

ΓΕΩΛΟΓΙΑ.— **Sur quelques traits tarditectoniques et néotectoniques de l'Attique et du golfe Saronique (Grèce), par Jacques Angelier et Pandelis Tsouflis** \*.

Du point de vue de la néotectonique plio-quaternaire, liée à l'évolution de la « plaque égéenne » dans la cadre de la Méditerranée orientale, les régions du golfe Saronique et de l'Attique (fig. 1) sont situées à l'extrémité nord-occidentale de l'arc égéen interne, volcanique, et légèrement derrière celui-ci. Du point de vue de la tarditectonique miocène, les effets de l'obduction mésogéenne, mettant un terme au cadre des « paléo-plaques », s'y traduisent par des phases compressives marquées.

I. LA NÉOTECTONIQUE : L'EXTENSION PLIO-QUATERNAIRE

L'Attique et le golfe Saronique ont subi, comme le reste de la plaque égéenne, une intense tectonique plio-quaternaire de failles normales (J. Aubouin, 1973).

**A. Egine.**

Dans la partie septentrionale de l'île, de nombreuses failles affectent des terrains d'âge miocène supérieur et pliocène dont la stratigraphie est connue (R. V. Leyden, 1940 : V. Lagoussi - Sideri, 1962 : S. Caillere et P. Tholi, 1972 : G. I. Livaditis, 1974). Ces failles sont normales à l'exception de quelques-unes qui, basculées par les flexurations de grandes cassures normales avoisinantes, ont pris une apparence inverse ; pour la plupart, elles sont cachetées par un grès calcaire « porolithos » reposant, en nette discordance angulaire, sur des terrains variés. Ce « porolithos », parfois considéré comme pliocène, nous paraît plut probablement quaternaire, à la suite de R. V. Leyden (1940) notamment.

Dans de nombreux cas, des systèmes de failles normales conjuguées permettent de caractériser rapidement les axes principaux des contraintes comme le fit E. M. Anderson (1942) : la figure 2 en est un exemple. Par-

---

\* JACQUES ANGELIER και ΠΑΝΤΕΛΗ ΤΣΟΥΦΛΙΑ, Παρατηρήσεις τινές επί τῆς βραδυτεκτονικῆς καὶ τῆς νεοτεκτονικῆς τῆς Ἀττικῆς καὶ τοῦ Σαρωνικοῦ κόλπου.

fois, d'autres méthodes doivent être utilisées (J. Angelier, 1975). Souvent, la fracturation est complexe, voire manifestement polyphasée.

Des failles normales intraformationnelles N 85° E à N 125° E assorties de désordres synsédimentaires, sont l'indice d'une instabilité tectonique lors de la sédimentation pliocène. Un ancien système de fracturation dirigé N 165° E ou N 210° E se voit çà et là. Mais surtout, deux

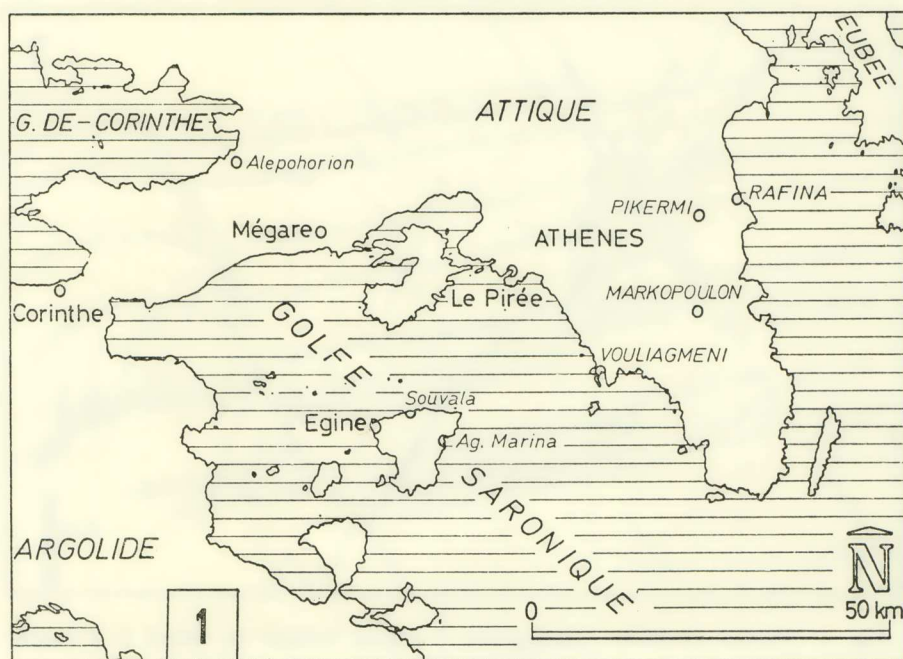


Fig. 1. Schéma de localisation.

systèmes de failles normales dominant, et se mélangent souvent (fig. 3) : l'un joue en extension Nord-Sud à Nord-Nord-Est Sud-Sud-Ouest (failles N 75° E à N 110° E) : l'autre joue en extension Nord-Est — Sud-Ouest (failles N 115° E à N 150° E). Bien souvent, des failles N 130° E recourent les failles N 80° E : ou encore, des failles normales Est-Ouest ont joué en failles normales décrochantes dextres, c'est-à-dire conformes à l'extension Nord-Est — Sud-Ouest : mais ces observations, fréquentes, ne sont sans exception : il semble que les deux systèmes aient joué concurremment, ce qui explique la complexité des interférences.

Ces deux systèmes principaux peuvent être datés plus précisément dans la région d'Agia Marina, au Nord-Est de l'île, où ils affectent des terrains volcaniques plus récents, ainsi que le Pliocène marin fossilifère (cf. G. I. Livaditis, 1974), assez élevé, qui les recouvre. Là encore, les deux systèmes de failles normales conjuguées dirigés  $N 80^{\circ} E$  et  $N 130^{\circ} E$  sont cachetés par le «porolithos» discordant. Au Sud de l'île, des terrains

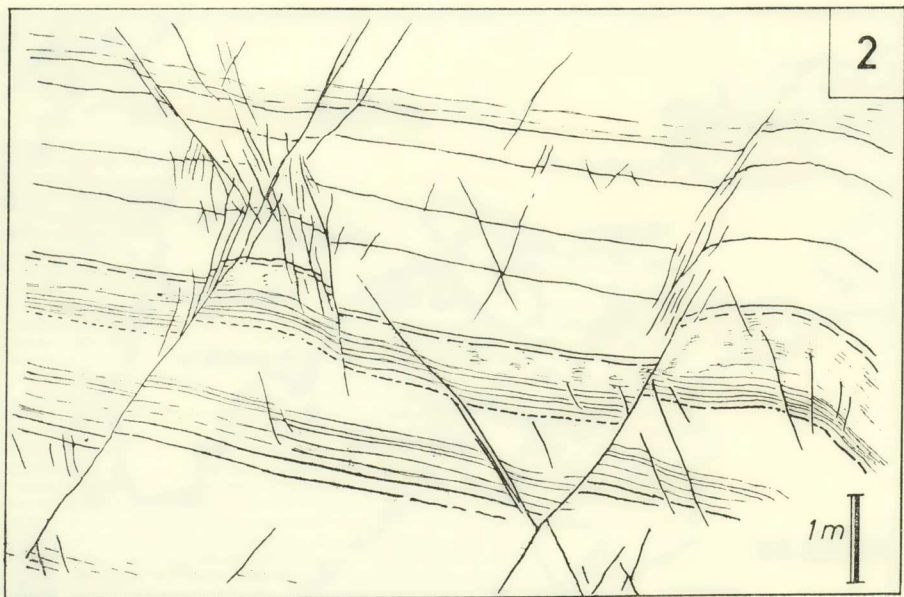


Fig. 2. Failles normales conjuguées à Egine (coupe de détail à l'Ouest de Souvalas).

volcaniques encore plus récents, fini-pliocènes ou quaternaires, sont eux aussi affectés par des failles normales ( $N 100^{\circ} E$  par exemple), plus rares il est vrai. Dans les îles voisines, des déformations sont anté-tyrrhéniennes (N. K. Symeonidis et M. D. Dermitzakis, 1973).

### B. Les côtes au Sud d'Athènes.

Daté notamment par S. Haralambakis (1951) et G. Christodoulou (1961), le Pliocène entre le Pirée et Vouliagmeni est coupé çà et là de failles normales, qui ont parfois déterminé des flexures ou des ondulations. Les systèmes des failles normales conjuguées ont, là encore, des directions

Est-Ouest (N 80° E à N 110° E) ou Nord-Ouest - Sud-Est (N 120° E à N 140° E). Dans la série pliocène, des désordres synsédimentaires, locaux pourraient être liés, sans certitude toutefois, à une extension pliocène. Somme toute, le schéma néotectonique se rapproche de celui d'Égine, avec moins de précision.

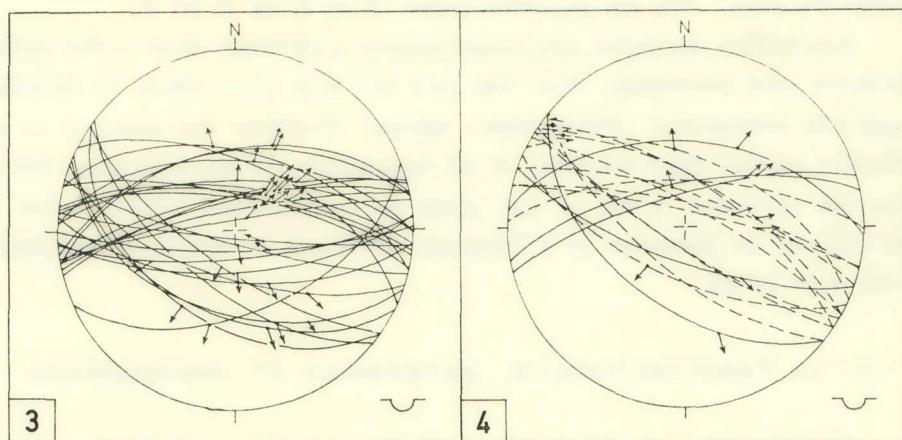


Fig. 3. Exemple de fracturation par failles normales à Égine (Ouest de Souvalas). Projection Schmidt (hémisphère inférieur) des plans de faille, les stries étant représentées par des flèches fines centrifuges (failles normales). Deux failles normales ont été basculées en failles apparemment inverses (flèches centripètes).

Fig. 4. Exemple de failles normales affectant le Pikermien (trait continu) ou cachetées par le Pikermien (tirets), près de Ráfina. Mêmes conventions que la figure 3. Certaines failles ont rejoué en décrochements lors de la compression anté-pikermienne.

### C. L'Attique orientale.

Le Pliocène de Rafina, décrit par A. Gaudry (1862), T. Fuchs (1878), M. K. Mitsopoulos (1948), G. Christodoulou (1957), C. Guernet (1971), est horizontal, manifestement peu bousculé. Quelques fracturations normales N 150° E s'y voient cependant.

La paléogéographie et la tectonique du Quaternaire de l'Attique à été étudiée par I. Trikkalinos (1935).

Ce Pliocène marin recouvre en discordance angulaire faible mais nette la formation de Pikermi (A Gaudry, 1962-67), où les pendages sont plus marqués, atteignant souvent la quinzaine de degrés, et les failles plus nombreuses. Toujours normales, ces failles antérieures au Pliocène de Rafina (fig. 4) ont des directions allant de N 75° E à N 130° E. L'extension correspondante n'a pu être fixée précisément à cause de la rareté des sites : elle est comprise entre N 0° E et N 50° E.

Les failles normales plio-quadernaires s'ajoutent donc à des failles normales plus anciennes, dont les jeux ont pris place entre un Miocène supérieur continental (Pikermien ; ancien «Pontien» des auteurs) et un Pliocène marin. Bien souvent, il est impossible de les distinguer car le Pliocène manque ; c'est le cas pour de nombreuses failles N 110° E des régions de Kalamos et d'Oropou, affectant le Miocène (extension N 10° à N 30° E).

## II. LA TARDITECTONIQUE : EXTENSIONS ET COMPRESSIONS

Le Pikermien de la région de Rafina repose en discordance angulaire très nette sur un Miocène continental, dit «molasse de Raphina» (A. Gaudry, 1862 - 67 ; Cl. Guernet, 1971). Dans ce Miocène anté-Pikermien se voient de forts pendages et des structures variées, que l'on retrouve certes en Attique, mais dont l'âge est fixé dans la région de Rafina-Pikermi : elles sont cachetées par les niveaux pikermiens (fig. 5).

Nous examinerons ces structures diverses dans l'ordre rétro-tectonique :

Les plus récentes paraissent être des failles normales N 90° E à N 130° E, en extension à peu près Nord-Nord-Est — Sud-Sud-Ouest ; toutefois, les observations sont assez rares et nous ne tenons pas cet épisode pour certain :

Des basculements importants (pendages atteignant 70°, pour la plupart vers le Nord et le Nord-Ouest) sont associés à des jeux de failles inverses, qui ne nous paraissent pas pouvoir être des failles normales basculées : il s'agit manifestement d'un plissement compressif, dont les traces se voient çà et là dans le Miocène continental attique. Ainsi, près de Markopoulon (route d'Athènes à Porto Rafti), un pli aigu dirigé N 20° E (fig. 6), qui ne peut être synsédimentaire, est assorti de décro-

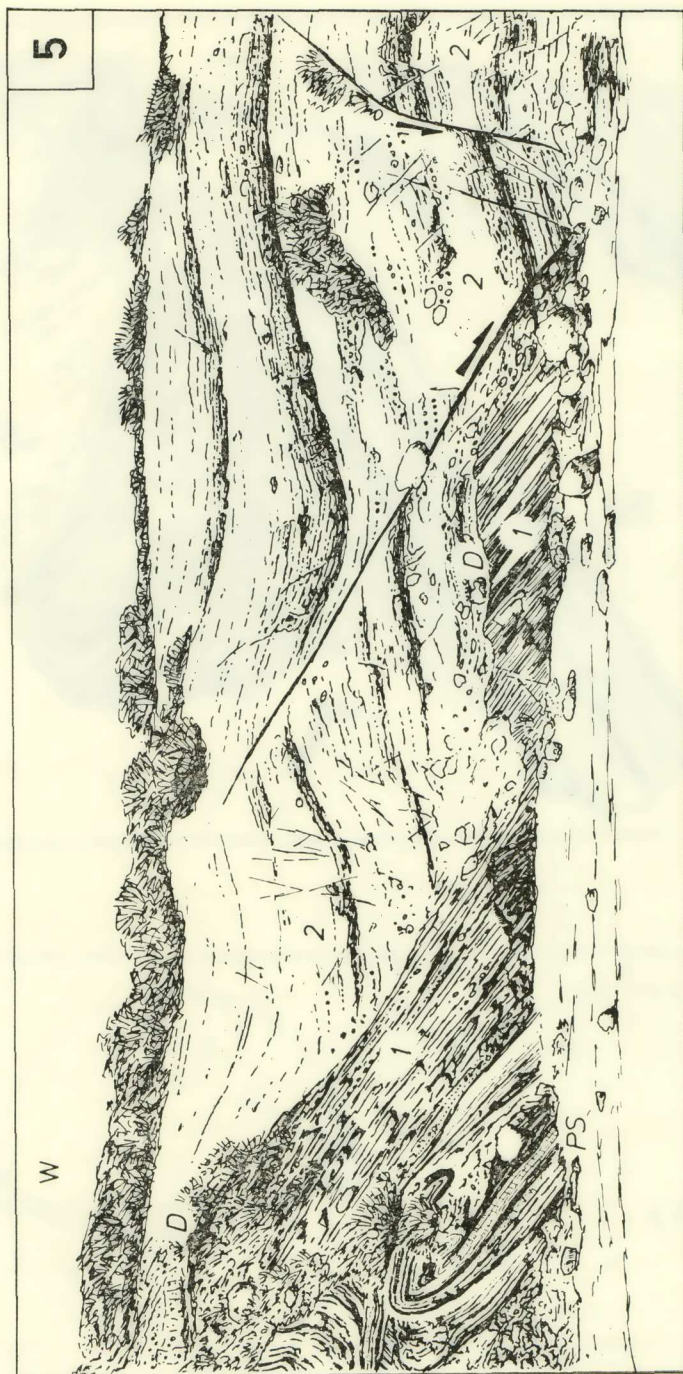
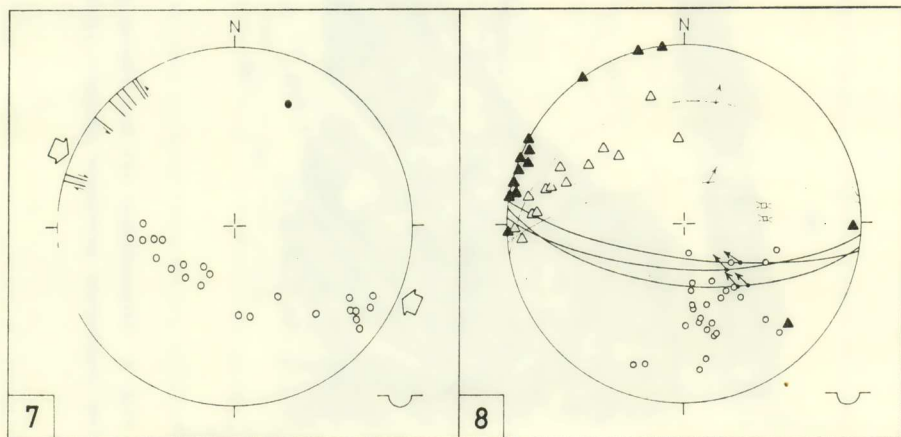
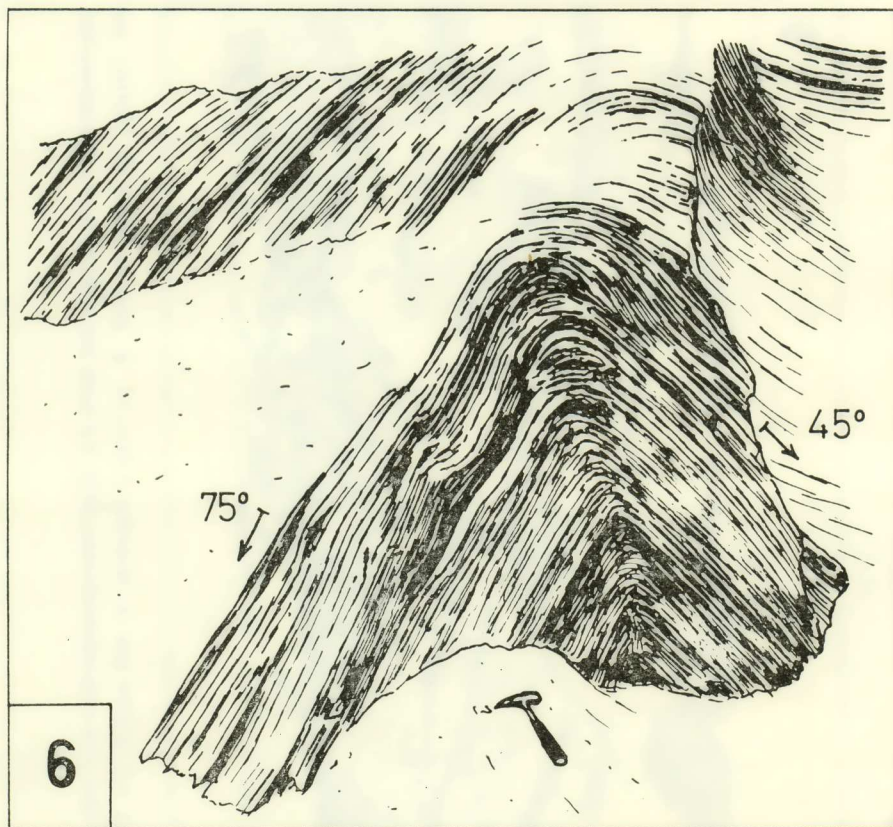


Fig. 5. Discordance (D) des limons piéromiens (2) décrits par A. Gaudry (1862 - 67, p. 429) au Nord de Rafina, sur les «molasses» miocènes plissées (1) renfermant des plis synsédimentaires (PS). Le tout est affecté de failles normales.



chements de détail (fig. 7). Comme précédemment, il est coupé par une faille normale Est-Ouest à Ouest-Nord-Ouest - Est-Sud-Est. Les directions de raccourcissement ou de compression que nous avons pu estimer oscillent entre N 110° E et N 160° E (fig. 7 et 8).

Des failles normales ont joué avant cet épisode compressif, et sont d'ailleurs basculées (fig. 8). Plus précisément, certaines sont postérieures à l'induration des «molasses» (quelques-unes ont d'ailleurs rejoué en décrochement lors de l'épisode compressif), alors que d'autres sont manifestement sysédimentaires, et associées à des plis intraformationnels bien développés (fig. 5 et 8). Toutes ces structures sont compatibles avec une extension dirigée N 5° E à N 35° E.

#### CONCLUSIONS

Ces quelques observations confirment la complexité de la tardo-tectonique égéenne : dans la seule Attique orientale peuvent être mises en évidence une extension par failles normales liée à l'individualisation de bassins continentaux miocènes, un épisode compressif anté-pikermien, des jeux de failles normales avant et surtout après le dépôt de la formation de Pikermi. Encore ce tableau n'est-il pas complet, puisque des traces de plissements plus récents existent dans le Miocène supérieur

Fig. 6. Pli dans le Miocène continental près de Markopoulon (la charnière plonge légèrement vers le N 20 E°).

Fig. 7. Pli dans Miocène continental près de Markopoulon. La charnière est un point, les pôles des couches de petits ronds. Les décrochements associés sont esquissés, ainsi que la direction de compression (grosses flèches). Projection de Schmidt.

Fig. 8. Déformations de la molasse de Rafina cachetées par le Pikermien. Les pôles des couches sont des ronds. Les triangles sont des charnières de plis sysédimentaires après (blancs) et avant (noirs) basculement des couches. Une faille sysédimentaire est figurée après (trait continu) et avant (tireté) basculement, avec sa strie. Quelques failles inverses sont figurées, avec leur strie (flèches centripètes). Les carrés sont des stries de glissement banc sur banc. Projection de Schmidt.



marin de Skyros, dans le bassin de Kymi (Eubée) et surtout dans des couches pikermiennes caractéristiques, près d'Achladi, en Eubée du Nord, toutes ces déformations paraissant antérieures au dépôt du Pliocène marin (C. Guernet, 1971). Ces deux épisodes compressifs tarditectoniques correspondraient aux phases «attique» s.l. et «rhodanienne» de H. Stille (1924) et J. Trikkalinos (1935). Leurs traces sont présentées à Samos, où des épisodes compressifs sont respectivement antérieurs et postérieurs aux couches pikermiennes, l'ensemble étant, comme en Attique, précédé et suivi d'extensions par failles normales (J. Angelier, 1976a).

La néotectonique paraît plus simple, puisqu'il ne s'agit que de failles normales; encore doit-on observer d'une part que leurs jeux sont complexes, différents systèmes se superposant dans le golfe Saronique, d'autre part qu'une recherche patiente devrait aboutir à la reconnaissance d'accidents compressifs d'âge Quaternaire ancien, puisque ceux-ci sont connus plus à l'Ouest, dans le golfe de Corinthe (J. J. Dufaune et M. Sebrier, 1976) et plus au Nord, en Locride et en Eubée nord-occidentale (H. Philip, 1974). Il reste que l'extension par failles normales pliocènes et quaternaires l'emporte largement, et surtout qu'elle détermine directement le relief et le tracé des côtes actuels. Pour simplifier, dans la région étudiée s'entrecroisent et se raccordent deux systèmes de grandes failles normales, l'un, N 75° E à N 95° E, à peu près Est-Ouest (golfe de Corinthe pour partie, littoral entre Athènes et Corinthe, côte septentrionale d'Egine), l'autre, N 125° E à N 155° E, à peu près Nord-Ouest - Sud-Est (golfe de Corinthe pour partie, golfe Saronique, golfe d'Eubée du Sud); dans la plupart des cas, l'extension plioquaternaire demeure dirigée Nord-Sud à Nord-Est - Sud-Ouest.

Pour la tectonique comme pour la paléogéographie ou le volcanisme (J. Aubouin, 1973; J. Cl. Vilminot et U. Robert, 1974; J. Angelier, 1976b), le Miocène terminal joue un rôle particulier: avant, les mouvements tarditectoniques, indépendants du cadre actuel, sont liés à l'évolution ultime de la Mésogée et épousent, plus ou moins, les directions de la chaîne antérieure; après les effondrements méditerranéens et égéens, les mouvements néotectoniques, associés à la subduction, sous la plaque égéenne (D. Mac Kenzie, 1974) se déroulent dans un cadre proche de l'actuel.

## Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Ι Σ

Εἰς τὴν παροῦσαν μελέτην ἀναφέρονται παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς Βραδυτεκτονικῆς καὶ τῆς Νεοτεκτονικῆς περιοχῶν τῆς Ἀττικῆς καὶ τοῦ Σαρωνικοῦ κόλπου, αἱ ὁποῖαι ἀνήκουν εἰς τὸ ΒΔ/κὸν ἄκρον τοῦ τόξου τοῦ Αἰγαίου.

Τὸ τόξον τοῦ Αἰγαίου προέκυψεν ἐκ τῆς Λαοαμικῆς καὶ Ἀττικῆς πτυχώσεως, καθὼς καὶ τῶν τεκτονικῶν κινήσεων τοῦ Πλειο-Τεταρτογενοῦς. Αἱ βραδυτεκτονικαὶ κινήσεις τοῦ Μειοκαίνου ἀνάγονται εἰς τὸ τελικὸν κλείσιμον τῆς Τηθύος θαλάσσης εἰς τὴν ὁποίαν περιλαμβάνοντο καὶ αἱ προαναφερθεῖσαι περιοχαὶ τοῦ τόξου τοῦ Αἰγαίου.

Διὰ τὴν ἀνατολικὴν Ἀττικὴν ἀναφέρεται ὅτι ἔλαβε χώραν ἐφελκυσμὸς ὑπὸ κανονικῶν ρηγματίων κατὰ τὸ Μειόκαινον, ἐποχὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἐσχηματίσθησαν αἱ ἠπειρωτικαὶ λεκάναι, ἀκολούθως δὲ φαινόμενα συμπίεσεως προ-πικερμικά. Ἰχνη πτυχώσεων ἔχουν πιστοποιηθῆ εἰς τὸ θαλάσσιον ἀνώτερον Μειόκαινον τῆς νήσου Σκύρου, εἰς τὴν λεκάνην τῆς Κύμης (Εὐβοία) καὶ εἰς τὰ χαρακτηριστικὰ πικερμικά στρώματα πλησίον τοῦ Ἀχλαδίου τῆς βορείου Εὐβοίας. Αἱ παραμορφώσεις αὐταὶ τῶν στρωμάτων εἶναι προγενέστεραι τῶν θαλασσίων πλειοκαινικῶν ἀποθέσεων.

Αἱ βραδυτεκτονικαὶ κινήσεις συμπίεσεως ἀνάγονται εἰς τὴν κατὰ Η. Stille ὀνομασθεῖσαν «Ἀττικὴν» καὶ «Ροδανικὴν» ὄρεσιγόνον κίνησιν.

Τὰ ἴχνη τῶν ὄρεσιγόνων αὐτῶν κινήσεων ἐμφανίζονται εἰς τὴν νῆσον Σάμον, ὅπου τὰ φαινόμενα συμπίεσεως εἶναι ἐμφανῶς προγενέστερα καὶ μεταγενέστερα τῶν πικερμικῶν στρωμάτων τῆς περιοχῆς Ἀττικῆς.

Γενικῶς εἰς τὴν μελετηθεῖσαν περιοχὴν διεπιστώθη, ὅτι ἐπικρατοῦν τὰ κανονικὰ ρήγματα, τὰ ὁποῖα ἐνίστε διαστανροῦνται ἢ καὶ σχεδὸν συνάπτονται κυρίως εἰς τὰς παρυφὰς τοῦ Σαρωνικοῦ Κόλπου. Φαινόμενα συμπίεσεως παλαιοῦ Τεταρτογενοῦς διεπιστώθησαν δυτικώτερον εἰς τὸν Κορινθιακὸν Κόλπον καὶ πρὸς βορρᾶν εἰς τὴν Λοκρίδα καὶ τὴν ΒΔ/κὴν Εὐβοίαν χωρὶς νὰ ἀποκλείεται ἡ ὑπαρξὶς αὐτῶν καὶ εἰς τὴν ἡμετέραν περιοχὴν. Εἰς τὴν ἡμετέραν περιοχὴν ἐπικρατοῦν δύο ὁμάδες κανονικῶν ρηγματίων, αἱ ὁποῖαι ἐνίστε τέμνονται, ἡ μία ἔχει διεύθυνσιν Β 25° Α ἕως 25° Α, περίπου Α - Δ, ἡ ἄλλη Β 125° Α ἕως 155° Α, περίπου ΒΔ - ΝΑ. Ἡ ἡλικία των εἶναι πλειο-τεταρτογενῆς καὶ συνετέλεσε τὰ μέγιστα εἰς τὸν σχηματισμὸν τοῦ ἀναγλύφου καὶ τῶν συγχρόνων ἄκτῶν τῆς περιοχῆς μας.

## BIBLIOGRAPHIE

- J. Angelier, Sur l'analyse des mesures recueillies dans des sites l'utilité d'une confrontation entre les méthodes dynamiques et cinématiques. C. R. Acad. sc. Paris, t. 281, p. 1805-1808. 1975.
- , Sur l'alternance mio-plio-quadernaire de mouvements extensifs et compressifs en Egée orientale: l'île de Samos (Grèce). C. R. Acad. sc. Paris, à paraître. 1976a.
- , La néotectonique cassante et sa place dans un arc insulaire: l'arc égéen méridional. Bull. Soc. Géol. France, t. XVIII, à paraître. 1976b.
- E. M. Anderson, The dynamics of faulting. Oliver and Boyd, éd. Edinburgh - London. 1942.
- J. Aubouin, Des tectoniques superposées et de leur signification par rapport au modèles géophysiques: l'exemple des Dinarides: paléotectonique, tectonique, tarditectonique, néotectonique. Bull. Soc. géol. France (7), XV, p. 246-460. 1973.
- S. Cailleres et P. Tsoli, Contribution à l'histoire géologique de l'île d'Egine (Archipel grec.) C. R. Acad. sc. Paris, t. 274. p. 3515-3518. 1972.
- G. Cristodoulou, Über einige Foraminiferen des Pliozäens von Rafina. Bull. Soc. géol. Grèce, 3, 1, p. 24-30. 1957.
- , Die Foraminiferen des Marinen Neogens (Astien) von Attika. Geol. and Geoph. Research, I. G. S. R., t. VII, n° 1, Athènes, 48 p. 1961.
- J. J. Dufaure et M. Sebrier, Les mouvements compressifs du Quaternaire ancien sur le pourtour du golge de Corinthe. C. R. Acad. sc. Paris, t. 282, p. 267-269. 1976.
- T. Fuchs, Internal alla posizione degli strati di Pikermi. B. R. C. G. It., 9, p. 110-114. 1878.
- A. Caudry, Animaux fossiles et géologie de l'Attique. 473 p. Paris, Savy éd. 1862-67.
- Cl. Guernet, Etudes géologiques en Eubée et dans les régions voisines (Grèce). Thèse géologie, Paris, 395 p. 1971.
- S. Haralambakis, Contribution à l'étude du Néogène de l'Attique. Ann. géol. pays helléniques, 4, p. 1-159. 1951.
- V. Lagoussi-Sideri, Contribution à la connaissance des Foraminifères du Néogène d'Egine. Prakt. Akad. Athènes, 37, p. 309-318. 1962.
- V. R. Leyden, Der Vulkanismus des Golfes von Aegina und seine Bereihungen zur Tektonik. Vulk. Inst. I. Friedländer Zürich. 1940.
- G. I. Livaditis, Etude géologique et géomorphologique de l'île d'Egine. Thèse géologie, Athènes, 64 p. 1974.
- D. Mac Kenzie, Active tectonics of the Mediterranean region. Geophys. J. R. astr. Soc., 30, p. 109-185. 1972.

- M. K. Mitsopoulos, La Pliocène inférieure de Rafina Prakt. Akad. Athènes, 23, p. 295 - 301. 1948.
- P. Philip, Etude néotectonique des rivages égéens en Locride et en Eubée nord-occidentale. Thèse 3è cycle, géologie structurale, Montpellier. 1974.
- H. Stille, Grundfragen der vergleichenden Tektonik. 443 p., Berlin. 1924.
- N. K. Symeonididis et M. D. Dermitzakis, Beitrag zur Kenntnis der Geologie der Inseln Angistri und Metopi (SW von Aegina). Ann. géol. Pays helléniques, 25, p. 250 - 280. 1973.
- I. Trikkalinos, Tectonische und paläogeographische untersuchungen der nachtertiären schichten Attikas. Πρακτ. 'Ακαδ. 'Αθηνῶν 10, σελ. 447 - 457. 1935.
- J. Cl. Vilminot et U. Robert, A propos des relations entre le volcanisme et la tectonique en mer Egée. C. R. Acad. sc. Paris, t. 278, p. 2099 - 2102. 1974.
-