

LA SICILE DANS SON CADRE PALÉOGÉOGRAPHIQUE NÉOTÉTHYSIEN

Sicily in his paleogeographic neotethysian frame

Paul Broquet

37 rue Danton 25000 Besançon (France)
paul.broquet@wanadoo.fr

Résumé

Cet article fournit les arguments de terrain qui justifient l'appartenance de la Sicile à la Néotéthys. Après rappel des grandes étapes de l'évolution tectonique de la Sicile, sont examinés successivement : les plaques lithosphériques en présence ; les sillons à fond océanique ; les subductions ; les ouvertures océaniques ; les failles rhexmatiques ; l'arc de Gibraltar et l'arc siculo-calabrais ; le microcontinent maghrébin.

En conclusion nous verrons les similitudes et les différences avec les données océanographiques actuelles qui concernent la mer ionienne.

Abstract

This article points out the ground arguments justifying Sicily belonging to the Néotéthys. After an abstract of Sicily tectonic evolution, it deals successively with: lithospheric plates; oceanic basins; subduction process; basins apertures; reghmatic faults; Gibraltar and siculo-calabrian arcs; maghrebian microcontinent.

Concluding, we see the convergences and differences with present day oceanographic data concerning the ionian sea.

INTRODUCTION

Cet article est complémentaire de celui qui est paru en 2021 dans les annales de la S.G.N. « *Les singularités géologiques de la Sicile* ».

La Sicile est replacée dans son cadre paléogéographique entre l'Atlantique central et le bassin d'Hérodote situé à l'est de la mer ionienne actuelle (au nord de l'Égypte). Nous souhaitons attirer l'attention sur :

- ✧ l'appartenance de la Sicile à la Néotéthys ;
- ✧ l'importance du changement paléogéographique qui s'opère à l'Oligocène par la mise en place du sillon numidien ;
- ✧ l'importance des décrochements liés au déplacement de la plaque africaine sur plusieurs centaines de kilomètres ;
- ✧ la jeunesse de la tectonique qui a structuré l'île et perdue sous nos yeux par l'actuelle subduction ionienne active au niveau de l'arc siculo-calabrais.

RAPPEL DES RECONSTITUTIONS PALINSPASTIQUES REPLAÇANT LA SICILE DANS SON CADRE NÉOTÉTHYSIEN

Nous adoptons la zonéographie ancienne définie en Sicile avec rides et sillons, à savoir en partant des zones externes

en contact avec l'Afrique : les zones de Sciacca (plateforme externe) ; sillon de Cammarata-Campofiorito ; ride à séries condensées de Vicari ; sillon océanique de Sclafani et la plateforme interne panormide.

L'assimilation pour leurs faciès des séries bétiques (Subbétique- Pénibétique) aux séries externes de Sicile (Cammarata - Vicari) impose la présence d'un arc mésozoïque, probablement éphémère, au contact de la plaque ibérique (fig. 1a) et disparaissant lors de la subduction bétique vers le sud (fig. 1b). Cet arc aurait été généré lors d'un grand décrochement sénestre amorcé dès le Mésozoïque entre les plaques ibérique et africaine.

Le schéma palinspastique (fig. 1) résume les reconstitutions évoquées en 2021 entre le Mésozoïque et le Pliocène. L'ouverture océanique W-E dans le domaine d'Alboran doit se produire au Trias supérieur en faisant référence au Trias alpin signalé dans le Bétique interne et les Alpujarides (Paquet, 1969). Le Permien marin n'a été caractérisé qu'en Tunisie et en Sicile où son faciès rappelle d'ailleurs étrangement le Permien marin connu dans la Paléotéthys.

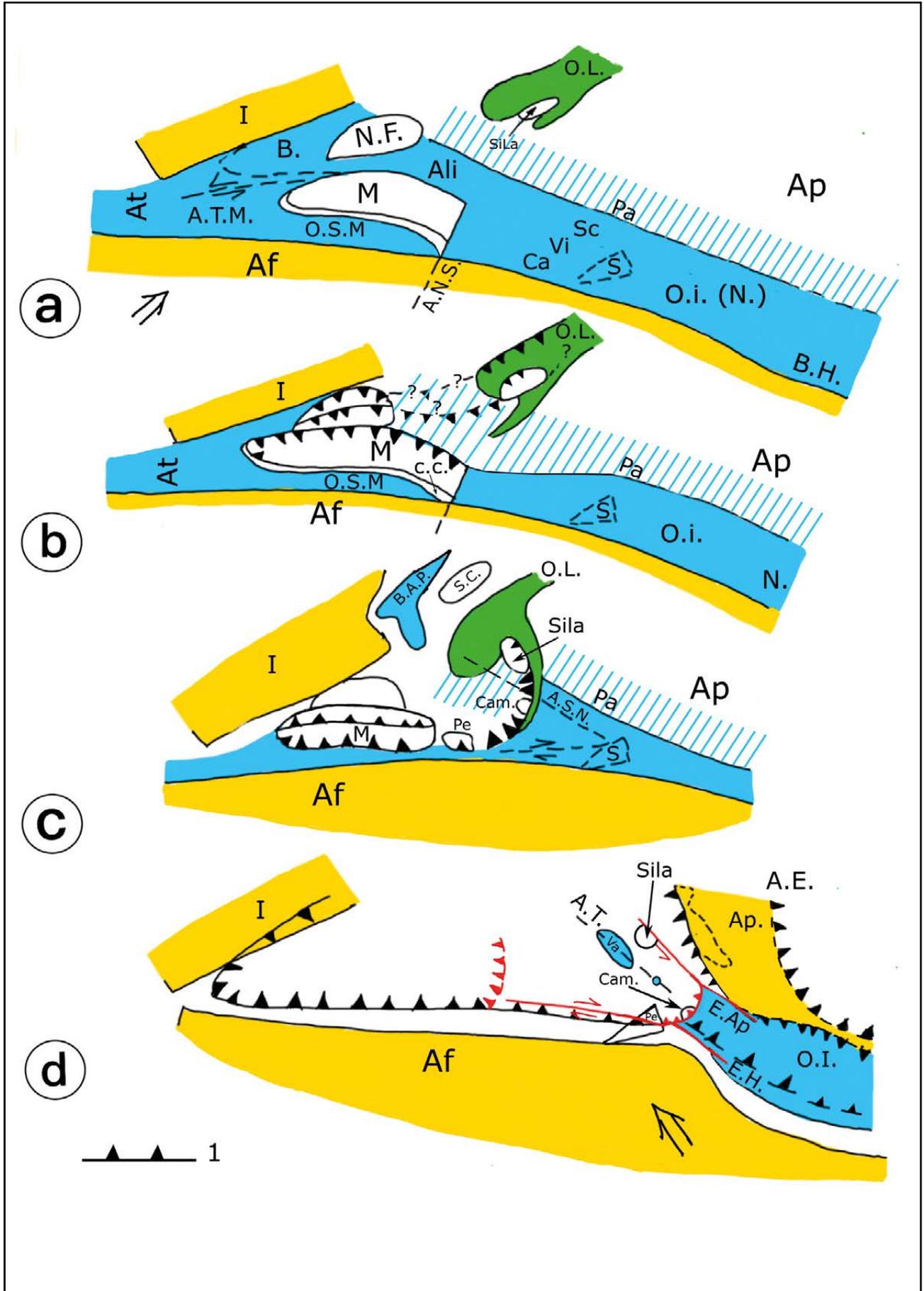


Fig. 1. Schémas palinspastiques résumant les hypothèses géodynamiques. La Sicile est replacée dans son cadre paléogéographique néotéthysien.

a. Mésozoïque. Après l'ouverture NW-SE à W-E au Trias supérieur, se forme un arc bétique éphémère

b. Subduction bétique vers le sud du bloc d'Alboran, fini-lutétienne à priabonienne (-37 à -45 Ma) avec épaissement de la croûte. Métamorphisme H.P. Cette subduction entraîne la disparition de l'océan nord-maghrébin (Néotéthys). Décrochement sénestre entre l'Ibérie et l'Afrique.

c. Subduction maghrébine vers le nord à l'Oligocène supérieur-Aquitainien avec étirement et amincissement de la croûte. Métamorphisme M.P. de KPeCam (-25 à -22 Ma). Début de mise en place de l'arc maghrebo-calabrais. Ouverture du bassin marginal algéro-provençal à l'arrière du bloc corso-sarde. Mise en place du sillon numidien avec son bassin d'arrière-arc (Numidien interne à substratum ligure).

d. Subduction généralisée au Miocène moyen (vers -14 Ma en Sicile) des plaques africaine et apulienne avec mise en place des nappes dans les avant-fosses du Maghreb, de la Sicile et de la Calabre.

Transfert de l'arc siculo-calabrais dans sa position actuelle lors de la phase Tyrrhénienne (en rouge) résultat d'un important décrochement dextre (450 km).

Abréviations. A.E. = Arc Egéen; Ap = plaque Apulo-Adriatique; Af = plaque Afrique; At = Océan Atlantique; A.S.N. = axe du sillon numidien; A.T.M. = axe transméditerranéen; A.T. = axe d'ouverture de la mer Tyrrhénienne; B.A.P. = Bassin Algéro-Provençal; B = Bétique; B.H. = Bassin d'Hérodote; C.C. = chaîne calcaire; Cam = Calabre méridionale; S.C. = Sardaigne - Corse; E. Ap. = Escarpement Apulien; E.H. = Escarpement Hybléen; I = plaque ibérique; M. = continent maghrébin (AlKaPeCam); N.F. = Nevado-Filabrides; Pa = Panormide; Pe = Péloritains; S = Sicile; Sc = Sclafani; Vi = Vicari; Ca = Cammarata; O.I. = Océan Ionien (Néotéthys - N.); O.L. = Océan Ligure; O.S.M. = Océan sud maghrébin; V = Vavilov. 1 = Subductions. Flèche double = sens du mouvement de la plaque Afrique.

Fig. 1. Schematic palinspastic geodynamic hypotheses. Sicily in its neotethysian frame.

a. Mesozoic. After NW-SE to W-E aperture (late Trias), first formation of a transitory betic arc

b. South betic subduction of the Alboran block (Lutetian sup. to Priabonian - 37 to -45 Ma). Crust thickening. Metamorphism H.P.; with south subduction of the north maghrebian ocean (neotethys). Semestral wrench fault between Iberia and Africa.

c. North maghrebian subduction (Oligocene sup. - Aquitanian, -25 to -22 Ma) with crust thinning Metamorphism M.P. of K-Pe-Cam. First formation of the Maghrebian-Calabrian arc. Aperture of Algero-provençal marginal basin and Internal Numidian back arc (liguride substratum).

d. Middle Miocene (to -14 Ma in Sicily) generalized subduction of the african and apulian plates. Transfer of the siculo-calabrian arc to its actual situation (Tyrrhenian phase - in red) with important dextral wrench-fault (450 km).

Abbreviations. A.E. = Egean Arc; Ap = Apulo-Adriatic plate; Af = African plate; At = Atlantic; A.S.N. = numidian axis; A.T.M. = transmediterranean axis; A.T. = Tyrrhenian axis; B.A.P. = Algero-Provençal Basin; B = Betic; B.H. = Herodote basin; S.C. = Sardinia-Corsica; C.C. = calcareous chain; Cam = meridional Calabria; E.Ap. = Apulian fault; E.H. = Hyblean fault; I = Iberian plate; M = maghrebian continent (AlKaPeCam); N.F. = Nevado-Filabrides (Alboran); Pa = Panormide; Pe = Peloritans; S = Sicily; Sc = Sclafani; Vi = Vicari; Ca = Cammarata; O.I. = Ionian Ocean (Neotethys - N); O.L. = Ligure Ocean; O.S.M. = south maghrebian Ocean; V = Vavilov. 1 = Subductions zones. Double arrow = African plate movement direction.

La figure 1 résume les changements paléogéographiques survenant lors des principales phases orogéniques :

✧ la phase bétique (Paléogène fig. 1b). Après l'ouverture de la Néotéthys au Trias supérieur (?) - Jurassique inférieur, au sein du bloc d'Alboran (fig. 1a) on assiste à la subduction bétique vers le sud (fig. 1b) qui provoque la fermeture de la Néotéthys (marge active en décrochement sénestre) dont la conséquence est un changement paléogéographique important. Cette phase à subduction S, SE et E dont l'âge correspond à celui de la phase alpino-apenninique affecte le bloc d'Alboran mais également celui de la Sila. Elle se met en place au Crétacé supérieur-Eocène initiant peut-être l'ouverture à l'Eocène supérieur? - Oligocène inférieur, du bassin provençal triangulaire (sphénochasme de Gênes). Une question se pose relativement à l'ouverture de l'ensemble du bassin algéro-provençal. S'agit-il d'un bassin d'arrière-arc en relation avec la subduction apenninique éocène vers l'E ou d'une mer marginale en rapport avec l'arc maghrébo-calabrais (Oligocène supérieur - Aquitanien inférieur) en subduction vers le NW (fig. 1c) ou même d'un bassin d'arrière-arc évoluant en mer marginale. Seule la connaissance précise de l'âge des premiers sédiments déposés dans le bassin permettrait de trancher. Un âge oligocène est actuellement retenu pour les premiers sédiments et si l'on ajoute que les émissions volcaniques dans les rifts sardes voisins sont oligo-miocènes (-30 à -14 Ma) on est conduit à admettre que le bassin provençal s'est principalement développé lors de la phase oligocène-miocène inférieur, phase d'ailleurs dénommée sardo-baléares. Le sillon des flyschs maghrébins demeure au sud du bloc AlKaPeCam mais vers le nord-est on assiste à une importante modification paléogéographique avec la transgression des « Argille Scagliose » sur la plateforme panormide. C'est la jonction entre la téthys ligure et la néotéthys à partir de l'Albo-Cénomanién. Un questionnement demeure néanmoins concernant la plateforme panormide, passe-t-elle latéralement vers le N à la plateforme apenninique? est-elle bordée d'une ride cimmérienne? Quelle est la nature du socle panormide anté-triasique? autant d'inconnues qui demeurent.

✧ la phase sardo-baléares (Oligocène supérieur - Aquitanien inférieur) provoque un changement paléogéographique majeur accompagnant le sphénochasme de Gênes; elle génère l'arc maghrébo-calabrais à subduction N et NW (fig. 1c); elle voit l'installation du sillon numidien à cheval sur le domaine ligure, le Panormide et la zone de Sclafani (néotéthys). Le bassin d'arrière-arc est représenté par le Numidien interne à substratum ligure. On assiste au décollement et à la mise en place de la nappe panormide à la suite de laquelle apparaît l'importante décharge détritique des grès du flysch numidien. Rappelons que cette phase voit également le développement du bassin

algéro-provençal avec étirement de la croûte et formation d'une mer marginale. Entre l'Oligocène et le Plio-Quaternaire se développe une marge active coulissante dextre qui incorpore un nombre croissant d'unités de plus en plus complexes.

✧ la phase maghrébo-sicilienne (Miocène moyen - fig. 1d) généralisée sur l'ensemble du domaine méditerranéen. Elle se caractérise par d'importants phénomènes tectono-sédimentaires avec nappes gravitaires, klippes sédimentaires, en relation avec la subduction vers le N de la plaque africaine et vers l'W de la plaque apulo-adriatique. L'avant-fosse centro-sicilienne présente un talus de progradation tectono-sédimentaire. Cette phase présente un léger décalage dans le temps d'Ouest en Est (Broquet *et al.*, 1966).

✧ la phase tyrrhénienne (Pliocène à Pleistocène - fig. 1d en rouge) conduit aux contours actuels de la méditerranée occidentale avec mise en place de l'arc siculo-calabrais. A l'E de celui-ci la zonéographie au sein de la mer ionienne (néotéthys) n'a pas été figurée, seules les études océanographiques pourront fournir des détails. La ride méditerranéenne, le mont sous-marin Eratosthène au S de Chypre pourraient-ils correspondre au Panormide et le bassin d'Hérodote à la zone de Sclafani ?

En résumé, si on se réfère à la figure 1, on constate que la néotéthys se ferme progressivement d'W en E. Après la phase bético-apenninique crétacée-éocène (subduction vers le S - SE et E) puis la phase sardo-baléares oligocène supérieur-aquitainien à subduction N et NW qui voit une importante modification paléogéographique avec l'installation du sillon numidien (arrière-arc à substratum ligure et avant-arc néotéthysien : zone de Sclafani) et la formation de l'arc maghrébo-calabrais. La phase tyrrhénienne (Miocène supérieur-Pliocène à Pleistocène) voit l'installation de l'arc siculo-calabrais après un déplacement estimé à 450 km (décrochement dextre) et l'ouverture du bassin d'arrière-arc tyrrhénien (bassin de Vavilov et Marsili). Ceci conduit à considérer l'océan ionien, actuellement en position d'avant-arc, comme l'héritier de la néotéthys ouverte au Trias supérieur - Jurassique inférieur. Peut-être faudrait-il dire qu'il s'agit de la branche méridionale de la néotéthys qui peut comporter d'autres dépendances s'insinuant entre les lanières microcontinentales turques, helléniques et dinariques vers l'E mais également au S du microcontinent maghrébin (zone des flyschs externes maghrébins). Dans ce schéma palinspastique nous n'avons pas représenté les contours du bassin messinien pour lesquels nous renvoyons à l'article de Mascle *et al.* (2019), de même, pour ne pas surcharger les figures nous n'avons pas indiqué les contours des mers épicontinentales. Seuls demeurent en domaine profond le bassin d'arrière-arc tyrrhénien et le bassin marginal algéro-provençal.

En Sicile, Lentini *et al.* (2006) nomment Ionides les séries qui affleurent dans les Sicani et les Madonies. C'est l'équivalent de ce que nous qualifions de série néotéthysienne. Une différence paléogéographique majeure sépare les deux modèles. Pour Lentini *et al.* (2006) le bassin ionien « s'ouvre au Permo-Trias dans la plaque adriatique entre les blocs apulien et apennin » c'est à dire selon une direction sensiblement N-S (et non E-W) ce qui impose un arc paléogéographique ancien et permanent avec reconstitution de la zonéographie définie par Ogniben (1960).

GÉNÉRALITÉS GÉODYNAMIQUES

Les plaques lithosphériques en présence

Depuis Dewey *et al.* (1973) les plaques majeures universellement reconnues sont les plaques africaine et eurasiatique. S'y ajoutent la plaque ibérique et la plaque adriatico-apulienne qui poinçonne le secteur alpin et se trouve subductée vers l'Ouest au niveau des Apennins. La plaque ibérique se séparerait de l'Europe au niveau de la faille nord-pyrénéenne à partir du Tithonique-Néocomien. Ceci est encore contesté (Canérot, 2016) mais ce qui paraît acquis c'est depuis le Tithonique, la rotation anti-horaire de l'Ibérie par rapport à l'Europe (>500 km, Olivet, 1996 - fig. 2).

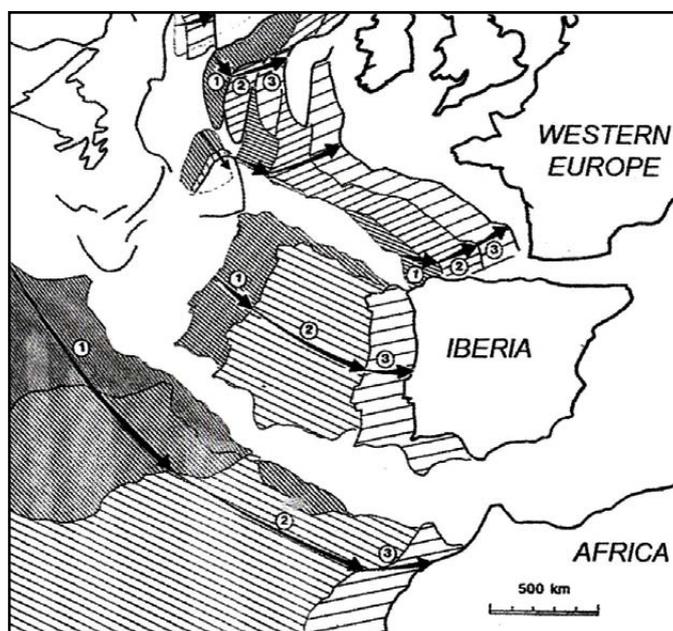


Fig. 2. La rotation anti-horaire de l'Afrique et de l'Ibérie d'après Olivet (1996).

1 : Tithonique ; 2 : Barrémien-Aptien ; 3 : Coniacien. En blanc, la position de l'Ibérie et de l'Afrique au Campanien (-80 Ma).

Fig. 2. Anticlockwise rotation of Africa and Iberia after Olivet (1996). 1: Tithonic; 2: Barremian-Aptian; 3: Coniacian. White: Iberia and Africa position in Campanian (-80 Ma).

Cette rotation concerne également l'Afrique (>1 000 km) et en conséquence la limite Ibérie - Afrique. Il faut ajouter plusieurs microplaques difficiles à cerner (les microcratons de Glangeaud) et qui correspondent aux microcontinents maghrébin et d'Alboran et au bloc Sardo-baléares. Le rôle de ces microplaques est important et souvent sous-estimé. Pour les périodes anciennes il n'est pas facile de connaître les limites exactes des plaques et microplaques sans l'appui des séismes de magnitude supérieure à 5. Dans le cadre de cet article il ne semble pas nécessaire d'entrer plus dans le détail. Nous ne traiterons pas ici du bloc anatolien vers l'E (Turquie) pincé entre l'Eurasie et l'Afrique-Arabie et subissant des déplacements latéraux guidés par des failles rhégmatiques E et N anatoliennes. Le fonctionnement de ce bloc est évocateur et comparable à celui qui a dû exister entre l'Oligocène et le Pliocène au N de la Sicile. Il serait d'ailleurs intéressant d'étudier la cinématique de ce bloc anatolien c'est à dire son évolution géométrique au cours du temps¹.

A propos de la Sicile on peut reprendre une vieille idée et dire que les chaînes méditerranéennes résultent pour l'essentiel de l'affrontement des deux plaques majeures avec sur les bordures occidentale et orientale des complications dues à des microplaques. La convergence de la plaque africaine vers l'Europe s'opérerait entre 120 et 83 millions d'années avec des vitesses de convergence variables mais plus importantes au Crétacé supérieur et à l'Eocène-Oligocène (Rosenbaum *et al.*, 2002).

En conclusion, si la théorie des plaques fournit un guide précieux pour l'élaboration des recherches, elle ne répond pas à toutes les hypothèses formulées par les données de terrain, en particulier sur le rôle joué par des microplaques dont l'extension et le mouvement sont difficiles à cerner; de même pour les grands décrochements. Si le guide de recherche est très utile il ne faut cependant pas se laisser enfermer dans des schémas souvent trop simples et provisoires. Ceci incite à persévérer dans le travail indispensable sur le terrain.

Les sillons à fond océanique.

Etant donné la très importante tectonique tangentielle et l'empilement des nappes, les observations sont très lacunaires et limitées. Les croûtes océaniques ou très amincies sont admises dans la zone ligure (Apennins) et la zone maghrébine où des ophiolites ont été reconnues. Pour les zones de Sclafani - Lagonegro - Ali les ophiolites n'ont pas été caractérisées. On peut néanmoins citer hypothétiquement la série Mulhacén dans le domaine bétique (Puga, 1977) et la nature océanique du bassin ionien dont la croûte serait mince (<10 km-Tugend *et al.*, 2019). Retenons que la plus

grande partie de la lithosphère océanique mésozoïque a disparu par subduction.

Les ouvertures océaniques.

Au XXI^e siècle les recherches pétrolières ont permis une exploration nouvelle et plus poussée de la mer ionienne comme en attestent de nombreuses publications parues depuis l'an 2000. Un article de Tugend *et al.* (2019) fait le point sur ces ouvertures entre l'Atlantique et le bassin d'Hérodote (mer ionienne).

✧ Atlantique central : vers 200 Ma (Sinémurien - Labails *et al.*, 2010).

✧ Dans les domaines sud et nord maghrébin on note au Trias supérieur des faciès marins dans le Rif interne et le Bétique interne avec au sein des Alpujarrides, de rares affleurements de Trias alpin calcaire (Paquet, 1969). Il est difficile de situer la zone d'ouverture au sein du bloc d'Alboran. Si l'on se réfère aux ophiolites de Mulhacén (Puga, 1977), il semble possible que la fracture se situe dans les Nevado - Filabrides. Selon Puga (1990) il pourrait s'agir d'un point triple (confluence des rifts ligurien - bétique et maghrébin). Il est difficile d'orienter ce rift étant donné les rotations subies par les blocs concernés, néanmoins selon Sanz de Galdeano (1997) cette orientation serait préférentiellement E - W avec une possibilité SW - NE. Etant donné sa connexion à l'Atlantique central, l'orientation E - W correspondrait à ce que nous avons nommé océan nord-maghrébin ou néotéthys et l'orientation SW - NE pourrait correspondre à l'arcature mésozoïque.

✧ En Sicile, entre 1965 et 1968 nous avons reconnu l'individualisation de la paléogéographie à partir du Carixien (190,8 à 186 Ma; individualisation des zones de Cammarata - Vicari - Sclafani...) et l'émission de laves basiques au Dogger signalées par Fabiani dès 1926 à Vicari. Ces émissions volcaniques ont été localisées dans le Bajocien (zone à *Stephanoceras humphrisianum* - 167 à 176 Ma et signalées dans les zones de Cammarata, Vicari et Sclafani (Broquet, 1968 p. 94). Rappelons que dans la série renversée et écaillée d'Ali (Truillet, 1968) le Pliensbachien supérieur (185 à 187 Ma) a été individualisé avec des indices permettant de supposer que la série pourrait se développer entre le Jurassique inférieur et le Jurassique supérieur et même peut-être atteindre le Valanginien (Somma *et al.*, 2013). Ceci est en accord avec l'âge de la série de Sclafani et confirme nos reconstitutions paléogéographiques (Broquet, 2007, 2016).

✧ Masclé (1979, p. 100) situe les prémices de l'ouverture au Trias supérieur (individualisation des premières zones de faciès avec « du Sud au Nord la zone de Sciacca, plate-

1. Remarque : un aparté en Géologie Appliquée au Génie Civil nous permet de faire remarquer que des blocs type anatolien, des arcs type siculo-calabrais et toutes les marges actives imposent des constructions avec fondations spéciales anti-sismiques capables de résister à des accélérations de la pesanteur importantes. De même faut-il rappeler que les centrales nucléaires doivent y être interdites et réservées aux marges stables.

forme récifale, le bassin de Campofiorito qui se boucle vers l'Ouest, le seuil récifal de Vicari et le bassin de Sclafani ».

✧ Le bassin ionien serait tapissé d'une mince croûte océanique d'âge jurassique (Tugend *et al.*, 2019) et l'ouverture se produirait de 195 Ma (Sinémurien supérieur) à 175 Ma (Aalénien), c'est à dire du tardif Jurassique inférieur au Jurassique moyen après une phase de rifting du Trias tardif au Jurassique inférieur. Ceci est en bonne correspondance avec l'Atlantique central (Tugend *et al.*, 2019).

✧ En conclusion, les données entre l'Atlantique central, la Sicile et le bassin d'Hérodote semblent s'accorder sur une ouverture généralisée vers — 200 à — 190 Ma avec des prémices au Trias supérieur. Il faut cependant rappeler qu'en Sicile une première ouverture a eu lieu au Permien qui semble avoir avorté mais qui pourrait être mise en correspondance avec les données fournies dans le bassin d'Hérodote par Granot (2016) même si l'âge invoqué de 340 Ma paraît trop ancien.

✧ On peut signaler que des recherches pétrolières ont lieu dans le bassin du Levant à l'ouest des côtes libanaises et israéliennes et à l'est du bassin d'Hérodote (Ducros *et al.*, 2020). La genèse des roches mères de pétrole créacées (Campanien) a été mise en relation avec la présence de courants d'upwelling. C'est comparable à ce qui a été observé au Maroc dans la région de Timhadit (Broquet, 1980) sur la marge atlantique avec un léger décalage dans le temps (Campanien - Maestrichtien).

Subduction.

C'est le point le plus original de la théorie des plaques. Dans les années 1960 on parlait de sous-charriages sans imaginer l'ampleur des subductions qui ont modifié la façon de traiter de l'importance des recouvrements et de la disparition en profondeur d'une grande partie de la lithosphère générée au niveau des dorsales. Ainsi sont disparues beaucoup d'ophiolites et donc de preuves d'océanisation.

Dans le domaine apenninique une grande part de la lithosphère océanique mésozoïque a été subductée durant la phase alpine entre le Crétacé supérieur et l'Eocène moyen.

Dans le cas de la Méditerranée occidentale il faut citer la subduction bétique vers le Sud au Paléogène, finie-lutétienne, vers -37 à -45 Ma (Puga *et al.*, 2002; Chalouan et Michard, 2004; Durand-Delga, 2006). Vient ensuite la subduction de l'Afrique vers le Nord aussi appelée subduction maghrébine lors des phases sardo-baléares et maghrébo-sicilienne. De ces doubles subductions vers le sud et vers le nord résulte la chaîne ALKaPeCam à double déversement.

Le phénomène d'avant-fosse généralisé sur le pourtour méditerranéen au Miocène (-14 Ma, Broquet *et al.*, 1966) n'est pas, semble-t-il, signalé dans la mer ionienne à l'E de la

Sicile minorant peut-être les effets de la subduction miocène dans ce secteur.

Les failles reghmatiques.

Il s'agit de failles de socle à jeu normal ou décrochant très important. On peut citer la faille transméditerranéenne (transformante?) sensiblement E-W qui doit marquer la limite entre la plaque Ibérique et la plaque Afrique. Sa position est difficile à situer avec précision. Cet accident avait été placé (Bouillin *et al.*, 1987) au Nord du Cap Bougaroun (Petite Kabylie) et au Sud de l'Andalousie (Espagne) selon une direction sensiblement W-E. Au N de la Sicile il s'agit de la faille Ustica-Eoliennes qui doit se prolonger jusqu'en Turquie où elle est toujours active, Syrie etc... Elle concerne, entre autres, les péridotites sous-continetales de Beni Bousera (Rif interne) et Ronda (Bétique interne) qui constituent le substratum des zones internes rifaine et bétique. Cette faille joue en décrochement senestre (Bouillin *et al.*, 1987) du Jurassique supérieur au Crétacé inférieur (Rosenbaum *et al.*, 2002). On connaît son importance en Sicile où elle joue en décrochement dextre lors de la phase tyrrhénienne (ligne Ustica - Eoliennes, Broquet 2021).

Il faut citer également en Tunisie orientale la faille N-S dont on peut rappeler la définition due à Burolet (1956) :

« Cassure de socle instable depuis le Jurassique et évoluant en grandes failles aux dernières phases de plissement. Cette instabilité permanente se traduit par de fortes réductions d'épaisseurs, des soulèvements fréquents, de nombreuses discordances. Au rôle paléogéographique s'est ajouté un effet butoir contre lequel se sont heurtés les plis atlasiques d'axe SW-NE ».

L'arc siculo-calabrais.

La notion d'arc est fondamentale pour la compréhension de la géologie de la Sicile. Comme de nombreux auteurs l'ont remarqué l'arc siculo-calabrais fait face à un espace océanique (la mer ionienne) relique de la néotéthys. Il est compris entre les deux blocs continentaux que sont la plaque apulo-adriatique bordée par l'escarpement apulien et la plaque Afrique jalonnée par l'escarpement hybléen après rapprochement entre ces deux blocs continentaux. L'arc est en relation depuis le Tortonien supérieur à une extension de direction N 120E interrompue par deux événements compressifs au Pliocène moyen et au Pleistocène (Moussat *et al.*, 1985). Nous l'avons attribué au Pliocène après transfert dextre d'environ 450 km de l'arc maghrébo-calabrais (Broquet, 2021) vers l'est où il se trouve au contact des plateformes africaine et apulienne. Des données nouvelles acquises par sismique réflexion ont précisé la structure de l'arc. Celui-ci est constitué de deux lobes dépendant de failles lithosphériques (faille ionienne NW-SE et faille de l'Etna NNW-SSE en décrochement dextre, Polonia *et al.*, 2016). Une importante question se pose, la plateforme apulienne constitue-t-elle le prolongement de

la plaque Afrique comme de nombreux auteurs en font état (Tugend *et al.*, 2019, Polonia *et al.*, 2016) ce qui justifie d'une séparation entre la méditerranée orientale dénommée Mésogée et la méditerranée occidentale. Si l'on compare la nature géologique des plateformes concernées on s'aperçoit qu'elles présentent de grandes différences dès le Permo-Trias avec 1 000 m de faciès Verrucano en Apulie non reconnu sur la plateforme africaine qui présente des carbonates triasico-liasiques à intercalations volcaniques lesquelles sont intermittentes entre le Trias terminal, le Jurassique moyen, le Crétacé supérieur, le Néogène jusqu'au Pleistocène. De même à propos des séries secondaires qui sont récifales à périrécifales en Apulie principalement au Crétacé avec des bauxites et de possibles analogies avec la plateforme panormide. Il s'agit de deux domaines apulien et africain dont les faciès diffèrent dès le Permo-Trias de telle sorte que l'on ne puisse faire appel à de brusques passages latéraux de faciès pour expliquer leur proche voisinage actuel.

On constate donc que les différences entre les plateformes apulo-adriatique et africaine sont importantes comme l'ont déjà fait remarquer Sartori *et al.*, 1987. On peut ajouter que deux croûtes d'épaisseur normale (Apulie et Afrique) sont séparées par une croûte océanique ancienne, mince, sensiblement E-W dans la zone abyssale ionienne, d'origine néotéthysienne. Les séries apenniniques s'interrompent brutalement au niveau de l'arc siculo-calabrais. L'hiatus qui existe entre les séries apenniniques et les séries siciliennes conforte ce point de vue. Il en est de même à l'ouest où l'hiatus qui sépare les séries du Rif marocain de celles des unités subbétiques et pénibétiques (Ibérie) aboutit à la même conclusion et laisse place à la néotéthys. En fonction de ces données la plateforme apulienne ne peut être considérée comme le promontoire de la plaque africaine.

La notion d'arc fait l'objet de discussions très anciennes qu'il s'agisse de l'arc de Gibraltar ou de celui de Sicile. Durand Delga (2006) a résumé toutes les hypothèses qui concernent le pseudo-arc de Gibraltar qui résulterait essentiellement d'un processus tectonique post-burdigalien sans rejeter une origine possible paléogéographique pré-miocène. Ceci nous paraît cohérent quant à l'origine paléogéographique plus ancienne. Elle pourrait correspondre à un arc jurassique éphémère concernant les séries affines aux zones siciliennes externes à la suite de l'ouverture au Trias supérieur de la néotéthys; de même en Sicile, un arc paléogéographique éphémère a pu exister au Crétacé supérieur lors de la jonction entre l'océan ligure et la néotéthys (Broquet, 2007, 2016) mais dès l'Oligocène se met en place un arc tectonique qui va s'affirmer lors de la phase tyrrhénienne.

Bref pour certains les arcs sont paléogéographiques (Lentini, 2006, Tugend *et al.*, 2019, Polonia *et al.*, 2016) pour d'autres (Broquet, Durand Delga) ils sont essentiellement d'origine tectonique. Ceci explique les grandes divergences d'interprétation.

Le microcontinent maghrébin.

Si l'on admet que les séries apuliennes et africaines sont différentes et séparées par un espace océanique; que les arcs (Gibraltar et Sicile) sont d'origine tectonique récente (Miocène à Pliocène); qu'il n'y a pas de continuité entre les séries rifaines et subbétiques à l'ouest de même qu'entre les séries siciliennes et apenniniques à l'est on peut déduire la présence d'un océan néotéthysien sensiblement W-E de l'Atlantique central au bassin d'Hérodote et au-delà. Cette conception impose l'existence d'un microcontinent maghrébin (AlKaPeCam) au nord de l'Afrique à partir du Trias supérieur - Jurassique inférieur, entre l'océan sud-maghrébin (zone des flyschs maghrébins) et la néotéthys. Il apparaît comme un domaine intermédiaire entre le bloc d'Alboran (Ibérie - Europe) et l'Afrique qu'il devait réunir et dont il se serait séparé à partir du Trias supérieur. Sa marge nord évoluant à partir de la phase bétique en marge active coulissante. L'existence de ce continent maghrébin a déjà été envisagé par Duée (1978) qui proposait de placer l'ensemble péloritain entre « deux marges encadrant et s'appuyant sur un domaine de nature continentale structuré lors de l'orogénèse hercynienne... La marge nord-péloritaine deviendrait active pendant le Crétacé supérieur (série d'Ali) à la suite d'un mécanisme qui pourrait être une subduction se traduisant par des cisaillements crustaux à vergence NNE ». Duée (1969) avait reconnu la phase bétique à vergence N au Capo Calava et à Gioiosa Vecchia (monts Péloritains). Cette excellente hypothèse s'accorde parfaitement avec la présence de la néotéthys matérialisée par les zones de Sclafani - Lagonegro et Ali dont il ne reste que très peu de témoins. La nouveauté consiste à mettre en position nord-péloritaine et non sud-péloritaine, les séries de Sclafani et du Panormide en les assimilant aux séries d'Ali et de Stilo (Broquet, 2007, 2016).

La présence de la plateforme panormide transgressive dès le Jurassique supérieur sur le continent maghrébin (série de Stilo) impose une fermeture progressive de l'espace océanique dans ce secteur en relation avec l'amorce de la phase bétique dès le Jurassique supérieur, au niveau de la marge active en subduction vers le S. Sur le socle péloritano-calabrais on distingue une première transgression jurassique du Panormide reposant sur un paléosol non daté (série de Stilo, Bonardi *et al.*, 2004) mais qui peut correspondre au paléokarst jurassique supérieur des Madonies (Broquet, 1968) où à la Contrada Aculeia, le Turonien est transgressif sur un Jurassique supérieur karstifié. On note également une transgression du Crétacé inférieur à Rudistes suivie d'une transgression oligocène en Calabre méridionale (série de Stilo). En bref le microcontinent kabylo-peloritano-calabrais a été émergé pendant de longues périodes correspondant à la fermeture de l'espace océanique ionien (néotéthys) pendant la phase bétique qui se marque dès le Jurassique supérieur jusqu'à l'Oligocène par de brèves incursions marines. Pendant

cette période les plateformes panormide et lucanienne ont pu communiquer établissant un pont entre le Sahel africain affecté de failles N-S, au niveau de l'est tunisien, le microcontinent maghrébin et les plateformes précitées. C'est par ce pont que pourraient avoir transité entre le Jurassique supérieur et le Crétacé supérieur les dinosaures gondwaniens dont des traces ont été découvertes sur la plateforme apulienne (Bosellini, 2002).

En résumé, le microcontinent maghrébin structuré lors de l'orogénèse hercynienne apparaît bordé par deux branches de la néotéthys, une branche sud limitée vers l'est au niveau de l'axe N-S tunisien et une branche nord continue entre l'Atlantique central et le bassin d'Hérodote. Ce microcontinent subissant entre le Crétacé-Eocène et l'Aquitainien deux subductions en sens opposés, d'abord vers le S puis vers le N conduisant à une chaîne maghrébine à double déversement. Ceci modifie considérablement l'ancienne reconstitution paléogéographique cylindrique avec un domaine interne d'origine hercynienne continu du Maghreb jusqu'en Calabre septentrionale, ourlé d'une chaîne calcaire bordière mésozoïque, avec un océan alpino-apenninique paléotéthysien (zone des flyschs eugéosynclinal; Liguride et Sicilide), une ride panormide miogéantyclinale, un sillon externe miogéosynclinal - zone de Sclafani puis une plateforme externe africaine. Cette reconstitution inspirée de la théorie des géosynclinaux a été proposée par Ogniben (1960-1969). Elle impose un arc siculo-calabrais paléogéographique. Ce schéma se trouve encore utilisé par la plupart des auteurs travaillant en Sicile en s'opposant aux travaux de l'équipe française qui reconnaissait dès 1963 un flysch interne ligurien et un flysch externe par rapport à la ride péloritaine, mais également une non continuité du flysch externe avec contact direct des séries ligures internes reposant sur le Panormide (Broquet, 1968), avec en conséquence un microcontinent maghrébin (Duée, 1978) pour aboutir à l'évolution structurale récente de la Sicile (Broquet *et al.*, 1984). etc...

C'est la connaissance de la très complexe géologie sicilienne qui doit orienter les choix paléogéographiques futurs concernant la Méditerranée occidentale.

CONCLUSION

Les données acquises sur le terrain en Méditerranée occidentale (Ibérie - Maghreb - Sicile) essentiellement au siècle dernier permettent de confirmer l'existence de l'océan néotéthysien de l'Atlantique central jusqu'au bassin d'Hérodote et au-delà; peut-être faut-il dire de la branche la plus méridionale de cet océan qui pourrait avoir d'autres dépendances. Cet espace océanique sensiblement E-W, sub-perpendiculaire à l'Atlantique fut successivement et à plusieurs reprises en distension puis en compression avec subductions et décrochements importants comme le révèle la très complexe reconstitution tectonique entre le Trias

supérieur et l'époque actuelle. Cet article confirme l'origine néotéthysienne des séries siciliennes (Madonies et Sicani) en proposant une liaison sensiblement E-W entre l'Atlantique central et le bassin d'Hérodote (Méditerranée orientale).

Après avoir avorté au Permien, l'ouverture néotéthysienne se produirait au Trias supérieur en s'affirmant au Jurassique inférieur (Carixien, -190,8 à -186 Ma) par l'individualisation de toutes les zones de faciès connues en Sicile. Ces résultats sont en bon accord avec les données océanographiques récentes obtenues lors de recherches pétrolières en Méditerranée orientale.

Les points déterminants sont :

- ✧ l'existence de faciès différents entre les plateformes apulienne et africaine depuis le Permo-Trias lesquelles sont séparées par un espace océanique à croûte amincie : la néothétys;
- ✧ l'origine tectonique récente et non paléogéographique des arcs de Gibraltar et de Sicile - Calabre.

Remerciements : J'adresse mes remerciements à Joris Mavel pour le traitement informatique des figures.

BIBLIOGRAPHIE

- BONARDI G., CAGGIANELLI A., CRITELLI S., MESSINA A. & PERONE V. (2004). — Geotraverse Across the Calabria-Peloritani Terrane (Southern Italy), 32e *International Geological congress : Florence*. Field-trip guide-book post-congress 66, 60 p.
- BOSELLINI A. (2002). - Dinosaurs « re-write » the geodynamics of the eastern Mediterranean and the paleogeography of the Apulia Platform. *Earth-Science Reviews*, 59 (1-4): 211-234.
- BOUILLIN J.-P., BROQUET P. & TUBIA J.M. (1987). — La thermoluminescence des quartz en nodules des migmatites associées à la mise en place des péridotites d'Andalousie (Espagne) et de Petite Kabylie (Algérie): un marqueur du déplacement du bloc d'Alboran. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 305, Série II : 287-291.
- BROQUET P. (1968). — *Etude géologique de la région des Madonies (Sicile)*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de Lille, 797 p., enregistrée au Centre National de la Recherche Scientifique sous le n° AO 3037. Editée avec le concours du C.N.R.S. par Industrie Riunite Editoriale Siciliane. Palermo 1971, 1-333 et *Geologica Romana*, 1972, **XI** : 1-114.
- BROQUET P. (1980). — Les schistes bitumineux. Quelques gisements types. Leur exploitabilité. 26e Congrès Géologique International. Section XIV : 19-46, Ed. Technip. Paris.
- BROQUET P. (2007). — Reconstitution palinspastique et évolution paléogéographique de la Méditerranée occidentale entre Sicile et Sardaigne, au Jurassique supérieur et à l'Aquitainien. *In* : Second International Conference on the Geology of the Tethys (Cairo University), **1**: 35-38.

- BROQUET P. (2016). — Sicily in its Mediterranean geological frame. *Boletín Geológico y Minero*, 127 (2/3) : 547-562.
- BROQUET P. (2021). — Les singularités géologiques de la Sicile. *Ann. Soc. Géol. Nord*, T.28 (2e série) : 25-38, décembre 2021.
- BROQUET P., CAIRE A., & MASCLE G. (1966). — Structure et évolution de la Sicile occidentale (Madonies et Sicani). *Bulletin de la Société Géologique de France*, (7) 8 : 994-1013.
- BROQUET P., DUEE G., MASCLE G. & TRUILLET R. (1984). — Evolution structurale alpine récente de la Sicile et sa signification géodynamique. *Revue de Géologie Dynamique et Géographie Physique*, 25 (2) : 75-85.
- BUROLLET P.F., (1956) — Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie centrale. (Thèse) *Ann. Mines et Géol.*, Tunis n° 18, 350 p.
- CANEROT J., (2016). — The Iberian Plate: myth or reality?. *Boletín Geológico y Minero*, 127 (2/3) : 563-574.
- CHALOUAN A. & MICHARD A., (2004). - The Alpine Rift Belt (Morocco): a case of mountain building in a subduction - transform fault triple junction. *Pure appl. Geophys.*, 161 : 489-519, Basel.
- DEWEY J.F., PITMAN W.C., RYAN W.B.F. & BONNIN J. (1973). — Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. *Geological Society of America Bulletin*, v. 84 : 3137-3180.
- DUCROS M. & NADER F. (2020). — Map based uncertainly analysis for exploration using basin modeling and machine learning technics applied to the Levant basin petroleum systems. Eastern Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology*, V. 120, 104560.
- DUEE G. (1969). — *Etude géologique des Monts Nebrodi*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de Paris VI, 369 p.
- DUEE G. (1978). — Nouvelle interprétation de l'évolution mésozoïque - éocène du domaine péloritain (Sicile). *Article, Sommaires, Analyses, Correspondances, I.S.S.N.*, 5-16, Paris.
- DURAND DELGA M. (2006). — Geological adventures and misadventures of the Gibraltar arc, *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 157/4 : 687-716. Stuttgart.
- FABIANI R. (1926). — Scoperta di un apparato eruttivo del Giurese medio in Sicilia. *Boll. Ass. min. sic.* 2 (9) : 52-61.
- GRANOT R. (2016). — Paleozoic oceanic crust preserved beneath the eastern Mediterranean. *Nature Geoscience*, 9 (9) : 701-705.
- LABAILS C., OLIVET J.L., ASLANIAN D. & ROEST W.R. (2010). — An alternative early opening scenario for the Central Atlantic Ocean. *Earth and Planetary Science Letters*, 297 (3-4) : 355-368.
- LENTINI F., CARBONE S., GUARNIERI P. (2006) . — Collisional and post collisional tectonics of the Apenninic - Maghrebien orogen (southern Italy). *Geological Society of America*, Special Paper 409 : 57-81.
- MASCLE G. (1973). — *Etude géologique des monts Sicani, Sicile*. Thèse de doctorat ès-Sciences, Paris VI : 691 p. [Edited by *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, XVI : 1-431 (1979).
- MASCLE G & MASCLE J. (2019). — The Messinian salinity legacy: 50 years later. *Mediterranean Geoscience Reviews, Springer Nature Switzerland AG 2019*. 11 p.
- MOUSSAT E., REHAULT J.-P., FABBRI A. & MASCLE G. (1985). — Evolution géologique de la Mer Tyrrhénienne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 301, série II, 7 : 491-496.
- OGNIBEN L. (1960). — Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale. *Rivista Mineraria Siciliana, Palermo*, II: 64-65 : 183-212.
- OGNIBEN L. (1969). — Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, V. 8 : 453-763.
- PAQUET J. (1969). — Etude géologique de l'ouest de la province de Murcie (Espagne). *Mémoires de la Société Géologique de France*, n° 111, 270 p.
- POLONIA A., TORELLI L., ARTONI A., CARLINI M., FACCENNA C. & FERRANTI L. (2016). _ The Ionian and Alfeo - Etna fault zones: new segments of an evolving plate boundary in the central Mediterranean Sea? *Tectonophysics*, 675 : 69-90.
- PUGA E. (1977). — Sur l'existence dans le complexe de la Sierra Nevada (Cordillère bétique, Espagne du Sud) d'écoligites et sur leur origine probable à partir d'une croûte océanique mésozoïque. *Comptes Rendus Académie des Sciences, Paris*, série D, 285 : 1379-1382.
- PUGA E. (1990). — The betic ophiolitic association (Southeastern Spain). *Ophioliti*, 15 : 97-117. Firenze.
- PUGA E., DIAZ DE FEDERICO A. & NIETO J.M. (2002). — Tectono-stratigraphic subdivision and petrological characterisation of the deepest complexes of the Betic zone : a review. *Geodin. Acta*, 15 : 23-43. Paris
- ROSENBAUM G., LISTER G.S. & DUBOZ C. (2002). — Relative motions of Africa, Iberia and Europe during Alpine orogeny. *Tectonophysics*, 359 : 117-129.
- SANZ DE GALDANE C., (1997). — La zona interna betico-rifena, 316 p., Granada (Publ. Universidad).
- SARTORI R., MASCLE G. & AMAUDRIC DU CHAFFAUT (1987). — A Review of circum-tyrrhenian regional geology. *Proceedings, Initial Reports (Part A), of the Ocean Drilling Program*, Vol. 107 : 37-63. Reprinted from Kastens, K.A., Mascle J., Auroux C., et al., 1987.
- SOMMA R., MARTIN-ROJAS I. & PERRONE V. (2013). — The stratigraphic record of the Ali-Montagnareale unit (Peloritani Mountains, NE Sicily). *Rendiconti on line Società Geologica Italiana*, vol. 25 : 106-115.
- TRUILLET R. (1968). — *Etude géologique des Péloritains orientaux (Sicile)*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de Paris : 1-547 [Edited by *Rivista Mineraria Siciliana*, 1969-1970 : 1-157.]
- TUGEND J., CHAMOT-ROOKE N., ARSENIKOS S., BLANPIED C. & FRIZON DE LAMOTTE D. (2019). — Geology of the Ionian Basin and margins: A key to the East Mediterranean geodynamics. *Tectonics*, 38 :2668-2702.

LE CADRE DE VIE EST UN BIEN COMMUN

Avec le CAUE du Nord, participez ensemble
à construire vos lieux de vie.

Je suis
membre d'une
association,
je développe des initiatives
grâce aux ressources
locales.

Je suis
technicienne,
je découvre des
expériences ancrées
dans leur contexte.

Je suis
enseignante,
je développe une
pédagogie active en
relation avec le
territoire.

Je suis
habitant,
je conçois un projet
d'habitat qui s'intègre
dans mon cadre de
vie.

Je suis
élu,
je réussis un projet
adapté à mon
territoire.

Je suis
enfant,
je comprends
l'évolution de mon
environnement.

Je suis
professionnel,
j'exerce mon activité en
connaissance des
enjeux locaux.



ACCOMPAGNER LES PROJETS
CONTRIBUER AU DÉBAT PUBLIC
DIFFUSER LES EXPÉRIENCES
FACILITER LES COOPÉRATIONS

POUR UNE ÉCOLE PERMANENTE DU CADRE DE VIE