

Δεσφ. ΕΑΛ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/2	σελ. 499-514	Αθήνα 1989
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ETUDE MINERALOGIQUE DES CLINOPYROXENES ASSOCIES AUX ROCHES VOLCANIQUES DES UNITES OPHIOLITIKES DE L' ARGOLIDE SEPTENTRIONALE (PELOPONNESE, GRECE)

A. PHOTIADES, G. ECONOMOU, J. KATSIKIS

ABSTRACT

The ophiolitic complex in Northern Argolis (in the southern pelagonian zone) is composed of three units:

- 1.-A lower unit of ophiolitic sedimentary "mélange".
 - 2.-An intermediate tectonic volcanic unit and
 - 3.-An upper unit of tectonic ophiolitic "mélange".
- The olistolithic elements of the lower unit have been considered as island-arc(s) tholeiites while the intermediate unit is considered as a crust of a marginal basin (Photiades, 1986). The volcanic rocks of the two first units contain numerous well-preserved clinopyroxene phenocrysts. A analysis of these clinopyroxenes, plotted in a series of sequential diagrams show a sub-alkaline character. Especially those from the lower unit tend to cluster in the orogenic field indicating an island-arc tholeiitic environment, which is in good agreement with previous results (low contents in Ti, Ti/V, high MgO, Cr and Ni in the bulk rocks, Photiades, 1986). Finally those of the intermediate unit are clearly related to M.O.R.B's tholeiites which agree with the magmatic affinity of this unit.

ΣΥΝΟΨΗ

Το οφιολιθικό σύμπλεγμα της Β.Αργολίδας (νότια προέκταση της Ηελαγονικής ζώνης) αποτελείται από τρεις ενότητες:

- 1.-Μια κατώτερη ενότητα από ιζηματογενές οφιολιθικό "mélange"
 - 2.-Μια ενδιάμεση ηφαιστειακή τεκτονική ενότητα και
 - 3.-Μια ανώτερη ενότητα από τεκτονικό οφιολιθικό "mélange".
- Τα ολισθολιθικά στοιχεία της κατώτερης ενότητας θεωρήθηκαν σαν θολειίτες νησιωτικού (-ων) τόξου (-ων) ενώ εκείνα της ενδιάμεσης θεωρήθηκαν σαν υπολείμματα ενός φλοιού περιωρειακής λεκάνης όπως αυτός της ζώνης του Αιγαίου.
- Τα εξετασθέντα ηφαιστειακά πετρώματα των δύο πιο πάνω ενότητων περιέχουν κολυμυρίθμους καλά διατηρημένους φαινοκρύσταλλους κλινοπυροξένων. Οι αναλύσεις τους τοποθετημένες σε μια σειρά διαγραμμάτων αποδεικνύει τον υπο-αλκαλικό τους χαρακτήρα. Οι κλινοπυροξένοι που προέρχονται από την κατώτερη ενότητα προβάλλονται στο ορογενετικό πεδίο και αυτό μπορεί να ερμηνευθεί σαν ένδειξη θολειϊτών τύπου νησιωτικού τόξου, που είναι και σύμφωνη με προηγούμενα αποτελέσματα (χαμηλή περιεκτικότητα σε Ti, Ti/V και υψηλή σε MgO, Cr και Ni των πετρωμάτων ξενιστών, Photiades, 1986). Αντίθετα, οι κλινοπυροξένοι της ενδιάμεσης ενότητας είναι τέλεια συνδεδεμένοι με μη-ορογενετικούς θολειίτες τύπου Μ.Ο.Α.Β. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι σύμφωνο και με την μαγματική σχέση της ενδιάμεσης τεκτονικής ηφαιστειακής σειράς.

Α. Δ. ΦΩΤΙΑΔΗΣ*, Γ. Σ. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ** και Ι. ΚΑΤΣΙΚΗΣ** - Ορυκτολογική μελέτη των κλινοπυροξένων από τα ηφαιστειακά πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος της Β. Αργολίδας (Πελοπόννησος, Ελλάδα).

* IGME, Branch of Peloponnesus, 21, Ag. Vassilios Sq, 21100 TRIPOLIS

** IGME, 70 Messoghion St, 11527 Athens
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

1. Γεωλογία

Le complexe ophiolitique de l'Argolide septentrionale (Dercourt, 1964) qui s'étend sur la plate-forme pélagonienne liasique de Didymie-Trapezouza (calcaires néritiques suivis exceptionnellement par l'ammonitico-rosso discordant) (Vrielynck, 1978 et 1981-82, Baumgartner 1981) est décomposé en trois unités ophiolitiques distinctes (Photiades 1986 et 1987) (fig.1):

Cherts rouges, pillow lavas et dolérites massives sous-jacentes constituent une unité moyenne "volcanique" qui repose, le long d'un contact tectonique tangentiel (Anbouin et al., 1970), sur une série de sédiments chertueux et ophiolitiques déposés sur la plate-forme pélagonienne avant le Jurassique supérieur d'après l'âge de radiolaires (Baumgartner et al. 1980, Baumgartner 1981).

De bas en haut au sein de ce "mélange" sédimentaire ophiolitique on peut reconnaître des débris très fins de roches d'origine ophiolitique et des olistolites de roches pyroxénolitiques, gabbroïques, tonalitiques, basaltes picritiques et andésites porphyriques.

Une unité supérieure enfin charriée sur les précédentes lors de la phase finj-Eocène (CT₃, b=H150° de Mercier et Vergely, 1972) correspond à un "mélange" ophiolitique d'origine tectonique (divers blocs ophiolitiques, sédimentaires et métamorphiques ellipsoïdaux orientés, H150, dans les serpentinites) supportant en transgression des calcaires néritiques du Crétacé supérieur du Massif de l'Akros (Dercourt, 1964 et Decrouez, 1975).

2. Description pétrographique

2.1. Les basaltes picritiques et les andésites porphyriques de l'unité inférieure:

Ces roches à l'état de galets (de 20 à 30 cm de diamètre) au sein d'une matrice arénitique ophiolitique du "mélange" sédimentaire, présentent des textures porphyriques vésiculaires pour les basaltes picritiques et des textures intersertales porphyriques pour les andésites.

Les andésites montrent des pléiocristaux de clinopyroxène diopsidique (2X0,5mm) transformés souvent en actinote, dans un fond constitué de lattes de plagioclases (0,5X1mm) albitisées, muscovitisés de cristaux automorphes de spinelles, de granules de magnétite, de microcristaux d'actinote-hornblende avec une mésostase de minéraux secondaires tels que chlorite, épidote, et fréquemment du quartz interstitiel.

La phase porphyrique des basaltes picritiques se présente d'une part par des clinopyroxènes (2 à 5mm) qui correspondent 30 à 50% du volume total de la roche, de composition endiopsidique-diopsidique parfois transformés en actinote-chlorite et d'autre part par des fantômes d'olivines, environ 3%, qui sont complètement déstabilisés en calcite et goëthite.

Les magnétites automorphes sont incluses dans les clinopyroxènes ou dans la pâte de la roche. Par ailleurs, la mésostase présente de vésicules coalescentes (2 à 4 mm) remplies de calcite, de micropléiocristaux de clinopyroxènes, diopsidique-salitique, associés aux baguettes de labrador (An 52%), de microlites d'albite, d'un verre dévitrifié, chloritisé, très rarement analcimisé et riche en granules d'opaques.

Les andésites porphyriques et les basaltes picritiques comme d'ailleurs tous les olistolites ophiolitiques qui composent l'unité inférieure sont caractérisés par une association minéralogique du faciès "schistes verts" avec actinote + albite + chlorite (H₂Fe) + épidote (pistacite 1 à 17%) + mica blanc + magnétite + quartz (Photiades, 1986)

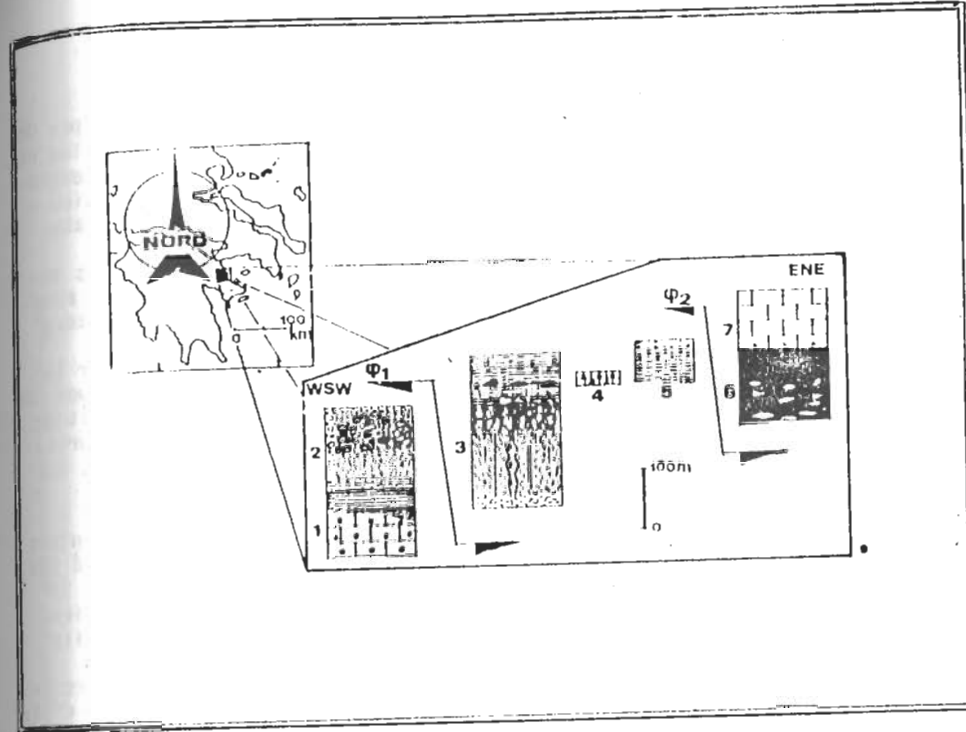


Fig.1: Les unités structurales ophiolitiques de l'Argolide septentrionale (Photiades 1986).
1. Carte de Didymie-Trapezouza (calcaires néritiques + ammonitico rosso).
2. Unité inférieure à "mélange" ophiolitique sédimentaire.
3. Unité moyenne "volcanique".
4. Calcaires d'Yprésien.
5. Flysch post-Yprésien.
6 et 7. Unité supérieure à "mélange" ophiolitique tectonique et calcaires du Crétacé supérieur.
Φ₁: phase tectonique Jurassique sup. - Crétacé basal.
Φ₂: phase tectonique fini-Eocène (CT₃ (b=H150)).

Σχ.1: Οι οφιολιθικές τεκτονικές ενότητες της Β.Αργολίδας (Photiades 1986)
1. Κάτωμα Διδύμων-Τραπεζώνας (νηριτικού ασβεστόλιθου + ammonitico rosso).
2. Κατώτερη ενότητα με οφιολιθικό υζηματογενές "mélange".
3. Ενδιάμεση ηφαιστειακή ενότητα.
4. Ασβεστόλιθος Υπρεσίου.
5. Μέτα-Υπρεσίου φλύσχης.
6 και 7. Ανώτερη ενότητα με οφιολιθικό τεκτονικό "mélange" και ανα-νηριτικό ασβεστόλιθο.
Φ₁: τεκτονική φάση Ανα Ιουρασικό - Εότια Κρητιδικό.
Φ₂: τεκτονική φάση b=H150° τέλη Παλαιόκαινου.

2.2 Les pillow-laves et les dolérites de l'unité moyenne.

Les pillow laves basaltiques, avec ou sans vésicules, sont caractérisés par des figures de refroidissement de Lofgren (1972, 1974), en particulier pour les "plumose intergrowths" de Bryan (1972). Les rares phénocristaux de clinopyroxène (endiopside-augite calcique) sont essentiellement en intercroissance avec le plagioclase (An43 à An65%) dans la partie centrale des pillows. Dans la mésostase les microcristaux de clinopyroxène occupent des espaces intersertaux entre les microlites d'albite. Les extrémités de ces derniers minéraux sont parfois fourchues en "queue d'hirondelle" ou en "boucle de ceinture" (Bryan 1972).

La mésostase correspond à une dévitrification du verre qui se traduit par la cristallisation de plages de chlorite, de granules ou d'aiguilles d'opakes. On rencontre également quelques vésicules remplies de calcite et/ou de zéolites et toute une gamme de minéraux de basse température (dans les microfractures) tels que analcime, thomsonite, mésolite, céladonite, smectite et calcite, qui sont accompagnés de grains de sulfures.

Les dolérites sont relativement grossières (à grain de 1 à 2 mm) et présentent une texture doléritique et/ou intersertale, riche en minéraux opaques (6 à 13%). Les plagioclases sont souvent zonés avec des compositions oscillant entre le labrador (An 60%) et l'andésine (An42%) au cœur et atteignant la composition d'oligoclase (An25%) sur la bordure, mais parfois sont transformés en albite et sérinite.

Les clinopyroxènes, de composition endiopside-augite ferrifère, sont interstitiels, parfois transformés en chlorite, et contiennent souvent inclusions d'ilménite.

Les minéraux opaques sont a) la magnétite titanifère, associée avec du sphène-leucocène et b) des sulfures (pyrite, chalcopirite) en grains disséminés ou accompagnant les veinules du quartz et des zéolites dans les microfractures de la roche. Dans ces microfractures ont cristallisé, en particulier, des minéraux secondaires de B.T., tels que calcite, céladonite, chlorite, analcime, zéolites lamellaires (thomsonite, stilbite, mésolite, laumontite) et la pumpellyite verdâtre (ferrifère) en cristaux grumeleux ou en éventail.

Un caractère général de l'ensemble des formations volcaniques et hypovolcaniques de l'unité moyenne est la présence d'assemblages minéralogiques de B.T. de type faciès zéolitique, qui est accompagné par l'accroissement de l'intensité d'altération hydrothermale sous-marine, qui s'opère depuis les pillow-laves (présence de smectites-zéolites) jusqu'aux dolérites massives (présence de zéolites-pumpellyite) (Photiades 1986).

3. Etude minéralogique des clinopyroxènes.

Le pyroxène représenté d'une part le minéral magmatique le mieux conservé et d'autre part il correspond à la phase minérale la plus significative de l'évolution des liquides, permettant ainsi une approche géodynamique de l'ensemble de roches volcaniques.

De ce fait, un grand nombre de phénocristaux de clinopyroxènes ont été analysés à la microsonde électronique (CAMEBAX de Nancy), tant sur les basaltes picritiques de l'unité inférieure, ainsi que sur les laves et les dolérites de l'unité moyenne.

Les tableaux rapportent les analyses représentatives moyennes pour chaque type pétrographique dans l'une ou l'autre unité ophiolitique.

3.1. Nature et évolution des clinopyroxènes.

La figure No2 illustre par les compositions des phénocristaux de clinopyroxènes sur le diagramme Wo-En-Fs de Poldervaart et Hess (1951), quelque peu différentes.

Tab. 1. Analyses représentatives et formules structurales de clinopyroxènes des basaltes picritiques de l'unité inférieure.

Si ₆	53,68	53,34	52,03	53,98	51,22	54,29	54,16	54,18	52,11	54,75	54,24	54,51	53,03	54,73	53,86
Ca ₂	22,65	22,33	22,70	22,24	22,50	22,77	22,92	22,48	22,57	22,97	22,57	22,69	22,60	22,55	22,22
Al ₂ O ₃	2,34	1,37	2,21	1,72	3,34	1,65	1,49	1,67	3,19	2,27	2,23	1,95	3,26	1,60	2,24
Cr ₂ O ₃	0,09	0,56	0,42	0,20	0	0,23	0,57	0,14	0,14	0,07	0,07	0,09	0,43	0,11	0,10
MgO	17,41	16,60	17,56	18,04	17,06	16,36	18,77	18,35	16,98	17,96	17,59	17,56	16,37	17,96	17,36
TiO ₂	0,32	0,15	0,57	0,53	0,32	0,53	0,21	0,16	0,62	0,23	0,32	0,25	0,55	0,19	0,37
Na ₂ O	0,19	0,17	0,22	0,25	0,18	0,29	0,17	0,17	0,18	0,18	0,20	0,21	0,16	0,25	0,21
K ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,01	0,00	0,03
FeO	3,29	2,03	2,87	2,90	3,61	2,54	2,28	2,70	1,36	3,05	2,98	3,01	4,35	2,81	3,67
K ₂ O	0	0	0,18	0,03	0	0	0	0	0,03	0,01	0,0	0,0	0,01	0,0	0,01
MnO	0,07	0,05	0,05	0,03	0,17	0,11	0,04	0,09	0,11	0,21	0,06	0,12	0,07	0,10	0,11
Total	100,08	93,66	93,81	99,96	96,42	100,55	100,62	100,23	92,69	101,70	100,35	100,11	100,61	100,30	100,51
Si	1,946	1,954	1,920	1,937	1,899	1,950	1,931	1,958	1,911	1,952	1,937	1,936	1,920	1,974	1,949
Al ^{IV}	0,052	0,046	0,080	0,043	0,101	0,050	0,049	0,042	0,089	0,048	0,043	0,034	0,060	0,026	0,031
Al ^{VI}	0,048	0,013	0,016	0,031	0,045	0,030	0,014	0,029	0,062	0,047	0,054	0,059	0,059	0,042	0,044
Cr	0,003	0,016	0,012	0,006	0	0,007	0,016	0,012	0,004	0,002	0,002	0,003	0,012	0,003	0,011
Ti	0,009	0,004	0,016	0,014	0,009	0,010	0,006	0,004	0,017	0,006	0,010	0,007	0,015	0,005	0,010
Fe ²⁺	0,100	0,061	0,089	0,053	0,112	0,076	0,069	0,082	0,134	0,091	0,090	0,091	0,132	0,085	0,111
Mg	0,002	0,002	0,002	0,001	0,005	0,003	0,001	0,003	0,003	0,006	0,002	0,004	0,002	0,003	0,003
Ca	0	0	0,035	0,001	0	0	0	0	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001
Na	0,022	1,017	0,866	0,915	0,944	0,883	1,008	0,989	0,879	0,955	0,846	0,845	0,884	0,966	0,936
Ca	0,831	0,273	0,391	0,384	0,584	0,377	0,385	0,371	0,381	0,378	0,373	0,377	0,371	0,371	0,361
Na	0,013	0,012	0,016	0,016	0,013	0,020	0,012	0,012	0,013	0,012	0,014	0,015	0,011	0,017	0,015
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001
Wt(Ca)	45,8	44,8	46,0	44,5	45,6	45,3	45,1	44,6	46,7	45,6	45,7	45,8	46,3	45,3	45,1
En(Fe)	49,0	52,0	49,5	50,6	46,5	50,7	51,4	51,0	46,3	49,6	49,5	49,4	46,7	50,2	49
Fs(Fe)	5,2	3,2	4,5	4,6	5,7	4,0	3,5	4,2	7	4,8	4,6	4,6	7	4,5	5,9
Wt(Mg)	0,904	0,920	0,915	0,917	0,894	0,928	0,936	0,923	0,868	0,913	0,913	0,912	0,870	0,919	0,894

Tab. 2. Analyses représentatives et formules structurales des andésites porphyriques de l'unité inférieure.

SiO ₂	53,73	53,91	54,15
CaO	21,29	21,40	21,09
Al ₂ O ₃	1,41	1,47	2,08
Cr ₂ O ₃	0,35	0,26	0,22
MgO	17,31	17,07	17,43
TiO ₂	0,10	0,19	0,03
Na ₂ O	0,15	0,08	0,03
K ₂ O	0	0	0
FeO	5,32	5,61	5,39
NiO	0,03	0,03	0,06
MnO	0,10	0,14	0,14
total	99,80	100,16	100,62
Si	1,968	1,968	1,962
Al ^{IV}	0,032	0,032	0,038
Al ^{VI}	0,329	0,031	0,051
Cr	0,010	0,007	0,006
Ti	0,003	0,005	0,001
Fe ⁺⁺	0,163	0,171	0,163
Mn	0,003	0,004	0,004
Ni	0,001	0,001	0,002
Mg	0,945	0,929	0,942
Ca	0,835	0,837	0,819
Na	0,010	0,005	0,002
K	0	0	0
Wo(Ca)	43,0	43,2	42,5
En(Mg)	48,6	48,0	49,0
Fs(Fe)	8,4	8,8	8,5
Mg/Mg+Fe	0,853	0,844	0,852

Tab. 3 Analyses représentatives et formules structurales de clinopyroxènes des dolérites de l'unité moyenne.

SiO ₂	52,82	50,70	51,25	51,44	50,06	52,46	52,25	51,77	52,97	51,59	50,51	49,52	50,55	51,31
CaO	16,76	18,16	16,69	16,01	17,98	16,45	19,27	20,26	17,69	17,79	17,39	17,04	22,09	17,13
Al ₂ O ₃	1,39	2,51	2,65	1,27	2,29	5,39	3,30	2,41	1,39	2,25	2,11	2,36	2,96	1,40
Cr ₂ O ₃	0,10	0	0	0	0	0	0,24	0,37	0,11	0	0	0,08	0,7	0
MgO	16,33	12,47	14,56	13,44	13,18	16,78	15,52	19,28	16,09	15,42	13,83	13,96	19,09	15,96
FeO	0,45	1,12	0,94	0,65	1,26	1,14	0,95	0,44	0,43	0,92	0,95	1,14	0,4	0,53
Na ₂ O	0,21	0,38	0,33	0,26	0,34	0,25	0,36	0,25	0,14	0,21	0,31	0,29	0,26	0,23
K ₂ O	0	0	0,03	0	0,03	0	0	0	0	0,01	0,02	0	0	0
Fe ₂ O ₃	12,38	14,25	12,34	15,77	13,23	7,15	9,08	5,91	8,01	10,66	13,38	14,01	3,86	12,33
NiO	0,04	0	0,45	0	0,13	0,22	0	0	0,17	0,28	0,29	0,34	0,06	0,22
MnO	0,59	0,54	0,49	0,56	0,27	0,22	0,20	0,23	0,25	0,28	0,29	0,34	0,06	0,22
total	100,34	100,13	99,95	100,60	99,14	101,34	101,17	100,94	99,95	99,15	99,11	98,74	99,92	99,43
Si	1,953	1,922	1,923	1,949	1,909	1,831	1,912	1,865	1,960	1,935	1,932	1,900	1,856	1,833
Al ^{IV}	0,047	0,078	0,077	0,051	0,091	0,119	0,028	0,103	0,040	0,045	0,068	0,100	0,126	0,062
Al ^{VI}	0,014	0,034	0,020	0,006	0,025	0,109	0,054	-	0,021	0,034	0,027	0,007	-	-
Cr	0,011	0	0	0	0	0	0,007	0,011	0,003	0	0	0,002	0,020	0
Ti	0,013	0,032	0,027	0,024	0,037	0,031	0,026	0,013	0,013	0,026	0,028	0,033	0,011	0,022
Fe ⁺⁺	0,383	0,452	0,387	0,531	0,424	0,214	0,278	0,180	0,248	0,335	0,425	0,450	0,119	0,369
Mn	0,012	0,017	0,016	0,018	0,009	0,007	0,006	0,007	0,005	0,009	0,009	0,011	0,002	0,007
Ni	0,001	0	0,014	0	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg	0,909	0,705	0,816	0,759	0,749	0,697	0,846	1,047	0,998	0,862	0,784	0,799	1,045	0,896
Ca	0,684	0,737	0,679	0,650	0,733	0,709	0,756	0,791	0,701	0,715	0,708	0,700	0,869	0,691
Na	0,015	0,028	0,024	0,019	0,025	0,016	0,026	0,018	0,010	0,015	0,023	0,021	0,014	0,017
K	0	0	0,001	0	0,001	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0
Wo(Ca)	34,1	39	36	33,5	36,5	39,0	40,2	39,2	36,0	37,5	36,9	36,0	42,7	35,0
En(Mg)	46,2	37,2	43,4	39,1	39,3	49,3	45,0	51,9	51,3	45	40,9	41,0	51,4	45,3
Fs(Fe)	19,1	23,8	20,6	27,4	22,2	11,7	14,8	8,9	12,7	17,5	22,2	23,0	5,9	19,7
Mg/Mg+Fe	0,701	0,609	0,616	0,568	0,638	0,807	0,753	0,654	0,601	0,720	0,646	0,640	0,697	0,697

Tab.4 Analyses et formules structurales de clinopyroxènes des pillow de l'unité moyenne

SiO ₂	59,39	50,13	50,42	49,06	51,07	51,33	52,11	51,41	49,95	51,62	51,72	51,33	52,18	51,94
CeO	19,64	20,10	17,99	17,36	20,09	20,36	20,39	0,61	20,86	19,81	18,54	20,23	18,00	17,54
Al ₂ O ₃	3,27	3,67	3,73	4,82	4,03	3,69	3,41	3,23	4,81	4,05	1,67	3,53	3,74	3,12
Cr ₂ O ₃	0,04	0	0,14	0,06	0,30	0,31	0,12	0,61	0,15	0,21	0,14	0,61	0,70	0,06
MgO	15,50	15,09	15,87	14,17	16,88	16,04	16,31	16,91	15,63	15,05	15,52	20,06	17,71	17,44
TiO ₂	0,52	1,11	1,01	1,29	0,66	0,57	0,50	0,47	0,99	0,81	0,59	0,49	0,96	0,77
Mn ₂ O	0,32	0,25	0,33	0,74	0,25	0,27	0,26	0,31	0,18	0,28	0,25	0,21	0,15	0,24
K ₂ O	0	0	0	0	0,01	0	0,02	0	0	0	0,03	0	0	0
FeO	8,37	8,71	8,91	10,31	6,06	6,02	6,16	5,41	6,76	7,46	10,32	4,86	7,56	7,79
H ₂ O	0	0,01	0	0	0,07	0,02	0	0	0	0,02	0,01	0	0	0
MnO	0,20	0,16	0,19	0,24	0,20	0,15	0,15	0,09	0,16	0,19	0,27	0,10	0,23	0,16
total	99,79	99,54	99,59	99,07	99,12	99,69	99,74	98,95	99,48	99,50	99,06	101,52	101,23	99,06

Si	1,692	1,677	1,691	1,664	1,591	1,907	1,915	1,898	1,654	1,909	1,944	1,651	1,691	1,920
Al IV	0,102	0,123	0,109	0,136	0,109	0,093	0,055	0,102	0,146	0,091	0,056	0,149	0,109	0,060
Al VI	0,037	0,039	0,056	0,050	0,067	0,069	0,063	0,069	0,064	0,066	0,018	0,001	0,051	0,056
Cr	0,001	0	0,004	0,002	0,009	0,002	0,003	0,018	0,004	0,006	0,004	0,017	0,020	0,002
Ti	0,023	0,031	0,029	0,037	0,019	0,016	0,022	0,013	0,028	0,023	0,017	0,013	0,026	0,021
Fe ⁺⁺	0,263	0,273	0,279	0,327	0,165	0,187	0,169	0,167	0,210	0,231	0,324	0,150	0,229	0,241
Mn	0,006	0,006	0,006	0,006	0,003	0,002	0,003	0,003	0,005	0,006	0,009	0,003	0,007	0,005
Ca	0	0	0	0	0,002	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0	0	0
Fe ³⁺	0,571	0,542	0,621	0,562	0,699	0,628	0,593	0,931	0,865	0,850	0,870	1,076	0,937	0,961
Ca	0,798	0,806	0,723	0,707	0,797	0,811	0,805	0,784	0,829	0,785	0,747	0,782	0,829	0,695
Ca	0,023	0,020	0,024	0,024	0,018	0,019	0,019	0,022	0,013	0,020	0,016	0,015	0,011	0,017
Ca	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0
Ko(Ce)	41,4	42	38,3	42,3	43	42,6	41,5	43,5	43,5	42,5	38,5	39,0	37	36,6
Al(Ne)	45	43,8	47,0	43,7	47,7	47,4	49,5	45,5	45,5	45	44,8	53,5	50,8	50,7
Fe(Ne)	13,6	14,2	14,7	17,8	10	10	9	11	12,5	16,7	7,5	12,2	15,7	15,7
Ne(Ne)	0,765	0,753	0,760	0,710	0,827	0,826	0,825	0,847	0,804	0,782	0,725	0,877	0,807	0,800

*1%

Χημική Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

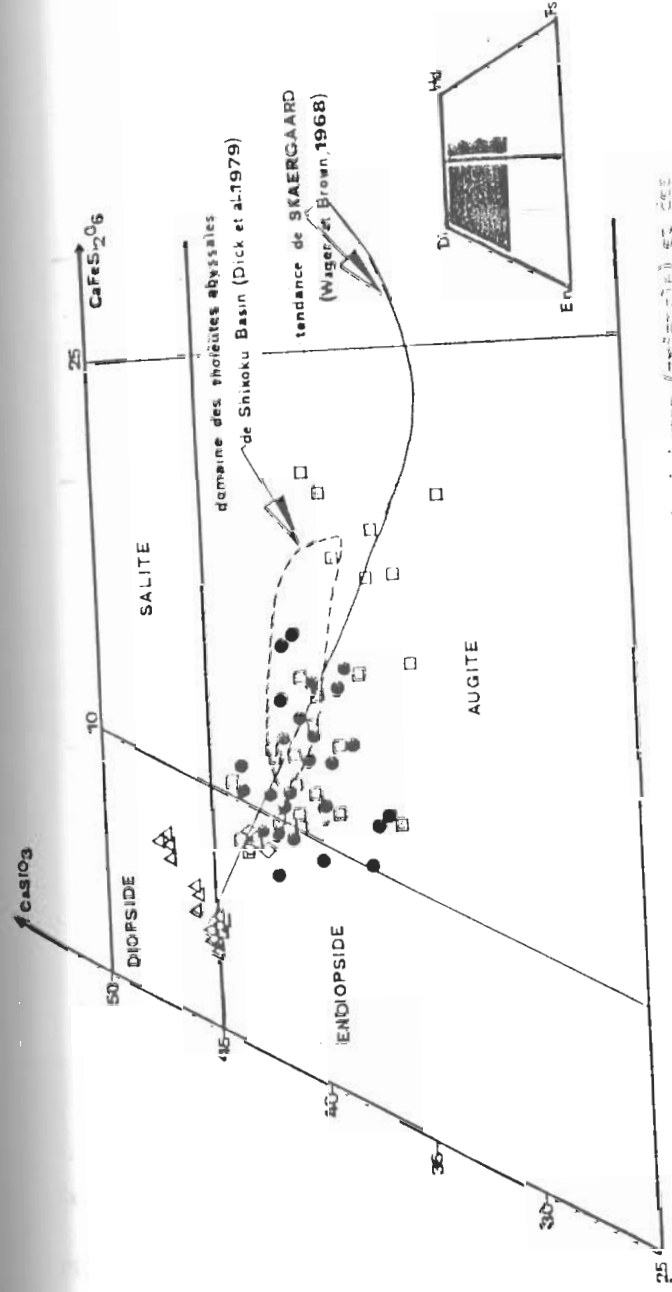


Fig. 2: Position des clinopyroxènes des basaltes tholéïtiques (Skaergaard) et des basaltes tholéïtiques (Lobster) de la zone Skaergaard et des basaltes tholéïtiques (Lobster) et des basaltes (Lobster) de la zone Skaergaard dans le diagramme ternaire Ca-Mg-Fe (Wager et Brown, 1968). (Même échelle pour toutes les figures voisines).

Fig. 2: Είδη των κλινοπυροξένων των πυροκλιτών Skaergaard (τετράγωνα) και Lobster (κύκλοι) και των εσθροκλιτών (τετράγωνα) της ενδιάμεσης ενότητας στο ίδιο γινόμενο διάνοξης των βασάλτων και για τα σχήματα του ακόλουθου.

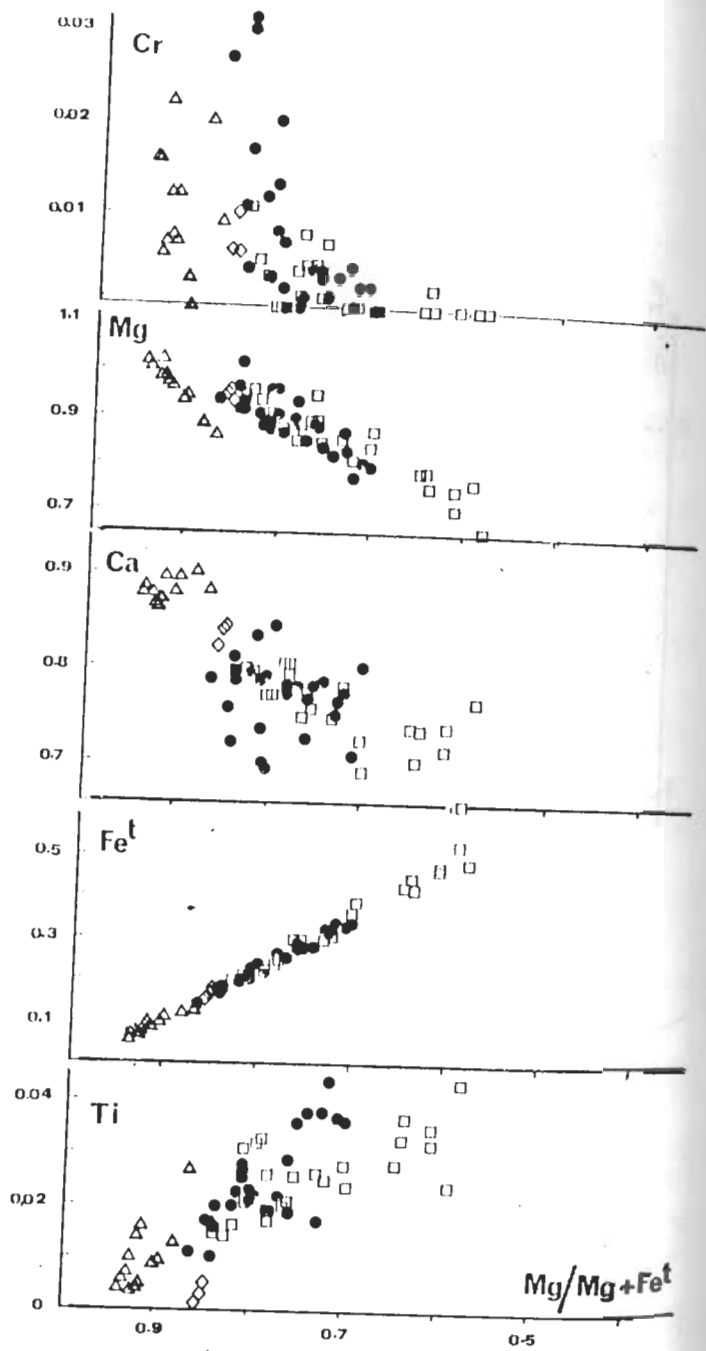
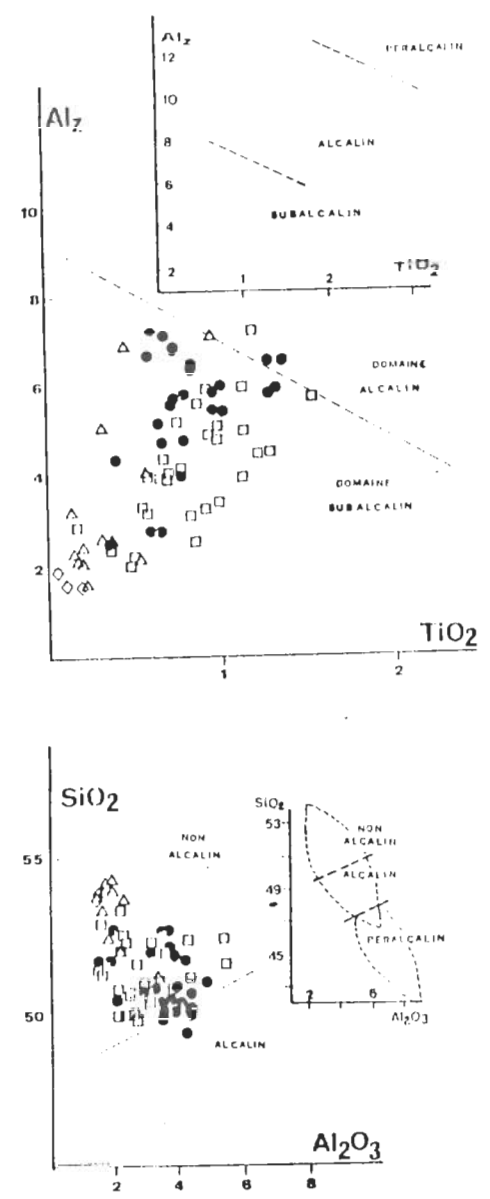


Fig.3: Variation de Cr, Mg, Ca, Fe^t et Ti (en proportion atomique) en fonction de X_{Hg} = Hg/(Hg+Fe^t) dans les clinopyroxènes de l'Argolide septentrionale.

Σχ.3: Η διακύμανση των Cr, Mg, Ca, Fe^t και Ti (σε ατομικές αναλογίες) ως προς τις τιμές του X_{Hg} = Hg/(Hg+Fe^t) στους κλινοπυροξένους της Β.Αργολίδας.

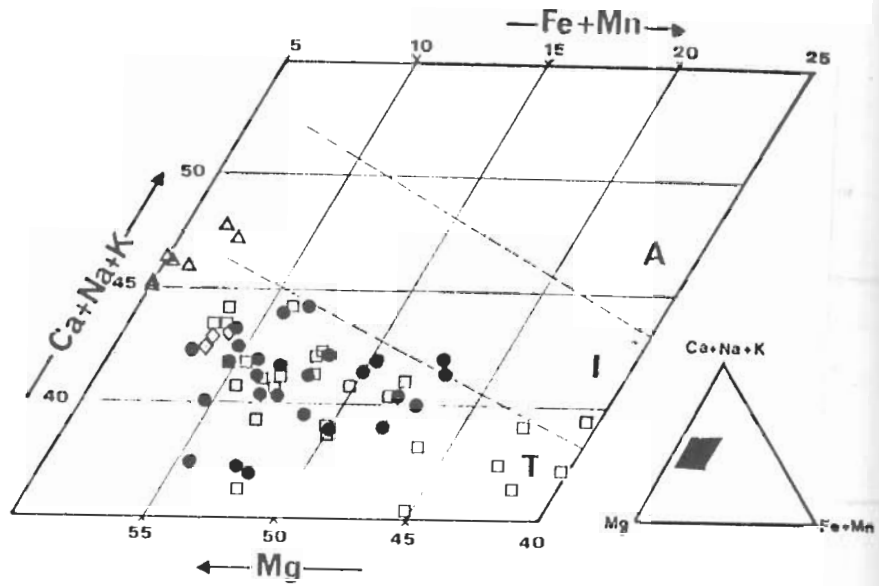


Σχ.4: Κατανομή των κλινοπυροξένων στο διάγραμμα Al_z (=Al^{IV}.100/z)/TiO₂ του Le Bas (1962).

Fig.4: Répartition des clinopyroxènes dans le diagramme Al_z (=Al^{IV}.100/z)/TiO₂ de Le Bas (1962).

Σχ.5: Κατανομή των κλινοπυροξένων στο διάγραμμα SiO₂/Al₂O₃ του Le Bas (1962).

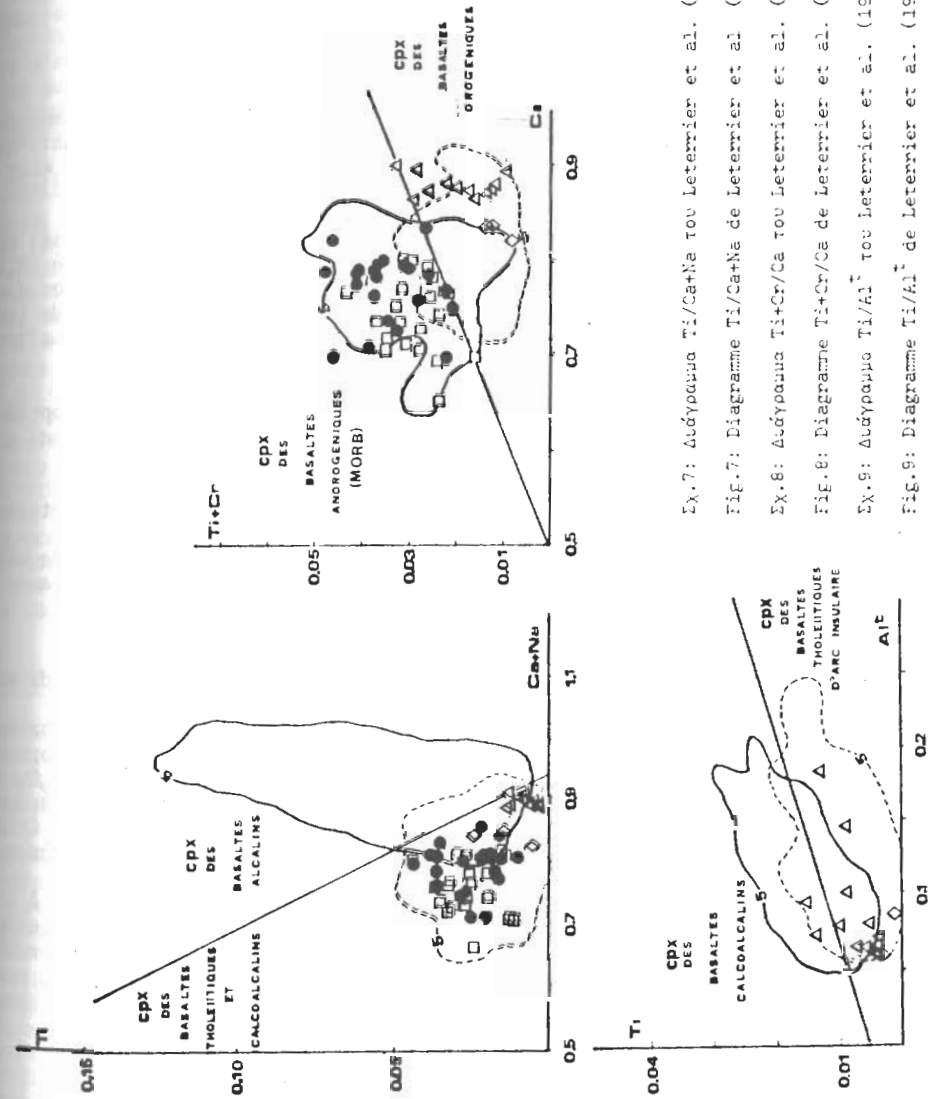
Κατανομή των κλινοπυροξένων στο διάγραμμα SiO₂/Al₂O₃ του Le Bas (1962).



T: THOLEITIQUE I: INTERMEDIAIRE A: ALCALIN

Σχ.6: Κατανομή των κλινοπυροξένων στο διάγραμμα Ca+Na+K/Fe+Mn/Mg του Le Bas (1962).

Fig.6: Répartition des clinopyroxènes dans le diagramme Ca+Na+K/Fe+Mn/Mg de Le Bas (1962).



Σχ.7: Διάγραμμα Ti/Ca+Na του Letterrier et al. (1962).

Fig.7: Diagramme Ti/Ca+Na de Letterrier et al (1962).

Σχ.8: Διάγραμμα Ti+Cr/Ca του Letterrier et al. (1962).

Fig.8: Diagramme Ti+Cr/Ca de Letterrier et al. (1962).

Σχ.9: Διάγραμμα Ti/Al³⁺ του Letterrier et al. (1962).

Fig.9: Diagramme Ti/Al³⁺ de Letterrier et al. (1962).

A l'unité inférieure, les clinopyroxènes des basaltes picritiques sont des diopsides (Wo47 - En46,7 - Fs6,3) et des endiopsides (Wo44,3 - En51,5 - Fs4,2) peu zonés, plus ou moins chromifères (0,2 à 0,7% de Cr₂O₃) et très calciques. Les clinopyroxènes des andésites porphyriques sont uniquement des endiopsides (Wo42 - En48 - Fs9) pauvres en chrome (0,2 à 0,3% de Cr₂O₃) et riches en calcium.

Les clinopyroxènes de la plupart des laves et des dolérites de l'unité moyenne sont des augites calciques et tendent vers les augites riches en fer, mais quelques unes de dolérites massives à grain fin contiennent des endiopsides tout comme les laves.

Dans les laves les phénocristaux sont de composition entre (Wo42-En50-Fs8) et augites calciques (Wo42-En46-Fs12) et sont relativement riches en chrome (0,10 à 1,17% de Cr₂O₃). Certains cristaux sont légèrement enrichis en fer avec dans quelques cas une chute brutale en Ca, probablement liée aux phénomènes de trempe ("quench trend") qui conduisent à des cristallisations métastables (Lofgren, 1974)

Dans les dolérites, les zonations sont plus importantes depuis des endiopsides (Wo44-En38-Fs9) jusqu'à des augites riches en fer (Wo37-En38-Fs25) et sont accompagnées d'une diminution du Ca et un appauvrissement en Cr₂O₃.

Les compositions des clinopyroxènes traduisent une différenciation importante et attestent la nature tholéiitique de l'ensemble.

Plus particulièrement l'évolution des clinopyroxènes est assez voisine de celle qui caractérise les clinopyroxènes de l'intrusion tholéiitique du Skaergaard (Wager et Brown, 1968) et les M.O.R.B. (Dick et al., 1979) (fig.2).

3.2. Variation des principaux éléments

La figure 3 illustre la variation de Cr, Mg, Ca, Fe^t et Ti en fonction du rapport Mg/(Mg+Fe^t) (=X_{Mg}) représentant un indice d'évolution.

Le chrome n'est présent, de manière significative, que dans les clinopyroxènes dont le rapport X_{Mg} est supérieur à 0,7, qui sont essentiellement des diopsides ou des endiopsides où il peut atteindre des teneurs voisines de 1% de Cr₂O₃. Au cours de l'évolution on observe un enrichissement progressif en fer accompagné d'une décroissance du Ca. La dispersion des points dans le diagramme Ca:X_{Mg} provient essentiellement de compositions "métastables" dues à des phénomènes de trempe dans les laves.

Le titane augmente légèrement à X_{Mg} décroissant et sa variation est liée à celle de Al^{iv} ou Si. D'une manière générale les clinopyroxènes étudiés sont relativement pauvres en Al₂O₃, TiO₂ et Na₂O (cf. tab.) et semblent être proches aux clinopyroxènes du Pinde septentrional (Capedri et Venturelli, 1980) et ceux de Guévguélij (Bébién, 1982).

3.3 Nature des pyroxènes et affinité magmatique des roches hôtes.

La présence de teneurs notables en Cr₂O₃ dans les clinopyroxènes les plus magnésiens, l'enrichissement et l'appauvrissement en Ca au cours de l'évolution magmatique sont généralement considérés comme des caractères typiques des magmas tholéiitiques (Schweitzer et al. 1978, Leterrier et al. 1982), ce qui suggèrent également les diagrammes Al/TiO₂, SiO₂/Al₂O₃ et Ca/(Na+K/Fe+Mn/Mg) de Le Bas (1962) dans lesquels les clinopyroxènes étudiés se reportent dans les magmas "non-alcalins" (fig.4 et 5) et de type tholéiitique (fig.6).

4. Le contexte géodynamique.

L'utilisation des diagrammes de Leterrier et al. (1982) complète cette étude des clinopyroxènes et permet une approche du contexte géodynamique (fig.7, 8 et 9). Nous y avons porté toutes les roches qui, volcaniques ou subvolcaniques, représentent des liquides pour les deux unités en question. Ces diagrammes situent la totalité des clinopyroxènes des basaltes picritiques et des andésites porphyriques de l'unité inférieure dans le domaine sub-alcalin (fig.7), montrent sans exception leur caractère orogénique (fig.8) et confirment leur nature de tholéiites d'arc (fig.9).

En ce qui concerne les basaltes et les dolérites de l'unité moyenne, les mêmes diagrammes apportent des résultats différents. Ils confirment leur caractère sub-alcalin (fig.7) et tholéiitique mais anorogénique (M.O.R.B.) (fig.8).

5. Conclusion.

L'étude des clinopyroxènes a suggéré la diversité des contextes géodynamiques dans lesquels les roches volcaniques et subvolcaniques ophiolitiques des unités inférieure et moyenne se sont formées.

Par ailleurs, les blocs olistolithiques ophiolitiques (pyroxénoïtes, gabbros divers, tonalites, andésites porphyriques et basaltes picritiques) qui composent le "mélange" sédimentaire de l'unité inférieure présentent des affinités tholéiitiques d'arc (Photiades 1980) de type isotitané (VTL) de Bébién (1980) ce qui est en accord au moins avec les clinopyroxènes d'andésites porphyriques et de basaltes picritiques qui prouvent eux aussi un environnement de tholéiites d'arc insulaire.

D'autre part les laves et dolérites de l'unité moyenne "volcanique" montrent des affinités tholéiitiques abyssales (Photiades 1980) de type anisotitané (HI) de Bébién (1980), ce qui va de pair avec l'environnement de leurs clinopyroxènes. La succession de deux unités ophiolitiques superposées à roches volcaniques de l'Argolide septentrionale est en accord avec les ensembles anisotitanés et isotitanés qui coexistent parfois à l'intérieur d'un même cortège en Méditerranée orientale (Bébién et al. 1980, Capedri et al. 1980 et 1982, Bébién 1982 et Κοτσόπου 1982)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AUBOUIN J., BONNARD H., CHEFFY P., CLEMENS D., DEGRADIN, J.M., FERRONNET, J., FERRONNET, J., FERRONNET, J.J., GUYONNET, G., MAILLOT, H., MANIA, J., MANST, J.L., TERRY, J., THIERBAULT F., TSOLMIAS, P. et J.J. VERRIERZ (1970), -Contribution à la géologie des Hellenides Gavrovo, le Pinde et la zone ophiolitique subpélagonienne. Ann. Soc. géol. Nord, 90/4, pp. 277-306.
- BAUMGARTNER P.O. (1981): Jurassic sedimentary evolution and Mesozoic tectonic emplacement in the Argolis peninsula (Peloponnese, Greece). Inaugural Dissertation Univ. Basel, 137 p.
- BAUMGARTNER P.O., DE MEYER P. et KOCHER R. (1980): Correlation of Tethyan Late Jurassic-Early Cretaceous radiolarian events. Can. Micropalaeontologie, C.N.R.S. 2, 23-85.
- BEBIEN J. (1980): Magmatismes basiques dits orogéniques et anorogéniques et teneurs en TiO₂: les associations isotitanées et anisotitanées. J. volcan. and Geotherm., 8, 357-382.
- BEBIEN J. (1982): L'association ignée du Guévguélij (Macédoine Grèce). Expression d'un magmatisme ophiolitique dans une déchirure continentale. Thèse d'Etat, Nancy 1, 467 p.
- BEBIEN J., ΟΠΗΝΗΣΤΕΡΤΙΝ D., ΟΠΗΝΗΣΤΕΡΤΙΝ H. et VEIGELY P. (1989): Diversity of Greek ophiolites: birth of oceanic basin in tectonic systems. In "Tethyan ophiolites", G. ROCCI edit., Ophioliti, p. 129-197.
- BRYAN W.B. (1972a): Morphology of quench crystals in submarine basalts. J. Geophys. Res. vol. 77, 29, 5812-5819.

- CAPEDRI S. et VENTURELLI G. (1980): Clinopyroxenes from Mediterranean ophiolitic metabasalts and their relation to the host rock chemistry. *Ophioliti*, 5, 2/3, 195-204
- CAPEDRI S., VENTURELLI G., BOCCI G., BOVATI J., GARUTI G. et BOSSI A. (1980): The geochemistry and paragenesis of an ophiolitic sequence from Pindos, Greece. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 74, p. 189-200.
- CAPEDRI S., VENTURELLI G. et BERTINI J. (1983): "Low-Ti" and "High-Ti" ophiolites in northern Pindos: petrological and geological constraints. *A paraître dans le Bulletin Vétéranologique.*
- BERGOUFF J. (1964): Contribution à l'étude géologique d'un secteur du Peloponèse septentrionale. *Ann. géol. Pays hellen.* 15, 1-417, Thèse Paris.
- DECROUX D. (1975): Etude stratigraphique et micropaléontologique du Crétacé d'Argolide (Peloponèse, Grèce). Thèse Univ. Genève, 299 p.
- DICK H.J.B., MARCH H.G. et BULLEN T.B. (1979): Deep sea drilling project LMO 58 abyssal basalts from Shikoku Basin: Their petrology and major element geochemistry. *Initial Reports D.S.D.P.*, 58, 843-872.
- ECONOMOU G. (1982): Contribution à l'étude pétrographique et géochimique du Vermion septentrional (macédoine, Grèce). Thèse 3^e Cycle, Univ. Nancy, 299p.
- LE BAS M.J. (1962): The role of aluminum in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage. *Am. J. Sci.* 260, p. 267-288.
- LETERRIER J., MAURY R.C., THONON P., GIRARD D. et MARCHAL H. (1982): Clinopyroxene composition as a method of identification of the magnetic affinities of paleo-volcanic series. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 59, 139-154.
- LORCHER G. (1972): Spherulitic textures in glassy and crystalline rocks. *J. Geophys. Res.*, vol. 76, 23, 5639-5648.
- LORCHER G. (1974): An experimental study of plagioclase crystal morphology: isothermal crystallization. *Am. J. Sci.*, vol. 274, 243-273.
- MESSIER J., VERDÉLY P. (1972): Les mélanges ophiolitiques de Macédoine (Grèce), décrochement d'âge ante-crétacé supérieur. *Z. deutsch. Geol. Ges.*, Hannover, 123, 469-509.
- PROTIADIS A. (1986): Contribution à l'étude géologique et métallogénique des unités ophiolitiques de l'Argolide septentrionale (Grèce). Thèse 3^e cycle, Univ. de Besançon, 261 p.
- PROTIADIS A. (1987): Emplacement and nature of the ophiolite units in Northern Argolis (Peloponnese, Greece). *Symposium TROODOS 87, Ophiolites and Oceanic Lithosphere, Nicosia, Cyprus 4-10 October 1987, Abstracts* p. 70.
- FOLDBERGAARD H. et HESS H.H. (1951): Nomenclature of clinopyroxenes in the system $CaMgSi_2O_6 - CaFeSi_2O_6 - Mg_2Si_2O_6$. *Journ. Geol.* 59, p. 472.
- SCHNEITZER K.H., PARIZE J.J. et BEUCE A.E. (1978): Clinopyroxenes from Deep Sea Basalts. A statistical analysis. *Geophys. Res. Lett.*, 5, No 7, p. 573-576.
- VERDÉLY P. (1978): Données nouvelles sur les zones internes du Péloponnèse. Les massifs à l'Est de la plaine d'Argos. Univ. Sci. Tech. Lille, Thèse 3^e Cycle, 134 p.
- VERDÉLY P. (1981-82): Evolution paléogéographique et structurale de la presqu'île d'Argolide (Grèce). *Rev. Géol. Dyn. Géogr. phys.*, vol. 23, fasc. 4, p. 277-288.
- WAGNER L.R. et BROWN G.M. (1968): Layered igneous rocks. Oliver and Boyd ed. 580 p.