CaK Na (cf. fig. 2) ; leur position hors du champ qu'occupent les roches de la « semelle » et les mandelsteins est significative ; elle traduit une disparition des alcalins compensée par un enrichissement en calcium et en fer ; cet enrichissement en fer et accessoirement en calcium est déjà sensible au niveau des roches de la zone supérieure de la « semelle volcanique ».

Nous revicndrons, dans la conclusion, sur les conséquences que l'on peut tirer de l'existence à ce niveau d'un métamorphisme de faible température et de faible pression.

LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES

Sur la coupe même de Troupi (cf. fig. 1), on observe à deux reprises, des roches métamorphiques ; d'une part, elles sont parfois coincées entre les roches de la « semelle volcanique » et les péridotites (4) ; d'autre part, par suite d'un redoublement par faille du contact péridotites-série radiolaritique, elles forment un paquet d'une trentaine de mètres d'épaisseur au contact de péridotites serpentinisées, sans que toutefois les relations sur le terrain soient claires.

Ces roches métamorphiques sont essentiellement amphibolitiques. Au niveau de la « semelle », il s'agit d'amphibolites litées parallèlement au plan de contact des péridotites sur leur substratum ; elles sont formées de hornblende verte très abondante et orientée, d'oligoclase et d'un peu de quartz. Au niveau de la deuxième localisation, on observe une série plus différenciée comprenant, à côté de roches comparables aux précédentes, des amphibolites renfermant, outre l'assemblage hornblende-oligoclase (quartz), de l'épidote et du sphène ; on rencontre également des amphibolites

(4) Latéralement à la coupe principale, on note de bas en haut la succession suivante : zone supérieure de la « semelle », 1 mètre environ d'amphibolite à hornblende et plagioclases séricitisés, 1 mètre de serpentinite schisteuse, péridotites serpentinisées. De plus, les niveaux amphibolitiques situés sous les serpentines schisteuses sont en fait constitués, sur une vingtaine de centimètres par une brèche fine à éléments amphibolitiques repris dans un ciment sériciteux et prehnitique.

formées de hornblende, oligoclase, quartz, épidote et présentant des pseudomorphes de phénocristaux qui confèrent à la roche une structure porphyroïde ; il existe enfin des amphibolites plus quartziques constituées par une alternance de passées amphibolitiques et de lits quartziques bien développés ; signalons de plus, la présence sous ce paquet de roches métamorphiques, d'un peu de calcaire marmorisé.

Deux échantillons d'amphibolites (3893 et 3894) ont été analysés ; les résultats figurent dans le tableau n° 2. Par rapport à une moyenne obtenue à partir de 200 analyses d'amphibolites (POLDERVAART - 1955 ; in HUANG - 1962), ces deux échantillons sont relativement peu magnésiens, l'un (3893) étant par ailleurs fortement sodique, l'autre plus particulièrement calcique. La structure et l'assemblage minéralogique de l'ensemble des roches métamorphiques rencontrées, sont comparables à celles d'un métamorphisme régional de température et de pression moyennes que l'on peut ranger dans le faciès amphibolite-almandin (ESKOLA - 1939, in TURNER et VERHOOGEN - 1960 ; WINKLER - 1965). Si l'on pointe les deux échantillons analysés sur le diagramme ACF correspondant à ce faciès (cf. fig. 3), on constate qu'ils se placent dans le champ 4a de l'assemblage hornblende-plagioclase-épidote (quartz-biotite) du sous-faciès quartz-staurotide décrit par FYFE, TURNER et VERHOOGEN (*op. cit.*).

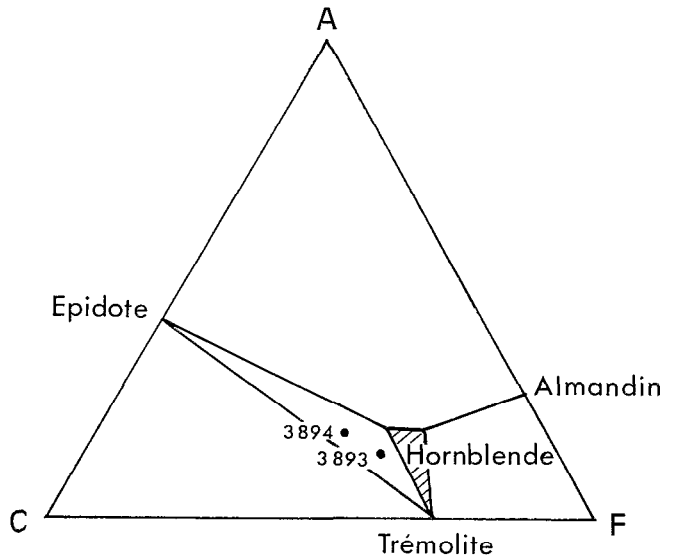


FIG. 3.

TABLEAU 2

	3893 (a)	3894 (b)	(c)
SiO ₂	50,68	48,52	50,3
Al ₂ O ₃	14,80	13,49	15,7
Fe ₂ O ₃	3,81	4,17	3,6
FeO	6,00	8,35	7,8
MnO	0,19	0,22	0,2
MgO	5,14	4,19	7,0
CaO	7,14	11,77	9,5
Na ₂ O	7,09	3,50	2,9
K ₂ O	0,74	1,10	1,1
TiO ₂	1,68	2,43	1,6
P ₂ O ₅	0,35	0,16	0,3
H ₂ O ⁺	0,78	1,21	
H ₂ O ⁻	0,26	0,24	
Total	98,40	100,15	

(a) Analyste : H. GUÉNIN (1971). — Lab. Chim. Sols ORSTOM, Bondy.

(b) Analystes : G. RICHEBOIS (1972). — Lab. Géol. I Fac. Sci. Paris, et H. GUÉNIN pour FeO, Lab. Chim. Sols ORSTOM, Bondy.

(c) Moyenne de 200 amphibolites (POLDERVAART, 1955 ; in HUANG, 1962).

Signalons pour terminer que les roches métamorphiques présentent toutes des torsions, microplis et diaclases post métamorphiques, indiquant qu'elles ont été soumises à des contraintes postérieures à leur formation.

DISCUSSION

L'existence à la base de péridotites plus ou moins serpentinisées, de « diabas-hornstein », d'amphibolites et de schistes grenatifères (5), associés ou non à des

(5) Des schistes grenatifères sont également connus en Eubée (GUERNET, 1971, et surtout PETRASCHKE, 1969), mais les conditions d'affleurement ne permettent pas de les interpréter très clairement, car ils se présentent le plus souvent en pointements exigus au sein de conglomérats néogènes couvrant les séries radiolaritiques, ou bien au pied des grandes failles du Pyxaria ; l'étude des grenats a fourni les résultats suivants : a : 11,598 Å ; n : 1,802 ; D : 3,83, ce qui, en fonction des abaques de WINCHELL (1958 ; in DEER, HOOWIE et ZUSSMAN, 1964) correspond à la composition suivante : soit Pyr 7 Alm 75 Gro 18, soit Pyr 30 Alm 56 And 14, la mesure obtenue pour la densité ne permettant pas de trancher ; celle-ci est en effet trop faible (dans les deux cas), en raison de la présence d'inclusions de quartz dans les grenats qui présentent de plus un début de structure hélicitique. Quoiqu'il en soit, nous voyons que le composant majeur est représenté par l'almandin.

bancs de marbre, est fréquente ; elle est par exemple signalée :

— dans les Dinarides *sensu stricto* par RAMPNOUX (1970) qui précise que les « amphibolites... possèdent un litage parallèle à la stratification » ;

— pour les Hellénides, par BRUNN (1956) et PARROT (1967) dans le Pinde septentrional, et par BARTOLOTTI, DAL PIAZ et PASSERINI (1969) et MOORES (1969) dans le Vourinos ;

— dans les Taurides, par JUTEAU (1970) et De GRACIANSKY (1972) ;

— à Chypre et dans le nord-ouest de la Syrie, par LAPIERRE et PARROT (1972).

Si pour RAMPNOUX (*op. cit.*), les amphibolites sont des ortho-amphibolites provenant d'un métamorphisme de contact des dolérites sous-jacentes, dans la plupart des cas, ces roches (qui ne sont d'ailleurs peut-être pas toutes homologues) sont interprétées comme des copeaux tectoniques sous une nappe de roches vertes.

Pour notre part et en fonction de ce que nous avons décrit précédemment, nous distinguons deux types de métamorphisme au Mont Kandili ; l'un affecterait plus spécialement les roches de la « semelle volcanique », l'autre aurait donné naissance aux amphibolites. Nous allons voir s'il est possible de les interpréter à la lumière des hypothèses que nous avons envisagées dans un article antérieur (GUERNET et PARROT, *op. cit.*).

1. *Tentative d'interprétation des phénomènes métamorphiques dans l'hypothèse d'une autochtonie des ophiolites mises en place par épanchement de type pluto-volcanique.* La présence d'*hydrogrossulaire* à la partie sommitale de la semelle volcanique, ainsi que celle d'*analcime* et d'*albite secondaire* dans les niveaux supérieurs de la semelle, et localement, d'un peu de *prehnite* dans des « brèches » amphibolitiques, évoque un faciès zéolite. Ce métamorphisme de basse température et de faible pression qui n'affecte que les roches affleurant au voisinage immédiat des péridotites, sur quelques mètres d'épaisseur, pourrait s'interpréter comme un métamorphisme de contact lié à l'épanchement ophiolitique. Cependant, si tel était le cas, on s'attendrait à ce que le métamorphisme soit plus intense (6 et 7).

Les amphibolites sont, par contre, difficiles à interpréter si l'on admet une mise en place des ophiolites de type volcanique, puisque leur association minéralogique et leur structure les placent dans le faciès amphibolite almandin (cf. supra), c'est-à-dire que

classiquement elles appartiennent à un métamorphisme régional. Si on veut lier leur genèse à un éventuel épanchement volcanique, il faut admettre que la foliation s'explique par un rôle supposé de l'énorme masse des roches vertes sous lesquelles les amphibolites auraient cristallisé. Cette explication est peu satisfaisante, car il est difficile de penser qu'un phénomène a priori aussi intense ait affecté une zone si limitée.

2. *Tentative d'interprétation dans l'hypothèse d'une mise en place tectonique des ophiolites.* Dans la note précédente, nous avons envisagé l'existence d'un contact anormal majeur à la base des péridotites ; dans cette hypothèse, les roches métamorphiques correspondraient à des copeaux ou échardes d'écaillés sialiques entraînés par les ophiolites lors de leur mise en place à l'état solide ; ceci explique toutefois mal la concordance du litage et du plan de charriage, et

le fait que l'on ait uniquement affaire à ce type de roches, phénomènes qui ne sont sans doute pas le fruit du hasard puisqu'on les retrouve ailleurs qu'en Eubée ; ceci implique peut-être un lien génétique entre amphibolites et péridotites.

Le faciès zéolitique ne s'interpréterait dans l'hypothèse tectonique que comme un phénomène postérieur à la mise en place ; il reste à expliquer dans ce cas pourquoi il s'est développé de façon préférentielle à proximité des péridotites.

Manuscrit reçu au SCD le 27 octobre 1972

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Monsieur le Professeur Rocci pour les remarques qu'il a bien voulu nous faire en relisant ce texte.

(6) Ainsi par exemple, dans un cas de métamorphisme de contact produit par un magma péridotitique, phénomène récemment décrit par RICOU (1971) dans le massif de Neyriz (Iran), on rencontre au mur des péridotites des skarns à diopside et wollastonite, soit un métamorphisme type hornblende-hornfelds faciès, voire même plus intense encore, type pyroxene-hornfelds faciès.

(7) La présence d'un faciès zéolite au niveau de la « semelle volcanique » est à rapprocher des observations faites par PAMIC (1972) à propos du développement d'un faciès comparable dans les veines recoupant les péridotites et gabbros de la zone ophiolitique des Dinarides yougoslaves, ainsi que les formations volcano-sédimentaires qui leur sont liées ; pour cet auteur, ce métamorphisme de faible température et de faible pression s'est produit « après la mise en place des gabbros, diabases, spilites, amphibolites, et probablement péridotites ».

OUVRAGES CONSULTÉS (8)

BARTOLOTTI (V.), DALPIAZ (G.V.) et PASSERINI (P.), 1969. — Ricerche sulle ofioliti delle catene Alpine. 5 - Nuove osservazioni sul Massiccio del Vourinos (Grecia). *Boll. Soc. Geol. It.*, 88, pp. 35-45.

BERNOULLI (D.), LAUBSCHER (H.), 1972. — The palinspastic problem of the Hellenides. *Eclogae geol. Helv.*, v. 65/1, pp. 107-118.

BRUNN (J.H.), 1956. — Contribution à l'étude géologique du Pinde septentrional et d'une partie de la Macédoine occidentale. *Ann. Géol. Pays Hellén.*, 8, 258 p., Athènes.

DEER (W.A.), HOWIE (R.A.) et ZUSSMAN (J.), 1964. — Rock forming minerals 1^{er} volume Ortho and Ring silicates 333 p. W. Clowes ed. Londres.

FYFE (W.S.), TURNER (F.J.) et VERHOOGEN (J.), 1958. — Metamorphic reactions and metamorphic facies. *Geol. Soc. America Mem.*, 73, 259 p.

GRACIENSKY (P.C. de), 1972. — Recherches géologiques dans le Taurus Lycien, 571 p., thèse Univ. Paris sud, Orsay, *multigr.*

GUERNET (C.), 1971. — Études géologiques en Eubée et dans les régions voisines (Grèce). 395 pages, Geol. 1 de l'Univer. Paris VI, Paris, *offset*.

GUERNET (C.) et PARROT (J.-F.), 1972. — Le cortège ophiolitique de l'Eubée moyenne (Grèce) : Position et relations avec les séries mésozoïques. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, IV, 1, pp. 67-75.

HUANG (W.T.), 1962. — Petrology. 479 p., MacGraw Hill ed., New York.

JUTEAU (T.), 1970. — Petrogenèse des ophiolites des nappes d'Antalya (Taurus Lycien oriental, Turquie). Leur liaison avec une phase d'expansion océanique active au Trias supérieur. *Sci. Terre*, t. XI, n° 3, pp. 265-288.

LAPIERRE (H.) et PARROT (J.-F.), 1972. — Identité géologique des régions de Paphos (Chypre) et du Baër-Bassit (Syrie). *C.R. Acad. Sc. Paris, sér. D.*, 272, pp. 1999-2002.

MOORES (E.M.), 1969. — Petrology and structure of the Vourinos ophiolitic complex of Northern Greece. *Geol. Soc. Amer. Spec. paper*, 118, 74 p.

PAMIC (J.), 1972. — Metamorphic grade of the jurassic magmatic - sedimentary (« Diabas-Hornstein ») formation of the dinaric ophiolite zone (Yugoslavia). *Bull. sci., Sect. A, Yougosl.*, 17, 5-6, pp. 151-153.

PARROT (J.-F.), 1967. — Le cortège ophiolitique du Pinde septentrional (Grèce). In 8°, 114 p., ORSTOM, Paris, *multigr.*

PETRASCHEK (W.E.), 1969. — Art und Alter der Tektonik in Mittel - Euböa. *Prakt. Akad. Ath.*, 69 paru 70, pp. 1-8.

RAMPNOUX (J.-P.), 1970. — Contribution à l'étude géologique des Dinarides : un secteur de la Serbie méridionale et du Monténégro oriental (Yougoslavie). These Univ. Orléans. 514 p., 3 vol. *multigr.*

RICOU (L.E.), 1971. — Le métamorphisme au contact des péridotites de Neyriz (Zagros interne - Iran) : développement de skarns à pyroxène. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, XIII, n° 1-2, p. 146-155.

TURNER (F.J.) et VERHOOGEN (J.), 1960. — Igneous and metamorphic petrology. 694 p., Mac Graw Hill ed., New York.

WINKLER (H.G.F.), 1965. — La genèse des roches métamorphiques, 188 p., Ophrys ed., Gap.

(8) Nous avons, autant que possible, évité de reprendre dans cette deuxième note, les références bibliographiques de la note précédente, notamment celles consacrées à la géologie régionale et aux hypothèses génétiques des cortèges ophiolitiques.