

Πρακτικά		3ου Συνεδρίου	Μάιος 1986
Δεστ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.	Αθήνα
	XX	175-192	1988
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

LE DEVELOPPEMENT EN CONTEXTE CONTINENTAL D'UN METAMORPHISME HP/BT: LES "SCHISTES BLEUS" TERTIAIRES THESSALIENS

I. GODFRIAUX*, J. FERRIERE**, A. SCHMITT*

INTRODUCTION

L'existence de minéraux de haute pression-basse température (HP/BT) dans les roches métamorphiques périégéennes est connue depuis plus d'un siècle (Luedecke, 1876), mais aujourd'hui, la tentation de relier leur genèse aux concepts géodynamiques globaux est véritablement fort pressée.

Ainsi, dans la dernière en date, le métamorphisme "Schistes bleus" de l'Unité cycladique" (à laquelle appartiendraient les roches thessaliennes) y est analysé comme le résultat d'une subduction (échelonnée du Crétacé supérieur à l'Eocène) d'une marge de bassin de type océanique (pindique et ultrapindique) sous la plaque européenne (grossoie après le Crétacé inférieur du microcraton pélagonien) (Bonneau *et al.*, 1982).

En Thessalie, peu de roches, impliquées dans les multiples phases tectoogéniques alpines, ont échappé aux divers métamorphisme thermodynamique qui les accompagnent. Ainsi, le polymétamorphisme est-il généralement la règle, et les paragenèses observées (et en particulier celles qui pourraient éventuellement caractériser des conditions HP/BT (1)) sont toujours plus ou moins en déséquilibre.

Dans l'état actuel de nos connaissances (sans analyse structurale et sans étude des relations déformations/cristallisations détaillées, et surtout sans de nombreuses datations géochronologiques), notre démarche scientifique reste encore bien incertaine.

L'objet de notre contribution est donc, après avoir placé dans un schéma structural admissible la répartition des sites HP/BT, d'analyser l'environnement géologique (types des séries affectées dans un contexte de tectonique globale).

I. REPARTITION DES PARAGENESES HP/BT EN THESSALIE

A. EN THESSALIE SEPTENTRIONALE (des Pieria à l'Ossa, I. G. - A. S.)
(fig. 1 et 2)

En Thessalie septentrionale, le métamorphisme HP/BT a été décelé :

- (1) En Thessalie, le sous faciès HP/BT a jadéite est toujours absent ; on observe généralement des associations qui caractérisent le sous faciès à glaucophane-lawsonite (de Turner).

* Faculté Polytechnique de Mons, rue de Houdain 9 - B-7000 MONS (Belgique)

** Université des Sciences et Techniques de Lille I, B. P. 36 - F59655
VILLENEUVE D'ASCQ (France)

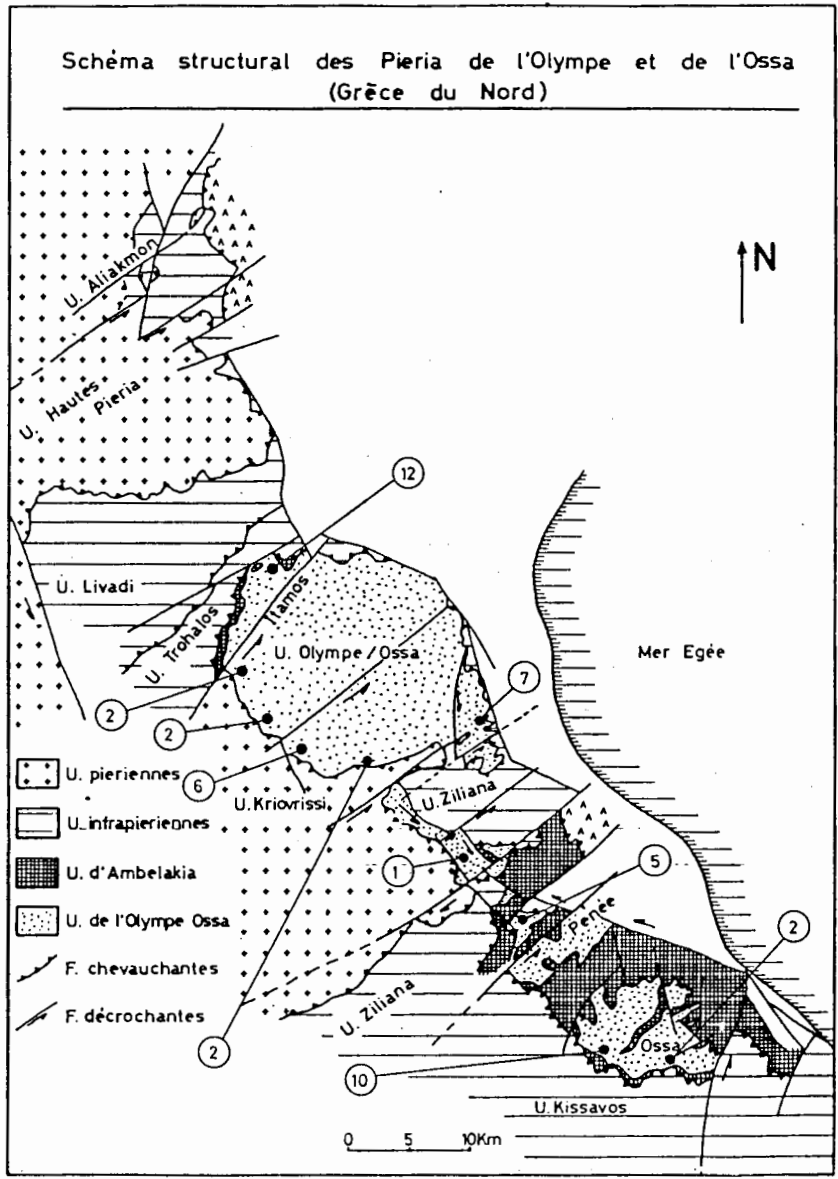


Fig. 1.- Les unités structurales en Thessalie septentrionale (des Pierias à l'Ossa).

- a) dans les unités paraautochtones de l'Olympe et de l'Ossa ;
- b) dans les unités allochtones méridionales et plus précisément depuis les plus basses jusqu'aux plus élevées, dans :
 1. l'unité d'Ambelakia ;
 2. les unités infrapériennes du Trohalos et du Kissavos ;
 3. l'unité piérienne de Kriovrissi.

(Les unités infrapériennes septentrionales et l'unité piérienne de Kataphyghion ne révèlent en effet que des paragenèses de faciès "Schistes verts" typiques).

1. Dans les unités paraautochtones

a) Dans l'Olympe

L'analyse microscopique des niveaux détritiques grossiers du flysch permet de reconnaître parfois des néogénèses minérales cristallisant le plus souvent sur des microgalets d'amphibolites et de dolérites ou sur de rares plagioclases détritiques de la matrice.

Deux paragenèses peuvent être observées (OL, fig. 2) :

- pumpellyite - quartz - albite (tabl. I) ;
- lawsonite - quartz - albite - phengite - chlorite (tabl. I).

b) Dans le Bas-Olympe et dans l'Ossa

Les schistes gréseux du flysch, à quartz, plagioclase albitisé, feldspath potassique, mica blanc, chlorite, sphène, apatite et zircon (détritique) montrent une paragenèse à :

- quartz - albite - phengite - chlorite - lawsonite. (OSS, fig. 2).

Un galet de granodiorite gneissifié inclus dans un banc de calcaire microconglomératique (à "fantômes" de Nummulites et d'Alvéolines) montre en outre des néogénèses de pumpellyite et une paragenèse à :

- lawsonite - quartz - albite - chlorite (tabl. II).

2. Dans les unités allochtones

a) Dans l'unité d'Ambelakia

Les paragenèses des roches métamorphiques volcano-sédimentaires (grauwackes, calcschistes, grès arkosiques...) et des metabasaltes de l'unité d'Ambelakia ont déjà été signalées dans de nombreuses publications (Godfriaux *et al.*, 1978 a et b, 1979, 1980 ; Schmitt, 1981, 1983*).

D'après A. Schmitt, deux paragenèses successives peuvent être décelées. La première à :

- aegyrine-augite + crossite + albite + quartz + phengite + lawsonite ;

la seconde (Amb2, fig. 2) à :

- chlorite + albite + quartz + pumpellyite.

(*) Elles font actuellement l'objet de recherches détaillées à l'Université Catholique de Louvain (Docteur J.L. Pingot).

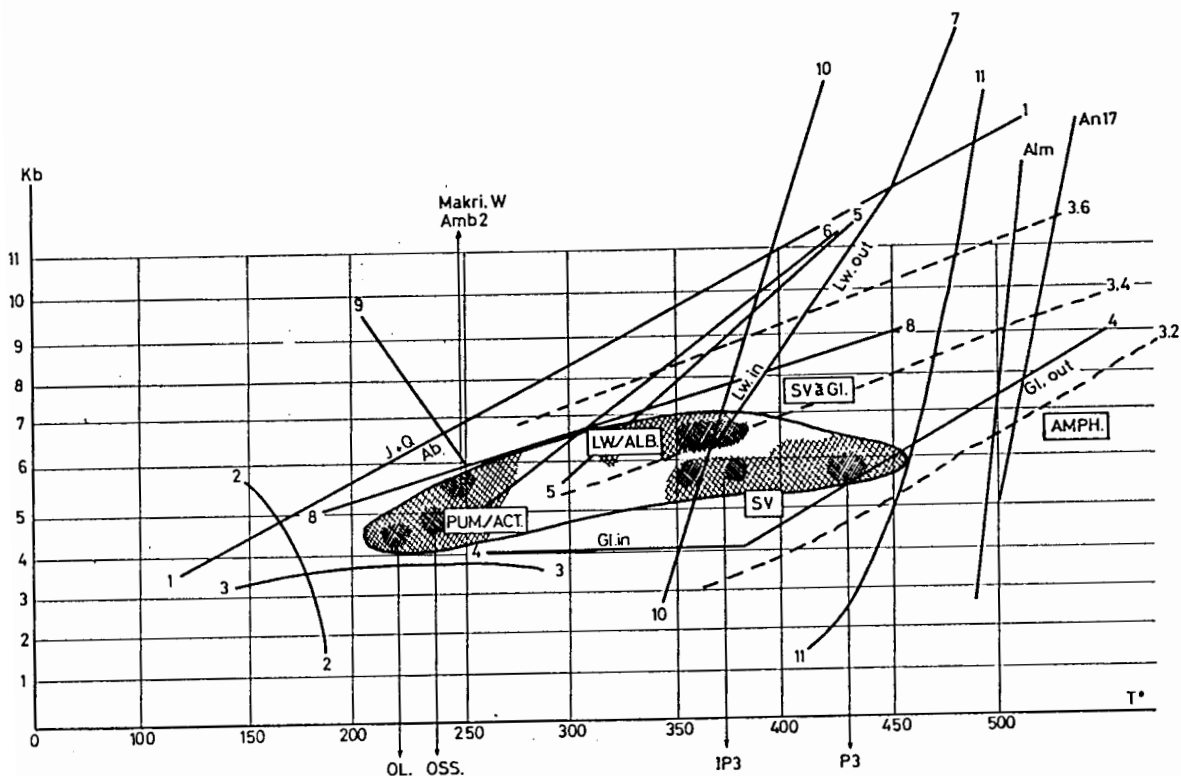


Fig. 2.- Schéma récapitulatif des pressions et des températures estimées pour le métamorphisme tertiaire des unités de l'Olympe (OL), de l'Ossa (OSS), d'Ambelakia (Amb2), infra-pieriennes (IP3) ou pieriennes (P3) et de Makrinitsa.

Courbes d'équilibres d'après Newton, Kennedy (1963) ; Velde (1967) ; Hoffman (1972) ; Raheim, Green (1975) ; Saliot (1978) ; Winkler (1979) ; Kienast (1981) ; Maresh (1971).

1 : jadéite + quartz = albite ; 2 : déstabilisation de la ferroglaucophane ; 3 : lawsonite + quartz = laumontite ; 4 : déstabilisation de la magnésoglaucophane ; 5 : lawsonite + jadéite = paragonite + albite + zoisite ; 6 : lawsonite + glaucophane = trémolite + chlorite + albite ; 7 : lawsonite + jadéite = paragonite + zoisite + quartz ; 8 : aragonite = calcite ; 9 : 3.2, 3.4, 3.6 : apparition des phengites à taux de silice indiqué ; 10 : pumpellyite + chlorite + quartz = zoisite + actinolite ; 11 : stilpnomélane + muscovite = biotite + muscovite.

PUMPELLYITES								
Ech. % oxydes	F101/87 23	F101/87 4	F101/86 9	F101/86 10	F101/86 11	F101/86 12	F101/86 13	F101/79 5
SiO ₂	37.04	36.91	37.91	37.21	36.07	36.39	37.60	36.67
TiO ₂	0.01	0.05	0.08	-	-	0.09	0.14	0.21
Al ₂ O ₃	24.65	26.43	25.60	25.43	22.80	21.68	25.13	23.18
Cr ₂ O ₃	0.14	0.01	0.06	-	-	0.05	0.15	-
FeO [†]	4.01	3.33	10.04	2.58	6.07	7.53	9.47	6.99
MnO	0.17	0.31	0.12	0.11	0.23	-	0.05	0.21
MgO	4.01	2.88	0.06	3.76	3.23	2.58	0.01	2.81
CaO	19.14	22.43	23.44	22.47	21.77	21.87	22.99	22.90
Na ₂ O	-	-	0.07	0.07	0.06	0.02	0.01	0.01
K ₂ O	-	0.12	0.02	0.01	0.05	-	-	0.01
OH	6.33	6.51	6.64	6.48	6.25	6.20	6.53	6.39
Total	95.58	98.97	104.03	98.11	96.51	96.40	102.08	99.37
Freq. aton.								
Si	6.133	5.945	5.990	6.023	6.054	6.152	6.035	6.013
Al	4.811	5.017	4.767	4.850	4.511	4.320	4.754	4.480
Ti	0.012	0.006	0.009	-	-	0.011	0.017	0.026
	4.82	5.02	4.78	4.85	4.51	4.33	4.77	4.50
Mg	0.988	0.692	0.013	0.906	0.807	0.649	0.002	0.685
Fe ²⁺	0.554	0.448	1.327	0.348	0.852	1.065	1.271	0.958
Mn	0.023	0.042	0.016	0.015	0.033	-	0.006	0.029
	1.56	1.18	1.36	1.26	1.69	1.71	1.28	1.67
Ca	3.395	3.871	3.967	3.891	3.916	3.962	3.953	4.024
Na	-	-	0.021	0.021	0.019	0.006	0.004	0.002
K	-	0.024	0.005	0.003	0.009	-	-	0.002
	3.39	3.85	3.99	3.91	3.94	3.96	3.95	4.03
OH	7	7	7	7	7	7	7	7

Tableau I - Unités parautochtones de l'Olympe-Ossa. Massif de l'Olympe. Le flysch osseital ; affleurements septentrionaux. Pumpellyites [base : 76 (0,0H)].

†) Le fer total dosé à la microsonde est exprimé sous forme de FeO.

LAWSONITES				
Ech. % oxydes	AKOBI.5/7	AKOBI.5/8	AKOBI.5/10	AKOBI.5/17
SiO ₂	37.26	37.31	37.27	37.30
TiO ₂	0.16	0.26	0.49	-
Al ₂ O ₃	32.65	32.43	31.92	32.42
Cr ₂ O ₃	-	0.36	0.03	-
FeO ²⁺	0.28	0.36	0.20	0.06
MnO	0.17	-	-	-
MgO	0.20	0.04	-	-
CaO	15.85	16.45	16.25	16.39
Na ₂ O	-	0.15	-	-
K ₂ O	0.04	0.10	-	-
OH	11.25	11.31	11.18	11.21
Total	97.85	98.78	97.34	97.39
Prop. atom.				
Si	1.985	1.976	1.996	1.994
Al ⁴	0.015	0.024	0.004	0.006
	2.00	2.00	2.00	2.00
Al ⁶	2.035	2.001	2.011	2.036
Ti	0.006	0.010	0.020	-
Fe ³⁺	-	-	-	-
Cr	-	0.015	0.001	-
	2.04	2.03	2.03	2.04
Mg	0.016	0.003	-	-
Fe ²⁺	0.012	0.016	0.009	0.003
Na	-	0.015	-	-
Ca	0.905	0.934	0.932	0.939
K	0.003	0.007	-	-
	0.94	0.97	0.94	0.94
OH	4.000	4.000	4.000	4.000

Tableau I - Unités paraautochtones de l'Olympe-Ossa. Massif de l'Olympe. Le flysch samnital. Affluements septentrionaux. [Lawsonites base : 10 (0,OH)].

*) Le fer total dosé à la microsonde est exprimé sous forme de FeO.

LAWSONITES							
Ech. % oxydes	LD22/2	LD22/3	LD22/6	LD22/10	LD22/11	LD22/14	LD22/16
SiO ₂	36.74	36.99	37.07	37.05	40.98	37.57	36.54
TiO ₂	1.23	0.13	0.06	-	0.34	0.44	-
Al ₂ O ₃	31.67	31.82	32.05	32.05	30.33	32.61	31.78
Cr ₂ O ₃	0.09	0.17	0.08	-	0.53	0.60	0.05
FeO ^{II}	0.39	0.26	0.34	0.63	0.16	0.14	0.08
MnO	-	0.07	0.06	0.20	0.07	0.19	-
MgO	0.03	0.02	0.05	0.15	0.05	0.18	-
CaO	16.96	16.99	16.67	15.71	16.10	16.12	16.36
Na ₂ O	-	0.23	-	0.39	-	0.13	-
K ₂ O	-	0.10	0.05	0.21	-	0.07	-
OH	11.23	11.19	11.24	11.16	11.55	11.39	11.01
Total	98.34	97.97	98.21	97.55	100.13	99.43	95.81
Prop. atom.							
Si	1.960	1.980	1.975	1.988	2.125	1.975	1.989
Al ⁴	0.040	0.020	0.025	0.012	-	0.025	0.011
	2.00	2.00	2.00	2.00	2.12	2.00	2.00
Al ⁶	1.951	1.987	1.988	2.016	1.854	1.995	2.027
Ti	0.049	0.005	0.024	-	0.013	0.017	-
Fe ³⁺	-	-	-	-	-	-	-
Cr	0.004	0.007	0.003	-	0.022	0.025	0.002
	2.00	2.00	2.01	2.02	1.89	2.04	2.03
Mg	0.002	0.001	0.004	0.012	0.004	0.014	-
Fe ²⁺	0.017	0.011	0.015	0.028	0.007	0.006	0.004
Na	-	0.024	-	0.041	-	0.013	-
Ca	0.969	0.974	0.952	0.903	0.895	0.908	0.954
K	-	0.006	0.004	0.015	-	0.005	-
	0.99	1.01	0.98	1.00	0.91	0.95	0.96
OH	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

Tableau I I- Unités paraautochtones de l'Olympe-Ossa. Massif de l'Ossa. Le flysch acmittal. Affleurements de Epilia. Lawsonites [base : 10 (0,OH)].

L'étude zonéographique (à peine ébauchée) semble révéler une évolution vers le N des conditions de métamorphisme (remplacement de la crossite par de la glaucophane s.l. ou de la riebeckite magnésienne ou de la barroisite ou de l'actinote et disparition totale de la pumpellyite).

b) Dans les unités infrapieriennes

Les unités infrapieriennes se relaient du N de l'Aliakmon au S du Pénée. La couverture du socle (d'âge permo-triassico (?) - jurassique (?)) très variable et très contrastée définit un domaine paléogéographique intermédiaire entre les domaines pierien et ambelakien (Schmitt, 1983) avec un approfondissement vers le S.

Au point de vue du métamorphisme, il est toujours polyphasé dans toutes les unités et les phases minérales invitent à distinguer :

- 2 secteurs (N et S) et
- 3 évènements métamorphiques.

- Une paragenèse relique et ancienne (paléozoïque) présente uniquement dans le socle orthogneissique ou arkosique et volcanique :

- hornblende + biotite + oligoclase (An 25 ?) + quartz (dans les amphibolites) ;

- biotite + muscovite + oligoclase (An 15) + quartz (dans les gneiss).

- Des paragenèses alpines (jurassiques) uniquement dévelées dans le socle et sa couverture marmoréenne et pélimitique :

- hornblende actinolitique + plagioclase (An 15) + grenat (spessartine) + épidote sl + quartz (dans les amphibolites) ;

- quartz + albite + phengite ± biotite (dans les micaschistes).

- Des néogenèses alpines, plus tardives, typomorphes d'un faciès "Schistes verts" au N et "Schistes bleu/vert" au S (IP3, fig. 2).

(N)	:	Centre	:	S
((UIP Aliakmon))	:	(UIP Trohalos)	:	(UIP Kissavos)
(actinote)	:	riebeckite	:	crossite
()	:	(magnésienne)	:	
()	:		:	
(chlorite)	:	stilpnomélane	:	stilpnomélane
()	:		:	lawsonite (rare)
()	:		:	aegyrine-augite
()	:		:	(rare)
()	:		:	

c) Dans l'unité pierienne de Kriovrissi

Outre des paragenèses reliques :

- dans le faciès "amphibolite" (dans le socle) ;
- dans le faciès "Schistes verts" (dans la couverture du socle) ;

seule l'unité pierienne de Kriovrissi (au S de la fenêtre de l'Olympe) montre des paragenèses tardives (P3, fig. 2) :

- dans des schistes de couleur bleue intercalés en niveaux continus dans des granodiorites mylonitisées (adamellite s.s.) :

- + winchite et/ou barroisite + quartz + albite + épidote s.l.
- + stilpnomélane

ou :

- + riebeckite + phengite + quartz + albite + aegyrine-augite
- + stilpnomélane ;

- dans des lentilles amphibolitiques compactes et discontinues à chimisme basique dans des granodiorites (ademellite s.s.) :

- + crossite + phengite + pistachite + quartz + albite
- + stilpnomélane

ou :

- + barroisite + phengite + pistachite + quartz + albite
- + stilpnomélane.

B. EN THESSALIE MERIDIONALE (dans le Pélion ; J.F.)

Dans ce secteur, le dispositif structural est complexe et caractérisé par des phénomènes tectoniques synmétamorphiques superposés : phases paléohelléniques du Jurassique terminal (Crétacé basal ?) et phases tertiaires (fig. 3).

S'agissant des roches à amphiboles bleues ou bleu-vert, il est nécessaire de distinguer dans ce secteur :

- des "Schistes bleus" typiques à Glaucophane s.s. + lawsonite (abondante), correspondant à un métamorphisme s.s. ;
- des schistes à amphiboles sodiques de type Crossite - Mg. riebeckite + pumpellyite et lawsonite (rare) ;
- des schistes à amphiboles sodiques et actinote, sans lawsonite décelée.

Les recristallisations ayant conduit à ces différents types de paragenèses sont probablement subcontemporaines et d'âge tertiaire dans la plupart des unités, mais, vers l'Ouest notamment, apparaissent des unités marquées par un métamorphisme jurassique terminal qu'il conviendra de caractériser.

1. Les schistes de Makrinitza (compartiment du Pelion Nord) (fig. 3)

Cette série affleure à la base de marbres triasico-jurassiques typiquement pélagoniens : elle correspond soit à la partie inférieure (Paléozoïque supérieur et/ou Trias inférieur-moyen) de cette série pélagonienne, soit à une série en fenêtre.

C'est dans la partie occidentale de cet ensemble qu'affleurent les "Schistes bleus" les plus typiques, alors que la partie orientale est de

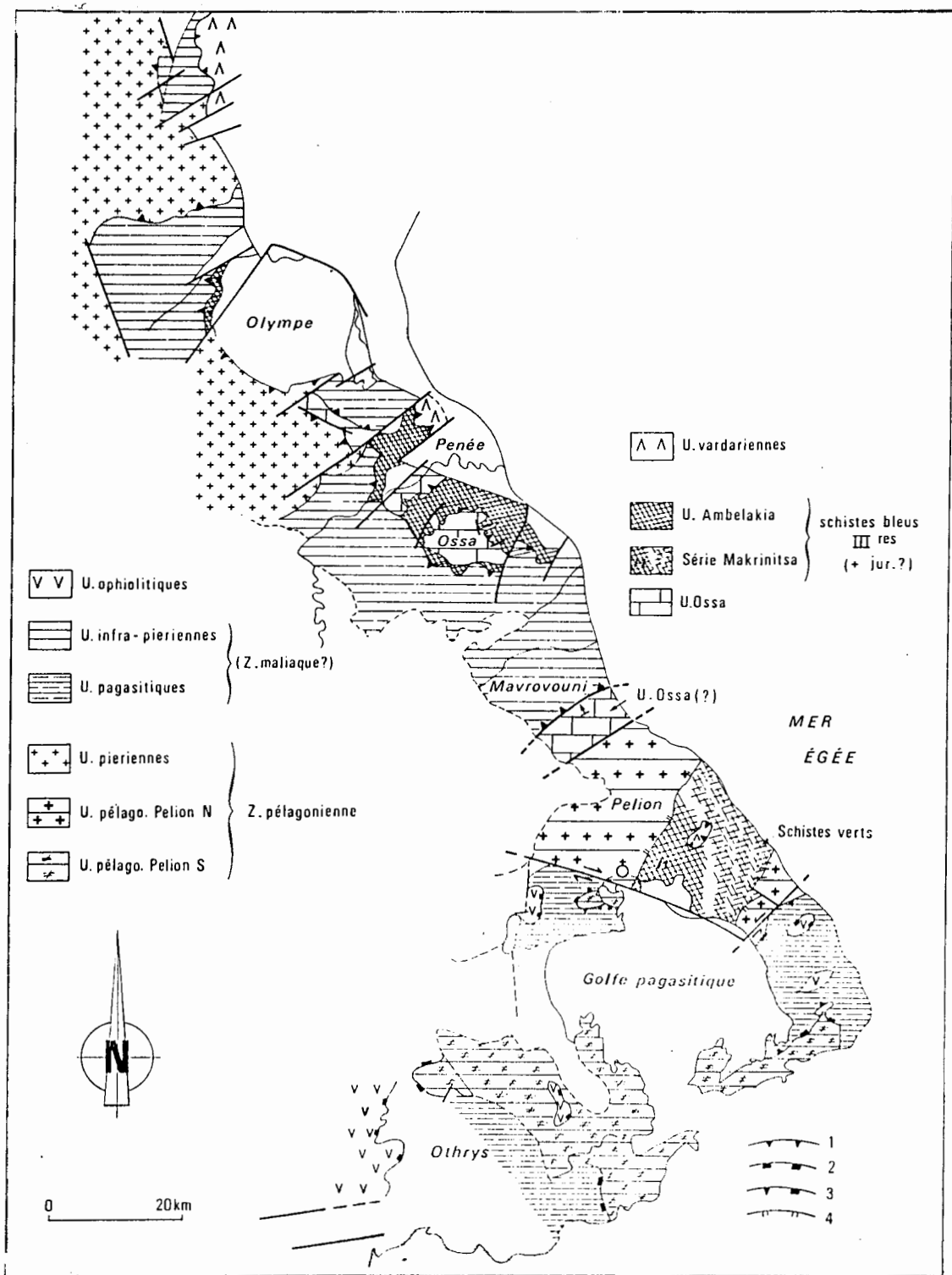


Fig. 3.- Schéma structural de la Thessalie de l'Olympe au Pelion.

type "Schistes verts". Ces "Schistes bleus" qui sont connus depuis longtemps (cf. Deprat, 1904 ; Georgiades, 1942) ont fait récemment l'objet de descriptions plus détaillées (Frost, 1976 ; Ferrière, 1982).

Les paragenèses principales sont du type :

- glaucophane s.s. (ou crossite) + albite + quartz + phengite
+ lawsonite + épidote + aegyrine augite (+ calcite).

Des recristallisations postérieures sont connues, notamment des albites tardives.

Les arguments structuraux permettent de séparer parmi les minéraux constituant les paragenèses principales deux générations successives de minéraux identiques (notamment amphiboles et phengites).

2. Les unités pélagoniennes typiques

Ces unités ont comme point commun de posséder une formation épaisse de marbres triasico-jurassiques massifs néritiques et de participer aux phases paléohelléniques. Ces marbres sont surmontés normalement par des schistes (Malm probable) qu'il est parfois difficile de distinguer des unités sus-jacentes. Un socle de "gneiss oeillés" paléozoïque (?) est connu dans le Pelion Sud.

Quatre unités pélagoniennes métamorphiques, limitées par des contacts verticaux décrochants -séparant des compartiments ou blocs différents- ou des contacts tangentiels (tertiaire et jurassique terminal), sont connues en Thessalie méridionale. Elles appartiennent aux compartiments suivants : Pelion Nord (une unité) ; Pelion Sud (une unité) et Velanidia (deux unités : Dimini, fenêtre tertiaire, et Paliouri au-dessus).

a) Unité pélagonienne du Pelion Nord (*)

Les schistes qui surmontent les marbres triasico-jurassiques au NNE de Volos présentent des paragenèses intéressantes, mais il est souvent difficile de séparer ces schistes d'éventuelles unités paléohelléniques sus-jacentes.

Parmi les paragenèses observées, on peut citer :

- quelques centimètres au-dessus des marbres et en continuité avec ceux-ci, des schistes bruns à :
phengite + albite + quartz + lawsonite + épidote + chlorite (plusieurs générations pour les deux derniers cités) ;

- des schistes dont les relations avec les marbres sont mal définies à hornblendes (Fe) reliques sur lesquelles se développent des amphiboles bleues :
albite + quartz + amphibole bleue (Mg. riebeckite) + phengite + épidote + stilpnomélane ;

- des schistes voisins montrent surtout :
actinote + pumpellyite.

Remarque : dans la partie orientale du Pelion Nord, les témoins de cette unité sont métamorphisés dans le faciès "Schistes verts" à actinote + biotite verte.

(*) Les schistes de Makrinitza qui pourraient représenter la base de cette série ont été décrits au paragraphe précédent.
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφραστός - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

b) Unité pélagonienne du Pelion Sud

Il s'agit là de l'unité qui réapparaît au Sud de la presqu'île de Magnésie dite du Pelion Sud.

- Dans les schistes supérieurs, on note une paragenèse à : albite + quartz + phengite + amphibole bleue (Mg. riebeckite) + oxydes. De la piémontite est présente localement.

- Sous les marbres triasico-jurassiques existe un socle (paléozoïque probable) de gneiss ocellés à : biotite + muscovite + grenat (almandin). Cette paragenèse est probablement paléozoïque (cf. Ferrière, 1982).

c) Les unités pélagoniennes du bloc de Velanidia

c1) Unité de Paliouri

Cette unité très limitée dans l'espace est nettement métamorphisée mais elle ne présente pas de paragenèses intéressantes.

c2) Unité de Dimini

Cette unité qui contient très probablement des schistes d'âge crétacé supérieur reposant sur un soubassement triasico-jurassique est très peu métamorphisée.

3. Les unités pagasitiques (zone maliaque ?)

a) Unité pagasitique orientale (Pelion Sud)

Cette unité paléohellénique à série pélagique jurassique (?) et triasique a livré des paragenèses à crossite ou Mg. riebeckite, sans lawsonite, correspondant au métamorphisme principal ; parmi celles-ci :

- phengite + albite + crossite + calcite + épidote + quartz + oxydes + sphènes ;

- phengite + albite + crossite + spessartine.

Un métamorphisme de type "Schistes verts" plus récent, se superpose parfois aux paragenèses de type "Schistes bleus" s.l.

b) Unité pagasitique occidentale (compartiment de Velanidia)

Les séries et les paragenèses métamorphiques observées rappellent celles de l'unité pagasitique orientale, mais les amphiboles sont ici soit des Mg. riebeckites, soit des actinotes.

4. La couverture crétacé supérieur-éocène discordante

L'étude des paragenèses présentes dans cette couverture est particulièrement importante puisque les recristallisations paléohelléniques (Jurassique terminal) y sont (naturellement) absentes et que l'âge tertiaire des paragenèses métamorphiques est par conséquent assuré.

Cependant, ces paragenèses sont assez difficiles à caractériser car les minéraux détritiques y sont abondants (amphiboles notamment) et les minéraux de néogenèse de petite taille.

Parmi les paragenèses reconnues soit dans le Pelion Sud, soit dans le Pelion Nord, on peut citer :

- phengite + albite + amphibole bleue (Mg. riebeckite) + calcite
+ quartz + chlorite + épidote.

Vers l'Ouest (Trikkeri, Pelion Sud), les paragenèses sont identiques mais les phengites par exemple s'éloignent du champ des "Schistes bleus" typiques (série de Makrinitza).

II. AGES DES PARAGENESES HP-BT EN THESSALIE

A. EN THESSALIE SEPTENTRIONALE (I.G., A.S.)

1. Dans les unités paraautochtones

La présence de Nummulites et d'Alvéolines dans les calcaires sous-jacents au flysch terminal (en Olympe) et de Nummulites et d'une Alvéoline dans un bloc de calcaire emballé dans le flysch terminal (en Ossa) date avec certitude les paragenèses décrites comme postérieures à l'Eocène moyen (ou supérieur ?) dans l'Olympe, et comme postérieures au Paléocène en Ossa (Godfriaux, 1965 ; Godfriaux *et al.*, 1978 a et b).

2. Dans les unités allochtones

L'âge stratigraphique des paragenèses observées est ici beaucoup plus incertain. Tout porte à croire cependant qu'il est pénécotemporain du précédent (Crétacé supérieur à Rudistes de l'unité infrapierienne du Kissavos affecté, blastomylonites à "rubans" de "Schistes bleus" de l'unité pierienne de Kriovrissi liées à la mise en place des nappes tertiaires, etc...).

Les datations absolues sont rares ou sujettes à discussion, ou encore en cours. Seul, C.M. Barton avance un âge de 40,0 + 1,2 MA établi par la méthode Rb/Sr sur des phyllonites (Barton, 1976).

B. EN THESSALIE MERIDIONALE (J.F.)

Le problème essentiel qui se pose en Thessalie méridionale est de faire la part entre les recristallisations tertiaires et paléohelléniques (Jurassique terminal).

1. Paragenèses d'âge tertiaire

Plusieurs arguments permettent d'être certain de l'âge tertiaire de certaines paragenèses :

a) Certaines formations crétacées-paléocènes sont métamorphisées :

- l'âge de ces formations est prouvé par la découverte de fossiles :

+ dans le coin NW du bloc de Velanidia : marbres à *Pseudochrysalidina* cf. *gradata* d'Orbigny, du Cénomaniens ;

+ dans le Pelion Sud et près de Volos : fantômes de *Globotruncana* (quasi-certitude près d'Argalasti, Pelion Sud) ;

- l'âge de ces formations est confirmé par la nature des faciès conglomératiques qui s'y rencontrent, en continuité avec les faciès bien datés du Chalkodonio et de Velestinon ou comparables à ceux d'Othrys orientale également fossilifères et d'âge crétacé-paléocène.

Les paragenèses observées dans ces formations crétacées-paléocènes sont des paragenèses à phengites et amphiboles bleu-vert ou bleues (Mg. riebeckites dans le Pelion Sud).

b) Âges radiométriques sur des phengites de formations anté-crétacé supérieur

Différents âges tertiaires (K/Ar) ont été obtenus sur des phengites et des biotites vertes provenant d'unités différentes (cf. Ferrière, 1982) :

- Schistes bleus de Makrinitza : âge : 25-29 MA ;
- unité pagasitique orientale : phengites d'un quartzite à crossite et grenats : âge : 36-38 MA ;
- socle de l'unité pélagonienne du Pelion Sud : fraction phengitique à 35,5 MA dans une formation à muscovites de 240 MA.

2. Paragenèses d'âge anté-crétacé supérieur (phases paléohelléniques)

En Thessalie méridionale existent des témoins de métamorphismes alpins anté-crétacé supérieur (paléohelléniques).

Les meilleures preuves sont d'ordre stratigraphique ; ainsi au Nord de Farsala, près de Mikrovouno, une série renversée d'affinité pélagonienne révèle la présence de marbres et schistes siliceux (Trias-Jurassique d'après les faciès) et de schistes métamorphiques à la base sous un Crétacé supérieur à peine schistosé. Il en est de même dans le Chalkodonio à l'Ouest du bloc de Velanidia, où des micas blancs ont été datés (K/Ar) de 125 MA (voir Ferrière, 1982).

Type de métamorphisme paléohellénique : dans le Chalkodonio, il s'agit d'un faciès de type "Schistes verts" qui pourrait passer au faciès "Epidote-Amphibolite" localement.

Remarque : quelques amphiboles bleutées ont été observées au Nord de Mikrovouno mais ce secteur n'a pas fait l'objet d'une étude pétrographique approfondie.

3. Quelques incertitudes

L'existence indubitable de deux périodes majeures de métamorphisme alpin conduit à s'interroger sur l'âge et la signification de certaines paragenèses observées en Thessalie méridionale.

1. L'un des problèmes les plus surprenants réside dans le fait que dans les schistes de Makrinitza (Schistes bleus s.s.) et dans les unités pagasitiques (crossite, Mg. riebeckite ; actinote à l'Ouest), les lames minces ne révèlent qu'une paragenèse fondamentale alors qu'on s'attendrait à voir des paragenèses de type "Schistes bleus" s.l. sur des paragenèses de type "Schistes verts" voire de type "Epidote-Amphibolite".

Dans les "schistes de Makrinitza", les microplis permettent de distinguer deux phases de déformation isoclinales et synmétamorphiques mais les

paragenèses qui les accompagnent paraissent être identiques et il semble plus raisonnable de considérer qu'il s'agit là de deux épisodes d'un même évènement tectono-métamorphique tertiaire (cf. Ferrière, 1982).

Le problème évoqué se pose surtout dans le "bloc de Velanidia" où les schistes infra-ophiolitiques de l'unité pagasitique occidentale montrent des minéraux de néogénèse dont des amphiboles, bien développés, alors que le Crétacé supérieur voisin (coin NW du "bloc de Velanidia"), quoique recristallisé, ne présente pas de néoformations aussi importantes. Le rapprochement entre ces deux ensembles le long des décrochements décrits est-il plus important qu'il n'y paraît ? ou bien existe-t-il un métamorphisme paléohellénique (jurassique terminal) de type Schistes bleus s.l. à amphibole bleu-vert et actinote passant vers l'Est à des crossites ? Dans ce dernier cas, la superposition de paragenèses comparables d'âge paléohellénique et tertiaire expliquerait l'ambiguïté énoncée dans ce paragraphe... Des métamorphismes à amphiboles bleutées anté-crétacé supérieur ont déjà été signalés dans les Hellénides méridionales (Gavdos ; Vergely, 1972), dans le Vardar et le Vermion (blocs exotiques) d'autre part (Vergely, 1984) mais le seul faciès véritablement de type HP-BT de cet âge a été signalé en Eubée du Sud où les âges proposés restent cependant très hypothétique (Vergely, 1984).

2. Le deuxième problème posé est celui de l'âge du métamorphisme à Hornblende verte et Biotite brune, qui précède un métamorphisme de faible degré, observé dans des gneiss ocellés surmontant les marbres triasico-jurassiques pélagoniens du Pelion Nord.

Des niveaux mylonitisés séparent souvent ces gneiss ocellés des marbres sous-jacents (cf. Glafire ; Ferrière, 1982), ce qui fait que les gneiss pourraient représenter des témoins de socle à métamorphisme paléozoïque à la base d'unité paléohelléniques. Cependant, des récurrences de marbres dolomitiques évoquant les marbres mésozoïques sous-jacents s'intercalent dans certains de ces gneiss ocellés dans le Pelion central par exemple ; ce métamorphisme à Hornblende verte serait alors paléohellénique (Jurassique terminal) !

Une des difficultés majeures vient du fait qu'au cours d'une même période de métamorphisme, chacune des unités observées n'a pas obligatoirement subi le même degré -sinon le même type- de métamorphisme.

4. Bilan

On peut résumer les faits précédents concernant l'âge des paragenèses métamorphiques en Thessalie du Sud de la façon suivante :

- les certitudes : il existe un métamorphisme à amphiboles bleues et phengites d'âge tertiaire dans le secteur considéré, et un métamorphisme (Schistes Verts, Epidote-Amphibolite surtout) d'âge jurassique-crétacé ;

- les quasi-certitudes : certaines paragenèses de type HP-BT présentes dans les schistes de Makrinitza sont très probablement tertiaires, comme certaines paragenèses à crossite - Mg. riebeckite des unités pagasitiques ;

- les incertitudes :

- + existe-t-il un métamorphisme d'âge paléohellénique à amphiboles bleutées ou bleu-vert dans les unités pagasitiques et de type HP-BT dans la série de Makrinitza ?
- + au contraire, le métamorphisme à Hornblende verte des unités pélagoniennes est-il paléohellénique ou paléozoïque ?

III. INTERPRETATIONS

A. LA REVOLUTION FINI-JURASSIQUE

Quelle que soit l'hypothèse retenue -une (Ferrière, 1982) ou deux (Vergely, 1984) phases d'obduction principales(s) sur la zone pélagonienne- le métamorphisme lié aux phases paléohelléniques ne paraît pas être dans le secteur thessalien typiquement HP-BT mais plutôt de type "Schistes verts", peut-être à amphiboles bleu-vert, ou même de type "Epidote-Amphibolite faciès".

Il est vrai qu'il s'agit là d'un métamorphisme qui n'est pas lié à une subduction mais à la fin de l'obduction des ophiolites, la subduction la plus probable ayant lieu au Jurassique supérieur avec une vergence orientale sous la zone du Païkon et ses prolongements océaniques occidentaux. Des témoins de métamorphisme paléohellénique à amphiboles bleues et/ou stilpnomélane existent dans la zone d'Almopias et le Massif du Vermion mais il ne semble pas qu'il s'agisse là de Schistes bleus très typiques, même si les rapports P/T sont supérieurs à ceux du faciès "Schistes verts" s.s. (Vergely, 1984).

Quoiqu'il en soit, s'agissant du secteur Païkon-Almopias-Maliaque-Pélagonien au Nord su Sperchios, le couple subduction-obduction qui marque la période paléohellénique ne semble pas avoir été le siège d'un développement majeur de recristallisations de type "Schistes bleus" s.s. HP-BT même si de tels phénomènes ont pu se produire ici ou là dans des secteurs particuliers (base de la subduction et/ou début de l'obduction donnant des schistes bleus inconnus à l'affleurement... ?).

B. LES PHASES TERTIAIRES

C'est le phénomène inverse qui semble se produire ici. Alors qu'il (*), n'y a pas d'obduction majeure reconnue à cette époque dans les Hellénides, des "Schistes bleus" localement typiques (glaucophane s.s. + lawsonite...) se développent dans un contexte plutôt continental.

Une subduction majeure d'une croûte amincie ou même d'une croûte océanique correspondant à la zone du Pinde a été envisagée pour expliquer les événements crétacé supérieur observés dans les Hellénides méridionales (mais l'extension vers le Nord n'est pas prouvée) et le métamorphisme HP-BT des Cyclades par exemple (Bonneau, 1982). Cependant, cela ne permet pas d'expliquer certains faits tels que le métamorphisme à amphiboles bleues des unités supérieures du dispositif structural thessalien situées normalement au-dessus de cette subduction éventuelle et qui devraient donc se trouver dans un climat de type "Schistes verts" ou même "Amphibolite faciès".

D'ailleurs, le problème de la surcharge nécessaire pour le développement du métamorphisme dans ces unités supérieures reste posé puisqu'on ne connaît pas les unités qui recouvreraient par exemple le Crétacé supérieur des unités pagasitiques lors de la phase synmétamorphique tertiaire (dite transverse) en Thessalie du Sud. Parmi les hypothèses possibles, on peut envisager une "collision" avec entraînement sous la bordure vardarienne, puis érosion de cette bordure par surrection verticale intense dont on a la preuve dans le massif du Pelion (Ferrière, 1982).

(*) Les cas d'obduction tertiaire signalés (Jacobshagen *et al.*, 1977) ne semblent pas être correctement interprétés.

Naturellement, l'entraînement au Tertiaire de l'ensemble pélagonien sous des ophiolites vardariennes déjà charriées avant le Crétacé supérieur ne constitue pas une obduction *s.s.* Il est envisageable que soit restée non tectonisée, après le Jurassique, une portion du bassin à croûte océanique située entre Païkon et Pélagonien, mais l'existence de la nappe du Vermion à ophiolites paléohelléniques, charriées après la phase tertiaire transverse, montre que l'enfoncement sous le domaine vardarien devait être profond mais peu important selon l'horizontale puisque les séries crétaées de la nappe du Vermion évoquent plus celles du domaine Pélagonien (discordance, profondeur de dépôt) que celles d'un bassin océanique profond.

IV. CONCLUSIONS

En nous appuyant sur l'étude du secteur thessalien, nous avons voulu montrer que l'explication faisant intervenir le couple "subduction-obduction/Schistes bleus" n'était pas suffisante puisque dans ce secteur, la période d'obduction majeure (Malm-Crétacé basal (?)) ne correspond pas à la période de développement maximum des "Schistes bleus", qui s'avère être, quant à elle, d'âge tertiaire.

Naturellement, il ne faudrait pas pour autant conclure à l'absence de relations possibles entre ces deux phénomènes car d'une part les subductions jurassiques -sinon les obductions- ont pu engendrer de tels "Schistes bleus *s.s.*" qui ne seraient pas connus (pour l'essentiel) à l'affleurement et d'autre part, des subductions tertiaires sont envisageables pour expliquer une partie des schistes bleus tertiaires tels ceux de l'unité d'Ambelakia par exemple lors de la subduction pindique.

En dehors de la genèse des Schistes bleus en milieu continental, la dissociation apparente des phénomènes obduction-subduction et Schistes bleus est peut-être accentuée par le fait que dans le couple obduction-subduction, c'est le premier phénomène qui se repère le plus facilement (nappes ophiolitiques) au cours des temps géologiques et que c'est surtout le second qui serait créateur de Schistes bleus, même s'il ne s'agit pas du seul phénomène susceptible d'engendrer de tels "Schistes bleus" *s.s.*

BIBLIOGRAPHIE

- BARTON C.M. (1976).- The tectonic vector and emplacement age of an allochthonous basement slice in the Olympos area, NE Greece. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XVIII, 2, p. 253-258.
- BONNEAU M. (1982).- Evolution géodynamique de l'Arc Egéen depuis le Jurassique supérieur jusqu'au Miocène. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XXIV, 2, p. 229-242.
- DEPRAT J. (1904).- Note sur la géologie du massif du Pelion et sur l'influence exercée par les massifs archéens sur la tectonique de l'Egée. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), IV, p. 299-338.
- FERRIERE J. (1982).- Paléogéographie et tectoniques superposées dans les Hellénides internes au niveau de l'Othrys et du Pelion (Grèce). *Soc. géol. Nord*, Publ. n° 8, 970 p.
- FROST R.T.C. (1976).- Structural and metamorphic geology of the Volos region, Eastern Greece. Ph. D. Thèse, non publiée, Univ. Edinburg.

- GEORGIADIS A. (1942).- Nouvelle contribution à l'étude du cristallophyllien du Pelion (Thessalie). *Prakt. Acad. Athènes*.
- GODFRIAUX I. (1965).- Etude géologique de l'Olympe (Grèce). Thèse, Lille.
- GODFRIAUX I. *et al.* (1978 a).- Découverte de microfunes paléogènes dans le flysch métamorphique de Spéléa (Ossa, Grèce). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 286, p. 555-558.
- GODFRIAUX I. *et al.* (1978 b).- Sur quelques assemblages minéralogiques dans les métabasites d'Ambelakia et de Katepefki (unité tectonique de l'Ossa, Grèce). *6e Réunion. ann. Sci. Terre*, Orsay.
- GODFRIAUX I. *et al.* (1979).- Analyse à la microsonde électronique de quelques assemblages minéralogiques des métabasites en Ossa (Thessalie septentrionale, Grèce). *6e Réunion. ann. Sci. Terre*, Lyon.
- GODFRIAUX I. *et al.* (1980).- Sur l'importance des événements tectoniques et métamorphiques d'âge tertiaire en Thessalie septentrionale (Olympe, Ossa, Flambourion). *Ann. Soc. géol. Nord*, XCIX, p. 367-376.
- JACOGSHAGEN V. *et al.* (1978).- Structure and geodynamic evolution of the Aegean region. In : Alps, Apeninnes, Hellenides, Cloos, Roeder und Schmitt (Ed.), Schweizerbart, Stuttgart, p. 537-564.
- KATSIKATSOS G. *et al.* (1982).- Structure géologique de la région de la Thessalie orientale (Grèce). *Ann. Soc. géol. Nord*, CI, p. 147-188.
- LUEDECKE O. (1876).- Der glaucophan und die Glaucophan führenden Gestein der Insel Syra. *Zeitschr. deutsch. Geol. Ges.*, 28, p. 248-291.
- SCHMITT A. (1982).- Tectonique tangentielle dans la fenêtre de l'Olympe (Grèce). *9e Réunion. ann. Sci. Terre*, Paris, p. 572.
- SCHMITT A. (1983).- Nouvelles contributions à l'étude géologique des Paria, de l'Olympe et de l'Ossa (Grèce du Nord). Thèse Sciences, Mons.
- VERGELY P. (1984).- Tectonique des ophiolites dans les Hellénides internes (déformations, métamorphismes et phénomènes sédimentaires). Conséquences sur l'évolution des régions téthysiennes occidentales. Thèse, Orsay, 661 p.
- VI CENTE J.C. (1972).- Etude géologique de l'île de Gavdos (Grèce), la plus méridionale d'Europe. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XII, p. 481-495.