

TRAVAUX DU COMITÉ FRANÇAIS D'HISTOIRE DE LA GÉOLOGIE (CORFRHIGÉO)

TROISIÈME SÉRIE, t. XXIX, 2015, n° 2
(séance du 11 mars 2015)

Alain COUTELLE

*Peut-on appliquer les concepts de la tectonique des plaques
aux chaînes de la Méditerranée occidentale ?*

Résumé. Intégrer les chaînes alpines de la Méditerranée occidentale dans un cadre géodynamique cohérent avec celui de leurs sœurs européennes a posé des difficultés particulières dues à leur manque de continuité. Finalement, au cours de la décennie 1960-1970, le développement des travaux à terre et l'amélioration de la communication entre les géologues des pays riverains a amené une vision à peu près cohérente de ces chaînes. En témoigne le fort volume publié par l'UNESCO sur la tectonique de l'Afrique. Dans ce contexte, les bassins marins de la Méditerranée sont considérés comme postérieurs aux phases tectoniques qui ont bâti l'édifice alpin. Le développement des recherches marines dans la foulée de l'expansion de la théorie de la tectonique des plaques amène d'autres spécialistes que les géologues de terrain à se pencher sur l'origine de ces chaînes. On voit donc apparaître, à la fin de la décennie, des interprétations de type plaquiste directement inspirées du fonctionnement des arcs insulaires de l'ouest Pacifique. Selon ces modèles, les chaînes alpines sont d'anciens arcs insulaires bordés par d'anciens prismes d'accrétion, et les bassins marins d'anciens bassins arrière-arc. De ce fait, la formation des dits bassins devient contemporaine de, et intrinsèquement liée à la tectonisation des chaînes. Cette vision a, dans un premier temps, suscité le scepticisme des géologues alpins traditionnels. Avec le temps, cependant, le paradigme plaquiste semble s'être imposé. À tort ou à raison ? C'est ce que l'on cherchera à élucider en examinant les arguments quant à la nature exacte des bassins, leur âge et leurs relations géométriques avec les chaînes alpines. On s'intéressera également au volcanisme néogène, à la structure des chaînes alpines et à leur paléogéographie. Actuellement, la discussion semble close. On verra que ce n'est pas seulement pour des raisons scientifiques.

Mots clés : Méditerranée occidentale – chaîne alpine – tectonique des plaques – arc insulaire – bassin arrière-arc.

Abstract. Resulting from plate collision, the Alpine chain is predominantly continental. The case of the western extremity of the chain is peculiar because of the presence of large marine basins located at many places of the chain. Initially authors explained these originality as a consequence of large post-tectonic collapses that also accounted for the development of volcanism on land as well as on sea. In the early 70s, the western Mediterranean ranges was compared with island arc and marginal basin complexes in the West Pacific. In this model, the Mediterranean basins represent back-arc basins, *the internal units of the alpine chain that support the volcanic arc, at the upper plate, flyschs and external units at the accretionary prism*. Lastly, the African

autochthonous formations represent the lower plate. In spite of some initial objections proposed by Alpine field geologist, this updated model seems largely admitted. In this paper we re-examine the case, which appears not to be actually settled.

Key words: Western Mediterranean – alpine chain – plate tectonics – island arc – back-arc basin.

Résultant de l'affrontement de l'Eurasie et des blocs continentaux qui la bordent au Sud, la Chaîne des Alpes est essentiellement continentale. Les exceptions se trouvent : - à l'E, où elle est bordée par l'océan Indien, - en son centre, dans le court intervalle entre le continent indien et le bloc arabe, enfin - à sa terminaison ouest, en Méditerranée occidentale. Le premier à s'étonner de ce dernier état fut Pierre Termier (1911) qui constata que, à l'opposé des autres éléments de la chaîne, le segment entre Provence et Baléares s'enfonce au lieu de monter pendant qu'autour de ces effondrements, « *des volcans s'allument et des laves jaillissent* ».

La carte de la Fig.1 illustre bien le morcellement de la chaîne. Cette originalité a fait que, pendant longtemps, ces éléments séparés de la chaîne mère n'ont pas été reconnus comme faisant partie de l'ensemble alpin. Par exemple, l'omniprésence des nappes, caractéristique notoire de l'édifice alpin, ne sera admise en Algérie qu'à la reprise des travaux de terrain à la fin de la guerre d'Algérie (1962). Le cas de l'Andalousie et de la Sicile est comparable, puisqu'à la même date, la première édition de la carte tectonique de l'Europe publiée par l'UNESCO ne représente les nappes que d'une façon assez incomplète.

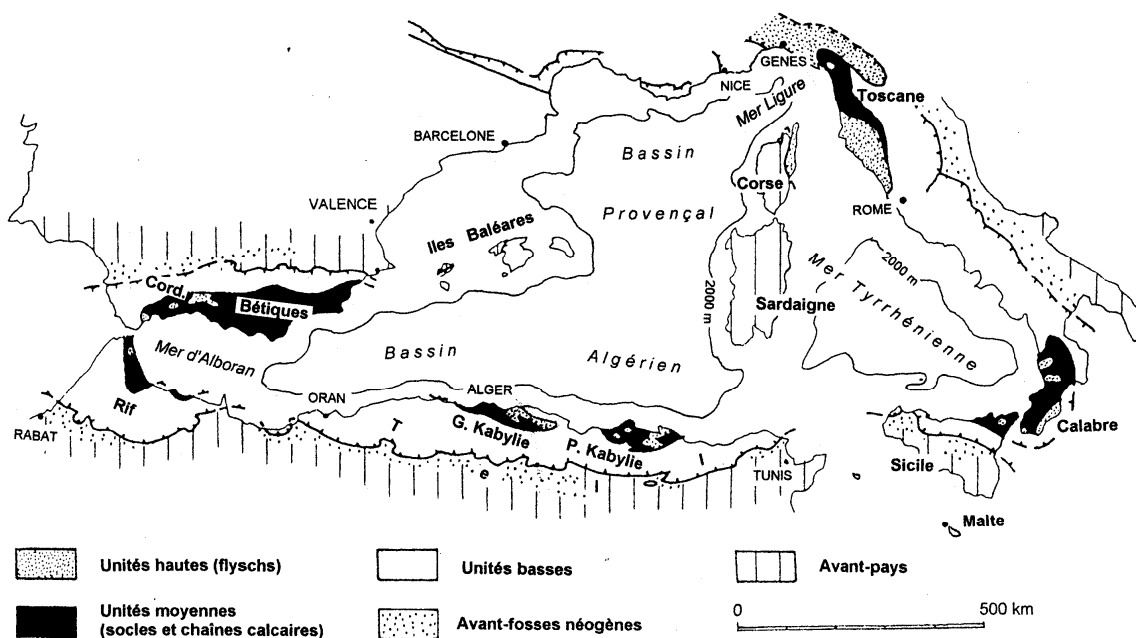


Fig. 1. Carte structurale schématique des rives de la Méditerranée occidentale.

Une autre caractéristique de la chaîne alpine est la présence de nappes de flyschs. Ces dépôts typiques des « *géosynclinaux* » se retrouvent en effet au coeur du dispositif alpin et témoignent de la présence d'un vaste sillon marin entre les bordures continentales de l'Europe et de l'Afrique. En Algérie, c'est Louis Glangeaud (1925) qui le premier détecta la présence de cette formation qu'il vit franchement allochtone au pied sud des massifs anciens littoraux. Devant la pluie des critiques, Glangeaud s'employa à minimiser l'importance de sa découverte tant en ce qui concerne la présence du flysch que de l'importance des chevauchements. Ce furent ses élèves, André Caire, Maurice Mattauer et Jean Polvêche qui, à partir de 1951, démontrèrent définitivement que la structure du Tell est bien celle d'un empilement de nappes. On trouvera dans la thèse de Caire (1957) et dans une publication plus récente (Coutelle 2005) des exposés plus détaillés sur ces controverses. À noter qu'au Maroc comme en Tunisie, la présence de nappes a été admise très tôt, ce qui contribuait à rendre délicate la position des géologues algériens d'avant l'indépendance.

En Sicile, ce furent les élèves d'André Caire qui y démontrèrent l'existence des nappes. Après des réticences initiales, la synthèse se fit, marquée par la parution en 1987 d'un mémoire de la Société géologique d'Italie qui intégra la chaîne sicilienne dans les chaînes maghrébides. En Andalousie, la faible activité des géologues espagnols attira nombre d'étrangers (néerlandais, allemands, français) et l'on peut considérer qu'une réunion de la Société géologique de France dans l'arc de Gibraltar (Didon, Durand Delga, Kornprobst, 1973) donna un aperçu significatif de ces recherches dont la cohérence dut beaucoup à l'action de Michel Durand Delga. Malgré cela, il ne semble pas que ces travaux aient complètement fait école et nombre d'auteurs ultérieurs oublient ou déforment ces travaux pionniers.

Ainsi donc, entre 1950 et 1970, la géologie des divers chaînons de la Méditerranée occidentale s'intégra petit à petit dans la géologie alpine européenne. Reste une question non résolue, qui est la place relative des deux unités internes communes à l'ensemble des chaînons, c'est-à-dire les nappes qui comprennent des socles et leurs couvertures carbonatées et les nappes de flyschs (à noter que contrairement à ce qui prévaut dans les Alpes occidentales, ces flyschs ne sont que très rarement associés à un socle océanique). Pour certains (Durand Delga et ses élèves, essentiellement), les unités à socle et chaînes calcaires sont à rattacher à l'Europe, pour d'autres ces unités sont à rattacher à l'Afrique et/ou à l'Apulie. Une synthèse des désaccords a été publiée par Alain Coutelle, Jean Delteil et Jean-Pierre Bouillin (1989), sans suite jusqu'à présent. Ce désaccord paléogéographique se double d'un désaccord sur la structure des massifs kabyles, complètement allochtones pour certains, largement chevauchants, mais enracinés pour d'autres. Par ailleurs, pour tous ces auteurs, le magmatisme disséminé dans tous les chaînons et aussi en mer, est évidemment postérieur aux charriages majeurs.

C'est dans un contexte de controverses alpines assez ordinaires que se sont insérées les interprétations plaquistes. Régionalement, la première publication précise qui interpréta des faits de

terrain dans le contexte de la théorie de la tectonique des plaques fut due à Forese Carlo Wezel (1970). En tenant compte du caractère calco-alcalin du matériel éruptif remanié dans le flysch de Reitano (Sicile) cet auteur localisa la zone de dépôt de ce flysch dans une fosse de subduction développée au front sud d'un microcontinent (actuellement représenté par le massif ancien péloritain). Cette subduction amène la résorption progressive d'un fond océanique situé entre le micro-continent et la plaque continentale africaine. Wezel identifia cet océan avec la Téthys. Sans trop s'en rendre compte, Wezel vint de trancher dans le débat concernant la position du sillon des flyschs des chaînes maghrébines car, dans ce modèle, les unités de type péloritain, kabyle, rifain, ne peuvent se situer qu'au N de l'océan et donc du côté européen du dispositif.

Forese Carlo Wezel ne proposa pas de schéma géodynamique précis applicable à l'arc calabro-sicilien. C'est à Mario Boccaletti et G. Guazzone (1972) que revint ce mérite. Pour eux, la Mer Tyrrhénienne est un bassin marginal ouvert à l'arrière d'un arc magmatique au front duquel s'est constitué la chaîne alpine calabro-sicilienne au-dessus d'un plan de subduction encore actif au niveau de la Mer Ionienne. Parallèlement, mais avec un léger retard de publication, Jean-Marie Auzende, Jean Bonnin et Jean-Louis Olivet (1973) ont défendu un modèle comparable appliqué à la chaîne alpine d'Afrique du Nord. Pour ces auteurs, la formation du Bassin algérien et de la mer d'Alboran, résulte de l'autonomisation et de la dérive méridionale de la bordure continentale européenne, sous l'action d'une subduction marginale à vergence nord. Les massifs anciens rifain et kabyles sont les restes actuels de cette lanière continentale. La résorption concomitante du plancher océanique téthysien, qui séparait l'Europe de l'Afrique, a entraîné l'expulsion vers le S, de l'ancien prisme d'accrétion, lequel constitue, maintenant, une partie des nappes alpines. La présence du volcanisme calco-alcalin d'Afrique du Nord, atteste l'existence de la subduction.

Discussion

Naturellement, les géologues alpins ne pouvaient rester sans réaction devant ces interprétations si hors de leur champ habituel. Un bon résumé des principales objections fut proposé par Jean Delteil, Bertrand Fenet, Pierre Guardia *et al.* (1975) lors d'une réunion de la Commission internationale d'étude scientifique de la Méditerranée à Monaco. Mais, dans l'ensemble, les réactions furent modérées. On y reviendra. En effet, ces hypothèses, parce qu'elles faisaient rentrer le milieu compliqué des géologues alpins dans le monde simplificateur de la tectonique des plaques, a semblé une bonne chose à beaucoup. Il faut convenir que leurs auteurs de ce nouveau modèle ont bien défendu leurs idées dans des ouvrages de bonne diffusion (Alvarez, Cocozza, Wezel 1974, Boccaletti, Guazzone 1974, Boccaletti, Manetti 1978).

Il serait fastidieux et assez inutile de dresser la liste des continuateurs. On se bornera à quelques exemples typiques de cette époque à nos jours. C'est le cas, par exemple, de Jean-Pierre Réhault, Gilbert Boillot et Alain Mauffret (1985) qui proposèrent une vision simplifiée (trop) de la formation conjointe du Bassin provençal et du Bassin algérien. Plus près de nous, Marc-André

Gutscher, Jacques Malod, Jean-Pierre Réhault, *et al.* (2002) suivirent le même schéma en le compliquant d'une subduction latérale sous-alborane dont le retrait explique l'avancée vers l'W du matériel allochtone bético-rifain. Cela suppose une persistance, assez étonnante, de la Téthys entre Espagne et Maroc, de - 35 Ma à nos jours. Une proposition voisine fut développée par Dominique Frizon de Lamotte, Pascale Leturmy, Yves Missenard *et al.* (2009) qui expliquèrent par la même dynamique la formation de l'arc calabo-sicilien. Citons, pour finir, Michèle Lustrino, Svend Duggen et Claudio Rosenberg (2011) qui virent bien s'ouvrir ensemble le Bassin liguro-provençal et le Bassin algérien à l'arrière des massifs kabyles et du Bloc corso-sarde, mais ne surent pas trop positionner le bloc d'Alboran coincé entre Rif et Andalousie.

La Fig. 2 donne une vision synthétique des interprétations plaquistes de la géologie de la Méditerranée occidentale. Il met en évidence un certain nombre de caractères implicites, qui n'ont pas toujours été perçus par les auteurs.

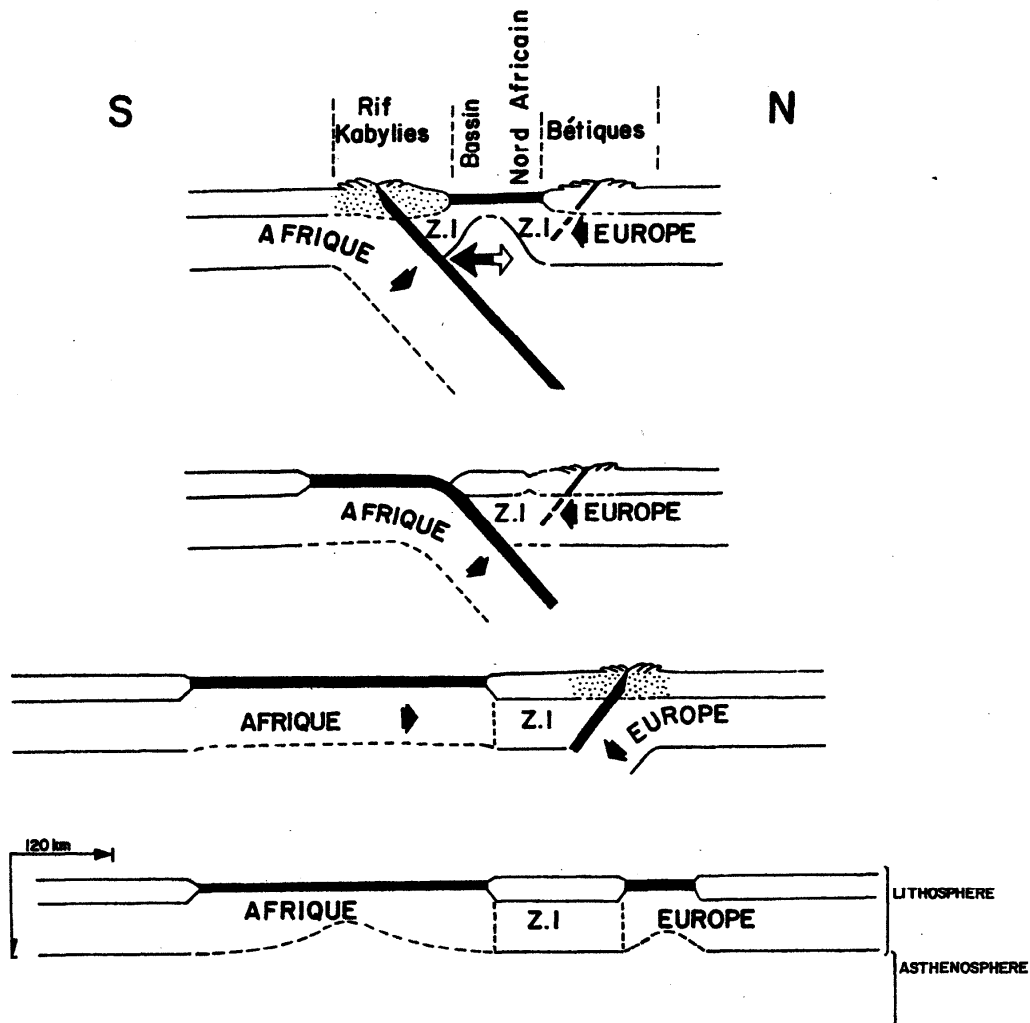


Fig. 2. Tectogenèse alpine des bords de la mer d'Alboran selon J. M. Auzende (1978). De bas en haut : situation à l'Eocène inférieur à moyen, au Lutétien, à l'Oligocène, au Miocène inférieur à moyen.

1 - Il suppose que l'ouverture du bassin arrière-arc, le magmatisme d'arc et les charriages alpins sont synchrones et étalés dans le temps. L'âge des bassins marins n'est pas une question simple. Certes, une première tentative de généralisation, proposée par Xavier Le Pichon, Guy Pautot, Jean-Marie Auzende et Jean-Louis Olivet (1971) a bien proposé un âge oligocène à Miocène inférieur pour le début du remplissage sédimentaire des bassins, mais depuis, la datation, autour de 20 Ma de la rotation du Bloc corso-sarde et la démonstration de l'âge tortonien des derniers chevauchements kabyles (Courme-Rault, Coutelle 1982), en bordure immédiate de la mer, rendent impossibles ces âges anciens. Dans sa configuration actuelle, le Bassin algérien date du Tortonien « supérieur ». Sa formation n'est pas synchrone de la construction de la chaîne tellienne qui, rappelons-le, connut sa crise majeure au Burdigalien suivie de répliques, plus ou moins importantes selon les lieux, au Langhien et au Tortonien « moyen », vers - 9 Ma (Coutelle, 1984). Des considérations analogues peuvent être faites pour l'ensemble bético-rifain, s'étendant aux Baléares, où les phases majeures furent miocènes (Bourgeois 1978). Cela contraint l'âge de la mer d'Alboran qui, comme le Bassin algérien, ne put exister qu'à partir du Tortonien « moyen », quand les phases de tectonique chevauchante de leurs bordures immédiates furent terminées, au N, au S et à l'W.

Il faut rappeler que l'édifice tellien ne consiste pas en un empilement, sous un coin lithosphérique, d'une pile d'écailles proximales. De la Tunisie au Maroc, il s'agit d'un édifice complexe de nappes pelliculaires dont certains éléments (les flyschs, les socles) ont une flèche de déplacement de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres.

Comment imaginer que de tels déplacements, déca- à hecto-kilométriques, s'annuleraient à quelques encablures des côtes sur le seul argument de l'épaisseur des dépôts (cf. Le Pichon, Pautot, Auzende 1971) ? Il n'y a pas synchronisme entre l'âge de la tectonique alpine et l'âge des bassins marins, mais succession dans le temps. C'est ce qu'a expliqué en ces temps, Jean Aubouin (1973), mais il n'a pas eu de succès.

Les pseudo-continuités observées dans les forages marins du DSDP ne sont pas un argument. En effet, sous les séries du remplissage post-tectonique, les foreurs ont régulièrement rencontré des niveaux plus anciens semblant compléter par le bas le remplissage. Ils n'ont pas pris garde au fait qu'ils pouvaient avoir atteint des séries allochtones ou autochtones plus anciennes que le remplissage et dont les couches les plus récentes pouvaient être un peu plus anciennes ou presque contemporaines de la base du remplissage, assurant ainsi une pseudo-continuité.

Rappelons, *in fine*, et à propos de la nature « océanique » des bassins, qu'en aucun lieu il n'a été repéré des anomalies magnétiques de type Vine et Mathews (cf. IPAG-IMPG, 1977) parallèles aux

lignes d'accrétion inférées par les modèles. À ce jour aucune explication simple n'a pu être fournie à ce fait.

2 - L'existence de l'arc volcanique calco-alcalin posé sur les zones internes des chaînes alpines est un élément clé de la démonstration (Fig. 2). C'est le point le plus faible. Ce magmatisme est indépendant des nappes. Il affecte toutes les unités alpines, de l'autochtone jusqu'aux unités de flyschs les plus hautes. Dès cette époque, on pouvait se convaincre que la source de ce magmatisme se logeait dans le socle africain et non pas dans un impossible coin mantellique sous-kabyle.

Par ailleurs et contrairement à une opinion courante, il n'y a pas de liaison obligée entre le magmatisme calco-alcalin et une subduction contemporaine. Un tel magmatisme, peut, par exemple, être lié au fonctionnement de failles décrochantes profondes comme l'ont montré, pour l'accident trans-Alboran, Jean Hernandez, François Dominique de Larouzière, Jean Bolze et Pierre Bordet (1987) ou encore, provenir de la reviviscence d'une subduction ancienne, selon un processus retenu par René Maury, Serge Fourcade, Christian Coulon *et al.* (2000), auteurs pour qui, évidemment, le magmatisme littoral tellien est africain et non « européen ».

3 - Les nappes alpines forment-elles un prisme d'accrétion ? Comme dit plus haut, l'empilement allochtone tellien (comme le rifain) n'est pas un paquet d'écaillés de même origine, accumulées successivement et continûment entre l'arc et l'avant pays. C'est un édifice complexe de nappes pelliculaires d'origines diverses, glissées à des moments précis pendant des durées géologiquement brèves séparées par des phases d'érosion, sédimentation et magmatisme. Sur les cartes générales, la limite externe de l'orogène, qu'un lecteur pressé peut prendre comme la sortie d'un plan de Benioff, n'est autre que la limite d'érosion des nappes les plus externes. Actuellement, ce contact est, la plupart du temps horizontal. En remontant vers le N, on rencontre certes, des nappes de plus en plus « internes », mais l'on reste toujours dans un ensemble d'unités pelliculaires, plus ou moins à plat, qu'elles soient à dominante sédimentaire ou de socle. Il n'existe aucun contact plongeant au N pouvant représenter une sortie superficielle d'un plan de subduction.

La géologie de la chaîne alpine maghrébine semble donc mal connue de nombreux auteurs. Pourtant, depuis la fin de la guerre d'Algérie jusque vers les années 1980, ces chaînes ont fait l'objet de très nombreuses études qui se sont traduites par des thèses de terrain (15 pour le Tell) précédées de nombreuses publications dans des revues à bonne diffusion. Par ailleurs, presque en même temps, l'UNESCO a publié ses grandes cartes de synthèses régionales. La première carte tectonique de l'Afrique, en particulier, était accompagnée d'un fort volume tenant lieu de notice avec, en particulier, un long article d'André Caire (1971) sur la tectonique des chaînes alpines de la Méditerranée centrale. Pour cette vaste région, on ne peut plaider l'ignorance des faits de terrain.

4 - Quid de la chaîne bético-rifaine ? Comme le montre la Fig. 2, dans un tel modèle, entre le bassin arrière-arc algérien et les domaines bétiques et baléares, il n'y a place que pour une marge

passive ou une grande faille si l'on suit Jean-Pierre Réhault, Gilbert Boillot et Alain Maufret (1985). C'est évidemment irrecevable. On ne peut gommer ainsi une branche entière d'un orogène. Sous les critiques, certains auteurs ont tenté une réponse à cette difficulté en attribuant la chaîne bético-baléare à une tectogenèse plus ancienne (éocène en l'occurrence, suivant une hypothèse de Paquet, 1974) en faisant appel au même système d'arc et subduction à partir, cette fois-ci de l'Afrique (Boccaletti Manetti, 1978). Une autre réponse, assez proche, a été proposée par Jean-Marie Auzende, également en 1978. La Fig. 3, reproduit la Fig. 37 de la thèse d'Auzende. De bas en haut, est représentée la situation à un stade anté-lutétien, puis au stade lutétien, à un stade anté-miocène et enfin, à un stade miocène inférieur à moyen. Il y est fait appel à une « zone intermédiaire » dont les massifs anciens bétiques, rifains et kabyles sont les reliques actuelles. On y reprend l'hypothèse d'une subduction précoce à plongement sud, lutétienne ici, créatrice des Cordillères bétiques, suivie d'une scission longitudinale de la zone intermédiaire, dont la partie méridionale repart vers l'Afrique à la faveur d'une nouvelle subduction, à plongement nord cette fois-ci. Cette proposition a l'inconvénient d'ajouter une hypothèse à une hypothèse, mais surtout, elle amène à séparer les chaînes bétiques des chaînes maghrébines ; or cela ne doit pas être fait, comme cela a été démontré lors des réunions de la Société géologique de France dans le détroit de Gibraltar (1973). Les homologues géologiques de part et d'autre du détroit montrent bien qu'il s'agit d'un même ensemble tectonique. D'autre part, comme on l'a dit plus haut, même si des déformations éocènes ne peuvent être niées, le paroxysme alpin bétique est bien miocène (Bourgeois 1978).

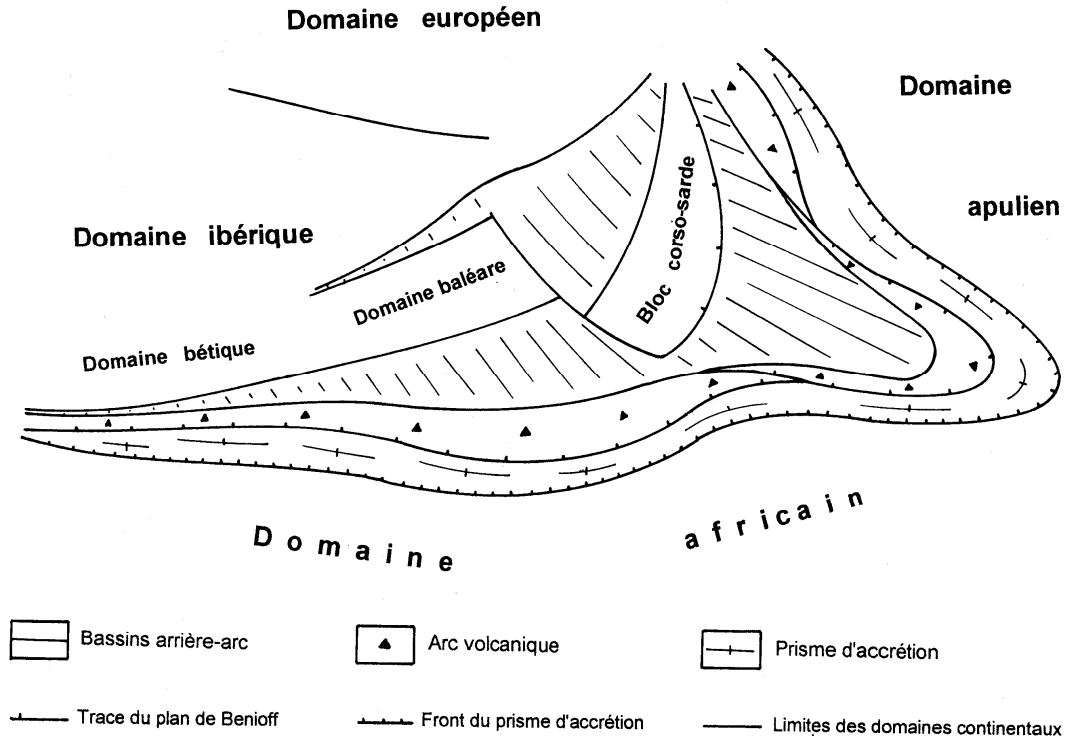


Fig. 3. La formation des chaînes et des bassins de la Méditerranée occidentale selon les modèles inspirés de la tectonique des plaques de l'W de l'Océan pacifique.

Bref, il ne faut donc pas traiter séparément les deux rives du Bassin algérien et de la mer d'Alboran. Mais comment imaginer, alors, que deux chaînes antithétiques d'âge miocène, dont les flèches de chevauchement se comptent en centaines de kilomètres, aient pu se constituer avec, comme arrière-pays commun, un bassin en extension où la sédimentation est tranquille de l'Oligocène à nos jours ?

5 - En restant dans le cadre de la théorie « plaquiste » on constate que les « bassins arrière-arc », ne sont pas systématiquement arrière-arc. En effet, il suffit de d'observer la Fig. 1 pour constater que, si le Bassin provençal, la mer Tyrrhénienne et le Bassin algérien sont à l'arrière de l' « arc » et du « prisme d'accrétion », il n'en va pas de même pour la mer Ligure et la mer d'Alboran. La mer Ligure, recoupe transversalement les unités internes de la chaîne des Alpes jusqu'à atteindre les unités toscanes à vergence est. La mer d'Alboran est franchement décalée vers le S par rapport à l'axe de la chaîne, laissant, au N, les unités les plus internes de la Chaîne bético-rifaine (la Sierra Nevada) et, au S, atteignant l'autochtone africain au niveau de la frontière algéro-marocaine. Comment, dans ce cas précis, faire un bassin arrière-arc, dans l'avant-pays, en avant de l'arc et même du « prisme d'accrétion » ? L'étude bibliographique de la question montre que divers auteurs ne sont pas gênés par ce point : ils figurent en continu un même contact pour le front tellien et le front rifain alors même qu'ils ne se raccordent pas et n'ont pas le même âge (langhien pour le contact oranais, tortonien pour le rifain).

Plus discrète, la situation au niveau du golfe de Bejaia est comparable. En ce point (Fig. 1), le Bassin algérien jouxte les zones externes des Babor, sans interposition de nappes internes (« le prisme d'accrétion ») ni unité à socle kabyle (« l'arc »). On note que, malgré cela, le volcanisme « d'arc » est bien représenté localement dans le Massif d'Oued Amizour.

Bien entendu, le Bassin provençal, qui a servi aux anciens auteurs de base pour dater de l'Oligocène les bassins de la Méditerranée occidentale, doit être exclu du jeu puisqu'il ne peut être que le bassin arrière du Bloc corso-sarde et que son âge d'ouverture ne peut qu'être burdigalien.

6 - Est-on sûr que tous les flyschs maghrébins soient externes (c'est-à-dire déposés du côté africain par rapport aux domaines bétiques, rifains et kabyles) ? Ou, ce qui revient au même, doit-on rattacher ces domaines à l'Europe ou à l'Afrique-Apulie (en paléogéographie, en effet, l'autochtone italien est une province africaine) ? Comme c'est dit plus haut, ce débat est rappelé dans l'article Alain Coutelle, Jean Delteil et Jean-Pierre Bouillin (1989). Le point de départ est l'observation de la présence de nappes de flyschs au-dessus des unités bético-rifo-kabyles dont les faciès se retrouvent dans les Apennins et au-delà jusqu'en Ligurie où ils se rattachent aux flyschs alpins. Compte tenu du sens des déplacements généraux dans la chaîne, ces flyschs seraient donc « internes » par rapport aux domaines bético-rifo-kabyles. Si l'on ne reconnaît que des flyschs externes, il faut les faire venir du S au N, contrairement à tous les déplacements prouvés. D'autre part, **on n'a** jamais pu **mettre** en

évidence **d'affinités** stratigraphiques entre les domaines kabyles (par exemple) et les domaines sardes ou corses, alors que des affinités avec les séries de la nappe toscane sont tout à fait nettes (Coutelle, 1987). Il en résulte une paléogéographie simple, où les flyschs les plus élevés se raccordent aux flyschs de l'arc alpin, tandis que les flyschs « externes » correspondent à des dépôts du bas d'une marge africano-apulienne. Ce n'est pas très original et, par exemple, c'est ce qui **a été** dessiné dans les synthèses paléogéographiques publiées par Luisa Amodio-Morelli, G. Bonardi, V. Colona *et al.* (1976) et F. Guerrera, Agustín Martín-Algarra et V. Perrone (1993).

Conclusion

Comme on le voit l'application directe du fonctionnement des arcs insulaires tel que le proposait D. Karig (1971), à la dynamique alpine ouest-méditerranéenne, ne va pas de soi, ne serait-ce que pour des raisons d'échelle. Assez étonnamment, après en avoir été le pionnier, ce fut Forese Carlo Wezel (1978, 1981) qui le premier, a mis en doute cette assimilation. Réflexion faite, il admit que le bassin tyrrhénien n'est pas le bassin arrière-arc de l'arc calabro-sicilien, mais un bassin formé sur place selon un processus d'effondrements circulaires coalescents, qu'il appella « krikogénèse » en 1981. Le fait que cela fut justement l'un des inventeurs de la théorie qui la mit en doute n'a cependant pas vraiment fait évoluer la question.

Du côté des « plaquistes » le modèle a continué d'être exposé sans argumentation particulière. Par exemple, le chapitre consacré au Bassin de la Méditerranée occidentale rédigé par Jean-Pierre Réhault, Gilbert Boillot et Alain Mauffret (1985) inséré dans l'importante synthèse sur la Méditerranée éditée par Daniel J. Stanley et Forese Carlo Wezel, est significatif. Les travaux des géologues de terrain sont signalés pour les faits susceptibles de conforter la théorie mais sans aborder les possibles contradictions.

Du côté des géologues alpins, c'est un peu la même chose. Dans le livre jubilaire de la Société géologique de France paru en 1980, Michel Durand Delga, fit le point sur la genèse de la Méditerranée Occidentale. C'est un texte remarquable d'érudition sur les travaux de terrain. L'auteur tout en justifiant ses opinions, exposa celle de ces contradicteurs et aborda longuement certaines questions difficiles qui occupaient fortement la communauté des alpins, comme la question du Numidien ou celle de la structure de bétiques, par exemple. Cependant, l'interprétation plaquiste des chaînes méditerranéennes ne fut pas abordée en tant que telle. Dans ce texte, l'importante publication de Jean-Marie Auzende, Jean Bonnin et Jean-Louis Olivet (1973) n'était citée que pour l'âge du remplissage des bassins, dont Michel Durand Delga admit l'âge ancien parce que cela confortait son avis sur l'inexistence d'un sillon interne de flyschs.

Par la suite, l'interprétation plaquiste paraît être un fait acquis. Indépendamment du cloisonnement des disciplines (océanographes vs géologues de terrain), des circonstances particulières peuvent expliquer cet état de fait. D'abord, la pression sociale qui donne le mauvais rôle

de passésistes à ceux qui critiquent le paradigme dominant. C'est probablement ainsi qu'il faut interpréter certaines remarques faites par Michel Durand Delga (1976) à propos de l'interprétation plaquiste. Ainsi, il nota, mais entre parenthèses, que les dépôts tranquilles des bassins marins sont probablement post tectoniques. De même, il exprima discrètement (par un point d'exclamation) son doute quant au bassin profond messinien. En 1980, le même auteur accepta l'ancienneté des dépôts bassiniaux, parce que celle-ci pouvait s'intégrer à ses propres hypothèses et exposa, sans prendre parti, les diverses théories quant à la profondeur des bassins messiniens.

Cependant, d'autres facteurs qui ne sont pas proprement scientifiques, me semblent devoir être pris en considération. Pour toute la partie maghrébine de l'orogène de la Méditerranée occidentale, le rôle des chercheurs français a été important. Or il se trouve qu'à ce moment l'Université française était à un tournant structurel. En effet, ces études entraient dans le cadre des anciennes thèses d'État dont la durée et la lourdeur étaient critiquées. Les instances officielles, avant de la supprimer et d'y substituer une thèse de doctorat plus courte et ont incité les titulaires de ces thèses à entamer un « rebond post-thèse ». Ce rebond devant comporter des changements thématiques, régionaux et même professionnels. Par exemple la « marche à la mer » était fortement encouragée (cela a été mon cas). Il en a résulté des ruptures de continuité dans les recherches, le thésard parti vers d'autres recherches ne pouvant pas toujours se trouver un successeur. Le résultat a été que seul un petit nombre de cette génération de chercheurs a continué à œuvrer sur les thèmes de géologie de terrain dans ce rameau de la chaîne alpine. Dans ce panorama de rupture de transmission de savoirs, le cas de l'Algérie est particulièrement net. Aucun de ces chercheurs étrangers qui y ont travaillé après l'indépendance n'a pu assurer durablement la relève de ces travaux. Il convient de dire que, dans ce cas précis, les orientations de l'Université française ont été renforcées par la volonté des autorités algériennes de prendre en main ces recherches mais sans jamais fournir les moyens nécessaires. En Andalousie, les universités espagnoles ont pris le relais, mais sans doute pour gagner du temps, elles ont plutôt opté pour le paradigme plaquiste. En Italie méridionale, la discussion continue.

Face à l'effondrement d'une partie des recherches à terre, le développement des campagnes à la mer (IPOD, ODP et autres), l'obtention de données géophysiques à grande échelle (tomographie sismique, aéromagnétisme,...) le conformisme scientifique, ont favorisé les modèles plaquistes naturellement plus faciles à intégrer dans les interprétations générales, même si cela se faisait au détriment des faits de terrain. Comme le dirent si bien Miguel Doblas, José Lopez-Ruiz et José-Maria Cebria (2007) à propos de la mer d'Alboran : « *The geological and volcanological complexity of the Alboran Domain has triggered a multitude of tectonomagmatic models that are often contradictory and lack the integration of all available data* ». Par ailleurs, il faut reconnaître que le point faible majeur de la critique « alpine » du plaquisme réside dans le fait qu'il n'a pas été proposé à ce jour, un modèle géodynamique complet pour expliquer l'amincissement du soubassement crustal des bassins de la Méditerranée occidentale.

On a cité, plus haut, la proposition de Forese Carlo Wezel, d'un possible processus d'océanisation sur place, inspiré des idées de R. Selli. Cette idée n'a pas eu de succès. Pour autant, faut-il renoncer à toute possibilité d'un amincissement crustal sur place, dans une ambiance de faible extension, en opposition à ce que suppose la dynamique du bassin arrière-arc ? La réponse est non. Par exemple une étude attentive de la structure de la mer Rouge (Coutelle, Pautot, Guénoç 1991) a montré que le fort amincissement subi par son soubassement n'est associé qu'à une extension modeste. Pourtant, l'amincissement de son socle continental peut être localement complet, de sorte que certaines fosses de la mer présentent des fonds océaniques typiques. Le terme de « mantellisation » a été proposé pour décrire ce processus. Il peut être dû à une érosion sous-crustale du socle continental. Cet amincissement est associé au développement, en surface, d'une morphologie particulière décrite par Alain Coutelle et Kiram Eddine Lezzar (1992), qui ne suit pas fidèlement les structures propres à la mer Rouge, et dont l'arrêt se marque par une terminaison arrondie du domaine en cours d'amincissement. Ces auteurs ont cité divers exemples de ces mers à terminaison circulaire, dont la mer d'Alboran. On remarque, en effet, que là aussi, le processus d'amincissement responsable du creusement de la mer d'Alboran, est partiellement indépendant du contexte géologique local et qu'il marque son arrêt par une terminaison en arc de cercle, l'arc de Gibraltar.

Naturellement, montrer qu'il existe des bassins océaniques à fond aminci qui ne sont ni des bassins arrière-arc, ni des déchirures océaniques, n'est qu'un point de départ. La théorie qui expliquerait ce type d'amincissement, reste à bâtir. C'est le point faible majeur de la critique des modèles plaquistes appliqués à la Méditerranée occidentale.

Bibliographie

- ALVAREZ, W., COCCOZZA, T. et WEZEL, F. C. (1974). Fragmentation of the alpine orogenic belt by microplate dispersal. *Nature*, **248**, n° 5446, p.309-314.
- AMODIO-MORELLI, L., BONARDI, G., COLONNA, V., DIETRICH, D., GIUNTA, G., IPPOLITO, F., LIQUORI, V., LORENZONI, S., PAGLIONOCO, A., PERRONE, V., PICCARETTA, G., RUSSO, M., SCANDONE, P., ZANETTIN-LORENZONI, E. et ZUPPETTA, A. (1979). L'arco calabro-peloritano nell'orogene appenninico-maghrebide. *Mem. Soc. Geol. Italia*, **17**, p. 1-60.
- AUZENDE, J.-M. (1978). Histoire tertiaire de la Méditerranée Occidentale. Thèse Sc., Paris, 232 p.
- AUZENDE, J.-M., BONNIN, J. et OLIVET, J.-L (1973). The origin of the western Mediterranean basin. *J. geol. Soc. London*, **129**, p. 607-620.
- BOCCALETTI, M. et GUAZZANONE, G. (1972). Gli archi appenninichi, il Mar Ligure ed il Tirreno nel quadro della tettonica dei bacini retro-arco. *Mem. Soc. geol. Italia*, **11**, p. 201-216.
- BOCCALETTI, M. et GUAZZANONE, G. (1974). Plate tectonics in the mediterranean region. In : Coy Squires (ed.), *Geology of Italy, Petr. explor. Soc. Libya ed., Tripoli*, p. 3-23.

- BOCCALETTE, M. et MANETTI, P. (1978). The Tyrrhenian Sea and adjoining regions. *In* NAIRN, A. E. M., KANES, W. H. et STEHLI, F.G., *The ocean basins and margins*, **4B**, p. 149-200.
- BOURGOIS, J. (1978). La transversale de Ronda, cordillères Bétiques, Espagne. Données géologiques sur un modèle d'évolution de l'Arc de Gibraltar. *Ann. Sci. Univ. Besançon, Géologie*, (3), **30**, 445 p.
- CAIRE, A. (1957). Étude géologique de la région des Biban (Algérie). *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, (nouvelle série), **16**, 2 t., 818 p.
- CAIRE, A. (1971). Chaînes alpines de la Méditerranée centrale (Algérie et Tunisie septentrionales, Sicile, Calabre et Apennin méridional). Tectonique de l'Afrique, *Sc. Terre*, **6**, UNESCO éd., p. 61-90.
- COURME-RAULT, M. D. et COUTELLE, A. (1982). Le Miocène de la Soummam (Algérie) : précisions sur l'âge de ses niveaux de base, existence d'un cycle inférieur anté-nappes sud-telliennes, corrélations. *Geol. méditerranéenne*, **IX**, n° 2, p. 99-107.
- COUTELLE, A. (1984). Tectonique de balayage et tectonique de situation dans l'orogène berbère. *Rev. Geol. dyn. Géogr. Phys.*, **25**, fasc. 2, p. 119-125.
- COUTELLE, A. (1987). Les avant-fosses miocènes de l'orogène berbère. *Mem. Soc. géol. Italia*, **38**, p. 317-328.
- COUTELLE, A. (2005). La controverse sur l'existence des nappes en Algérie du Nord : un exemple de conflit scientifique Nord-Sud. *126^e Congr. nat. Soc. Hist. Scientif.*, Toulouse, 9-14 avril 2001, *In* C. Vassas (dir.) Les Suds, construction et déconstruction, CTHS éd. élect., Paris, p.67-86. Accès : cths.fr/ed/edition.php?id=4085
- COUTELLE, A. et DELTEIL, J. (1989). La suture alpine en Méditerranée Occidentale. Remarques sur une synthèse et rappel d'une autre conception. Bouillin J.P. Réponse au commentaire de A. Coutelle et J. Delteil « La suture alpine en Méditerranée Occidentale. Remarques sur une synthèse et rappel d'une autre conception ». *Bull. Soc. géol. France*, **5**, (8), p. 859-867.
- COUTELLE, A. et LEZZAR, K. (1992). Mer Rouge et Mer d'Alboran : étude morpho-structurale comparée. *XXXIIIe Congr. ass.-plénière CIESM*, Trieste 12-17 octobre 1992, Rapp. P.-V. réun., **33**, p. 126.
- COUTELLE, A., PAUTOT, G. et GUERNOC, P. (1991). The structural setting of the Red Sea axial valley an deeps : implication for crustal thinning processes. *Tectonophysics*, **198**, p.395-409.
- DELTEIL, J., FENET, B., GUARDIA, P., LAVAL, F. et POLVÈCHE, J. (1975). Les observations tectoniques dans l'Algérie nord-occidentale et l'origine du Bassin nord-africain. *Rapp. Comm. Internat. Et. Sc. Mer Médit.*, **34**, n° 4a, p. 95-98.
- DIDON, J., DURAND DELGA, M. et KORNPROBST, J. (1973). Homologies géologiques entre les deux rives du Déroit de Gibraltar. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), **15**, p.77-105.
- DOBLAS, M., LOPEZ-RUIZ, J. et CEBRIA, J. M. (2007) .Cenozoic evolution of the Alboran Domain : a review of the tectonomagmatic models. *In* : BECCALUVA, BIANCHINI, L. et WILSON, M. (Eds).

- Cenozoic volcanism in the Mediterranean area, *Geol. Soc. America spec. Papers*, **418**, p. 303-320.
- DURAND DELGA, M. (1976). La genèse de la Méditerranée occidentale et ses dilemmes. Images des Sciences de la Terre, de l'océan et de l'espace, suppl. *Courrier CNRS*, **20**, p. 47-50.
- DURAND DELGA, M. (1980). La Méditerranée Occidentale : étapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci. *Mem. H.-sér. Soc. Géol. France*, **10**, p. 203-224.
- FRIZON DE LAMOTTE, D., LETURMAY, P., MISSENERD, Y., KNOMSI, S., RUIZ, G., SADDIQI, O., GUILLOCHEAU, F. et MICHARD, A. (2009). Mesozoic and Cenozoic vertical movements in the Atlas system (Algeria, Morocco, Tunisia) : an overview. *Tectonophysics*, **475**, p. 9-28.
- GUERRERA, F., MARTIN-ALGARRA, A., et PERRONE, V. (1993). Late Oligocene-Miocene syn-/late-orogenic successions in Western and Central Mediterranean chains from the Betic Cordillera to the Southern Apennines. *Terra Nova*, **5**, p. 525-544.
- GLANGEAUD, L. (1925) – Sur l'existence de l'Aptien dans la région littorale de la Province d'Alger et sur sa signification tectonique. *C.R. Acad. Sc., Paris*, **181**, p. 249-250.
- GUTSCHER, M. A., MALOD, J., CONTRUCCI, I., KLINGELHOEFER, F., MENDEZ-VICTOR, L. et SPAKMAN, W. (2002), Evidence for active subduction beneath Gibraltar. *Geology*, **30**, n° 12, p. 1071-1074.
- HERNANDEZ, J., DE LAROUZIÈRE, F. D., BOIZE, J. et BORDET, P. (1987). Le magmatisme néogène bético-rifain et le couloir de décrochement trans-Alboran. *Bull. Soc. Géol. France*, (8), **3**, p.257-267.
- IPAG-IMPG (1977) – Carte magnétique de la Méditerranée Occidentale. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), **19**, n°3, encart.
- LE PICHON, X., PAUTOT, G., AUZENDE, J. M. et OLIVET, J. L. (1971). La Méditerranée Occidentale depuis l'Oligocène. Schéma d'évolution. *Earth planet. Sc. Letters*, **13**, p.145-152.
- LUSTRINO, M., DUGGEN, S. et ROSENBERG, C. L. (2011). The Central-West Mediterranean : anomalous igneous activity in an anomalous collisional tectonic setting. *Earth-Sc. Rev.*, **1014**, p. 1-40.
- KARIQ, D. E. (1971). Origin and development of marginal basins in the western pacific. *J. Geophys. Res.*, **76**, p. 2542-2561.
- MAURY, R. C., FOURCADE, S., COULON, C., EL AZZOUZI, M., BELLON, H., COUTELLE, A., OUABADI, A., SEMROUD, B., MEQARTSI, M., COTTEN, J., BELANTEUR, O., LOUNI-HACINI, A., PIQUÉ, A., CAPDEVILA, R., HERNANDEZ, J. et RÉHAULT, J. P. (2000). Post-collisional Neogene magmatism of the Mediterranean Maghreb margin : a consequence of a slab breakoff. *C. R. Acad. Sc., Paris, Sc. Terre planètes*, **331**, p. 159-173.
- PAQUET, J. (1974). Tectonique éocène dans les cordillères bétiques ; vers une nouvelle conception de la paléogéographie en Méditerranée Occidentale. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), **16**, p.56-73.

- RÉHAULT, J. P., BOILLOT, G. et MAUFFRET, A. (1985). The Western Mediterranean basin. In Stanley D. J., Wezel F. C. eds., *Geological evolution of the Mediterranean basin*, Springer Verlag éd., p. 101-129.
- TERMIER, P. (1911). Les problèmes de géologie tectonique dans la Méditerranée Occidentale. *Rev. gén. Sc.*, 30 mars, p.225-234.
- WEZEL, F. C. (1970). Interpretazione dinamica della eugeosinclinale meso-mediterranea. *Riv. Mineraria Siciliana*, **124-126**, p. 187-198.
- WEZEL, F. C. (1978). La virgazione tirrenica. *Rend. Soc. geol. Italia*, **1**, p.13-14.
- WEZEL, F. C. (1981). The structure of the Calabro-Sicilian Arc : krikogenesis rather than subduction. In: F.C. Wezel (ed.) *Sedimentary Basins of mediterranean Margins*, *Technoprint*, Bologne, p. 485-488.