

Cuadernos Geología Ibérica	Vol. 11	Págs. 57-81	Madrid, 1987
----------------------------	---------	-------------	--------------

APPROCHE GEODYNAMIQUE DU PERMIEN ET DU TRIAS
DES PYRENEES DANS LE CADRE DU SUD-OUEST EUROPEEN

POR
F. BIXEL ET C. LUCAS *

RESUMEN

Datos sobre magmatismo, sedimentología y tectónica nos llevaron a proponer esquemas de cuencas cruciformes (hemi-grabens) abiertos y superpuestos, después del Estefaniense, durante el Pérmico y el Trías.

Existen esquemas semejantes en varios tamaños y en varias regiones, en sitios de desgarres acompañados o no por vulcanismo. Los desgarres pudieron funcionar siendo episódicamente reactivados, con variaciones de velocidad y del lado de movimiento.

Dividimos los Pirineos en dos regiones según la geometría de las unidades magmáticas y sedimentarias:

— *una provincia occidental*, de Vizcaya al Pirineo de Lérida, con tres orientaciones de cuencas y tres de los cinco episodios volcánicos reconocidos en los Pirineos:

1) hemi-grabens con anchura kilométrica y orientación NO-SE, vulcanismo ácido de origen probablemente costral y vulcanismo básico calco-alcalino durante el Estefaniense;

2) hemi-grabens con anchura de unos kilómetros y orientaciones NNE-SSO, con vulcanismo alcalino contaminado (al límite entre la Unidad Roja Inferior y la Unidad Roja Superior) y vulcanismo alcalino básico (entre Pérmico y Trías).

* Département de Géologie-Pétrologie, Géologie Structurale et Tectonophysique, Université P. Sabatier, 38, Rue des Trente-Six-Ponts, 31400 TOULOUSE (France).

— *una provincia oriental*, Sierra del Cadi-Mediterráneo, con tres orientaciones de cuencas y todos los cinco episodios volcánicos:

1) hemi-grabens estefanienses NE-SO, con anchura kilométrica y vulcanismo semejante al de la provincia occidental;

2) hemi-grabens pérmicos E-O y NO-SE con anchura decakilométrica. Se identifican cuatro episodios volcánicos de un magma ácido crustal y uno o varios magmas básicos.

Las tres orientaciones de las cuencas orientales se parecen a las tres orientaciones occidentales frente a un espejo NNW-SSE localizado según la falla actual del Adour.

Esa bipartición estructural parece inscribirse en un conjunto geotectónico de grandes desgarres que tienen las siguientes mayores orientaciones:

— una orientación paralela al eje actual de la Cordillera y de la *Falla Norte Pirenaica para la provincia occidental*;

— una orientación cerca de NE-SO, paralela al valle del Têt, para la provincia oriental.

Nos parece conveniente extender esa geometría a Cerdeña, Córcega y Esterel. Se integra también a una cinemática coherente en escala del Suroeste de Europa.

Datos de mecánica experimental apoyan los esquemas propuestos, con base de cizallamiento transcurrente. La apertura sucesiva de las ramas cruzadas tuvo lugar después de la inversión del sentido del cizallamiento al final del Estefaniense.

ABSTRACT

Magmatic, sedimentological and structural data lead us to interpret the Stephanian, Permian and Triassic grabens as forming originally crossed structures. Similar patterns have been recognized not only in the Pyrenees but also in other areas where open fractures developed with or without volcanism, at various scales. These fractures may have been episodically reactivated during post-dating regional strike-slip movements with various rates and senses of motion.

Two arrangements may be recognized in the Pyrenees:

— A «western» scheme, from the Atlantic to the Lerida region, with three major trends for the basins and three of the five volcanic episodes (pulses?)»

1. NW-SE trending troughs with a width of about one kilometre, including an acidic volcanism, probably of crustal origin, and a basic calco-alkaline volcanism during the Stephanian.

2. Several kilometres wide troughs with NNE-SSW and ENE-WSW trends, with a contaminated alkaline volcanism (at the boundary between the two Permian detrital series) and a basic alkaline volcanism (at the boundary between the Permian and the Trias).

— An «eastern» scheme from the Sierra del Cadi to the Mediterranean sea, with three differing major trends of the basins and all the five volcanic episodes:

1. NE-SW trending Stephanian troughs, with a width of about one kilometre, and the same volcanisms as in the western area.

2. E-W and NW-SE trending Permian troughs with a width of about 10 km. and where four volcanic episodes, deriving from an acidic crustal magma and one or several basic magmas, have been recognized.

The three major trends of the eastern basins are the mirror image of those of the major western trends with respect to the present Adour fault.

This double structural arrangement seems to be interpreted in a geotectonic setting involving large scale strike-slip faults with two major trends:

— A trend parallel to the present trend of the Pyrenees and of the North Pyrenean Fault for the Western Pyrenees.

— A trend close to NE-SW, parallel to the Tet valley, for the Eastern Pyrenees.

The application of this model to Sardinia, Corsica and Esterel seems then attractive to us. It should be also consistent with a coherent kinematic scheme for the South-western Europe.

Scaled model experiments of finite transcurrent shearing have allowed to duplicate deposition structures similar to sedimentary structures observed in the field, in various sedimentary basins (Figure from SOULA, LUCAS, BESSIERE, 1979).

INTRODUCTION

Cette étude fait état des données sédimentologiques, tectoniques et volcaniques obtenues notamment lors d'un travail réalisé d'abord

avec F. BIXEL et LUCAS, 1983) et des conclusions générales des thèses des auteurs (F. B., 1984; C. L., 1985).

Diverses collaborations ont permis d'étayer plusieurs volets de cette étude, en stratigraphie avec J. BROUTIN, par le paléomagnétisme avec J. J. SCHOTT, par la tectonique et la discussion avec M. CLIN et avec J. C. SOULA. La confrontation avec la géomorphologie de bassins intramontagneux récents a été réalisée avec G. HERAIL (HERAIL et LUCAS, 1983).

Dans le cadre de l'A.T.P. Géodynamique II, I.N.A.G., menée par J. C. SOULA, ont participé au développement de l'outil expérimental, et à la confrontation avec des exemples de terrain, G. BESSIERE, F. BIXEL, J. GISBERT (Université de Zaragoza, España), C. LUCAS, P. VIALLARD. R. CURNELLE (Mission Exploration France à la S.N. Elf-Aquitaine à Boussens) a coordonné la participation de sa Société à ce programme. Nos travaux, associés à ceux réalisés sur des bassins stéphaniens à triasiques, ont été considérés dans un cadre cinématique expérimental et les bassins étudiés ont été situés dans la dynamique crustale du Sud-Ouest de l'Europe.

Les conclusions détaillées concernant le volcanisme figurent dans la thèse de F. BIXEL (1984).

I. DONNEES VOLCANO-STRUCTURALES

Les cinq épisodes volcaniques stéphano-permiens (F. BIXEL, supra), de par la géométrie et la position stratigraphique de leurs diverses manifestations, apportent des renseignements sur la structure et sur l'orientation des fossés d'effondrement contemporains.

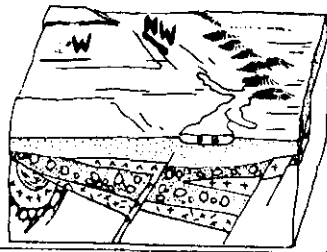
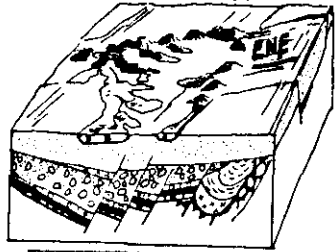
Ces caractéristiques de surface ou de sub-surface sont imprimées par le régime tectonique contemporain de leur mise en place. Ainsi apparaissent des corps intrusifs et extrusifs orientés, dont les directions d'allongement sont parallèles aux fractures d'extension et de Riedel. C'est le cas :

- du réseau filonien stéphaniens en Aragon et Béarn, épisode 1;
- des dykes et des alignements de caldeiras, autunien basal du Cadi, épisode 2;

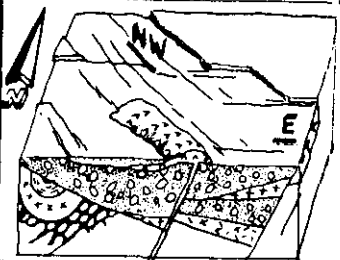
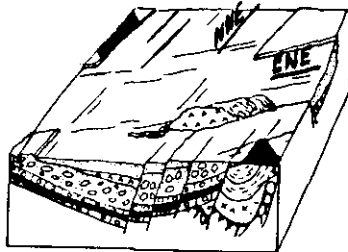
FIG. 1.—Orientaciones de las cuencas Estefanienses, pérmicas y triásicas de los Pirineos. Dos provincias existen, una provincia occidental con hemi-grabens estefaniense NO-SE, hemi-grabens pérmicos NNE-SSO y ENE-OSO. La última orientación funcionará para los drenajes triásicos principales. Una provincia oriental con hemi-grabens estefaniense NE-SO, hemi-grabens pérmicos E-O y NO-SE.

*Pyrénées occidentales
et centrales*

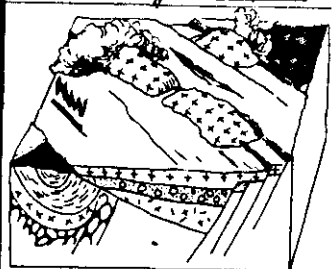
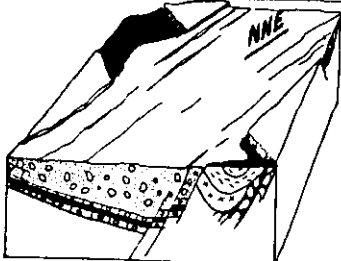
Pyrénées orientales



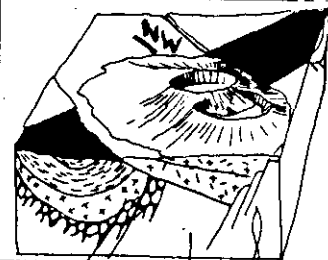
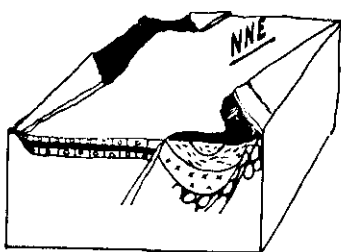
*Saxono-Thurin
Gien et Hettangien*



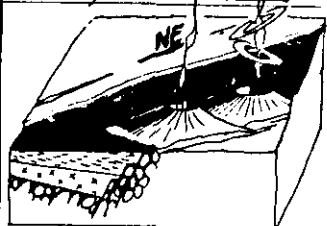
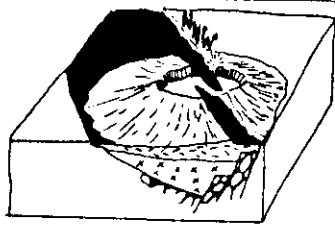
Saxonien



Autumien



Autumien basal



Stephanien

- des dômes rhyolitiques de la Sierra del Cadi, épisode 3;
- des dykes de l'Anayet et de Fontfreda, épisode 4, et
- des filons du Pays Basque, épisode 5.

A l'information apportée par ces objets linéaires, il faut ajouter les informations apportées par les objets stratiformes tels que les coulées et les ignimbrites.

Une éruption volcanique, déposant des matériaux de façon synchrone sur toute l'étendue d'un bassin de la dimension des fossés stéphaniens à triasique des Pyrénées, permet d'évaluer la puissance et la répartition des épaisseurs des dépôts antérieurs à l'éruption. C'est notamment le cas en Aragon et Béarn où les coulées de l'épisode 4 révèlent la structure en demi-graben (C. LUCAS, supra.; BIXEL et LUCAS, 1983; BIXEL, 1984).

II. DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES ET GEOMORPHOLOGIQUES

Ainsi qu'on l'observe dans les systèmes de remplissages de bassins intramontagneux on peut distinguer, à chaque stade de l'évolution des bassins pyrénéens, entre le Stéphaniens et le Trias, des accumulations sédimentaires latérales, glacis ou cônes, et des dépôts longitudinaux, d'axe principal de drainage (Figure 2 c). En règle générale, les écoulements avaient une faible sinuosité à cette époque, quelle que soit la région (LUCAS, 1977; RAMOS y SOPEÑA, 1983; BLAKEY and GUBITOSA, 1984; JONES and RUST, 1983; MADER et TEYSSEN, 1984). Pour une même région l'homogénéité des directions des paléo-écoulements tend à démontrer un *contrôle tectonique* de ces directions. Suivant les périodes, l'essentiel du volume sédimentaire était soit d'origine latérale proche (au Permien surtout), soit assuré par le colmatage longitudinal avec des matériaux de provenance plus lointaine et pétrographiquement plus évolués (au Trias surtout).

Les bassins avaient des dimensions simplement kilométriques à décakilométriques et étaient encore essentiellement encastrés dans leur environnement structural varisque.

Une activité tectonique localement intense est perceptible avec les dépôts rouges, les dépôts bréchiqes A0 et A1 particulièrement (Figure 4 C. LUCAS), et les rapports entre cette activité et les formes des corps sédimentaires sont plus apparents.

1. Distribution régionale des faciès

- *Dépôts de versants, glacis d'accumulation* (1 Fig. 4, LUCAS).

De quelques mètres à plusieurs centaines de mètres de dépôts bréchiques jalonnent des zones hautes. Les mieux conservés, atteignant 700 mètres d'épaisseur (Formation de Coume Vieille, LUCAS, 1977 et tableau) se trouvent dans les Pyrénées centrales. Ils occupent le bord d'un demi-graben (Fossé d'Aure), d'abord alimenté depuis l'Ouest, sous forme de cônes de débris mis en place avec un rapport eau/débris faible. On ne trouve pas trace d'un réseau hydrographique ni de rudiments de séquences, mais seulement des venues éphémères de matériaux sablo-limoneux, à charge moindre, délimitant des prismes de débris grossiers mais sans forte hétérométrie des éléments.

Ce lithofaciès ne se rencontre, beaucoup plus modeste cependant, qu'à proximité de déchirures importantes, à jeu permien et postérieur aussi: à l'Est, près de Rivesaltes à Baixas, et l'Ouest sur le bord oriental du fossé de Bidarray. A Baixas la déchirure, d'orientation E-W, est précisée par la présence de volcanites rhyolitiques associées aux brèches rouges.

En vallée d'Aure, dans la coupe de Camous, les mesures paléomagnétiques ont contribué à souligner la pente des cônes de débris de Coume Vieille (SCHOTT, 1985). En accord avec la morphologie et les orientations des accumulations bréchiques et gréseuses on restitue une pente initiale; les dépôts fluviatiles triasiques occupant, du côté est, la partie basse du fossé.

La répartition des dépôts de torrents, de coulées boueuses, de playas et fluviatiles des drains importants présente un sens de migration apparent dans les bassins bien conservés.

— Dépôts fluviatiles de faible sinuosité

Le principal intérêt de ces dépôts, bien développés dans le Trias (Carnien-Norien) du Fossé de Bidarray, et présents aussi dans la Haute Chaîne des Pyrénées centrales, est morpho-structural. Ils permettent en effet d'identifier la direction de l'axe longitudinal du drainage de plusieurs bassins (NE-SW à N-S) avec écoulements vers le Sud à Sud-Ouest (LUCAS, 1977). Cette direction est apparue déjà par la géométrie du volcanisme permien, se superposant à l'ouverture NNE-SSW manifestée avec les premiers épandages permien, réalisant ainsi un dispositif cruciforme des bassins.

Le rôle structural ultérieur d'une direction voisine de NE-SW dans la dynamique de l'édifice pyrénéen a été particulièrement souligné dans l'interprétation de SOUQUET *et al.* (1977).

En Aquitaine aussi, un dispositif morphologique comparable, à demi-grabens NE-SW, fut mis en évidence par les isopaches de bassins triasiques (CURNELLE, 1983). Sur la bordure nord-aquitaine GRIG-

NAC (1983) observa aussi, avec cette direction, une polarité méridionale des paléocourants.

Dans les trois fossés de la moitié occidentale des Pyrénées l'*asymétrie* est ainsi distribuée de l'Ouest vers l'Est:

1. *Le Fossé de Bidarray a son escarpement situé au bord ouest,*
2. *Le Fossé du Haut Aragon et Béarn a son escarpement situé au bord est, dominé par les appareils volcaniques d'Ossau et d'Anayet,*
3. *Le fossé d'Aure a son escarpement situé au bord ouest.*

III. ORGANISATION REGIONALE DES BASSINS

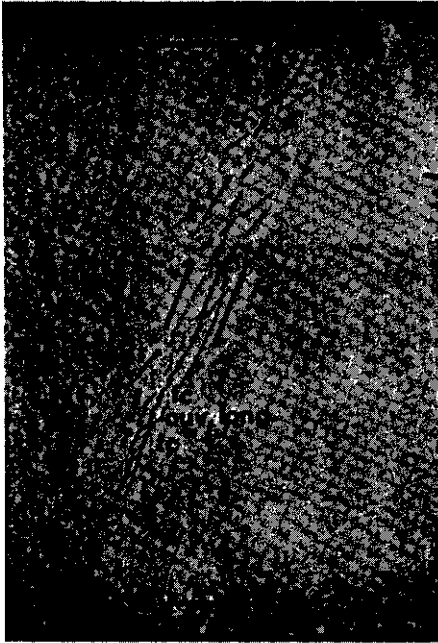
Les données du magmatisme, de la tectonique et de la sédimentation brièvement résumées ici, et qui ont été exposées par ailleurs, montrent que l'organisation des fossés stéphaniens, permien et triasiques pyrénéens dépasse largement le cadre de la Chaîne.

Une logique mécanique est apparue, notamment avec l'appui de modèles expérimentaux, et l'extrapolation à l'échelle de la tectonique européenne tardivarisque peut être abordée aussi avec le maillon pyrénéen.

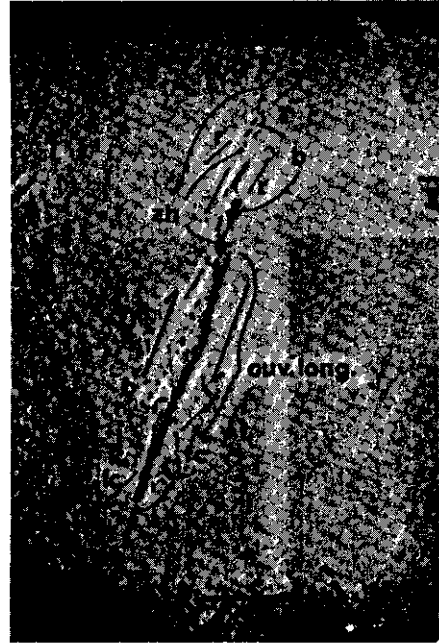
III.1. BASES EXPÉRIMENTALES DE LA GENÈSE DE BASSINS SÉDIMENTAIRES EN RÉGIME DE CISAILLEMENT TRANSCURRENT

Le modèle expérimental qui, parmi différents modèles, nous a servi de base dès 1977 présente le maximum d'analogies avec l'organisation des dépôts permien et triasiques du fossé d'Aure. Du modèle réduit (figure 2c) au Fossé d'Aure (LUCAS, 1980) le lien était très apparent et la confrontation avec un bassin plus complexe, de même âge, en

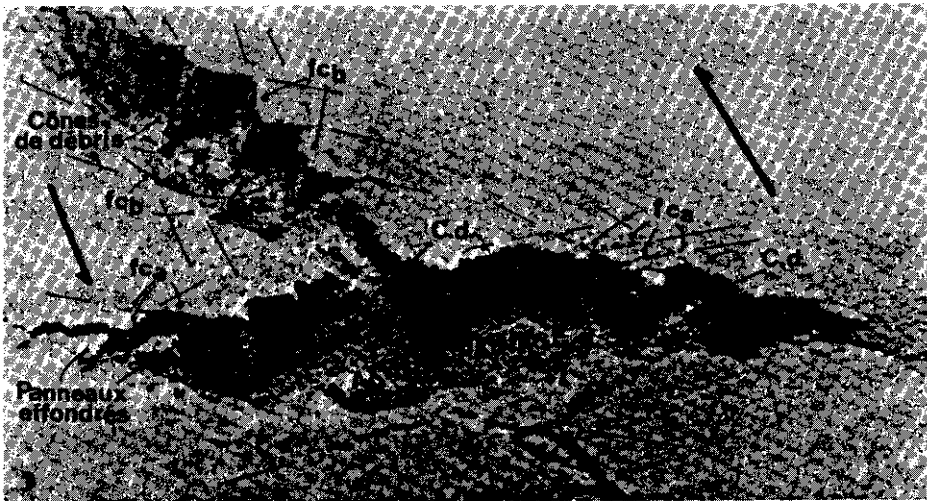
FIG. 2.—*Datos experimentales de modelos reducidos con dos capas (substrato deplasticina y capa de arena muy fina) según SOULA (1984). a) y b) Apertura de una fractura en el campo de estrechamiento: un cizallamiento de sentido contrario al del cizallamiento mayor produce primero fracturas de Riedel (r y r') y una apertura longitudinal más larga (ouv. long.). Nuevas fracturas (fc) forman, con las de Riedel, un sistema conjugado cuya bisectriz aguda es orientada según el eje de la cuenca. Cuencas menores (b) se elaboran con el deslizamiento de prismos losangicos. Las fallas normales están aquí más importantes que los desgarres. c) Creación de una cuenca experimental con capa de arena menos compacta que en a) y b). Las fallas normales verticales que se forman (fca y fcb) tienen como plan axial el que contiene el eje de la cuenca. Aquí hay cuencas cruzadas según el juego de fallas heredadas de orientación A.Dge b y Axe drainage a. Después de las intersecciones fca/fcb se forman los conos de debris (C.D.) laterales. Podrán también formar olistolitos en sedimentos posteriores.*



a



b



c

Pays Basque (SOULA, LUCAS, BESSIERE, 1979) contribua à démontrer l'intérêt de la démarche.

La description détaillée des types de modèles réalisés fut donnée par SOULA (1984).

Le principal modèle concernant notre étude est un *modèle bi-couches* dont le socle est constitué d'une couche épaisse ductile fracturée afin d'enregistrer le comportement de la fracturation héritée du cycle hercynien. Par obligation de simplification dans un premier temps la composition de ce socle fut homogène alors que les auteurs ont conscience du rôle d'anisotropies liées aux différents corps de la lithosphère.

Une couverture pulvérulente (grès broyé) représente un revêtement sédimentaire ou un régolithe.

Un cisaillement de sens inverse du cisaillement-maître se marque d'abord par des fractures de Riedel r et r' et une ouverture longitudinale plus étendue (ouv. long.) au centre, figure 2a-b. Dans cette zone d'ouverture longitudinale se développent de nouvelles fractures (fc) qui forment avec les fractures de Riedel principales un système conjugué qui a pour bissectrice aigüe la discontinuité initiale (effet de la composante de raccourcissement parallèle à la discontinuité initiale). Les ouvertures, zone d'ouverture longitudinale et bassins mineurs «b», se marquent par l'effondrement de panneaux losangiques. Le jeu normal est ici plus important que le jeu en décrochement (les «stries» seront verticales).

Dans la figure 2c on observe la formation d'un bassin expérimental dans les mêmes conditions mais avec une couverture de moindre cohésion. On y remarque la formation de failles normales verticales admettant la direction des discontinuités (du grand axe des bassins) pour plan axial (ca et fcb), de cônes de débris latéraux (cd), dont la localisation est contrôlée par les failles conjuguées. Ces cônes s'étalent vers l'axe de drainage des bassins; des panneaux losangiques effondrés pourront être recouverts par d'autres débris et donner des olistolithes.

Un autre apport expérimental peut fournir une explication à la répartition des asymétries de bassins et, au-delà, à la localisation d'anciens accidents :

La figure 3 montre l'effet du cisaillement selon une fracture de Riedel avec formation d'une zone haute et d'un décalage vertical aux extrémités de la fracture. Une seule fracture est représentée, pour la clarté du schéma.

a) Modèle expérimental; le décalage vertical est exagéré.

b) Après effet de l'érosion, à chaque extrémité de la fracture l'érosion est plus importante sur la demi-compartiment élevé est c'est

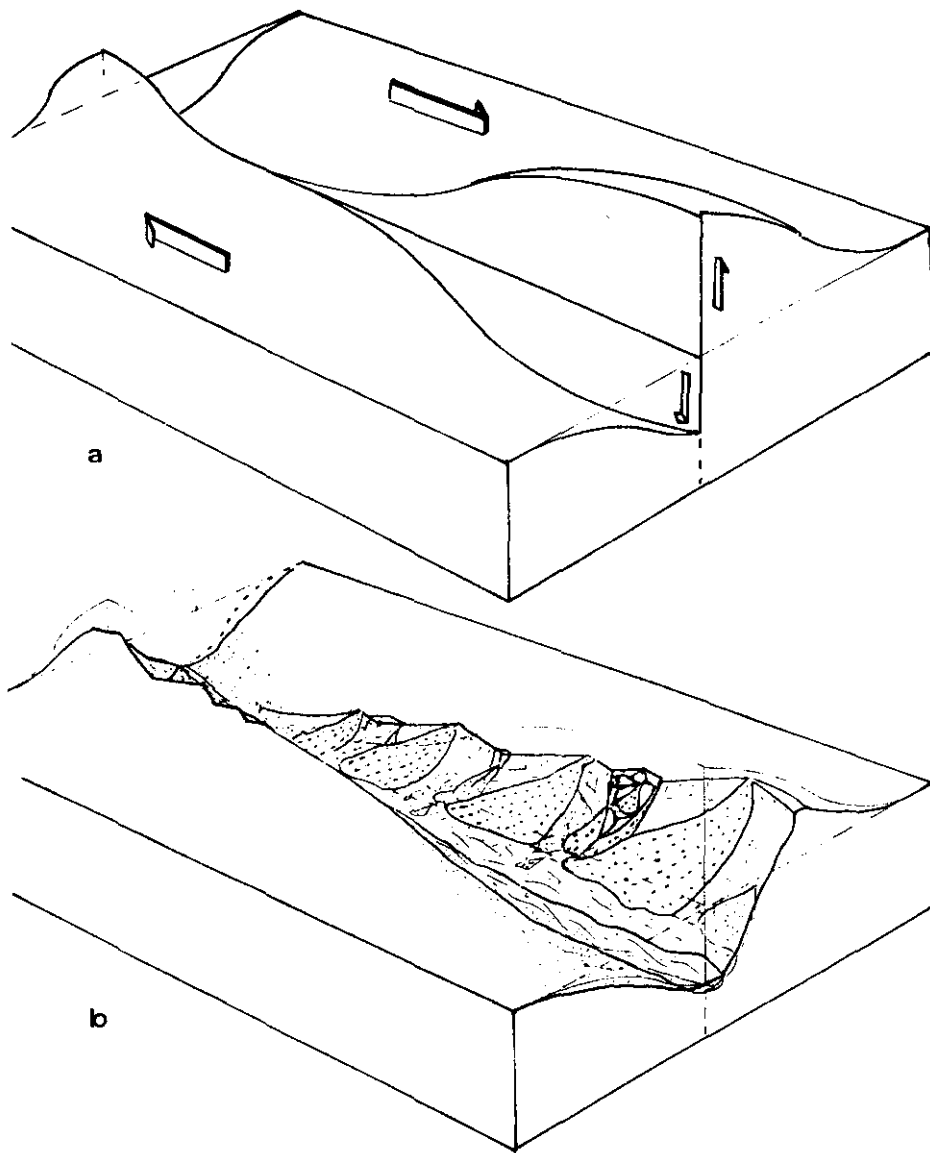


FIG. 3.—Un cizallamiento según una fractura de Riedel produce dos zonas altas en las extremidades de la fractura, con asimetría inversa. a) Denivelación más importante que en la realidad. b) Después de la erosión se ven los abanicos aluviales laterales más importantes cerca de las extremidades de la fractura y con asimetría inversa.

là que sont localisés les principaux cônes alluviaux latéraux. En allant vers l'autre extrémité de la fracture la dissymétrie s'inversera.

Un tel modèle fut proposé pour le bassin stéphanien de Carmaux (DELSAHUT, 1981) mais on peut envisager aussi de *le proposer à d'autres échelles*. Ainsi pourrait-on expliquer les inversions d'asymétrie des fossés du Béarn et d'Aure, d'Aure et des Pyrénées de Lérida et reconstituer alors l'image des anciennes fractures de Riedel à cette échelle (figure 4).

Un troisième élément de réflexion et d'interprétation nous est fourni par les structures obtenues avec un *modèle monocouche* fait de poudre de grès. La progression du cisaillement se marque par l'écartement des limites des creux («pull-apart») et, corrélativement, par un raccourcissement entraînant une compression dans les intervalles entre les fractures aboutissant à la formation des zones hautes. Les bassins se forment par interférence entre les différentes fractures de Riedel. *Des chevauchements* sont bien marqués en raison de la stratification du matériel, déterminant des écaillés d'une géométrie semblable à celles de structures naturelles. Dans certains cas, des blocs détachés des écaillés peuvent même tomber dans les creux (olistolithes), et dans d'autres, au cours du cisaillement, des écaillés peuvent même recouvrir un bassins.

L'application aux bassins triasiques est très séduisante car elle rappelle, pour le Pays Basque par exemple ce que LAMARE (1934, 1952) évoquait sur le rôle des cisaillements profonds et sur la «structure en glaçons». Elle rendrait ainsi logique l'anomalie stratigraphique notée dans le Fossé de Bidarray (p. c.l.), inversion géométrique entre Ladinien et Carnien-Norien (C. LUCAS).

II.2. INTERPRÉTATION À L'ÉCHELLE RÉGIONALE

Pour le *Permien*, il semble raisonnable d'admettre que l'on a l'amorce d'un nouveau cycle tectonique, conduisant à l'ouverture de l'Atlantique. Les structures du Nord-Ouest européen présentées par ZIEGLER (1982) possèdent, en plus grandes dimensions souvent (avec un rapport qui peut atteindre 10), une géométrie et des orientations comparables à celles que nous décrivons dans les Pyrénées.

Dans le domaine catalo-alpin les fossés d'effondrement de dimensions relativement modestes doivent se greffer sur des structures majeures, plus vastes, à l'échelle de celles du NW de l'Europe mais n'ayant pas forcément la même orientation que les fossés décakilométriques. Le rift d'orientation NE-SW suggéré par VELLUTINI (1977) possède une orientation conforme aux actuelles failles de Nîmes et

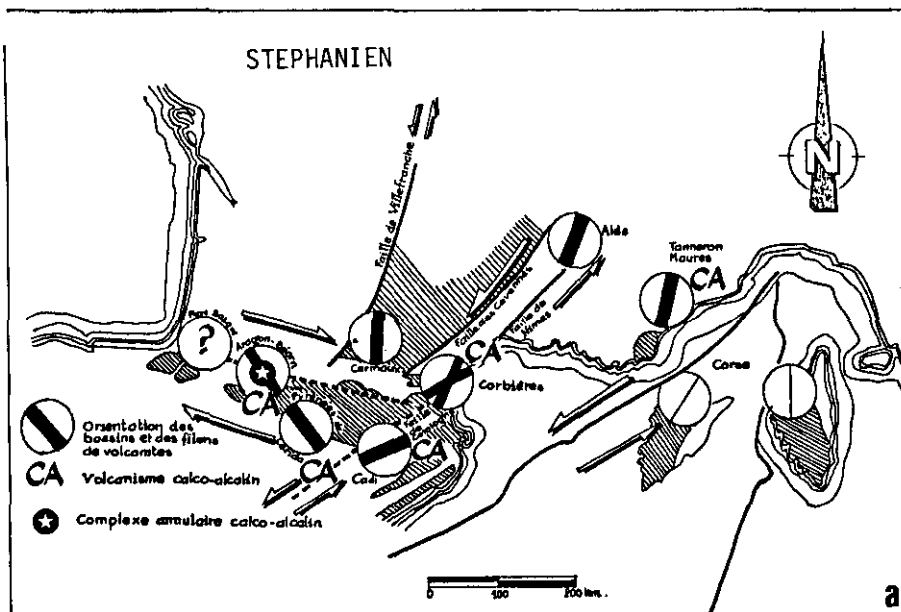
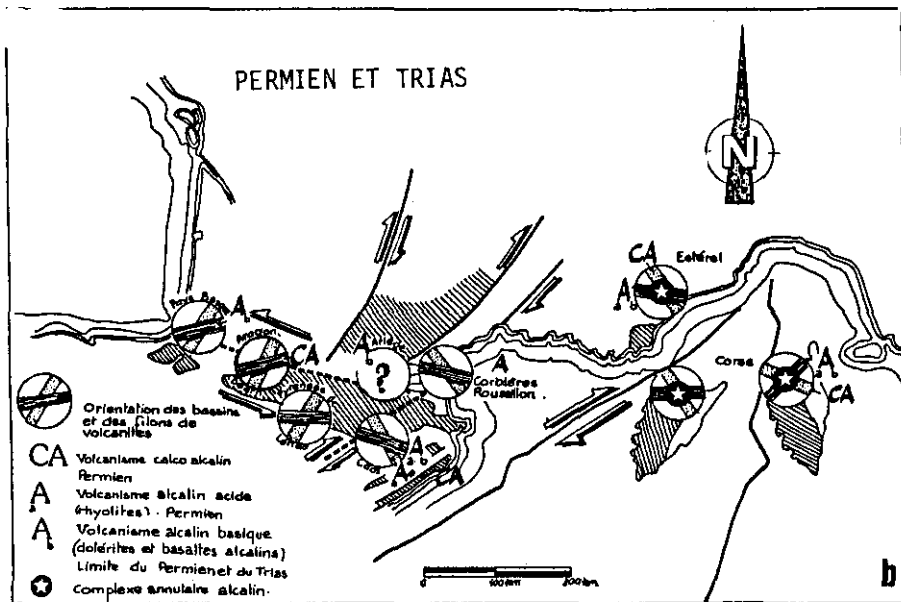


FIG. 4.—Orientaciones y sentidos de juego de la fracturación tardivarisca en los Pirineos: — durante el Estefaniense; — durante Pérmico y Triás. La inversión ocurrió en el Estefaniense-Autuniense. En la zona occidental hubo desgarre mayor según la protofalla norte pirenaica y en la zona oriental hubo desgarre mayor en la zona de rift catalo-alpino.

de Catalogne, mais disconforme par rapport aux orientations de bassins observées de la Catalogne à la Provence et au bloc corso-sarde. Cette disposition peut s'expliquer par la présence d'une composante cisailante dextre le long de cette zone de distension (figure 4b).

Une situation analogue se rencontre dans les Pyrénées centrales et occidentales où les orientations de bassins sont obliques par rapport aux failles E-W, future Faille Nord-Pyrénéenne, et NW-SE direction de l'actuelle Faille de l'Adour. Suivant ce schéma on aurait *deux zones pyrénéennes*, une zone de décrochement occidentale sub-parallèle à l'actuelle Faille Nord-Pyrénéenne et une zone de décrochement orientale sub-parallèle à l'actuelle faille de Catalogne, parallèle au rift présumé se développant entre la Catalogne et les Alpes.

Sur la zone de distension NE-SW se placent tous les grands complexes annulaires permien à matériaux alcalins acides, dont les dimensions (20, 30 km. de diamètre) sont bien plus importantes que celles du cauldron stéphanien d'Ossau (5 à 7 km. de diamètre).

La position de ces complexes annulaires est elle-même remarquable, puisque sur le lieu de ces structures on trouve la superposition cruciforme de fossés stéphaniens, autuniens et permien, comme si l'ascension crustale de ces magmas acides avait été facilitée aux lieux d'intersection des faisceaux de failles stéphaniennes et permien, constituant un réseau cruciforme matérialisé en surface par les fossés d'effondrement (figure 1).

Ainsi, ce domaine de distension crustale à ouverture NE-SW et composante cisailante dextre s'est manifesté au Permien des Alpes à la Catalogne.

Dans le domaine des Pyrénées centrales et occidentales l'absence de volcanisme acide alcalin, épisode 3, et les orientations structurales différentes indiquent que l'on est dans un domaine géotectonique différent.

La présence de granites alcalins permien à l'Ouest de la plaque ibérique et de complexes annulaires en Nouvelle Angleterre (zone de distension proto-atlantique) peut signifier que les failles Nord-Pyrénéenne et de l'Adour se trouvaient déjà dans une zone transformante, entre la zone portugaise et la zone catalo-alpine. On se rapprocherait là du rôle triasique de la «transformante de Biscaye-Baffin», selon CURNELLE (1983), le schéma permien étant le prélude du schéma triasique.

En ce qui concerne le *schéma stéphanien*, d'après nos observations, il semble que les décrochements soient les mêmes que ceux du Permien (failles nord-pyrénéenne, de l'Adour et de Catalogne, figure 4a), mais ils auraient joué en sens inverse. En prenant comme hypothèse un régime général compressif pour le Stéphanien, avec une contrainte

maximale approximativement N-S, il doit se produire un mouvement de failles dans le sens observé sur le terrain (coulissage dextre sub-parallèle à la chaîne actuelle et coulissage senestre sub-parallèle à l'actuelle faille de Catalogne).

Ainsi arrive-t-on à un schéma tectonique quelque peu différent de celui d'ARTHAUD et de MATTE (1975, 1976) puisque nous situons l'inversion du décrochement pyrénéen entre le Stéphanien et le Permien inférieur, alors que ces auteurs le situaient après le Permien (figure 5).

IV. INTERPRETATION DYNAMIQUE DANS LE CADRE DU SUD-OUEST DE L'EUROPE

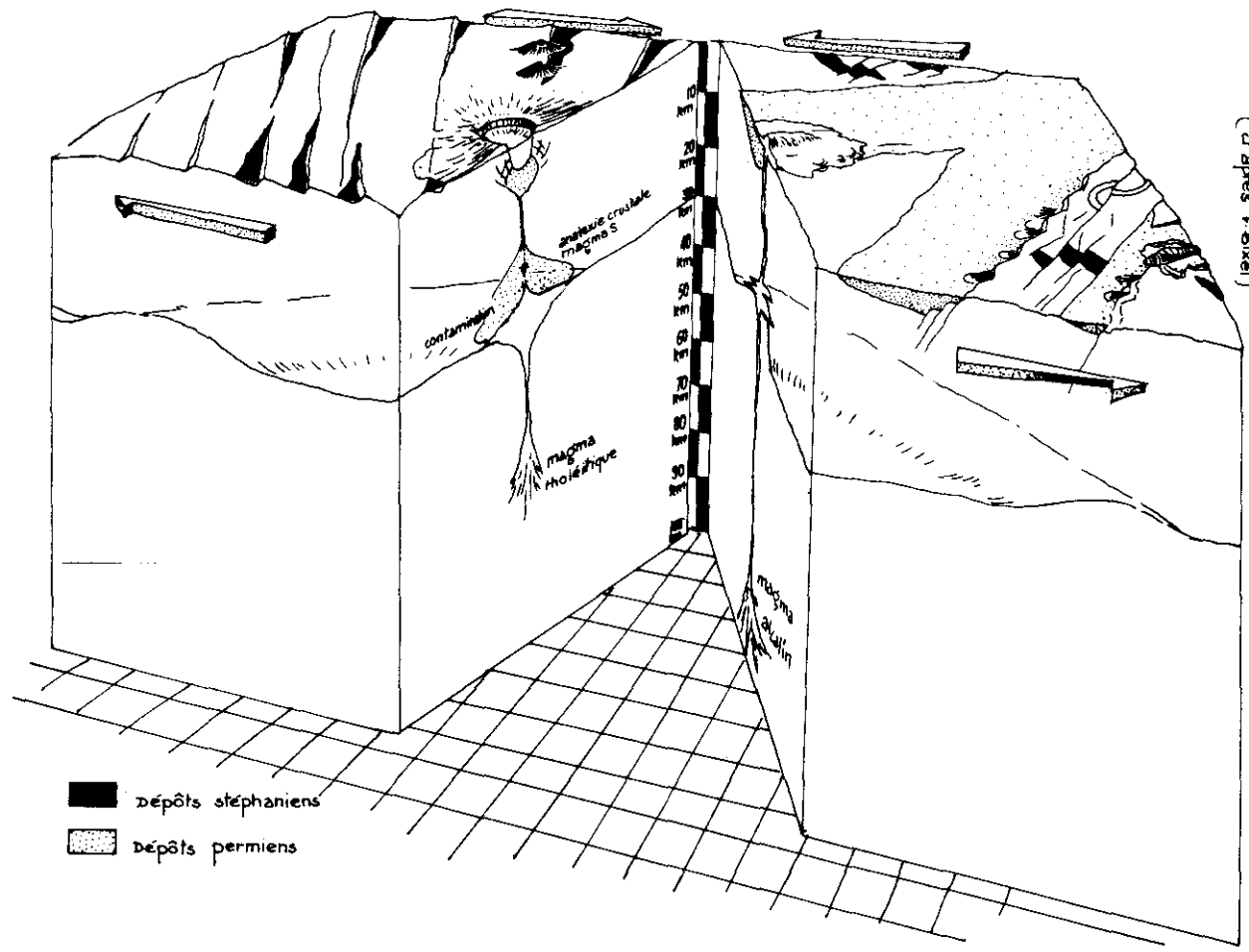
Les schémas cruciformes d'orientation de grabens et de phénomènes magmatiques ne semblent pas être exclusifs aux Pyrénées, puisque de tels dispositifs existent aussi dans l'Estérel, en Corse et en Sardaigne à la même époque. C'est aussi l'image que donne la rupture de la Pangée telle que la fait ressortir la carte palinspastique de ZIEGLER (1982) pour le Permien. On en trouve enfin une illustration plus évidente dans des secteurs actuellement instables, bassins cénozoïques de l'Ouest des Etats-Unis, fossés très volcanisés d'Afar central etc...

Le domaine provençal (Estérel)

Peu ou pas affecté par les orogénèses alpine et pyrénéenne, l'Estérel, à échelle cartographique, montre trois directions de bassins tardi-varisques. On y trouve deux bassins stéphaniens d'orientation NNE-SSW, l'un dans le Tanneron, et l'autre dans les Maures; et deux orientations permienues, une orientation NW-SE dans le dôme de l'Avellan et une orientation E-W, majeure, contemporaine du cauldron de l'Estérel (BOUCARUT, 1971; TOUTIN, 1980). Ce dispositif à trois branches, une stéphanienne et deux permienues, est similaire au dispositif des Pyrénées orientales où les directions sont identiques, NNE-SSW à NE-SW pour le Stéphanien et NW-SE et EW pour le Permien.

Le magmatisme des Pyrénées orientales possède également des points de ressemblance avec le magmatisme de l'Estérel étudié par BORDET (1951) et par BOUCART (1971).

Ces similitudes entre Provence et Catalogne-Languedoc peuvent laisser supposer que ces deux zones se situaient dans une même unité géotectonique, apparemment différente de celle des Pyrénées occidentales.



Le domaine Corso-sarde

Le niveau d'érosion actuel de la Corte est tel que les remplissages terrigènes permians ont disparu; ne subsistent que les volcanites subsidentes des caldeiras, ou les structures profondes des réservoirs de cauldrons (VELLUTINI, 1977; BONIN, 1980 et 82), hormis les volcanites autuniennes de la vallée du Fango qui sont associées à une structure d'effondrement en graben.

Un dispositif cruciforme est également visible à partir de la cartographie des granitoïdes: MARRE et ROSSI (1980) avaient défini une structuration orthogonale avec antériorité des intrusions de roches des groupes GI, GIIa et GIIb, de directions SE-NW, par rapport aux granites leucocrates GIII d'orientation NE-SW.

Sur le plan magmatique, VELLUTINI a mis en évidence deux cycles; un premier cycle calco-alkalin (vallée du Fango) allant des andésites aux rhyolites calco-alkalines à grenat almandin: ces dernières présentent des figures réactionnelles de sanidines ceinturées par des plagioclases. Ce pourrait être l'équivalent du volcanisme autunien du Cadi central, 2ème épisode.

L'âge autunien de ce premier cycle a été déterminé grâce à la macroflore des intercalations cinéritiques.

Un deuxième cycle, alcalin, à prédominance acide, constitue le remplissage effusif des caldeiras du Cinto et de la Scandola et les masses plutoniques des réservoirs des cauldrons de Cinto, Cauro-Bastelica, Tola-Bavela. Ce sont pour l'essentiel des granites alcalins formant une lignée hyperalumineuse et une lignée hyperalcaline comme l'a montré BONIN. Ce deuxième cycle magmatique des complexes annulaires semble être l'équivalent des rhyolites hyperalumineuses et hyperalcalines des Pyrénées orientales.

Un dernier cycle magmatique, non étudié par les auteurs sus-cités, est constitué par des filons et des dykes de dolérites alcalines; ce pourrait être l'équivalent des basaltes alcalins qui dans les Pyrénées traversent la Série Rouge Inférieure. On aurait là l'équivalent des épisodes pyrénéens 2, 3 et 5.

Les orientations structurales permianes de Corse sont de deux types, une orientation autunienne NW-SE déterminée par les volcanites du Fango et une orientation NE-SW à ENE-WSW, post-autunienne, déterminée par l'élongation de la caldeira du Cinto et des complexes annulaires et les filons doléritiques, ce qui conduit également à un

FIG. 5.—Evolución magmática y tectónica en el Estefaniense (cizallamiento mayor E-O dextral) y en el Pérmico (cizallamiento mayor E-O senestral) de los altos valles de Ossau (Béarn, Francia) y de Anayet (Aragón, España).

schéma structural cruciforme. Ces orientations ne peuvent pas être comparées à celles propres à l'unité provenço-catalane du fait de la rotation ultérieure du bloc corso-sarde.

En tenant compte de la rotation anti-horarie d'une trentaine de degrés du bloc corso-sarde (ARTHAUD, MATTE, 1975-77; MATTAUER, 1973; WESTPHAL, 1973-77) (figure 4), les deux directions actuelles majeures, NW-SE stéphano-autunienne et NE-SW à ENE-WSW pour le Permien moyen, redeviennent respectivement des orientations N-S à NNE-SSW pour le Stéphano-Autunien et E-W pour le Permien moyen à supérieur; ceci est conforme à ce que l'on trouve dans l'Estérel et dans les Pyrénées orientales. On arrive ainsi à l'image d'un ensemble stéphano-permien, incluant la Provence, le bloc corso-sarde et les Pyrénées orientales, unité au sein de laquelle les mouvements décrochants tardi-varisques ont eu des effets comparables.

Cette image fut déjà obtenue par BAUD *et al.* (1977) à propos du Trias de ces blocs. Les divers phénomènes géologiques observés dans cette zone peuvent s'expliquer par des *cisaillements senestres NE-SW sub parallèles aux failles de Catalogne ou de Nîmes*, durant le Stéphano-autunien dans les Pyrénées orientales et l'Estérel, et durant le Stéphano-autunien en Corse; l'inversion du mouvement s'opère dès l'Autunien dans le bloc corso-sarde.

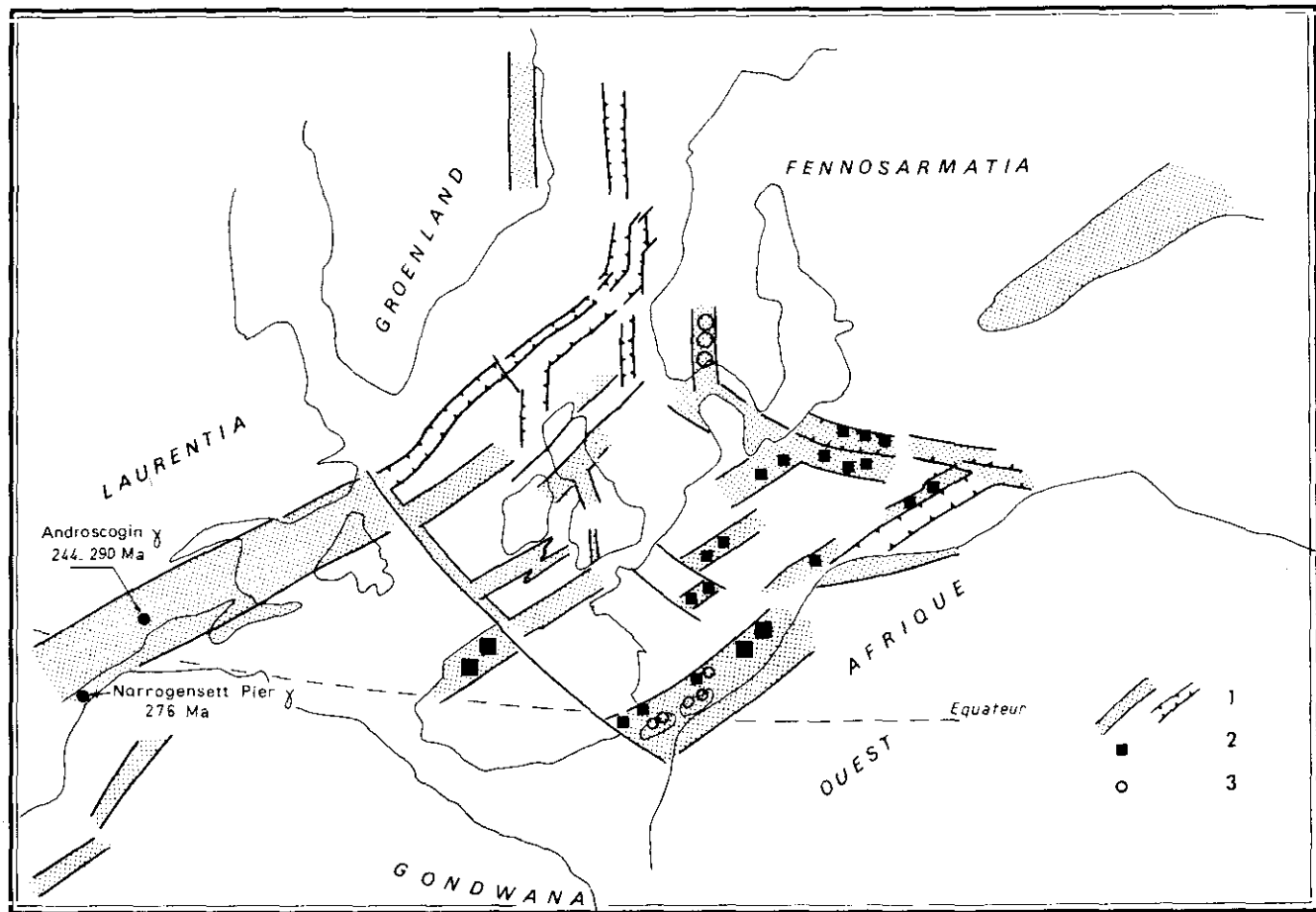
La marge de ce dispositif dominé par les accidents coulissants NE-SW de situerait dans les Pyrénées orientales, puisque *au-delà, en allant vers l'Ouest, les orientations de bassins sont différents et le magmatisme alcalin acide est absent*. L'importance de ce magmatisme gagne lorsqu'on se dirige vers l'Est, les rhyolites du Cadi n'ayant pas l'importance du volcanisme rhyolitique alcalin de l'Estérel et de la Corse.

Cette situation se poursuivra au moins jusqu'à l'infra-Lias avec un bloc catalo-alpin à basaltes alcalins et un bloc des Pyrénées occidentales avec des basaltes et dolérites tholéitiques: les *ophites* (AZAMBRE et ROSSY, 1981).

En résumé, on peut distinguer deux domaines:

— *un domaine des Pyrénées atlantiques* et de l'Ouest du Massif Central français, où l'essentiel du volcanisme est d'âge stéphano-autunien avec l'expression d'un terme acide précoce rhyolitique ou dacitique, qui pourrait venir d'une fusion de la croûte sialique et d'un terme basique, calco-alcalin, postérieur au terme acide.

FIG. 6.—*Mapa palimpástico al final del Pérmico, según datos de Irving (1983), SCHOTT (1985), ZIEGLER (1982). En la zona de distensión NE-SO se localizan los grandes edificios anulares pérmicos con materiales alcalinos ácidos. 1=fosas pérmicas principales; 2=grandes intrusiones magmáticas; 3=edificios anulares.*



— *un domaine des Pyrénées orientales*, de l'Est du Massif Central, des Alpes, de la Provence et du bloc corso-sarde où le volcanisme stéphanien est encore présent avec ses deux termes, mais où le volcanisme acide permien est développé avec notamment des rhyolites alcalines peralumineuses et/ou peralcalines.

Il semble ainsi qu'il y ait une limite géotectonique entre ces deux domaines dans les Pyrénées orientales.

L'abondance du volcanisme acide permien s'explique peut être par une fusion crustale importante due à la remontée de masses basiques près de la surface en raison d'un amincissement crustal, comme l'a montré VELLUTINI (1977) pour les complexes annulaires volcaniques de Corse et de l'Estérel.

Cet amincissement crustal, avec remontés du manteau peut représenter un début d'ouverture continentale avec formation d'un rift continental, d'orientation NE-SW parallèle à la zone des complexes annulaires avant rotation antihoraire du bloc corso-sarde, parallèle à la faille de Nîmes et à la faille de Catalogne. En adoptant cette hypothèse, si l'extension se fait perpendiculairement à cette amorce de rift, il ne peut pas y avoir de composante cisailante dextre le long de cette zone d'ouverture NE-SW, composante permettant d'expliquer l'ouverture et l'orientation des bassins permien (Figure 1). La signification du coulissage senestre le long d'une profaille Nord pyrénéenne durant le Permien pourrait s'expliquer en prenant en compte la présence, à l'Ouest du Portugal, d'une amorce de rift proto-atlantique (Figure 6).

En effet, suivant ce schéma, la Faille Nord Pyrénéenne pourrait représenter une transformante entre le rift portugais et le rift catalo-alpin, transformante qui devrait avoir un coulissage senestre, ce qui est conforme aux orientations de bassins. On se rapproche là de l'image de la «Transformante Biscaye-Baffin» proposée par CURNELLE (1983) pour le Trias aquitain.

Cependant, à la différence du schéma de ZIEGLER, les Pyrénées devaient plutôt se trouver peu au Nord de l'Equateur et à l'Ouest du Maroc selon les données paléomagnétiques d'IRVING (1983) et celles de SCHOTT (1985). Ayant aussi observé une forte similitude de style sédimentaire et structural ainsi que d'âge dans les grès fluviatiles carniens basques et marocains nous proposons le schéma général de la Figure 6 comme situation palinspastique au début du Trias. Nous y privilégions un grand décrochement NE-SW, à la différence de CURNELLE. Le rôle de la Faille Nord-Pyrénéenne ou le rôle de la transformante Biscaye-Baffin devaient être encore modestes: avec les détritiques nous avons encore dans les Pyrénées des bassins de petites dimensions et les modèles expérimentaux ont montré qu'il suffisait d'un faible taux de cisaillement pour ouvrir de tels bassins continentaux.

BIBLIOGRAPHIE

- ARCHE, A.; RAMOS, A., y SOPENA, A. (1983): «El Pérmico de la cordillera ibérica y bordes del sistema central». Xeme Congr. Int. Geol. Carbón, Madrid, IGME, pp. 423-438.
- ARTHAUD, F., y MATTE, PH. (1975): «Les décrochements tardi-hercyniens du S.W. de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de déformation». *Tectonophysics*, 25, pp. 139-171.
- ARTHAUD, F., y MATTE, PW. (1977): «Détermination de la position initiale de la Corse et de la Sardaigne à la fin de l'orogénèse hercynienne, grace aux marqueurs géologiques anté-mésozoïques». *Bull. S. G. F.*, XIX-4, pp. 833-840.
- ARTHAUD, F.; MEGARD, F., y SEGURET, M. (1977): «Cadres tectoniques de quelques bassins sédimentaires». *Bull. R. Prod. Elf Aquitaine*, 1, pp. 148-188.
- AZAMBRE, B., y ROSSY, M. (1981): «Caractères alcalin du magmatisme triasique des Corbières orientales». *Bull. S. G. F.*, XXIII, pp. 253-262.
- BARRABE, L. (1943): «La structure de la bordure orientale du Massif de Mouthoumet au N.E. de Tuchan». *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, XLIV, 212, pp. 309-314.
- BEAUCHAMP, J., y PETIT, J. P. (1983): «Sédimentation et taphrogenèse triasique au Maroc. L'exemple du Haut-Atlas de Marrakech». *Bull. Centres Rech. Expl. Prod. Elf-Aquitaine*, 7, pp. 389-397.
- BEZIAT, D. (1983): «Etude pétrologique et géochimique des ophites des Pyrénées. Implications géodynamiques». Thèse 3.^e cycle Univ. Toulouse, 60 pp.
- BIXEL, F. (1970): «Le volcanisme de l'Ossau (Pyrénées atlantiques). Pétrologie, analyse structurales». Thèse 3.^e cycle Univ. Toulouse III.
- BIXEL, F.; KORNPORST, J., y VINCENT, P. (1983): «Le massif du Pic du Midi d'Ossau: un cauldron calco-alcalin stéphano-permien dans la Zone Axiale des Pyrénées». *R. Géol. Dyn. Géogr. Phys.*, 24-4, pp. 329-342.
- BIXEL, F., y LUCAS, C. (1983): «Magmatisme, tectonique et sédimentation dans les fossés stéphano-permiens des Pyrénées occidentales». *R. Géol. Dyn. Géogr. Phys.*, 24-4, pp. 329-342.
- BIXEL, F. (1984): «Le volcanisme stéphano-permien des Pyrénées». Thèse Doct. Etat Sc. Université Toulouse III, 633 pp. multicoop.
- BLAKEY, R. C., y GUBITOSA, R. (1984): «Controls of sandstone body geometry and architecture in the Chinle Formation (Upper Triassic), Colorado Plateau». *Sedim. Geology*, 38, 1-4, pp. 51-86.
- BONIN, B. (1980): «Les complexes acides anorogéniques continentaux: l'exemple de la Corse». Thèse Sc. Univ. Paris VI.
- BORDET, P. (1951): «Etude géologique et pétrographique de l'Estérel». Mém. Carte Géol. France, 207 pp.
- BOUCARUT, M. (1971): «Etude volcanologique et géologique de l'Estérel». Thèse Sc. Univ. Nice, 487 pp.
- BOUCARUT, M.; BROUSTET, J. M.; CLIN, M., y BOER DE, J. Z. (1984): «Mise en évidence de la position de la plaque ibérique à l'éocène: le linéament tectono-magmatique Madère-Cornouaille». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 298-7, pp. 303-306.
- BOUCARUT, M.; CLIN, M.; POUCHAN, P., y THIBAUT, C. (1985): «Impact des événements tectono-volcaniques plio-pleistocènes sur la sédimentation en République de Djibouti (Afar Central)». *Geol. Rundschau*, 74-1, pp. 123-137.
- BOUQUET, J., y STOPPEL, D. (1981): «Contribution à l'étude du Trias carbonaté des Pyrénées Occidentales et centrales». *Bull. B. R. G. M.* (2), 1-2, pp. 119-134.
- CANEROT, J. (1983): «Le cycle alpin des Ibérides (Espagne): relations tectonique-sédimentation, place dans l'évolution géodynamique de l'Ibérie». *Arch. Sc. Genève*, 36-3, pp. 425-436.

- CARALP, J. (1897): «Le Permien des Pyrénées». Mém. Acad. Sc. Toulouse, 9-IX.
- CAZETIEN, R. (1982): «Le Stéphanien des Corbières orientales». Thèse 3.^e cycle, Univ. Toulouse III.
- CLIN, M. (1968): «Dimensions et mouvement en tectonique. Rappel de quelques principes. Exemples. Références». Mises à Jour, Gauthier-Villars, 1968-3, pp. 175-212.
- COUREL, L. (1973): «Modalités de la transgression mésozoïque: Trias et Rhetien de la bordure nord et est du Massif Central français». Mém. S. G. F., 118, 152 pp.
- CURNELLE, R. (1983): «Evolution structuro-sédimentaire du Trias et de l'infra-Lias d'Aquitaine». *Bull. C. Rech. S. N. Elf-Aquitaine*, 7, pp. 69-99.
- DEMATHIEU, G., y SAIZ DE OMENACA, J. (1977): «Estudio del Rhyncosaurioides santanderensis, n. sp., y otras nuevas huellas de pisadas en el Triás de Santander». *Acta Geol. Hisp.*, XII, 1/3, pp. 49-54.
- DURAND-DELGA, M. (1981): «Ouvertures océaniques de Méditerranée occidentale et dislocation des chaînes alpines. Sedimentary basins of Mediterranean margin». *Wezel*, pp. 417-431.
- DURAND-DELGA, M.; BARRABE, L., y CORSIN, P. (1951): «Découverte d'une flore du Stéphanien dans le bassin de Donneuve (N du Mouthoumet, Aude, France)». *C. R. Som. S. G. F.*, pp. 55-57.
- GANDIN, A. (1978): «Il Trias medio di Punta di Lavatoio (Alghero, Sardegna NW)». *Mem. Soc. Geol. Italia*, 18, pp. 3-13.
- GISBERT, J. (1980): «Fracturación, vulcanismo y sedimentación en el Estefaniense-Pérmico de la Sierra del Cadí, Lérida, España. Résumé». 26.^o C. G. E. Paris.
- GISBERT, J. (1981): «El Estefaniense-Pérmico de la Sierra del Cadí (Pirineo de Lérida). Diagénesis y sedimentología». Thèse Doct. Univ. Zaragoza, 475 pp.
- GISBERT, J. (1984): «Les molasses post-hercyniennes dans le Haut-Urgell et la Cerdagne occidentale (Pyrénées catalanes, Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 298, II-20, pp. 883-888.
- HERAIL, G., y LUCAS, C. (1983): «Dynamique comparée de deux bassins tardi-tectoniques: les bassin tertiaire du Bierzo (Leon, Espagne) et le bassin permien d'Aure (Pyrénées, France)». *Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys.*, 24-2, pp. 117-128.
- HERNANDO, S.; SCHOTT, J. J.; THUIZAT, R., y MONTIGNY, R. (1980): «Age des andésites et des sédiments interstratifiés de la région d'Atienza (Espagne): Etude stratigraphique, géochronologique et paléomagnétique». *Sc. Géol. Bull. Strasbourg*, 33-4, pp. 119-128.
- IRVING, E. (1983): «Fragmentation and assembly of the continents, Mid-Carboniferous to present». *Geophys. Surv.*, 5, D. Reidel Publ., pp. 299-333.
- KLEIN, G. DE V. (1969): «Deposition of Triassic sedimentary rocks in separate basins, Eastern North America». *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 80, pp. 1825-1832.
- KUNO, H. (1969): «Andesite in space and time». Proc. of the andesite conference, Sc. rep. 16, pp. 13-20.
- LAMARE, P. (1931): «Sur l'existence du Permien dans les Pyrénées basques, entre la vallée de Baztan (Navarre espagnole) et la vallée de Baïgorry (Basse Navarre française)». *C. R. Som. Soc. Géol. France*, 16, pp. 242-245.
- LAMARE, P. (1934): «Le Permien des environs de Bidarray (Basses Pyrénées)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, pp. 278-280.
- LAMARE, P. (1950): «Les conditions de gisement des basaltes permien et des ophites triasiques du Pays basque. Observations à un travail de H. et G. Terrier». *C. R. Som. Soc. Géol. France*, 8, pp. 130-131.
- LAMARE, P. (1952): «Une modalité tectonique propre au Trias moyen et supérieur, la "structure en glaçons"». *C. R. Som. S. G. F.*, 12, p. 234.

- LANG, J. (1977): «Evolution géodynamique de bassins intramontagneux tertiaires d'Afghanistan central (Bamyan, Yakwalang et Vallée du Ghorband)». *Mém. H. S. núm. 8, Soc. Géol. France*, pp. 107-115.
- LAPPARENT DE, J. (1911): «Le Pic du Midi d'Ossau». *Bull. Soc. F. Min. Crist.*, XXXIV, pp. 270-317.
- LAVILLE, E., y PETIT, J. P. (1982): «Les décrochements dans la distension triasique du Haut-Atlas». *Cahier col. Permo-Trias marocain, Fac. Sc. Marrakech*, 33.
- LETERRIER, J.; MAURY, R. C.; THONON, P.; GIRARD, D., y MARCHAL, M. (1981): «Clinopyroxène composition as a method identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series». *Earth Pl. Sc. Let.*, 59, pp. 139-154.
- LORENZ, V., y NICHOLLS, I. A. (1976): «The permo-carboniferous basin and range province of Europe». An application of plate tectonics. Falke, H., ed.: «The Continental Permian in Central, West and South Europe, 313-342.
- LORENZ, V., y NICHOLLS, I. A. (1984): «Plate and intraplate processes of hercynian Europe during the late paleozoic». *Tectonophysics*, 107, pp. 25-56.
- LUCAS, C. (1968): «Stratigraphie du Permo-Trias de la Bigorre». *C. R. Som. S. G. F.*, 9, pp. 296-297.
- LUCAS, C. (1969): «Paléogéographie du Permien et du Trias inférieur entre Garonne et Adour». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 268, pp. 1478-1481.
- LUCAS, C. (1975): «Cadre de dépôt du Permo-Trias des Pyrénées. Eléments sédimentologiques». 3.^e *R. A. S. T.*, Montpellier, *S. G. F.*, 239.
- LUCAS, C. (1976): «Vestiges de paléosols dans le Permien et le Trias inférieur des Pyrénées et de l'Aquitaine». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 282-15, pp. 1419-1422.
- LUCAS, C. (1977): «Permien et Trias des Pyrénées, stratigraphie, éléments de paléogéographie». *Cuad. Geol. Iber. Madrid*, 4, pp. 111-122.
- LUCAS, C. (1977): «Le Trias des Pyrénées, corrélations stratigraphiques et paléogéographie». *Bull. B. R. G. M.*, IV-3, pp. 225-231.
- LUCAS, C.; DOUBINGER, J., y BROUTIN, J. (1980): «Premières datations palynologiques dans les grès triasiques des Pyrénées». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 291-D, pp. 517-520.
- LUCAS, C., y GISBERT, J. (1981): «Eléments nouveaux pour l'évolution des paysages du Grès Rouge pyrénéen du Permien au Trias (sédimentation terrigène continentales)». *R. R. 106.^e Congr. Nat. Soc. Sav.*, Perpignan, *Bibl. Nat. Paris*, 3, 1982, pp. 351-362.
- LUCAS, C.; TAUGOURDEAU-LANTZ, J.; TEFIANI, M., y FOURNIER-VINAS, CH. (1982): «Un repère palynologique dans le Trias des Corbières (Aude, France)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 294-2, pp. 111-116.
- LUCAS, C.; BIXEL, F., y JOSEPH, J. (1984): «Magmatisme, tectonique et sédimentation dans le bassin stéphano-permien d'Ossau-Aspe (Pyrénées atlantiques), cadre paléozoïque». *Livret-guide exc. A. G. S. O.*, B. R. G. M. ed.
- LUCAS, C. (1985): «Le Grès Rouge du versant nord des Pyrénées. Essai sur la géodynamique de dépôts continentaux du Permien et du Trias». *Thèse Doct. Etat Sc.*, Univ. Toulouse III, 267 pp.
- MARRE, J.; BOURGES, F., y ROSSI, PH. (1981): «Architecture et chronologie des intrusions des granitoides varisques en Corse sud-occidentale». *Soc. Ital. Min. Petro.*, 38, pp. 119-132.
- MARTI, J. (1982): «Las rocas volcánico-clásticas estefanienses (Formación Erill Castell) del sector occidental de los Pirineos catalanes». *Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov.*, Univ. Barcelona, 35, pp. 5-22.
- MARTI, J. (1983): «La Formación volcánica estefaniense de Erill Castell (Pirineo de Lérida)». *Act. Geol. Hisp.*, 18-1, pp. 27-33.
- MATTE, PH. (1976): «Raccord des segments hercyniens d'Europe sud-occidentale (Iles britanniques, France, Peninsule ibérique, bloc corso-sarde), les différents marqueurs utilisables». *Beitäge zur kenntnis der europischen varisiden, Franz-*

- Kossmat Symposium *Nova Acta Leopoldina. Abh Deutch. Acad. Naturforsher*, 244, pp. 239-262.
- MAZIN, J. M., y PAPA, H. (1982): «Un Pachypleurosauride (Notosauria, Sauropterygia) dans le Trias des Pyrénées Orientales». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 294, pp. 63-66.
- MIROUSE, R. (1959): «Extension et relations des séries permienes sur la feuille Urdos au 1/80000». *Bull. Carte Géol. Fr.*, 257-LVI, pp. 209-218.
- MIROUSE, R. (1962-1966): «Recherches géologiques dans la partie occidentale de la Zone Primaire Axiale des Pyrénées». *Mém. Carte Géol. Fr.*, 451 pp.
- MIROUSE, R.; LUCAS, C., y RÍOS, L. (1980): «Coupe géologique pédestre Nord-Sud dans les Pyrénées centrales». *Bull. C. R. Expl. Prod. Elf-Aquitaine*, 3, pp. 117-156.
- MONTIGNY, R.; AZAMBRE, B.; ROSSY, N., y THUIZAT, R. (1982): «Etude K/Ar du magmatisme basique lié au Trias supérieur des Pyrénées. Conséquences méthodologiques et paléogéographiques». *Bull. Miner.*, 105, pp. 673-680.
- MORRE, N., y THIEBAUT, J. (1962): «Les roches volcaniques du Trias inférieur du versant nord des Pyrénées». *Bull. S. G. F.*, 7-4, pp. 539-546.
- MULLER, J., y ROGER, PH. (1977): «Evolution structurale des Pyrénées (Domaine central et occidental) le segment hercynien, la chaîne de fond alpine». *Géologie Alpine*, 53-2, pp. 149-191.
- NAGTEGAAL, P. J. (1969): «Sedimentology, paleoclimatology and diagenesis of post-hercynian continental deposits in the South-Central Pyrenees, Spain». *Leidse Geol. Med.*, 42, pp. 143-238.
- PACHTERE DE, PH. (1983): «Le volcanisme permien et fini-triasique dans le Haut-Atlas de Marrakech (Maroc)». Thèse 3.^e cycle, Univ. Sc. Méd. Grenoble.
- PÉREZ ARLUCEA, M., y SOPENA, A. (1983): «Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales pérmicos y triásicos en el noroeste de la Sierra de Albarracín (provincia de Guadalajara)». *Estudios geol.*, 39, pp. 329-343.
- PUGA, E., y FONTBOTÉ, J. M. (1982): «Estudio petrológico de las rocas volcánicas del Pérmico de Greixer (Pirineo catalán)». *Acta Geol. Hisp.*, 14, pp. 80-89.
- RAMOS, A., y DOUBINGER, J. (1979): «Découverte d'une microflore thuringienne dans le Buntsandstein de la Cordillère Ibérique (Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 289-D, pp. 525-528.
- RAMOS, A., y SOPENA, A. (1983): «Gravel bars in low sinuosity streams (Permian and Triassic, Central Spain)». *Sp. Publ. I. A. S.*, p, pp. 301-312.
- ROBERT, J. F. (1980): «Etude géologique et métallogénique du val de Ribas sur le versant espagnol des Pyrénées catalanes». Thèse Doct. Univ. Besançon, 299 pp.
- ROUTHIER, P. (1939): «Les bassins houillers de Ségure et de Durban (Aude)». Les presses modernes, Paris, 24 pp.
- SCHOTT, J. J. (1985): «Paléomagnétisme des séries rouges du Permien, du Trias et du Crétacé inférieur dans les Chaînes pyrénéocantabriques et NW Ibérique. Implications géodynamiques». Thèse Doct. Sc. Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 382 pp.
- SÁIZ DE OMENACA, J. (1977): «Estratigrafía y sedimentología del triásico de Cantabria». Tesis doctoral, Univ. Santander.
- SOULA, J. C. (1984): «Genèse de bassins sédimentaires en régime de cisaillement transcurrent: modèles expérimentaux et exemples géologiques». *Bull. Soc. Belge de Géol.*, 93-1/2, pp. 83-104.
- SOULA, J. C.; LUCAS, C., y BESSIERE, G. (1979): «Genesis and evolution of permian and triassic basins in the Pyrenees by regional simple shear acting on older variscan structures: field evidence and experimental models». *Tectonophysics*, 58, pp. 1-9.

- SOUQUET, P.; PEYBERNES, B.; BILLOTTE, M., y DEBROAS, E. J. (1977): «La Chaîne alpine des Pyrénées». *Géol. Alpine*, Grenoble, 53, pp. 193-216.
- TOUTIN, N. (1980): «Le Permien continental de la Provence orientale». Thèse Doct. Etat Sc. Univ. Nice, 594 pp.
- VAN HOUTEN, F. B., y BROWN, R. H. (1977): «Latest Paleozoic paleogeography NW Africa». *Jour. of Geol.*, 85, pp. 143-156.
- VELLUTINI, P. (1977): «Le magmatisme permien de la Corse du Nord-Ouest». Thèse Doct. Sc. Univ. Marseille.
- VIALARD, P. (1980): «Les Ibérides (Chaînes Ibérique et Catalane): Interprétation de la fracturation majeure fini-oligocène». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 291, pp. 873-876.
- VIENNOT, P. (1929): «Les éruptions basaltiques permienes dans les Pyrénées». *C. R. Som. S. G. F.*, XXIX, 4° s., pp. 29-32.
- VINCENT, P. M. (1969): «Le problème des relations entre calderas et ring-structures: l'exemple du cauldron de Golda Zuelva (Cameroun)». In: «Volcanoes and their roots». Int. symp. on role, Oxford.
- VIRGILI, C.; SOPENA, A.; RAMOS, A., y HERNANDO, S. (1977): «Problemas de la cro-noestratigrafía del Triás en España». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, pp. 57-88.
- VIRGILI, C. (1983): «El Pérmico en España. Introducción, consideraciones finales». Xeme Congr. Int. Estrat. Geol. del Carbonifero, Madrid, IGME, pp. 385-388 y 485-490.
- VIRGILI, C.; SOPENA, A.; ARCHE, A.; RAMOS, A., y HERNANDO, S. (1983): «Some observations on the Triassic of the Iberian peninsula». *Schrift. Erdw. Kom. Oster. Ak. and Wiss.*, 5, pp. 87-294.
- WALGENWITZ, F. (1976): «Étude pétrologique des roches intrusives triasiques, des écaillés du socle profond et des gîtes de chlorite de la région d'Elizondo (Navarre espagnole)». Thèse 3.º cycle, Géol. Appl. Besançon.
- WARRINGTON, G.; AUDLEY-CHARLES, M. G.; ELLIOTT, R. E.; EVANS, W. B.; IVIMEY-COOK, H. C.; KENT, P. E.; ROBINSON, P. L.; SHOTTON, F. W., y TAYLOR, F. M. (1980): «A correlation of triassic rocks in the British Isles». *Geol. Soc. London*, Sp. Rep. 13, 78 pp.
- WESTPHAL, M.; ORSINI, J., y VELLUTINI, P. (1976): «Le microcontinent corso-sarde, sa position initiale: données paléomagnétiques et raccords géologiques». *Tectonophysics*, 30, pp. 141-157.
- ZIEGLER, P., A. (1982): «Triassic rifts and facies patterns in western Central Europe». *Geol. Rundsch.*, 71, pp. 747-772.