

LES CORDILLERES BETIQUES DANS LE CADRE GEODYNAMIQUE NEOALPIN DE LA MEDITERRANEE OCCIDENTALE

C. SANZ DE GALDEANO, J. RODRIGUEZ FERNANDEZ & A.C. LOPEZ-GARRIDO

Key-words: Geodynamics, Neogene, Betic Chain.

Riassunto. L'origine e la costruzione delle Cordigliere Betiche, che fanno parte delle catene alpine che costeggiano il Mediterraneo, sono in stretta relazione con l'evoluzione geodinamica della regione mediterranea occidentale.

Durante lo stadio neoalpino si verificarono la subduzione dell'Africa verso nord e l'apertura del bacino algero-provenzale, con formazione di crosta oceanica. L'effetto combinato di questi due eventi determinò una deficienza di spazio tra Iberia e Africa, con conseguente espulsione delle Zone Interne verso ovest fino alla collisione con i margini passivi di Iberia e d'Africa (Zone Esterne betiche e rifane rispettivamente). Questo ebbe luogo essenzialmente durante l'Aquitano-Burdigaliano e proseguì durante il Miocene medio, seppure con minore intensità, fino alla sutura del contatto tra Zone Interne e Zone Esterne. Subito dopo si originarono importanti faglie N60-90E e NO-SE. Nelle Cordigliere Betiche, durante questo processo, le compressioni erano dirette da ONO-ESE a NO-SE, mentre a partire dal Miocene superiore la direzione cambiò gradualmente verso NNO-SSE, dando luogo ai più importanti bacini neogenici intramontani.

Il bacino di Alboran, con crosta continentale assottigliata, doveva costituire il prolungamento occidentale del bacino algero-provenzale e le sue caratteristiche essenziali si dovevano già essere stabilite a partire dal Burdigaliano.

Résumé. L'origine et la construction des Cordillères Bétiques, en tant que partie des chaînes alpines qui bordent la Méditerranée, garde un étroit rapport avec l'évolution géodynamique de toute la région méditerranéenne occidentale. Pendant l'étape néoalpine eut lieu la subduction de l'Afrique vers le Nord et l'ouverture du bassin Algéro-Provençal, avec la création d'une croûte océanique. L'effet combiné des deux facteurs origina un manque d'espace entre l'Ibérie et l'Afrique et en conséquence l'expulsion des Zones Internes vers l'Ouest, jusqu'à collision avec les marges passives d'Ibérie et d'Afrique (Zones Externes bétiques et rifaines, respectivement). Cela se produisit essentiellement pendant l'Aquitainien - Burdigalien et, bien qu'avec moins d'intensité, continua pendant le Miocène moyen jusqu'à suture du contact Zones Internes/Zones Externes. Immédiatement après cela d'importantes failles N60-90E et NO-SE s'originèrent.

Pendant ce processus les directions de compression ont été ONO-ESE à NO-SE dans les Cordillères Bétiques tandis que, à partir du Miocène supérieur, la direction changea graduellement à NNO-SSE, donnant lieu alors aux bassins néogènes intramontagneux les plus importants.

Le bassin d'Alboran, avec une croûte continentale amincie, se forma comme le prolongement occidental de l'ouverture du bassin Algéro-Provençal et ses caractéristiques essentielles furent déjà établies au Burdigalien.

Encadrement géodynamique et données.

Les Cordillères Bétiques et le Rif constituent la portion la plus occidentale des chaînes alpines formées à partir de l'ancien Téthys et leur histoire géologique est difficile à comprendre, si l'on ne les relationne pas avec l'évolution géodynamique de l'ensemble de la Méditerranée occidentale.

La division essentielle des Cordillères Bétiques en Zones Internes et Externes a été effectuée à partir de critères lithologiques, tectoniques et paléogéographiques. Les Zones Externes (Prébétique et Subbétique) constituèrent la plus grande partie de la Marge Sudibérique. Les Zones Internes comprennent les complexes Névado-Filabride, Alpujarride et Malaguide, qui étaient initialement situés plus vers l'Est (Domaine d'Alboran ou Domaine Sud Sarde).

Dans les Cordillères Bétiques, l'étape néoalpine comprenait, essentiellement, le Miocène inférieur, bien qu'il s'étendait également le long du Miocène moyen jusqu'à la partie supérieure du Néogène. Pendant ces époques eurent lieu: la subduction de la plaque africaine sous l'europpéenne, avec un plan de Benioff incliné vers le Nord (Rehault et al., 1986), l'expulsion des Zones Internes vers l'Ouest et la suture postérieure du contact entre les Zones Internes et Externes.

Pendant l'Oligocène et le Miocène inférieur, la distension qui forma les fosses du Rhin et du Rhône s'étendit vers le Sud, dans la région méditerranéenne, donnant lieu à la formation du bassin Algéro-Provençal (ou bassin Algérien si l'on se réfère seulement à la partie Sud). Dans le bassin Algéro-Provençal le processus de "rifting" commença pendant l'Oligocène supérieur et continua, approximativement, jusqu'à l'Aquitainien (23 MA). L'étape d'accrétion océanique eut lieu entre 22 et 15-13 MA (Fig. 1, 2) (Boillot et al., 1984) et peut-être plus spécialement entre 22 et 17.5 M.A. (Burdigalien) accompagnée par la rotation de la Corse et de la Sardaigne, qui termina au Miocène moyen. Pendant cet âge probablement, ou au commencement du Miocène supérieur, la subduction de l'Afrique se termina sous le domaine Sud Sarde. Au Tortonien les plus importants des bassins intramontagneux des Cordillères Bétiques s'individualisèrent et pendant le Messinien, le Pliocène et le Quaternaire la structure des Cordillères Bétiques continua sa configuration tectonique, à laquelle sont associés sismicité et volcanisme.

Les travaux réalisés sur l'évolution néoalpine bétique sont nombreux, bien que seulement quelques-uns seront mentionnés ici. Nous soulignons les suivants: Andrieux et al. (1971) établirent pour la première fois l'hypothèse des mouvements relatifs vers l'Ouest des Zones Internes bétiques et rifaines. Tapponnier (1977) explica les mouvements de petites plaques méditerranéennes entre l'Europe et l'Afrique. Durand Delga (1980) offrit une excellente vision d'ensemble des chaînes alpines de la Méditerranée occidentale. Hermes (1985) reconstruisit les étapes de déformation des Zones Bétiques. Boillot et al. (1984) effectuèrent la reconstruction et l'évolution du bassin Algéro-Provençal. Boccaletti et al. (1987) décrivirent quelques formations néogènes qui permettaient de dater des mouvements des Zones Internes vers l'Ouest.

Principaux événements de l'évolution paléogéographique néogène.

Dans ce travail on commence la reconstruction paléogéographique des Cordillères Bétiqes à une période qui coïncide avec le début de la formation de la croûte océanique du bassin Algéro-Provençal. Ce moment correspond approximativement au commencement de l'expulsion des Zones Internes et la désorganisation définitive du domaine Sud Sarde qui, à l'origine, se situait dans la région qui maintenant occupe le bassin Algérien (Fig. 1).

Les principales étapes qui peuvent être différenciées sont les suivantes.

Etape du Miocène inférieur (Fig. 1).

La structuration actuelle en nappes des Zones Internes des Cordillères Bétiqes eut lieu pendant l'Oligocène, et continua peut-être jusqu'au commencement de l'étape néoalpine, dans l'Aquitaniien inférieur. Ainsi le complexe Alpujarride se superpose au complexe Névado-Filabride et le Malaguide à ces deux derniers (Fig. 1). Pendant le Miocène inférieur le bassin Algéro-Provençal naissant a agi comme un bassin de rétro-arc par rapport à la subduction de l'Afrique sous le domaine Sud Sarde. Vers l'Ouest la subduction de l'Afrique s'atténua dans sa conjonction avec l'ancienne faille des Açores, tandis que, vers le Nord-Est, la subduction continua au-delà de la région étudiée ici.

Jusqu'à ce moment (Aquitaniien) les Zones Externes des Cordillères Bétiqes n'avaient pas expérimenté de déformations significatives, à part un léger plissement et quelques décrochements importants hérités du Mésozoïque qui commencèrent à être de nouveau opératives. L'une d'elles servit de voie le long de laquelle, les Zones Internes commencèrent à se déplacer, avec caractère transpressif, vers l'Ouest par rapport aux Zones Externes. A partir de l'Aquitaniien supérieur, l'ouverture et la création de croûte océanique dans le bassin Algéro-Provençal s'accéléra; ce fait, uni à la subduction de l'Afrique, produisit un manque graduel d'espace dans la région méditerranéenne occidentale et l'expulsion latérale consécutive des Zones Internes bétiqes et du Rif vers l'OSO. Ce mouvement eut lieu au Burdigalien (Boccaletti et al., 1987) et, bien qu'avec moins d'importance, il continua pendant tout le Miocène moyen.

Les Zones Internes des Cordillères Bétiqes ont souffert un amincissement considérable du fait de l'étirement associé à l'expulsion mentionnée auparavant. Les processus d'étirement eurent lieu au cours d'une période de 9 millions d'années, approximativement depuis 22 à 15-13 MA. Ces processus continuèrent encore, bien qu'avec moins d'intensité pendant le Serravallien et encore moins après cette période.

Le déplacement produit dans les Zones Internes des Cordillères Bétiqes est considéré, dans son ensemble, de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres, peut-être entre 400 et 500 km (comparer Fig. 1 et 2) et son climax fut atteint au Burdigalien. En coïncidant avec les processus de charriage que les Zones Internes subirent, celles-ci comprimèrent le Subbétique, qui expérimenta aussi d'importants processus de charriage et d'étirement. Cette situation a été appelée par Hermes (1985) "paroxysme burdigalien". Bien

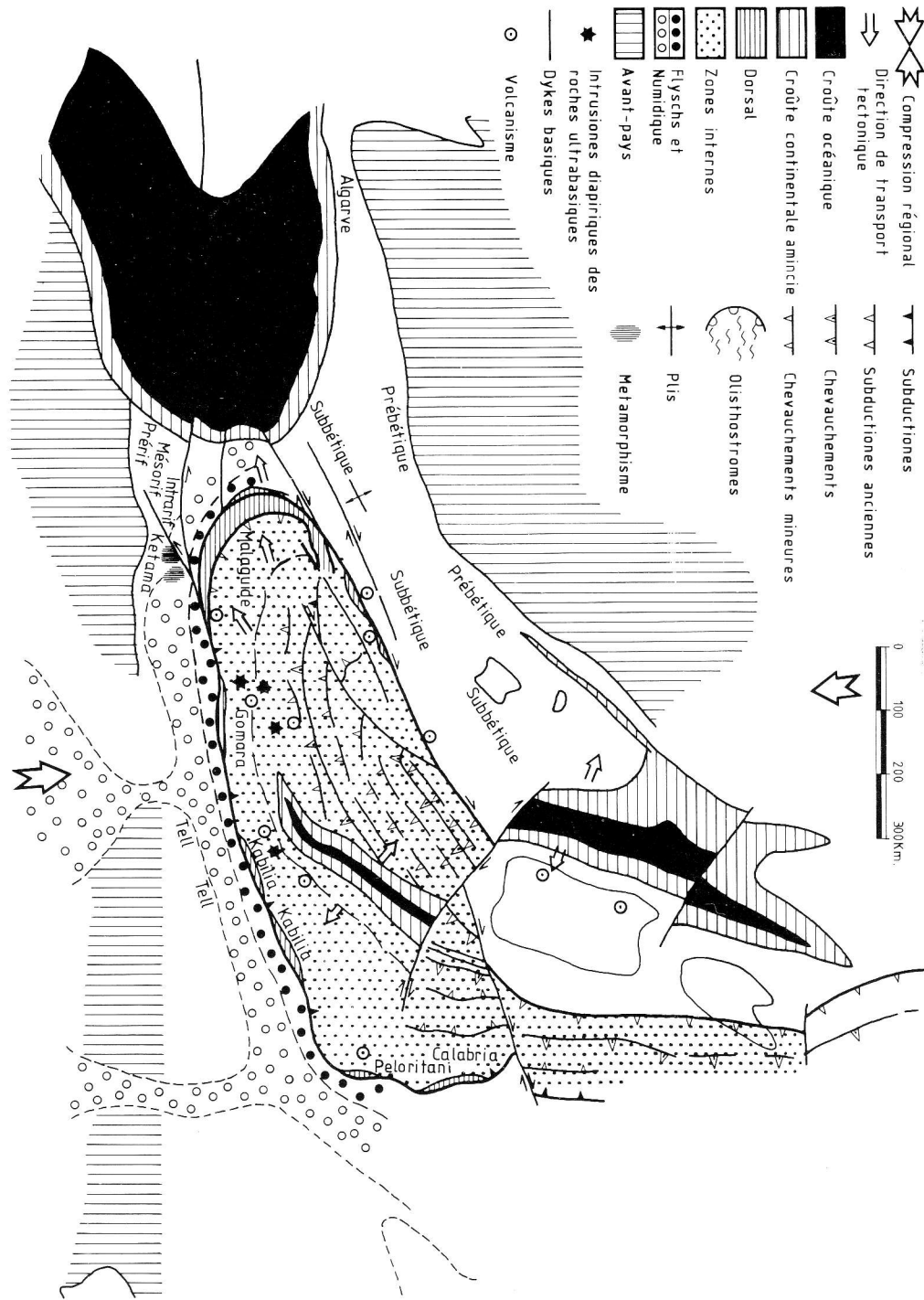


Fig. 1 - Reconstruction paléogéographique de la Méditerranée occidentale pendant le Miocène inférieur.

que le Prébétique ait expérimenté une moins grande déformation, étant donnée sa position plus externe, à partir de ce moment, le Subbétique cessa d'être un bassin sédimentaire différencié, en même temps que le front des Zones Internes continua d'avancer et de s'incruster en forme de coin, et détermina ainsi la formation de l'Arc de Gibraltar, qui est d'origine clairement tectonique, comme il a été mis en évidence dans de nombreuses études (Andrieux et al., 1971; Sanz de Galdeano, 1983, etc.). Pendant ce processus d'incrustation en coin, se produisirent de très importantes expulsions de matériaux, constituant ainsi des unités olistostromiques.

Étape du Miocène moyen (Fig. 2).

Au cours du Langhien et du Serravallien les processus mentionnés auparavant continuèrent, bien que quelques changements se produisirent, spécialement en ce qui concerne leur intensité. Au Langhien à peu près se produisit la suture du contact entre les Zones Internes et Externes, après le désorganisation du Subbétique due à la pression exercée par les Zones Internes dans leur avancement vers l'Ouest. En conséquence, les mouvements transcourants continuèrent au moyen de failles de décrochement dextres avec direction entre N60-70E et E-O. Ces failles existaient déjà en partie, tandis que d'autres se formèrent à cette époque (Sanz de Galdeano, 1983). En même temps, l'expulsion du matériel olistostromique vers l'actuel Golfe de Cadix, Dépression du Guadalquivir et Sud du Rif, continua.

Dans le bassin Algéro-Provençal une légère expansion se produisit, au moins dans sa partie la plus occidentale, connue aujourd'hui comme mer d'Alboran. Il faut tenir compte que le bassin d'Alboran s'est formé essentiellement comme la continuation occidentale du bassin Algéro-Provençal et en conséquence, il est apparu très tôt au Burdigalien, bien que son amincissement continua jusqu'au Serravallien (ou jusqu'au Tortonien inférieur?). En conséquence, des sédiments du Langhien (et peut-être aussi du Burdigalien) peuvent se trouver dans certaines parties du bassin, ainsi que d'autres qui appartiennent, évidemment, à des périodes plus modernes. De plus, les datations radiométriques de l'Île d'Alboran (Hernández et al., 1987) révèlent des valeurs qui correspondent au Burdigalien et au Tortonien.

Étape depuis le Miocène supérieur jusqu'au Quaternaire.

La subduction de l'Afrique sous le Domaine Sud Sarde, dans son secteur le plus occidental, a dû cesser au commencement du Miocène supérieur (ou peut-être au Miocène moyen), mais le moment précis de la terminaison de la subduction n'est pas connu.

Dans les Cordillères Bétiques les compressions changèrent dans la direction NNO-SSE (Ott d'Estevou & Montenat, 1985) pendant le Tortonien. Aussi bien dans les Bétiques que dans le Rif les failles sénestres de direction NE-SO produisirent des mouvements importants (Larouzière et al., 1988). La dernière expulsion significative de matériaux fut complétée pratiquement au Tortonien par un mouvement radial par rapport au



Fig. 2 - Reconstruction paléogéographique de la Méditerranée occidentale pendant le Miocène moyen (approximativement au Serravallien). Voir légende sur la Fig. 1.

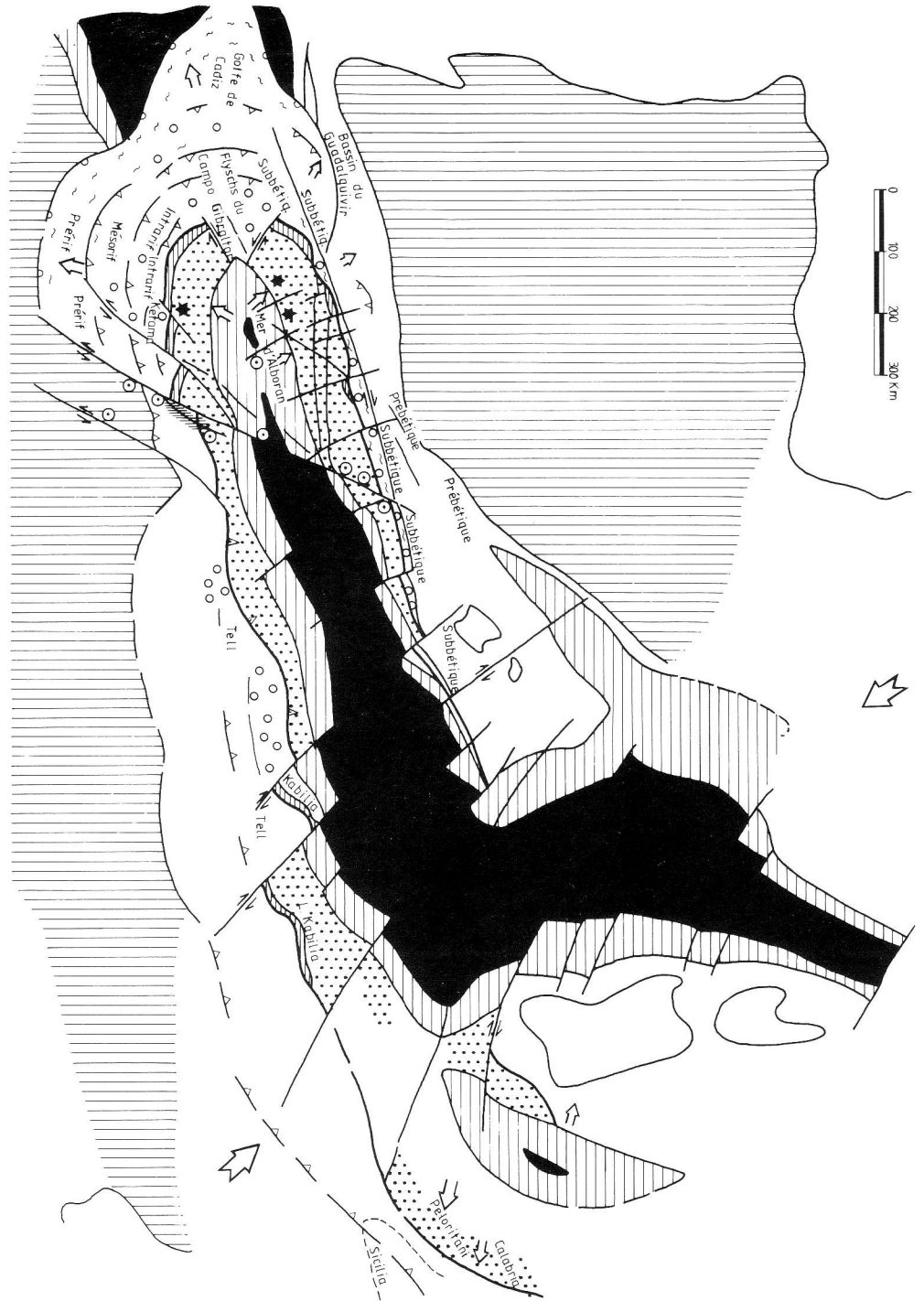


Fig. 3 - Reconstruction paléogéographique de la Méditerranée occidentale pendant le Tortonien. Voir légende Fig. 1.

bassin d'Alboran (voir Fig. 3). Vers le Nord-Ouest, l'expulsion atteignit le bassin du Guadalquivir, avec de grandes masses de matériaux désorganisés de provenance subbétique. A l'Ouest, Sud-Ouest et Sud, c'est-à-dire dans le Golfe de Cadix et le Rif, se situèrent des matériaux venant du bassin des Flyschs. Dans le Rif, les derniers mouvements sont plus récents, comme l'a indiqué Durand Delga (com. pers., 1988). Selon ce qui a été exposé, le Tortonien fut une période de grande importance dans la structuration de ces chaînes, spécialement pour le Rif, dont les Zones Externes (Intrarif, Mésorif et Prérif) furent fortement expulsées vers le SW.

Le volcanisme du Sud-Est espagnol et de la région de Nador (Maroc), d'âge Miocène supérieur, est connecté à des failles sénestres de direction NE-SO qui croisent la mer d'Alboran (Failles de Carboneras, Palomares et Lorca, entre autres, dans les Cordillères Bétiques, et du Nekor et Muluya, au Maroc). Les datations radiométriques, les plus anciennes, dans le Cap de Gata (Espagne) sont d'âge Langhien (Bellon et al., 1983) et de là et vers le Nord, les roches volcaniques sont graduellement plus modernes, datées jusqu'au Pliocène. L'intensité maximale de ce volcanisme se produisit pendant le Miocène supérieur. Ces mêmes caractéristiques apparaissent dans la région de Melilla (plus au Sud) bien que là le volcanisme atteigne la base du Quaternaire.

Les failles de direction NE-SO commencèrent à fonctionner, probablement, au Miocène moyen, bien que leurs mouvements (extrêmement importants au Miocène supérieur) continuèrent jusqu'au Quaternaire. Les déplacements actuels au Sud-Est des Cordillères Bétiques sont de l'ordre de 50-60 km, ce qui produit un déplacement cortical considérable, de manière que l'épaisseur de la croûte est très différente des deux côtés de la faille de Palomares (Almería), atteignant 15 km de moins à son bord Est (Banda & Ansoerge, 1980).

Au Tortonien également, les bassins néogènes intramontagneux des Cordillères Bétiques commencèrent à se différencier clairement. Ces bassins n'apparurent pas soudain, puisque de nombreuses failles qui les limitent existaient au préalable et, dans de nombreux cas, elles préconfigurèrent les bassins. Les mouvements verticaux eurent de l'importance à partir du Tortonien et continuèrent dans d'autres périodes postérieures, Messinien, Pliocène et Quaternaire. Ces mouvements verticaux furent produits, dans de nombreux cas, par des effets tensionnels perpendiculaires à la compression.

Comme il a été indiqué auparavant, dans la période de temps comprise entre le Tortonien et le Quaternaire, les Cordillères Bétiques subirent des compressions qui tournèrent de la direction ONO-ESE (Fig. 4) à la direction NNO-SSE (Ott d'Estevou & Montenat, 1985), bien que les différents paléo-efforts obtenus ne correspondent pas totalement d'un bassin à un autre. Cette compression donna lieu à de nouveaux mouvements de failles et au plissement de grand rayon, de direction approximative E-O tels que les structures anticlinales de Sierra Nevada, Filabres, etc. (Fig. 4). Ces deux faits, ainsi que certains réajustements de type régional, donnèrent la distribution actuelle de chaînes orientées à peu près E-O, séparées par d'étroits bassins (comme le Couloir de l'Alpujarra) (Rodríguez Fernández et al., sous presse).

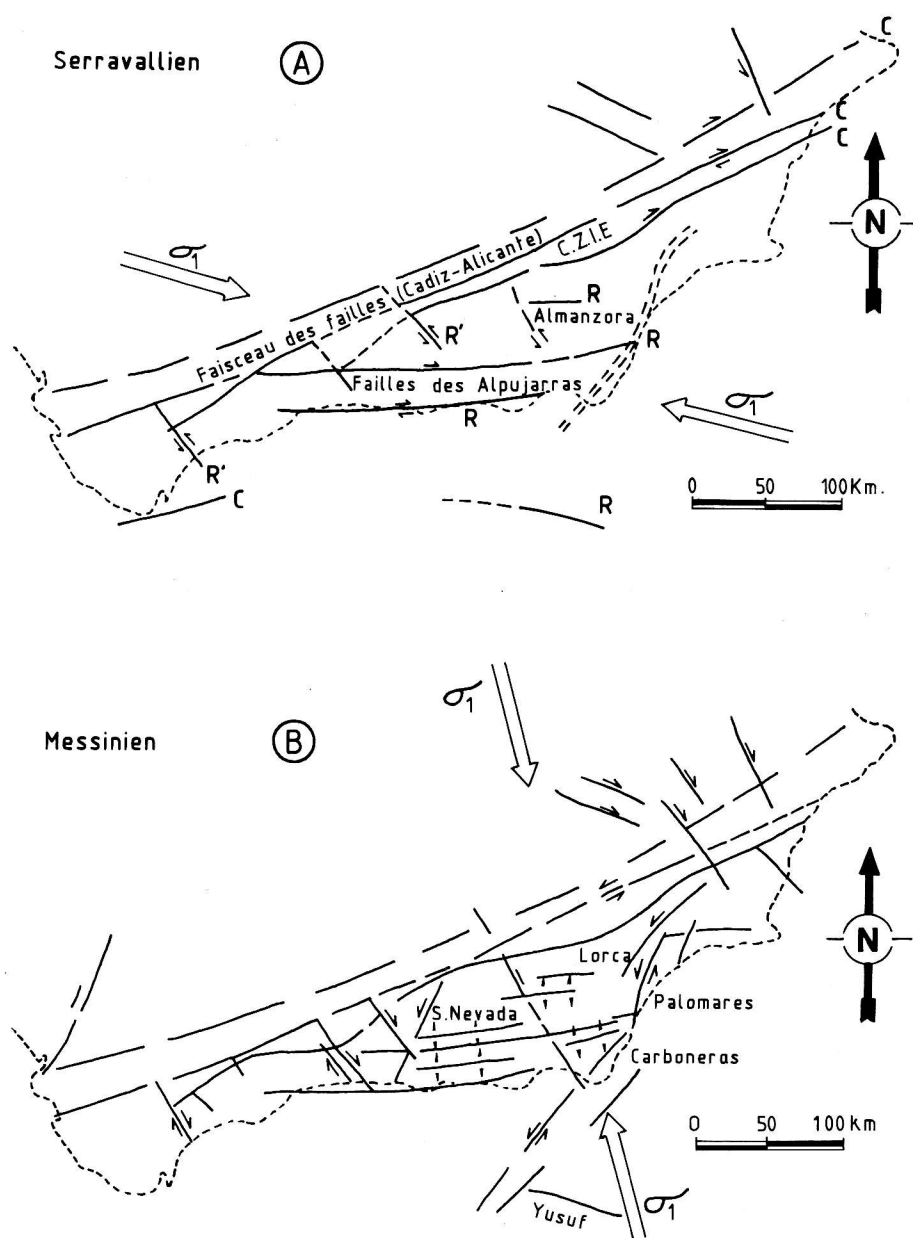


Fig. 4 - Interprétation du système de failles des Cordillères Bétiques. A) Systèmes de cisaillement simple dextre avec σ_1 en direction ONO-ESE. B) Les failles NO-SE et NE-SO sont plus actives avec σ_1 en direction NNO-SSE. Remarquer aussi les plis formés.

État actuel.

La situation actuelle est la continuation directe des processus qui ont été décrits jusqu'à présent. Les données géophysiques révèlent un grossissement de la croûte sous les Zones Internes, à proximité ou immédiatement en contact avec les Zones Externes (Banda & Ansorge, 1980) avec une épaisseur de 40 km. Cette valeur diminue fortement en direction Sud vers la côte méditerranéenne (une épaisseur d'environ 20 km dans cette région) et l'épaisseur est encore moindre dans la mer d'Alboran où, conformément aux données indiquées, se produit un amincissement de la croûte continentale et, dans quelques secteurs peut-être, la croûte océanique apparaît. De plus, on trouve les sédiments néogènes et Quaternaires. Dans le Rif également se trouve une épaisseur corticale qui montre un gradient similaire de diminution vers la côte.

Les données sismiques (Sanz de Galdeano & López Casado, 1988) montrent une corrélation acceptable entre le réseau de failles connues et les positions des épencentres. Peu de mécanismes de foyer ont été étudiés jusqu'à présent, bien que selon Vidal (1986) de nombreux tremblements de terre superficiels ont tendance à correspondre avec des distensions dans une direction proche à E-O. D'autres tremblements superficiels révèlent des compressions N-S, tandis que certains des plus profonds (60-80 km) montrent des compressions NO-SE, comme si les forces qui créèrent le bassin Algérien et, en conséquence, le bassin d'Alboran, combiné avec l'ouverture de l'Atlantique, étaient encore en action. Un grand pourcentage des tremblements de terre qui atteignent des profondeurs comprises entre 40 et 100 km se concentrent dans le secteur occidentale de la mer d'Alboran, ce qui devrait impliquer également cette continuité de mouvements vers l'O. D'autres de ces tremblements sont alignés avec des failles de directions NE-SO dans l'Atlas. López Casado et Sanz de Galdeano (1988) interprètent que ces séismes sont contrôlés par d'importantes failles lithosphériques.

Conclusions.

Les conclusions les plus significatives mises en évidence dans ce travail sont énumérées ci-après:

1) Dans une situation géodynamique régionale compressive N-S, l'évolution néogène des Cordillères Bétiques a été contrôlée par deux processus: la subduction de l'Afrique sous le Domaine Sud Sarde et l'ouverture du bassin Algéro-Provençal.

2) L'effet combiné des deux processus détermina l'expulsion vers l'O et OSO des Zones Internes Bétiques et du Rif, ce qui à son tour produisit: a) l'étirement des Zones Internes, b) la déformation et la désorganisation immédiate des marges d'Ibérie et d'Afrique (Zones Externes bétiques et rifaines), ainsi que l'accumulation de dépôts gravitaires venant de ces marges dans les bassins du Guadalquivir, Golfe de Cadix et Sud-Rifaines, et inclus dans le bassin d'Alboran.

3) Dans la genèse et la formation des bassins Algéro-Provençal et d'Alboran, produite plus spécialement au Burdigalien, des processus, qui affectent toute l'épaisseur de la lithosphère, sont intervenus.

4) En rapport avec le point antérieur, le contact de caractère transpressif dextre entre Zones Internes et Externes affecte l'ensemble de la croûte et non seulement les unités visibles des Zones Internes (complexes Alpujarride, Malaguide et Nevado-Filabride). Ce contact a, pour autant, un sens spécial puisqu'il représente la suture de deux segments corticaux actuellement acôtés mais qui, à l'origine, eurent des positions initiales, au Miocène inférieur, séparées par plusieurs centaines de kilomètres.

5) Après la suture du contact citée auparavant, les mouvements continuèrent, liés aux failles de direction N60-70E à E-O (Bétiques) et NE-SO (Bétiques et Rif). Postérieurement, au Tortonien, dans les Cordillères Bétiques se produisit la rotation de σ_1 vers la direction NO-SE et ensuite vers la direction NNO-SSE, ce qui détermina, aussi bien dans les Cordillères Bétiques que dans le Rif, des mouvements sénestres dans les failles NE-SO et dextres dans les failles NO-SE.

6) Le volcanisme de la mer d'Alboran, SE d'Espagne et NE du Maroc, survenu principalement pendant le Miocène supérieur, ne semble pas être connecté à la subduction mais contrôlé par de grands décrochements NE-SO et lié aux différentes épaisseurs de la croûte dans cette région.

7) L'amincissement de la croûte continentale sous la mer d'Alboran a dû se produire, en partie, aux dépens des complexes appartenant aux Zones Internes. Ainsi, un sondage réalisé dans la mer d'Alboran, au Sud d'Almeria, traversa non seulement des matériaux néogènes mais aussi d'autres matériaux appartenant au complexe Malaguide et mit en même temps en évidence, un important flux thermique (Martinez del Olmo, com. pers., 1986).

Remerciements.

Ce travail a été financé par la CICYT et le CSIC dans le cadre des Projets PA-85-0355-CO3-02 et PR-84-0079-CO4-03, et par la CICYT dans le Projet PB 88 0059.

R E F E R E N C E S

- Andrieux J., Fontboté J.M. & Mattauer M. (1971) - Sur un modèle explicatif de l'Arc de Gibraltar. *Earth Planet. Sc. Lett.*, v. 12, pp. 191-198, Amsterdam.
- Banda E. & Ansorge J. (1980) - Crustal structure under the central and eastern part of the Betic Cordilleras. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, v. 63, pp. 515-532, London.
- Bellon H., Bordet P. & Montenat Ch. (1983) - Chronologie du magmatisme néogène des Cordillères Bétiques (Espagne méridionale). *Bull. Soc. Géol. France*, s. 7, v. 25, n. 2, pp. 205-217, 2 fig., Paris.
- Boccaletti M., Gelati R., López-Garrido A. C., Papani G., Rodríguez Fernández J. & Sanz de Galdeano C. (1987) - Neogene-Quaternary sedimentary tectonic evolution of the Betic Cordillera. *Ateneo Parmense, Acta Natur.*, v. 23, n. 4, pp. 179-200, 1 pl., 3 fig., Parma.

- Boillot G., Montadert L., Lemoine M. & Biju-Duval B. (1984) - Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France. Vol. de 342 pp., Ed. Masson, Paris.
- Durand Delga M. (1980) - La Méditerranée occidentale: étapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci. *Mém. Soc. Géol. France*, H.S., v. 10, pp. 203-224, Paris.
- Hernández J., Larouzière F.D., Bolze J. & Bordet P. (1987) - Le magmatisme néogène bético-rifain et le couloir de décrochement Trans-Alboran. *Bull. Soc. Géol. France*, s. 8, v. 3, n. 2, pp. 257-267, 4 fig., Paris.
- Hermes J. J. (1985) - Algunos aspectos de la estructura de la Zona Subbética (Cordilleras Béticas, España Meridional). *Est. Geol.*, v. 41, pp. 157-176, 2 fig., Madrid.
- Larouzière F. D. de, Bolze J., Bordet P., Hernández J., Montenat Ch. & Ott d'Estevou Ph. (1988) - The Betic segment of the lithospheric Trans-Alboran shear zone during the Late Miocene. *Tectonophys.*, v. 152, n. 1-2, pp. 41-52, 4 fig., Amsterdam.
- López Casado C. & Sanz de Galdeano C. (1988) - Earthquakes with a focal depth measuring between 40 and 180 km and Tectonics in Southern Spain and North-West Africa. Seminar on the Prediction of Earthquakes. *United Nations (Proceeding)*. Vol. de 12 pp., Lisboa.
- Ott d'Estevou Ph. & Montenat Ch. (1985) - Evolution structurale de la Zone Bétique orientale (Espagne) du Tortonien à l'Holocène. *C. R. Acad. Sc. Paris*, s. 2, v. 300, n. 8, pp. 363-368, Paris.
- Rehault J. P., Mascle J. & Boillot G. (1986) - Evolution Géodynamique de la Méditerranée depuis l'Oligocène. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, v. 27, pp. 85-96, 5 fig., Roma.
- Rodríguez Fernández J., Sanz de Galdeano C. & Serrano F. (sous presse) - Le Couloir des Alpujarras. Dans "Les bassins néogènes du domaine bétique oriental". 1ère partie: Description régionale. *Inst. Géol. Albert de Lapparent*, Paris.
- Sanz de Galdeano C. (1983) - Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas. *Est. Geol.*, v. 39, pp. 157-165, 3 fig., Madrid.
- Sanz de Galdeano C. & López Casado C. (1988) - Fuentes sísmicas en el ámbito Bético-Rifeño. *Rev. Geofis.*, v. 44, pp. 175-198, Madrid.
- Tapponnier P. (1977) - Evolution tectonique du système alpin en Méditerranée. Poinçonnement et écrasement rigide-plastique. *Bull. Soc. Géol. France*, s. 7, v. 19, n. 3, pp. 437-460, 5 fig., Paris.
- Vidal F. (1986) - Sismotectónica de la Region Bética-Mar de Alborán. Vol. de 450 pp., *Thèse Univ. Granada*, Granada.