

# **SUTURE ET NAPPES D'AGE NEVADIEN SUR LA BORDURE SUD DU COLORADO (COLORADO, ARIZONA, U.S.A. ; SONORA, MEXIQUE)**

par **Luigi RADELLI \*** et **Thierry CALMUS \*\***

**RESUME.-** Entre l'avant-pays du Colorado, qu'elle chevauche, et l'arrière-pays de Caborca (situé au Sud du "Mohave-Sonora megashear"), une chaîne de type alpin, la chaîne gilienne, s'est édifiée à la fin du Jurassique. Elle est issue d'un domaine complexe en partie océanique. Le domaine océanique représenterait la dépendance la plus septentrionale de la Téthys américaine, séparant donc un domaine laurasien au Nord et un domaine gondwanien au Sud. Les "metamorphic core complexes" de la Californie du Sud-Est, de l'Arizona et du Nord du Sonora font partie des nappes de cette chaîne.

**ABSTRACT.-** A large, Alpine-type, Nevadian folded belt - the Gila domain - is evidenced between the Colorado domain (its foreland) on the north and the Caborca domain on the south (i.e., south of the "Mohave-Sonora megashear"). It has been thrust - to become the allochthonous, unrooted Gila mountain chain - over its Colorado foreland at the end of the Jurassic, upon the closing of a complex and partly oceanic domain. This oceanic domain is the northernmost Tethyan extension in America, dividing a northern Laurasian domain from a southern Gondwanian one. The "Metamorphic Core Complexes" of southeastern California, Arizona and northern Sonora are parts of the nappes of this mountain chain.

## **INTRODUCTION**

Dans le Nord du Sonora (Mexique) et le Sud de l'Arizona (U.S.A.), des données radiométriques ont permis de mettre en évidence (Anderson et Silver, 1979) un domaine à formations jurassiques plissées ou métamorphiques séparant deux autres domaines à socle précambrien visible d'âges différents (1,6 à 1,7 Ga au Nord, 1,7 à 1,8 Ga au Sud). Le domaine central est limité au Sud par une importante fracture, le "Mohave-Sonora megashear", interprété (Anderson et Schmidt, 1983 ; Stewart et al., 1984 ; Ketner, 1986) comme une faille coulissante senestre avec un rejet d'environ 800 km. En revanche, la nature géologique de la limite nord de ce domaine n'a jamais été précisée.

Pour reconnaître la valeur paléogéographique et structurale de ce domaine et de ses limites ainsi que celle des domaines avoisinants, nous avons effectué des coupes allant du plateau du Colorado à la région de Caborca dans le Sonora.

## **PALEOGEOGRAPHIE**

Du Nord au Sud, trois domaines sont aisément reconnaissables du point de vue paléogéographique : les domaines Colorado, Gila (du nom de la rivière qui le traverse) et Caborca (Fig. 1 et 2). Leur individualisation est précoce (Fig. 1) : au moins pennsylvanienne entre le Colorado et le Gila, elle

\* et \*\* Departamento de Geologia, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

\* Apdo Postal 859, Hermosillo, Sonora, Mexique.

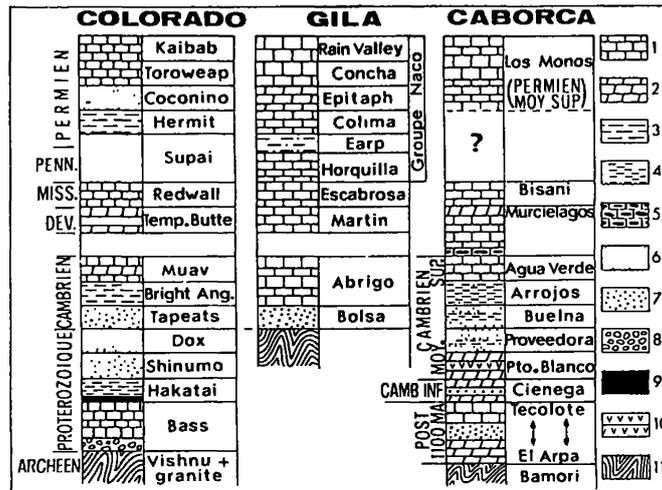
\*\* Apdo Postal 1176, Hermosillo, Sonora, Mexique.

**Fig. 1. Colonnes stratigraphiques simplifiées des domaines Colorado, Naco et Caborca (Ramos Lopez, 1980) du Précambrien au Permien.**

1, calcaires ; 2, dolomies ; 3, pélites ; 4, grès et pélites ; 5, calcaires à silex ; 6, grès ; 7, quartzites ; 8, conglomérats ; 9, diabases ; 10, roches volcaniques ; 11, socle cristallophyllien.

**Fig. 1. Precambrian to Permian simplified stratigraphy of the Colorado, Naco and Caborca domains (Ramos Lopez, 1980).**

1, limestone ; 2, dolomite ; 3, shale and siltstone ; 4, cherty limestone ; 5, siltstone ; 6, quartzite ; 7, conglomerate ; 8, diabase ; 9, volcanic rocks ; 10, crystalline basement.



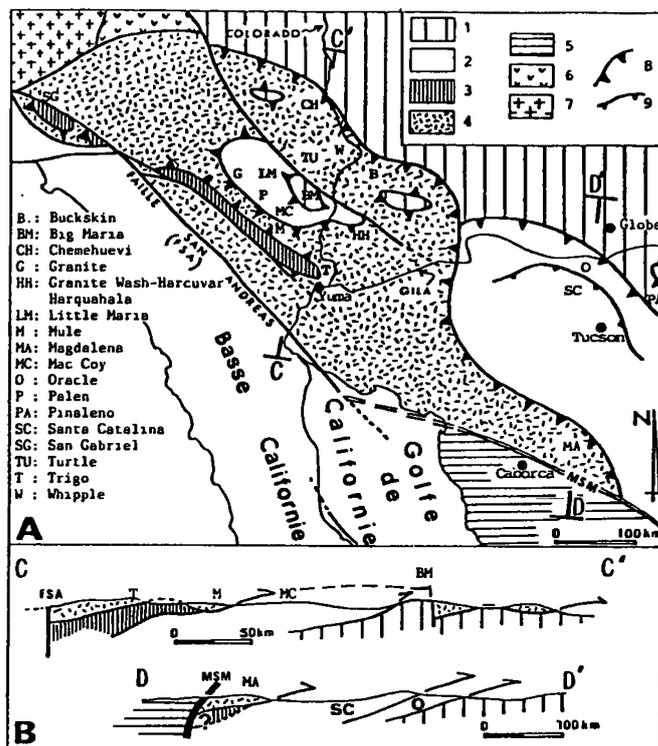
paraît avoir existé dès le Précambrien entre ces deux domaines et celui de Caborca dont les extensions se trouveraient tant au Sonora central qu'au Nevada (Stewart et al., 1984 ; Ketner, 1986). Elle s'accroît au Trias puis au Jurassique. En effet :

- dans le Colorado, Trias et Jurassique sont représentés par des séries continentales en partie volcaniques ;

- dans le Gila : (a) à l'Est (montagnes Huachuaca, Canelo et Mustang), au-dessus de la série Naco, le Trias est volcanique à volcano-sédimentaire et le Jurassique comporte des roches plutoniques, des porphyres et des formations volcaniques à volcano-sédimentaires (Drewes, 1978 ; Hayes et Drewes, 1978) ; (b) dans le secteur des montagnes Mc Coy et Palen, le Trias semble manquer et la série Naco est couverte au Jurassique par des volcanites calco-alcalines puis par les 7000 m de sédiments détritiques de la formation des montagnes Mc Coy (Harding et Coney, 1985) ; (c) à l'Ouest, dans les montagnes Orocochia, Chocolate et San Gabriel le Trias est inconnu et le Jurassique est représenté par la formation Orocochia et son équivalent, la formation Pelona (Haxel et al., 1987), renfermant des gabbros, des metabasites MORB de type normal ou de transition, des laves en coussins, des serpentinites (Hamilton et al., 1987), des métacherts et des métagrauwackes ; (d) ailleurs le Trias n'a pas été reconnu. Le Jurassique est représenté par des séries à termes magmatiques prédominants, affectés par un métamorphisme de type barrovien, de faciès schistes verts et surtout amphibolite (orthogneiss à amphibole, paragneiss, micaschistes, schistes à disthène, cipolins). Ces roches montrent un plissement de style pennique et ont fait l'objet de datations par des méthodes radiométriques (Salas, 1968 ; Morales, 1984 ; Robinson, 1985 ; Sorensen, 1985 ; Walker et May, 1986 ; Laubach et al., 1987 ; Asmeron et al., 1988 ; Barth et al., 1988) ;

- dans le Caborca, le Trias est à faciès austro-alpin (Stanley, 1980, 1982 ; Tozer, 1980, 1982). Le Jurassique est représenté par des séries volcaniques (Hardy, 1981) et/ou détritiques (Rangin, 1982) et secondairement calcaires.

Le domaine Gila doit être interprété comme un système d'arcs insulaires (Haxel et al., 1987 ; Barth et al., 1988 ; Karish et al., 1987) avec : (a) au Nord de la zone Orocochia (océanique), une zone à socle précambrien, couverture paléozoïque et séries mésozoïques déformées mais peu ou pas métamorphiques ; c'est la zone Naco ; et (b) au Sud de la zone Orocochia, une zone avec ou non un socle cristallin ancien (Knapp et Heizler, 1988 ; Bender et al., 1988 ; Miller et "Cowpie", 1988 ; Miller et Annis, 1988 ; Wooden et al., 1988) et des séries mésozoïques dont subsistent surtout les parties métamorphiques : c'est la zone Trigo.



**Fig. 2.** Schéma structural (A) et coupes interprétatives (B) du SE de la Californie, de l'W de l'Arizona et du NW du Sonora. 1, Colorado (avant-pays) ; 2 à 4, chaîne gilienne : 2, zone Naco, 3, zone Orocochia, 4, zone Trigo ; 5, Caborca (arrière-pays) ; 6, bloc américano-mexicain ; 7, Sierra Nevada ; 8, charriages ; 9, chevauchement. MSM, Mohave- Sonora megashear. La figure néglige volontairement les complications structurales liées aux phases compressives et distensives postérieures à la phase névadienne afin de faire ressortir la géométrie de celle-ci. L'ampleur apparente de la chaîne gilienne en particulier est peut-être surévaluée par suite de la distension tertiaire.

**Fig. 2.** Simplified structural map (A) and interpretative cross-sections (B) of SE California, W Arizona and NW Sonora. 1, Colorado (foreland) ; 2 to 4, Gila mountain chain : 2, Naco zone, 3, Orocochia zone, 4, Trigo zone ; 5, Caborca (backland) ; 6, Mexican-American block ; 7, Sierra-Nevada ; 8, nappes ; 9, overthrust. MSM, Mohave- Sonora megashear. The figures concern the Nevadian orogeny only. In order to underline the geometry related to this orogeny both compressional and extensional younger structures have not been represented. The apparent great width of the Gila mountain chain may be partially the consequence of the Cainozoic extension.

On peut donc conclure qu'au Trias-Jurassique une croûte océanique accidentée d'arcs insulaires (unités Gila) séparait le domaine Colorado et le domaine Caborca. Le premier doit être considéré classiquement comme laurasien. Le domaine méridional de Caborca porte une série triasique à faciès austro-alpin et des séries jurassiques à faune téthysienne (Rangin, 1982 ; Westermann, 1984 ; Carrasco, 1987). Il semble donc permis de le regarder comme une dépendance gondwanienne sensu Radelli et Desmons (1987). Dans ce contexte la zone océanique Orocochia apparaît comme l'extension la plus septentrionale de la Téthys américaine quelles que soient les difficultés paléogéographiques que ces conclusions comportent. Par conséquent le "Mohave-Sonora megashear" serait la limite nord du domaine gondwanien et la zone Naco, malgré ses différences avec le Colorado, serait une dépendance laurasienne.

## TECTONIQUE

1) Sur la transversale des Mc Coy-Trigo (Fig. 2), au Sud de l'"Arizona transition zone", limite du plateau du Colorado au Nord et de la province "Basin and Range" (domaine affecté par la distension post-oligocène) au Sud (Peirce, 1985), la couverture paléozoïque du Colorado affleure

dans les montagnes Big Maria, Granite Wash-Harcuvar et Harquahala (Laubach et al., 1987). Aux Big Maria, elle apparaît en fenêtre sous la zone Naco représentée par le granite folié des montagnes Granite, sa couverture paléozoïque très étirée<sup>1</sup> et la série jurassique Mc Coy (volcanique et sédimentaire) des montagnes Mc Coy, Palen et Little Maria. Aux montagnes Mule cette première nappe disparaît sous les gneiss de la zone Trigo qui chevauchent directement la série Mc Coy (Harding et Coney, 1985). Nous avons retrouvé cette nappe : aux montagnes Big Maria, sur la nappe Naco ; aux Harquahala, sur le Paléozoïque du Colorado ; aux Granite-Wash-Harcuvar, sur des roches très déformées mais peu ou pas métamorphiques qui seraient un équivalent de la série jurassique Mc Coy (Laubach et al., 1987) ; enfin, dans les Buckskin où la série métamorphique allochtone devient détritico-calcaire. A la suite de nos observations, nous interprétons les unités métamorphiques décrites dans les montagnes Whipple, Old Woman, Chemehuevi, Turtle, Clark (Davis et al., 1980 ; John, 1986 ; Burchfiel et Davis, 1985 ; Howard et al., 1987) comme appartenant aussi à cette nappe Trigo. Plus au Sud, au niveau des montagnes Trigo, sous les gneiss de la zone Trigo (que l'on retrouve ensuite dans les reliefs de Yuma) apparaît en fenêtre la formation océanique Orocochia (Haxel et al., 1987 ; Hamilton et al., 1987 ; Morris et al., 1986 ; Tosdal et al., 1986). Bien que le contact n'ait pas été observé, la nappe Trigo doit déborder l'Orocochia vers le Nord car elle chevauche ensuite la zone Naco (Fig. 2, coupe CC').

Enfin les rapports géométriques entre le Gila et Caborca n'ont pu être observés directement ni sur cette transversale ni ailleurs, en raison des remplissages détritiques liés à la distension tertiaire du Basin and Range ; rappelons que leur limite, le "Mohave-Sonora megashear", n'a été établie que sur la base de différences d'âges radiométriques.

2) *Sur la transversale de Globe-Santa Catalina-Magdalena* (Fig. 2, coupe DD'), au Sud de l'"Arizona transition zone" le Paléozoïque du Colorado disparaît, avec un pendage sud-ouest, au niveau de la vallée de San Pedro. A Oracle, au Sud de cette même vallée, apparaît ensuite un granite précambrien - non déformé ici, mais il l'est ailleurs (Banks, 1980) - avec une couverture de type Naco (Janecke, 1987). Dans les reliefs de Santa Catalina, ce complexe disparaît à son tour sous, de bas en haut, des gneiss migmatitiques à niveaux amphibolitiques, puis un granite blanc avec une foliation à faible pendage vers le Sud-Ouest. Cet ensemble cristallin plonge sous la vallée de Tucson (Shakel, 1988). Sa couverture paléozoïque de type Naco et le Trias-Jurassique volcano-sédimentaire sus-jacent affleurent largement au Sud de Tucson, dans les montagnes Huachuca, Canelo et Mustang. On retrouverait donc ici la zone Naco écaillée. Les unités métamorphiques de la zone Trigo réapparaissent dans la région de Magdalena (massifs de Magdalena, Imuris, Estación Llano, etc.).

Cette région, dans laquelle on peut s'attendre à trouver les ophiolites d'Orocochia entre les zones de Naco et Trigo, est actuellement étudiée par l'un d'entre nous (T.C.).

Au Sud, la zone Trigo est limitée par le "Mohave-Sonora megashear" qui, en effet, a d'abord été défini dans ce secteur.

## LA CHAÎNE GILIENNE

Les superpositions de zones que nous avons esquissées et dont il reste à dresser la carte paléogéographique définissent une chaîne de type alpin à vergence NNE, chaîne nouvellement définie pour laquelle nous proposons le terme de *chaîne gilienne*. Le Jurassique y est impliqué et nous noterons à ce sujet que des déformations fini-jurassiques ont été pressenties dans le désert du Mohave (Karish et al., 1987) et décrites au Sonora (Rangin, 1982).

<sup>1</sup> Cette série a souvent été interprétée comme la série paléozoïque du Colorado étirée (voir par exemple Hamilton, 1982). En réalité, comme le note Hamilton lui-même, nulle part elle ne montre l'ensemble des termes du Colorado et quand les deux coexistent dans un même massif, la série en question, toujours sus-jacente, a une épaisseur jusqu'à cent fois inférieure à celle de la série du Colorado.

En Arizona, la première formation post-orogénique est le conglomérat Glance qui débute au Jurassique terminal (Bilodeau et al., 1987). Au Crétacé inférieur, une nouvelle paléogéographie s'établit. Elle conduit : à l'Ouest (Basse Californie, côte du Sonora) à la naissance de l'arc Alisitos (Rangin, 1982) et au bassin marginal d'Olvidada (Radelli, 1988) ; à l'Est, à une transgression sur les zones de Caborca, Trigo et Naco.

La chaîne gilienne est donc une chaîne névadienne qui correspond à la fermeture du bassin téthysien Orocopia et à la collision des domaines adjacents. Un caractère particulier de cette collision est que sous la poussée du domaine gondwanien Caborca la dépendance laurasienne Naco est amenée à chevaucher la Laurasia proprement dite : le Colorado.

Ainsi, au Jurassique, le domaine Gila représenterait l'équivalent du *bloc volcanogénique américano-mexicain* du Nevada qui, indépendant du continent nord-américain jusqu'au Jurassique supérieur (et structuré même auparavant), a alors été charrié sur ce dernier (Roure et Sosson, 1986).

L'édifice gilien a été repris et compliqué par le serrage méso-crétacé puis par l'événement laramien (Calmus et Radelli, 1987) et les événements tertiaires, dont le principal a été une distension post-oligocène qui a donné naissance au "Basin and Range" (cf. Radelli, 1986). Par conséquent il est souvent difficile de faire la part, dans les structures locales, de ce qui est proprement névadien et ce qui est méso-crétacé, voire laramien. Il n'en reste pas moins que la suture du domaine Orocopia et les grands charriages sont bien névadiens.

## CONCLUSIONS

A sa limite sud le Colorado disparaît sous des nappes mises en place au Jurassique. Suivant les coupes ces nappes sont formées :

- de socle ancien avec sa couverture,
- de métamorphites dérivant de séries volcano-sédimentaires de type d'arc,
- ou de séries de mer marginale avec ophiolites.

Au-delà de ces unités en nappes se trouve un bloc montrant du Trias de type alpin (Hallstatt, Raibl), le premier bloc dépendant de Gondwana. D'autres observations ont montré qu'au Sud du Sonora ce premier bloc est à son tour séparé d'un autre bloc gondwanien par une suture et des ophiolites dont les équivalents latéraux en Basse Californie sont d'âge triasique. L'espace téthysien d'Amérique s'étend donc, au Nord, de la limite méridionale du Colorado jusqu'à la Colombie-Venezuela au Sud.

La structure de cette chaîne névadienne, que nous proposons d'appeler chaîne gilienne, est de type alpin, quoiqu'ici, au contraire des Alpes, ce ne sont pas les dépendances gondwaniennes qui chevauchent la Laurasia.

Nous devons noter ici que plusieurs des massifs mentionnés plus haut correspondent aux "metamorphic core complexes" de la littérature américaine. Leur allochtonie dans les cordillères de l'Ouest des Etats-Unis a déjà été envisagée (Aubouin et al., 1986). Il est implicite dans ce qui précède que les "metamorphic core complexes" du Sud-Ouest du Colorado, qui constituent les ensembles Whipple, Granite Wash-Harcuvar, Harquahala, Buckskin, Big Maria, Santa Catalina, Pinaleno, Magdalena, complexes mis au jour par la distension tertiaire (Coney, 1980), appartiennent aux nappes Trigo et Naco, quel que soit l'âge de leur granitisation toujours postérieure à leur charriage. Pour la genèse des complexes, une phase compressive nécessairement anté-tertiaire a déjà été invoquée (Shakel, 1988 ; Coney et Harms, 1984 ; Malavieille, 1987). Notre conclusion est que, pour l'essentiel, cette phase compressive est névadienne.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON T. & SILVER L. (1979).- The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora. *Geol. Soc. Amer., Ann. Meet., San Diego, Guidebook Fieldtrip Nr. 27*, pp. 59-68.
- ANDERSON T. & SCHMIDT V. (1983).- The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean sea region during Mesozoic time. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 14, pp. 941-966.

- ASMERON Y., ZARTMAN R., DAMON P. & SHAFIQUILLAH M. (1988).- U-Th-Pb zircon ages from Santa Rita Mountains, SE Arizona : implications for timing of Early Mesozoic magmatism. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 20, p. 140.
- AUBOUIN J., BLANCHET R., ROURE F. & TARDY M. (1986).- Traits généraux des cordillères de l'Ouest des Etats-Unis. *Bull. Soc. géol. France* (8), 2, pp. 741-754.
- BANKS N. (1980). - Geology of a zone of metamorphic core complexes in southeastern Arizona. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 153, pp. 177-215.
- BARTH A., TOSDAL R. & WOODEN J. (1988).- Characteristics and implications of Triassic and Jurassic granitoids in the San Gabriel, Mule and Trigo Mountains, Southern California and Southwestern Arizona. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 20, p. 141.
- BENDER E., ANDERSON J., WOODEN J., HOWARD K., MILLER C. & "COWPIE" (1988).- Correlation of 1.7 Ga granitoid plutonism in the lower Colorado River region. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 20, p. 142.
- BURCHFIEL B. & DAVIS G. (1985).- Structural style of the California portion of the Cordilleran foreland fold and thrust belt. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 17, p. 345.
- CALMUS T. & RADELLI L. (1987).- Mid-Cretaceous orogeny and Laramide event of Sonora and northern Baja California. *Bol. Depto Geologia Uni-Son*, 4, Nr. 1-2, p. 51-56.
- CONEY P. (1980).- Cordilleran metamorphic core complexes : an overview. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 153, pp. 7-31.
- CONEY P. & HARMS T. (1984).- Cordilleran metamorphic core complexes : Cenozoic extensional relics of Mesozoic compression. *Geology*, 12, pp. 550-554.
- DAVIS G., ANDERSON J., FROST E. & SHACKELFORD T. (1980).- Mylonitization and detachment faulting in the Whipple-Buckskin-Rawhide Mountains terrane, Southeastern California and Western Arizona. *Geol. Soc. Amer. Memoir*, 153, pp. 79-130.
- DREWES H. (1978).- The Cordilleran orogenic belt between Nevada and Chihuahua. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 89, pp. 641-657.
- HAMILTON W. (1982).- Structural evolution of the Big Maria Mountains, northeastern Riverside County, southeastern California. In : E.G. FROST et D.L. MARTIN (Editeurs), Anderson-Hamilton Volume. *Cordilleran Publ.*, San Diego, pp. 1-28.
- HAMILTON W., TOSDAL R., STONE P. & HAXEL G. (1987).- Mesozoic tectonics of southeastern California. *Geol. Soc. Amer., 100th Ann. Meet., Fieldtrip guidebook*, p. 337-350.
- HARDING L. & CONEY P. (1985).- The geology of the Mc Coy Mountains formation, southeastern California and southwestern Arizona. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 96, pp. 755-769.
- HARDY L. (1981).- Geology of the central Sierra de Santa Rosa, Sonora, Mexico. *Geol. Soc. Amer., Ann. Meet. Hermosillo*, pp. 73-98.
- HAXEL G., BUDAHN J., FRIES T., KING B., WHITE L. & ARUSCABAGE P. (1987).- Geochemistry of the Orocopia schist, southeastern California : summary. *Arizona Geol. Soc. Digest*, 18, pp. 49-64.
- HAYES P. & DREWES H. (1978).- Mesozoic depositional history of southeastern Arizona. *New Mexico Geol. Soc. Guidebook, 29th Field Conf.*, pp. 201-207.
- HOWARD K., JOHN B. & MILLER C. (1987).- Metamorphic core complexes, Mesozoic ductile thrusts and Cenozoic detachments : Old Woman Mountains - Chemehuevi Mountains transect, California and Arizona. *Geol. Soc. Amer., 100th Ann. Meet., Fieldtrip guidebook*, pp. 365-382.
- JANECK S. (1987).- Mesozoic and early-Tertiary structural history of the Geesaman Wash area, northeastern Catalina-Rincon metamorphic core complex. *Arizona Geol. Soc. Digest*, 18, pp.189-201.
- JOHN B. (1986).- Evidence for Late Mesozoic thrusting in the Chemehuevi Mountains area, southeastern California. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 18, pp. 122.
- KARISH C., MILLER E. & SUTTER J. (1987).- Mesozoic tectonic and magmatic history of the central Mojave Desert. *Arizona Geol. Soc. Digest*, 18, pp.15-32.
- KETNER K. (1986).- Eureka Quartzite in Mexico ? Tectonic implications. *Geology*, 14, pp. 1027-1030.
- KNAPP J. & HEIZLER M. (19688).-  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology of crystalline thrust nappes of the Late Cretaceous Maria fold and thrust belt, west-central Arizona. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 20, p. 173.
- LAUBACH S., REYNOLDS S. & SPENCER J. (1987).- Mesozoic stratigraphy of the Granite Wash Mountains, west-central Arizona. *Arizona Geol. Soc. Digest*, 18, pp. 91-100.
- MALAVIELLE J. (1987).- Kinematics of compressional and extensional ductile shearing deformation in a metamorphic core complex of the northeastern Basin and Range. *J. Struct. Geol.*, 9, pp. 541-554.
- MILLER E. & ANNIS D. (1988).- The Buckeye pluton : a Proterozoic (?) peraluminous two-mica granite. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 20, p. 216.
- MILLER E. & "COWPIE" (1988).- 2 B.y. of crustal evolution in the Old Woman Mountains region, eastern Mojave Desert, California : initial cowpie overview. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 20, p. 215.
- MORALES M.M. (1984).- Bosquejo geológico del cuadrángulo Estación Llano-Imuris. *Bol. Depto Geologia Uni-Son*, 1, pp. 25-49.
- MORRIS R., OKAYA D., FROST E. & MALIN P. (1986).- Base of the Orocopia schist as imaged on seismic reflection data in the Chocolate and Cargo Muchacho Mountains, region of SE California and the Sierra Pelona region near Palmdale, Calif. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 18, p. 160.

- PEIRCE H. (1985).- Arizona's backbone : the transition zone. *Arizona Bur. Geol. Min. Tech. Fieldnotes*, 15, pp. 1-6.
- RADELLI L. (1986).- An essay on the southern Basin and Range. *Bol. Depto Geologia Uni-Son*, 3, Nr. 1, p. 51-146.
- RADELLI L. (1988).- La nappe Olvidada et le sillon aptien-albien du Golfe de Californie, Mexique. *C.R. Acad. Sc. Paris* (II), 306, pp. 813-816.
- RADELLI L. & DESMONS J. (1987).- Pennique, Téthys et orogénèse crétacé moyen dans les Alpes. *C.R. Acad. Sc. Paris* (II), 305, pp. 1375-1378.
- RAMOS LOPEZ E. (1980).- Geología de México. *Geología de México.*, 2, 452 p., México.
- RANGIN C. (1982).- Contribution à l'étude géologique du système cordilléraire au Nord-Ouest du Mexique. *Thèse Univ. Pierre-et-Marie Curie*, 588 p.
- ROBINSON A. (1985).- Whole-rock strontium isotopic ages of Mesozoic plutons in the west Walker River area, east-central California. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 17, p. 404.
- ROURE F. & SOSSON M. (1986).- Late Jurassic collision between a composite exotic block and the North American continent : a model for the Cordillera building. *Bull. Soc. géol. France* (8), 2, pp. 945-959.
- SALAS G. (1968).- Areal geology and petrology of the igneous rocks of the Santa Anna region, northwest Sonora. *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, 31, pp. 11-63.
- SHAKEL D. (1988).- Rocks and structures in Santa Catalina Mountains (Arizona) ; fail to conform to popular extensional tectonics/detachment fault models for origin of "metamorphic core complexes". *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 20, p. 230.
- SORENSEN S. (1985).- Metamorphism of Jurassic, island-arc like basement rocks from the transverse ranges and southern California borderland. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 17, p. 410.
- STANLEY G. (1980).- Triassic carbonate buildups of western North America : comparisons with the Alpine Triassic of Europe. *Riv. Ital. Paleont.*, 85, pp. 877-894.
- STANLEY G. (1982).- Triassic carbonate development and reef-building in western North America. *Geol. Rundsch.*, 71, 1057-1075.
- STEWART J., McMENAMIN A. & MORALES-RAMIREZ J. (1984).- Upper Proterozoic and Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, Mexico - Physical stratigraphy, biostratigraphy, paleocurrent studies and regional relations. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 1309, 36 p.
- TOSDAL R., HAXEL G. & DILLON J. (1986).- Evidence for and tectonic implications of northeastward movement on the Chocolate Mountains thrust, SE California. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 18, p. 193.
- TOZER T. (1980).- Latest Triassic (upper Norian) ammonoid and Monotis faunas and correlations. *Riv. Ital. Paleont.*, 85, pp. 843-876.
- TOZER T. (1982).- Marine Triassic faunas of North America ; their significance for assessing plate and terrane movements. *Geol. Rundsch.*, 71, pp. 1077-1104.
- WALKER N., & MAY D. (1986).- U-Pb zircon ages from the SE San Gabriel Mountains, Ca. : evidence for Cretaceous metamorphism, plutonism and mylonitic deformation predating the Vincent thrust. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 18, p. 195.
- WOODEN J., MILLER D. & HOWARD K. (1988).- Early Proterozoic chronology of the eastern Mojave Desert. *Geol. Soc. Amer., Abstr. w. Progr.*, 20, p. 243.