

# *Structuration des bassins de Provence orientale à la fin de l'ère primaire*

Nadège TOUTIN-MORIN\* et Didier BONIJOLY\*\*

\* *Université d'Orléans, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire de Géologie Structurale, U.R.A. au C.N.R.S. n°1366, BP 6759, 45067-Orléans Cedex 2. France*

\*\* *B.R.G.M., SGN/GEO, BP 6009, 45060-Orléans Cedex 2. France*

## RÉSUMÉ

En Provence orientale, les dernières phases de serrage E-W de la tectonique hercynienne ont produit, dans le socle des Maures et du Tanneron, des déformations au cours du Namurien et du Westphalien (plis N-S sub-isoclinaux, déformation ductile le long des accidents N-S).

Les premiers dépôts sédimentaires continentaux s'effectuent à la fin du Carbonifère, au cours du Westphalien et du Stéphanien. Les bassins continentaux, souvent riches en flore et à manifestations volcaniques nombreuses, s'individualisent dans un contexte tardi-orogénique compressif, le long des grands accidents N-S apparus précédemment dans le socle; ils sont plissés en synclinaux N-S à la fin du Stéphanien.

Au début du Permien, les directions de contrainte tournent et de petits bassins d'effondrement WNW-ESE s'ouvrent. Les formations, attribuées à l'Autunien, sont basculées et recouvertes, en discordance angulaire, par les brèches de base du «Saxono-Thuringien».

Le régime d'extension N-S se généralise au Permien supérieur en même temps que le volcanisme, alcalin cette fois, s'intensifie. L'activité des accidents N-S est progressivement supplantée par celle des failles E-W qui leur sont postérieures. Ces deux grandes directions orthogonales guident l'installation de seuils qui séparent les différents bassins et sont mobiles pendant la plus grande partie du Permien. Leur jeu

contrôle le remplissage des bassins: cônes de matériel grossier sur les bords, sédimentation fluviatile ou lacustre plus fine au centre.

Au Permien supérieur, les bassins continentaux fonctionnent dans un régime en distension qui annonce le rifting du Trias.

**Mots-clés:** Bassins continentaux, tectonique tardi-hercynienne: compression-distension, Carbonifère supérieur, Permien.

## ABSTRACT

In Eastern Provence, the ultimate phases of E-W tightening of the Hercynian tectonics have produced, in the Maures and Tanneron basement, various deformations during the Namurian and the Westphalian times (N-S sub-isoclinal folds, ductile deformation along N-S faults).

The first sedimentary deposits took place at the end of the Carboniferous, during the Westphalian and the Stephanian. Continental basins, often with flora and volcanic products, developed in a Late-orogenic compressive context, along the great N-S faults already appeared in the basement; they are folded in N-S synclines, at the end of the Stephanian.

At the beginning of the Permian times, the directions of stress turned and small WNW-ESE basins break down. The formations, imputed to the Autunian, are tilted and covered, with angular unconformity, by basal breccia of the «Saxono-Thuringian».

The N-S distensional conditions generalized during the Upper Permian; at the same time, alkaline volcanicity increased. The activity of the N-S faults was progressively supplanted by E-W faults which are later. Those two main orthogonal directions led to the installation of high zones which divided the basins and were movable during the most part of the Permian. Their movement controlled the filling basins: cones of coarse material on the edge, fine grained sedimentation in the center.

During the Upper Permian, the continental basins functioned with distensional conditions which announce the Triassic rifting.

**Key words:** Continental basins, Late Hercynian tectonics: Compressive context and Distensional conditions, Upper Carboniferous, Permian.

## RESUMEN

Las últimas fases de la tectónica hercínica de dirección E-O, produjeron en el basamento de Maures y Tanneron (Francia), en Provenza oriental, varias deforma-

ciones durante el Namuriense y Westfaliense (pliegues sub-isoclinales de dirección N-S, deformación dúctil según fractura de dirección N-S).

Los primeros depósitos sedimentarios continentales tuvieron lugar a finales del Carbonífero, durante el Westfaliense y el Stephaniense. Las cuencas continentales, a menudo ricas en flora y manifestaciones volcánicas, se individualizaron en un contexto tardi-orogénico compresivo, a lo largo de grandes accidentes de dirección N-S que se habían generado en el zócalo con anterioridad. Posteriormente, a finales del Stephaniense, tuvo lugar su plegamiento en forma de sinclinales de dirección N-S.

A comienzos del Pérmico, las direcciones de esfuerzo tectónico varían, generándose pequeñas cuencas de dirección ONO-ESE. Las formaciones, atribuidas al Autuniense, bascularon y fueron recubiertas en discordancia angular por las brechas basales «Saxono-Thuringienses».

El régimen extensivo N-S se generaliza durante el Pérmico superior, junto con un incremento de la actividad volcánica, esta vez de tipo alcalino. La actividad de las fracturas de dirección N-S fue sustituida de forma progresiva por otras posteriores de dirección E-O.

Estas dos direcciones ortogonales principales, dieron lugar a la instalación de una serie de umbrales que compartimentaron la cuenca y que siguieron moviéndose durante la mayor parte del Pérmico. Este movimiento fue el que controló el relleno de las cuencas: conos de material grueso en los bordes y sedimentación fluvial o lacustre de granulometría más fina en la zona central.

Durante el Pérmico superior, las cuencas continentales funcionaron en régimen distensivo lo que prelude el «rifting» triásico.

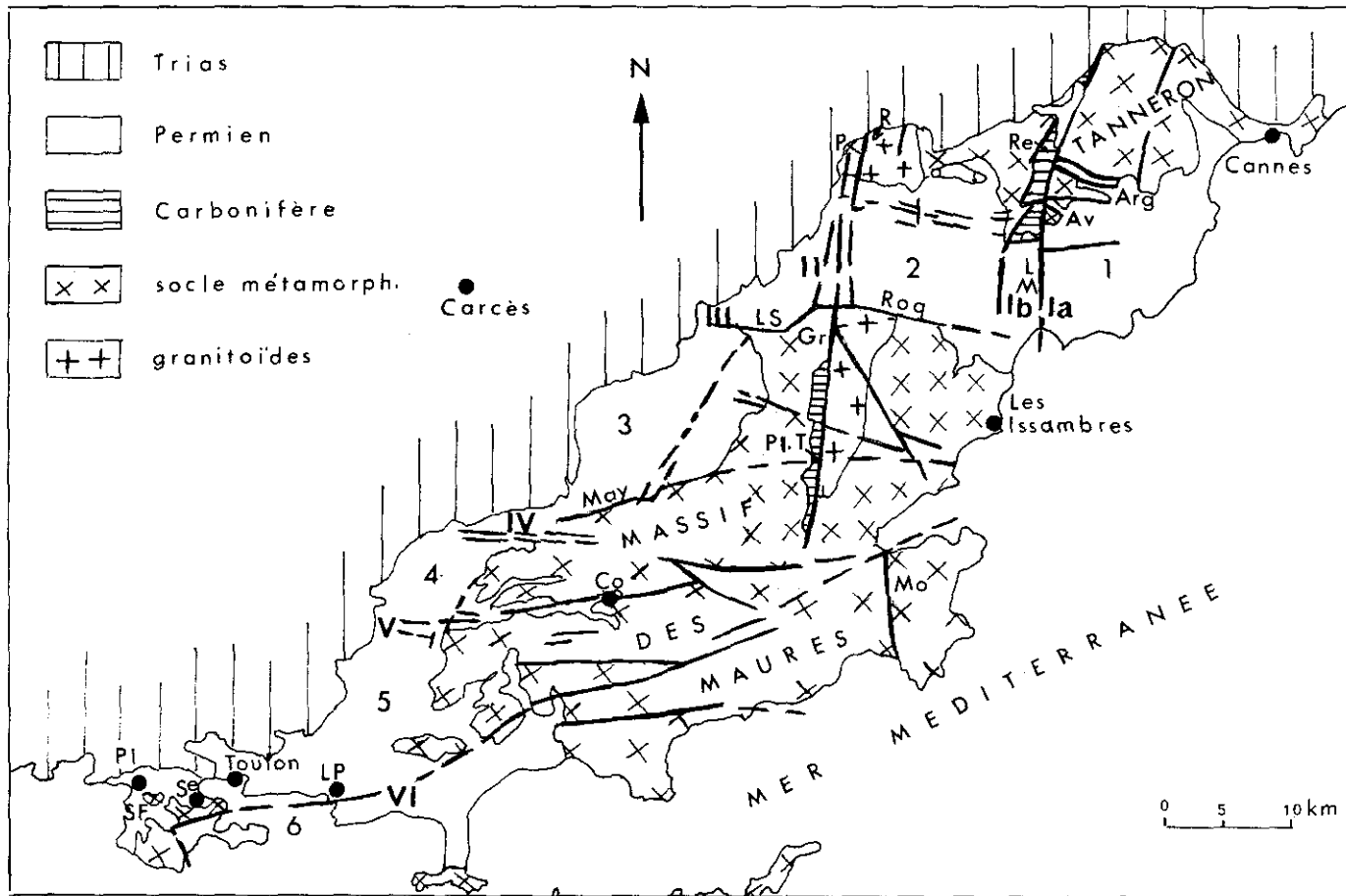
**Palabras clave:** Cuencas continentales, tectónica tardi-hercínica: compresión-distensión, Carbonífero superior, Pérmico.

## INTRODUCTION

En Provence orientale, l'orogénèse hercynienne a édifié une chaîne de montagnes vigoureuses qui appartient à la branche sud de la cordillère de l'Europe occidentale. A la fin de l'ère primaire, de petits bassins sédimentaires continentaux s'installent dans ce socle alors bien structuré: leur formation et leur remplissage vont être contrôlés par le régime tectonique qui règne sur la région à cette époque.

## LE BATI VARISQUE.

Le socle provençal (Fig. 1) — massif du Tanneron au Nord, massifs des Maures et de Six Fours et dôme du Pradet au Sud — est constitué par des séries métamorphiques



dont l'âge s'étend du Précambrien supérieur au Paléozoïque inférieur. Il se caractérise par une histoire tectonique polyphasée qui a été mise en évidence par de nombreux auteurs (Arthaud & Matte 1966, Maluski 1968, Caruba, *et al.*, 1976, Le Marrec 1976, Crévola & Seyler 1982) et que l'on peut résumer ainsi:

— *les deux premières phases* sont des phases synschisteuses; de direction subméridienne, elles accompagnent le métamorphisme principal et conduisent à la formation de plis qui se développent à toutes les échelles; elles débutent au Dévonien et se poursuivent, peut-être, jusqu'au Carbonifère inférieur;

— *la troisième phase*, postmétamorphe et postschisteuse, est une phase de serrage; elle aussi forme des plis et elle structure le socle en une série de dômes et de bassins, également de direction subméridienne, bien visibles, en particulier, dans le secteur oriental: ce sont les synformes du Reyran-Les Issambres et des Maures occidentales et les antiformes de Cannes et du Rouet-Plan de La Tour; cette phase est plus ou moins contemporaine de la mise en place des granitoïdes tardi-orogéniques dont l'âge s'étage entre 340 et 290 Ma (Roubault *et al.*, 1970, Maluski

Fig. 1.—Carte schématique de la Provence orientale. Map of Eastern Provence.

*Bassins permians-Permian basins:*

- 1 Estérel
- 2 Bas-Argens
- 3 Luc
- 4 Cuers
- 5 Solliès Pont
- 6 Toulon

*Seuils permians-high Permian zones:*

- Ia) double paléorelief
- Ib) du Reyran
- II seuil du Muy
- III seuil de Vidauban
- IV seuil de Pignans
- V seuil de Pierrefeu
- VI paléorelief du Pradet

Av graben de l'Avellan  
 Arg graben de l'Argentière  
 Co Collobrières  
 Gr accident de Grimaud  
 L P Le Pradet  
 L S accident de La Sauteirane  
 L M accident de La Moure  
 May accident des Mayons  
 Mo accident de Moulins de Paillas  
 P accident de Pennafort-Joyeuse  
 Pl. T Carbonifère du bassin de Plan de la Tour  
 Pl Les Playes  
 R Granite du Rouet  
 Re Carbonifère du bassin du Reyran  
 Roq accident de Roquebrune  
 Se La Seyne  
 S F Massif de Six Fours

1972, Amenzou 1988), selon le type d'intrusions; elle date sans doute du Carbonifère inférieur à moyen;

— d'autres phases ont parfois été envisagées; elles n'apportent pas de modifications majeures aux phases précédentes.

Au Carbonifère moyen, le socle a donc acquis une morphologie en dômes et bassins d'orientation N-S: cette organisation va contrôler l'histoire de la région durant la fin de l'ère primaire.

## LES PREMIERS BASSINS SEDIMENTAIRES.

Les premiers dépôts sédimentaires continentaux s'effectuent seulement à la fin du Carbonifère (Fig. 2).

La sédimentation, à dominante détritique, est d'origine fluviale, parfois torrentielle, ou lacustre. Elle est datée du Westphalien supérieur (bassin du Reyran), du Stéphanien inférieur (bassins du Reyran, de Plan de La Tour, de Collobrières), moyen (Collobrières) ou supérieur (région de Toulon) par les empreintes de végétaux, les grains de pollens et les spores (Basso 1985). Les manifestations volcaniques sont nombreuses: cinérites (Reyran, Plan de la Tour, Luc), coulées volcaniques acides (Plan de La Tour) et basiques (Reyran, Plan de La Tour).

Le bassin du Reyran, le bassin de Plan de La Tour et ses prolongements des Preyres et de Pennafort vers le Nord, affleurent à l'Est de la région (Fig. 1); le bassin du Luc a été révélé par la prospection sismique (compagnie Total in Baudemont 1985). Certains d'entre eux se logent dans les synformes du socle: bassin du Reyran à l'Est, bassin du Luc dans les Maures occidentales; en revanche, le bassin de Plan de La Tour semble s'être installé dans l'antiforme constituée par le granite de Plan de La Tour et les gneiss des Maures centrales (Baudemont 1985), à la faveur d'un couloir faillé. Tous ces bassins sont limités par des failles bordières NNE-SSW, bien marquées et mylonitisées sur le bord oriental des bassins les plus grands. Ces accidents, paraissent constituer des guides majeurs contrôlant la localisation des bassins carbonifères pour les raisons suivantes:

— les accidents sont des structures majeures qui affectent l'ensemble de la croûte et correspondent aux grands décrochements tardi-hercyniens (Arthaud & Matte 1975),

---

Fig. 2.—Corrélations stratigraphiques des bassins de Provence orientale de la fin de l'ère Primaire. Stratigraphic correlations of the Late Paleozoic basins in Eastern Provence.

F. Formation; ~ discordance de ravinement - disconformity; ≈ discordance angulaire - angular unconformity; coulées volcaniques - volcanic flows; B-δ-b basiques; p-A acides

| âges         | Bassin de TOULON                         | Bassins de CUERS SOLLIES-PONT                         | Bassin du LUC   | Bassin du BAS-ARGENS            | Bassin de l' ESTEREL                            |
|--------------|--|---|---|---------------------------------|---|
| TRIAS        | faciès BUNTSANDSTEIN                     |   |   |                                 |   |
| P            | F. de Fabregas<br>50-150m                | F. de Gonfaron<br>50-150m                             | F. Pélitique<br>0-500m                                  | F. des Arcs<br>0-50m            | F. de la Motte<br>0-350m                        |
| E            | F. de St Mandrier<br>200m                | F. de Gigery<br>600m                                  | sommet<br>F. Rouge Supérieure<br>200-250m               | F. de la Serre<br>50-150m       | F. du Muy<br>100-300m                           |
| R            |  |   |   | F. de la Valette<br>50-150m     | F. du Mitan<br>100-300m                         |
| M            | $\beta$ 0-100m                           |   | base  | F. de la Paro<br>40-200m        | F. des Pradineaux<br>0-200m                     |
| I            | F. des Salettes<br>100m                  | F. de Bouisse<br>150m                                 | 0-20m + 300m + 50-150m                                  | F. Rouge Inférieure<br>60-350m  | F. de Bayonne<br>de 30-150m à 40-100m           |
| E            |  | F. de Bron<br>200-250m                                | $\rho$ $\rho$ $\rho$ F. Tuffique<br>80-260m             | F. d'Ambon<br>de 0-70m à 10-50m | $\delta_1$ 0-30m<br>$\rho$ A <sub>1</sub> 0-5m  |
| N            | Ginouviens<br>0-60m                      | F. de Transy<br>100-200m<br>F. de Pellegrin<br>20-50m | F. Claire<br>100-250m                                   | ?                               | B <sub>1</sub> 10m<br>F. de l'Avellan<br>0-200m |
| CARBO NIFERE | Stéphanien des Playes et de Collobrières |   | Stéphanien de Pennafort, des Preyres et Plan de la Tour |                                 | Stéphanien-Westphalien supérieur du Reyran      |

— leur histoire est polyphasée; ils montrent des jeux décrochants senestres ductiles à fragiles qui illustrent bien la continuité de leur activité durant toute la fin de la période orogénique varisque: décrochements ductiles anté à synchrones de la mise en place du granite de Plan de La Tour daté à 325 Ma (Maluski 1972, Serment & Triat 1967, Vauchez & Bufalo 1985) mais également jeu fragile postérieur.

Comme ces accidents contrôlent non seulement l'extension géographique des dépôts carbonifères mais également l'organisation et la distribution des corps sédimentaires (Basso 1985), les bassins carbonifères sont, en conséquence, considérés comme des sillons tectoniques en transtension. Le régime tectonique n'a pu être caractérisé mais apparaît, en première approximation, compatible avec une compression N-S d'âge Westphalien supérieur à Stéphanien inférieur déjà décrite par ailleurs (Blès *et al.*, 1989).

En l'état actuel des connaissances, les lambeaux de Carbonifère du secteur de Collobrières dans les Maures occidentales, de la Seyne et des Playes dans la région de Toulon, de Carcès (en sondage) au NW du bassin du Luc, sont trop réduits et de faible épaisseur (25 à 100m) pour permettre de retrouver la direction originelle des bassins et conduire à d'autres conclusions.

Le régime tectonique qui donne naissance à ces bassins (compression N-S ?) est de courte durée car les dépôts carbonifères sont ensuite déformés plus ou moins intensément avant le dépôt des séries permienues:

- grands plis isoclinaux d'axe N-S dans le bassin de Plan de la Tour,
- discordance angulaire systématique entre les dépôts d'âge stéphanien et permien.

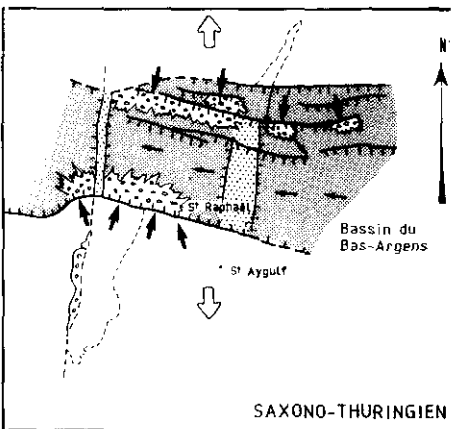
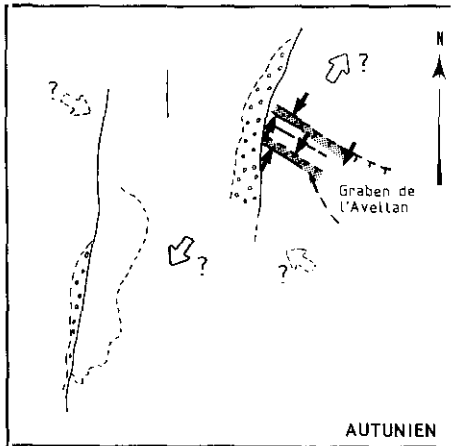
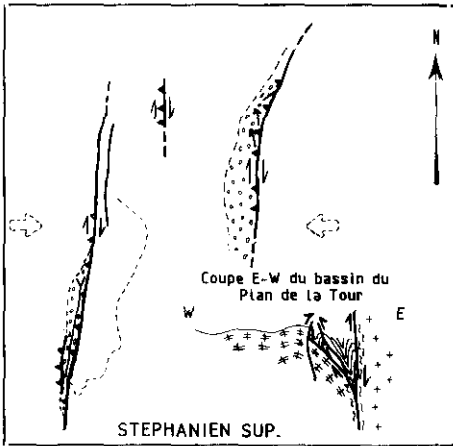
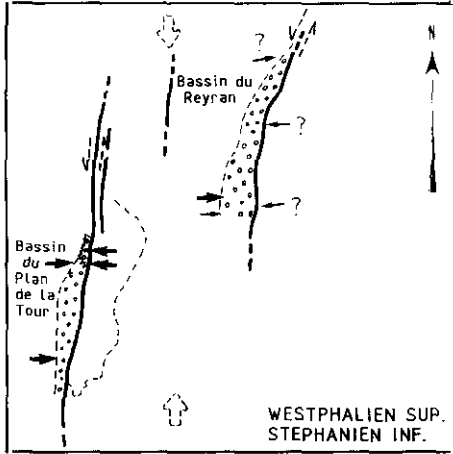
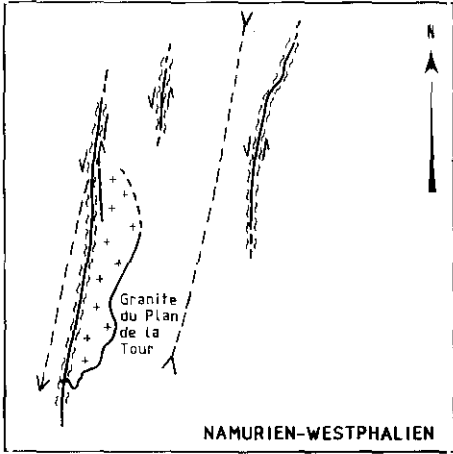
Ces déformations sont les indices des compressions tardi-stéphanienues (NW-SE puis E-W) dont le dernier épisode, le plus intense, induit une structure en synclinal d'axe N-S, plus ou moins redressé le long de la faille bordière orientale mylonitisée du bassin de Plan de la Tour (Figs. 3-4).

---

Fig. 3.—Reconstitution de l'histoire tectonique des bassins carbonifères et permienues de Provence orientale.

Tectonic history of Eastern-Provence sedimentary basins during Carboniferous and Permian times. 1 faille ductile; 2 faille inverse (ductile-fragile); 3 faille senestre fragile; 4 faille normale fragile; 5 faille à jeu induit; 6 anticlinal; 7 synclinal; 8 série détritique de bassin; 9 série détritique de seuil; 10 cône détritique en piedmont de faille; 11 série détritique à charbon; 12 granite; 13 série cristallophyllienne; 14 direction des apports grossiers; 15 direction des apports fins; 16 direction de  $\delta 3$  (en régime distensif); 17 direction supposée de  $\delta 1$  (en régime compressif).





Légende :

- |  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
- 0 10km

## LES BASSINS PERMIENS PROVENCAUX.

### **Le Permien inférieur.**

Au début du Permien, de petits bassins d'effondrement WNW-ESE s'ouvrent à l'Est de la région, bloqués par le grand accident subméridien de La Moure qui borde le bassin carbonifère du Reyran: ce sont les grabens de l'Argentière et de l'Avellan.

La sédimentation, caractérisée par la présence d'éléments volcaniques de nature chimique calco-alkaline, est attribuée à l'Autunien (Gondolo 1989, Toutin-Morin & Vinchon 1989); elle se retrouve, avec des aspects comparables, en Corse du NW où elle est datée par sa flore.

Les dépôts attribuables à cette période sont limités, en Provence, au seul NW de l'Estérel puisqu'aucun des nombreux sondages réalisés entre le Reyran et Toulon ne les ont rencontrés. Ces dépôts, localisés dans des fossés étroits WNW-ESE, semblent résulter d'une extension dont l'orientation est différente de celle qui a permis l'installation des bassins carbonifères. Cette extension pourrait être orientée NNE-SSW (Fig. 3).

Dans le *graben de l'Avellan*, la série est basculée à 40° vers le Sud et recouverte, en discordance angulaire, par un ensemble volcanique basique, puis par les brèches de base de la série «saxono-thuringienne» (Toutin 1980, Toutin-Morin 1987 et Fig. 2). On ne peut exclure l'occurrence d'une simple crise extensive, mais le basculement des séries de 40° est difficile à obtenir par simple effondrement de blocs d'aussi faible largeur (ordre kilométrique). Cette discordance importante pourrait résulter d'une nouvelle phase tectonique compressive qui aurait affecté la Provence orientale, après l'Autunien et avant le dépôt du Permien supérieur, probablement à la limite Autunien-Saxonien (Figs. 3-4), comme cela s'observe dans un certain nombre de bassins permien de l'Est de la France (Becq-Giraudon & Prost 1989, Donsimoni 1981, Prost et Becq-Giraudon 1989).

### **Le Permien supérieur ou «Saxono-Thuringien».**

Entre Cannes et Toulon, la série permienne (Fig. 2) débute, en général, par des brèches qui reposent, en discordance ou par contact faillé, sur le socle du Tanneron ou des Maures, ou sur le Carbonifère et très localement, sur la Formation de l'Avellan du Permien inférieur. Cette série est datée du Thuringien par les pollens et les empreintes végétales qu'elle contient, en ce qui concerne une partie des dépôts situés au-dessus de l'ensemble volcanique A<sub>7</sub>. La base de la série, sous A<sub>7</sub>, est pour l'instant attribuée au «Saxonien», en l'absence d'arguments paléontologiques (Toutin-Morin 1987).

Les dépôts, grossiers sur les bords des bassins ou à la base des formations (brèches de démantèlement, cônes de piedmont, coulées boueuses), deviennent fluviatiles, voire torrentiels, sur les pentes et au pied des reliefs, puis plus fins dans le centre des bassins où ils sont lacustres, palustres ou de plaines d'inondation tandis que les cours d'eau sont méandriques; ils se font dans une série de bassins de faibles dimensions, séparés les uns des autres par des seuils (Toutin 1980). À l'Est, ces zones hautes (Fig. 1) sont installées le long des grands accidents subméridiens hercyniens:

— *le double paléorelief du Reyran*, entre les bassins de l'Estérel et du Bas-Argens, empêche le passage des coulées volcaniques émises à l'Est jusqu'au milieu du Permien supérieur (rhyolite fluidale A<sub>11</sub> comprise);

— *le seuil du Muy* partage le Bas-Argens en deux zones qui évoluent différemment, l'Ouest étant, dans l'ensemble, plus subsident que l'Est; il gêne le passage des minéraux liés au volcanisme de l'Estérel (Montmorillonite, Corrensite, Anatase jaune, Augite et Hornblende brunes) et fonctionne en système de horsts mobiles pendant la plus grande partie du Permien supérieur.

En revanche, à l'Ouest, les bassins de la dépression permienne sont isolés par des seuils plus ou moins E-W, installés le long de failles dont certaines se prolongent dans le socle des Maures (Fig. 1):

— *le seuil de Vidauban*, entre la partie occidentale du Bas-Argens et le bassin du Luc; dans le prolongement de la faille de La Sauteirane-Roquebrune, il domine les bassins d'au moins 200m au début du Permien supérieur, pendant le dépôt de la Formation d'Ambon et des formations Claire et Tuffique; son rôle se réduit ensuite mais reste sensible jusqu'à la fin du Permien (Toutin 1980);

— *le seuil de Pignans*, entre les bassins du Luc et de Cuers; de nombreuses failles E-W affectent les séries permienes dont l'épaisseur est réduite à son approche (Toutin 1980); ces failles se poursuivent vers l'Est, dans le socle des Maures et sur la bordure sud du bassin du Luc par le «chevauchement» des Mayons (Baudemont 1985);

— *le seuil de Pierrefeu*, entre les bassins de Cuers et de Solliès Pont; souvent peu visible en raison de l'abondance des alluvions qui masquent les dépôts permienes, il est matérialisé par les failles EW qui pénètrent profondément dans le massif des Maures vers l'Est où elles ont donné naissance au fossé permien de Collobrières (Toutin-Morin & Vinchon 1989).

Une partie de ces fractures s'ouvre très tôt puisque le volcanisme acide monte par ces fissures dès la base de la Formation Tuffique, sur le seuil de Pignans et au Sud du bassin du Luc (sondage VDB230) donnant de minces coulées de rhyolite de 2-3m d'épaisseur (Toutin 1980). Les filons minéralisés en Quartz-Plomb-Zinc du Pic

Martin et de Saint Daumas, dans les gneiss des Maures au Sud du bassin du Luc, antérieurs aux sédiments permien de ce bassin (Baudemont 1985) pourraient dater de cette époque. Dans le Bas-Argens et dans l'Estérel, le volcanisme fissural acide qui se manifeste durant le «Saxono-Thuringien» jusqu'à l'ensemble A<sub>7</sub> inclus, prouve l'activité constante de ces failles au Permien.

Les directions E-W sont postérieures aux accidents hercyniens N-S qu'elles recoupent, produisant de petits décalages locaux:

- de l'accident de Grimaud au niveau du Carbonifère et du granite de Plan de La Tour au Sud de la faille de Roquebrune,
- des accidents bordiers du bassin carbonifère du Reyran,
- sur le bord nord du bassin permien du Bas-Argens dans le secteur de Colle Rousse.

|   | Etages      | Evènements          | Résultats principaux  | Exemples   |
|---|-------------|---------------------|---|--|
| P<br>E<br>R<br>M<br>I<br>E<br>N                     | THURINGIEN  | extension N-S       | Failles EW +<br>filons volcaniques EW<br><br>à l'Est: grabens EW                        | <u>Ouest</u> <u>Est</u><br>bassins    bassin<br>du Luc,    du Bas-<br>de Cuers    Argens |
|   | SAXONIEN    | extension N-S       | failles EW +<br>filons minéralisés<br>brèches synsédimentaires                          |  |
| E<br>N  | AUTUNIEN    | compression ?       | → discordance angulaire<br>et basculement vers le Sud                                   | graben Avellan   |
|   |             | extension NNE-SSW   | grabens WNW-ESE   | L'Argentière<br>et l'Avellan   |
| C<br>A<br>R<br>B<br>O<br>N<br>I<br>F<br>È<br>R<br>E | STEPHANIEN  | compression E-W     | serrage → synclinaux carbonifères NS  |  |
|   | WESTPHALIEN | compression N-S (?) | décrochements NS  | b. du Reyran et<br>b. de Plan de la Tour   |
|   |             |                     |   | → bassins carbonifères NS  |
|   |             | compression E-W     | décrochements<br>mylonitiques NS<br><br>Plis NS dans le socle<br>→ dômes<br>→ synformes | Moure, Fontcounille<br>Joyeuse-Grimaud<br><br>d. du Rouet-Plan Tour<br>s. du Reyran      |

⋈ discordance angulaire - angular unconformity

Fig. 4.—Principaux évènements tectoniques anti-Trias en Provence orientale.  
Major tectonic events before Triassic in Eastern Provence.

Après l'émission de l'ensemble volcanique A<sub>7</sub>, au début de la Formation des Pradineaux, des effondrements se produisent et les bassins orientaux, en particulier le Bas-Argens, s'ouvrent en grabens distensifs sensiblement E-W (Toutin-Morin & Delfaud 1987). La mobilité des failles bordières entraîne la formation de cônes de matériel grossier au Nord (conglomérats de la Formation du Mitan dans le secteur des Esclans) et surtout au Sud du bassin avec l'édification du Rocher de Roquebrune, vaste cône de déjection alimenté en grande partie par des coulées boueuses venues du Massif des Maures (Delfaud, Toutin-Morin & Morin 1989). Cette activité se poursuit plus longtemps sur la bordure sud, le bassin du Bas-Argens formant un héli-graben au Thuringien.

Le régime tectonique distensif N-S se généralise donc, en Provence orientale, au Permien supérieur: il se réalise pleinement au Thuringien (Fig. 4).

Par la suite, une partie des accidents N-S et E-W rejouera lors des phases tectoniques pyrénéo-provençales et alpines, et en particulier, au cours des compressions subméridiennes du Crétacé supérieur puis de l'Oligocène inférieur et des compressions E-W du Miocène inférieur (Baudemont 1985), masquant souvent les phases tectoniques précédentes.

## CONSEQUENCES DE LA STRUCTURATION DU SOCLE SUR LE FONCTIONNEMENT DES BASSINS PERMIENS.

Dans le détail, le fonctionnement des bassins permien du «Saxono-Thuringien» est influencé par la répartition des accidents ductiles apparus lors de l'orogène hercynienne.

En effet, à l'Est, le bassin de l'Estérel est installé contre l'antiforme de Cannes mais l'édification d'appareils volcaniques durant le Permien supérieur en fait un massif dont l'érosion alimente en partie le Bas-Argens.

Le bassin du Bas-Argens s'installe dans une vaste dépression tectonique E-W contrôlant les zones les plus subsidentes. Il est bordé vers l'Est par l'Estérel dont il est séparé par le double paléorelief du Reyran, qui enserre le bassin carbonifère du Reyran. Il s'étale dans une paléotopographie guidée par la synforme hercynienne du Reyran-Les Issambres. Vers l'Ouest, il entaille l'antiforme du Rouet-Plan de La Tour au niveau du seuil du Muy: tandis que les épaisseurs de sédiments sont fortes de part et d'autre du seuil, elles diminuent à son niveau, en particulier lors du dépôt des formations d'Ambon et de Bayonne, puis au cours de la Formation des Pradineaux qui correspondent à des périodes où le seuil constituait un horst (Toutin 1980).

La partie occidentale du Bas-Argens, à l'Ouest du seuil du Muy, les bassins du

*Luc, de Cuers et de Solliès Pont* vont s'installer dans la synforme formée par les micaschistes des Maures occidentales, au pied de l'antiforme du Rouet-Plan de La Tour qui constitue leur bordure orientale tandis que les seuils faillés E-W les limitent au Nord et au Sud. Ces bassins, dont la marge occidentale est inconnue à l'affleurement, présentent des formes plus losangiques et sont constitués de panneaux basculés suivant des directions variables selon leur situation dans le bassin, par rapport aux bordures (Baudemont 1985).

Comme les bassins carbonifères, les bassins permien sont des bassins intramontagneux. Au Thuringien, ils évoluent en extension, dans un système faillé au sein duquel les failles bordières jouent un rôle majeur. Ce régime en distension est accompagné par la mise en place de complexes alcalins, déjà amorcée au «Saxonien», et qui annonce le rifting du Trias (Bonin 1988).

## CONCLUSIONS

Dans la chaîne de montagnes édifiée par l'orogénèse varisque s'installent, à la fin de l'ère primaire, de petits bassins continentaux. Les premiers datent du Carbonifère supérieur; ils se forment à la faveur d'effondrements locaux en contexte compressif (compression probable N-S) et s'intègrent dans un continuum orogénique varisque (compression tardi-hercynienne, Arthaud & Matte 1975; Blès *et al.*, 1989). Ils sont orientés selon une direction subméridienne parallèle aux accidents ductiles apparus précédemment dans le socle.

Après la dernière manifestation compressive significative qui plisse les bassins carbonifères en synclinaux (compression E-W fini - stéphanienne) et clôt l'affinité orogénique varisque de l'évolution tectonique de l'Europe occidentale, une phase extensive se manifeste: NNE-SSW, elle indique une inversion de l'intensité des contraintes et donne naissance à de petits grabens allongés WNW-ESE, limités au secteur le plus oriental de la région et attribués à l'Autunien. Après le basculement des dépôts autuniens, la dernière compression de l'ère primaire pourrait provoquer la discordance angulaire des produits du Permien supérieur sur le Permien inférieur: elle se situerait alors à la limite Autunien-Saxonien.

*Un régime distensif* s'installe de façon durable avec le «Saxono-Thuringien»; d'abord discret, il s'accroît au Thuringien et donne naissance à des grabens E-W dans les bassins permien orientaux. Le jeu des failles E-W domine alors celui des accidents N-S et les bassins fonctionnent dans un régime qui annonce l'évolution taphrogénétique à affinité téthysienne de toute l'Europe occidentale (Ziegler 1982).

Les épisodes tectoniques d'âge fini-stéphanien à tardi-autunien représentent les dernières manifestations de l'orogénèse hercynienne. L'avènement de la phase

distensive N-S qui produit des fossés d'effondrement et permet la formation des bassins sédimentaires permien traduis le démantèlement de la Pangée et l'initiation du futur océan téthysien.

## BIBLIOGRAPHIE

- AMENZOU, M. (1988): Les granitoïdes hercyniens du massif des Maures (Var, France). *Thèse de l'Université de Nice*, 280 p.
- ARTHAUD, F., & MATTE, Ph. (1966): Contribution à l'étude des tectoniques superposées dans la chaîne hercynienne: étude microtectonique des séries métamorphiques du massif des Maures (Var). *C.R.Ac.Sc. Paris*, 262, D: 436-439.
- ARTHAUD, F., & MATTE, Ph. (1975): Les décrochements tardi-hercyniens du Sud-Ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation. *Tectonophysics*, 25: 139-171.
- BASSO, A. M. (1985): Le Carbonifère de Basse Provence (Sud Est de la France). *Thèse 3è cycle*, Université de Provence, 319 p.
- BAUDEMONT, D. (1985): Relations tectoniques socle-couverture en Provence orientale. *Thèse de l'Université L.Pasteur de Strasbourg*, 204 p.
- BECQ-GIRAUDON, J. F., & PROST, A. (1989): Dualité du régime tectonique en France durant le Permien. *Association des Géologues du Permien*, Amiens, n°1: 91-95.
- BLES, J.L.; BONJOLY, D.; CASTAING, C., & GROS, Y. (1989): Successive post-Variscan stress fields in the French Massif Central and its borders (Western Europe plate): Comparison with geodynamic data. *Tectonophysics*, 169: 79-111.
- BONIN, B. (1988): From orogenic to anorogenic environments: evidence from associated magmatic episodes. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 68: 301-311.
- CARUBA, C.; GIRAUD, J. D.; BOUCARUT, M., & TURCO, G. (1976): Nouvelles données géologiques d'un secteur oriental du massif des Maures: forêt communale des Arcs (Var). *C.R.Ac.Sc. Paris*, 282, D: 1585-1588.
- CREVOLA, G., & SEYLER, M. (1982): Observations sur la structure de la partie orientale du socle provençal. *9è R.A.S.T. Paris*, Soc. Géol. France éd., vol. des résumés p.170.
- DELFAUD, J.; TOUTIN-MORIN, N., & MORIN, R. (1989): Un cône alluvial en bordure d'un bassin intramontagneux: la formation permienne du Rocher de Roquebrune (bassin du Bas-Argens, Provence orientale). *C.R.Ac.Sc. Paris*, 309, II, 18: 1811- 1817.
- DONSIMONI, M. (1981): Le bassin houiller lorrain. Synthèse géologique. *Mém. B.R.G.M.*, 117: 102 p.
- GONDOLO, A. (1989): Le volcanisme permo-triasique du Sud-Est de la France: Scandola-Sénino (Corse), Estérel-Bas-Argens (Provence). *Thèse de l'Université de Nice*, 280 p.
- LE MARREC, A. (1976): Reconnaissance pétrographique et structurale des formations

- cristallophylliennes catazonales du massif de Sainte Maxime. *Thèse 3è cycle*, Université de Marseille III- Saint Jérôme, 126 p.
- MALUSKI, H. (1968): Etude tectonique, microtectonique et géochronologique de la partie méridionale du massif des Maures (Var). *Thèse 3è cycle*, Université de Montpellier, 87 p.
- MALUSKI, H. (1972): Etude au  $^{87}\text{Rb}$ - $^{87}\text{Sr}$  du massif granitique du Plan de La Tour (Maures). *C.R.Ac.Sc. Paris*, 274, D: 520-523.
- PROST, A.E., & BECQ-GIRAUDON, J.F. (1989): Evidence for mid-Permian compressive tectonics in Western Europe supported by a comparison with the Alleghanian geodynamic evolution. *Tectonophysics*, 169: 333-340.
- ROUBAULT, M.; BORDET, P.; LEUTWEIN, F.; SONET, J., & ZIMMERMANN, J. L. (1970): Ages absolus des formations cristallophylliennes des massifs des Maures et du Tanneron. *C.R.Ac.Sc. Paris*, 271, 13: 1067-1070.
- SERMENT, R., & TRIAT, J.M. (1967): Etude tectonique du granite du Plan de la Tour (Var). *Bull. Soc. Géol. de France*, 7, IX: 662-669.
- TOUTIN, N. (1980): Le Permien continental de la Provence orientale (France). *Thèse Doctorat ès-Sciences*, Université de Nice, 594 p.
- TOUTIN-MORIN, N. (1987): Les bassins permien provençaux témoins de l'orogénèse hercynienne et de l'ouverture de la Téthys dans le Sud-Est de la France. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, CVI: 183-187.
- TOUTIN-MORIN, N., & DELFAUD, J. (1987): Les facteurs régissant le détritisme permien dans le bassin du Bas-Argens (Provence orientale). Leur expression dans la pétrographie des sédiments. *Géologie alpine Grenoble*, Mém. h.-s. n°13: 47-56.
- TOUTIN-MORIN, N., & VINCHON, Ch. (1989): Les bassins permien du Sud-Est. In Synthèse géologique des bassins permien français, *Mém. B.R.G.M.* n°128: 114-121.
- VAUCHEZ, A., & BUFALO, M. (1985): La limite Maures occidentales-Maures orientales (Var, France): un décrochement ductile senestre majeur entre deux provinces structurales très contrastées. *C.R.Ac.Sc. Paris*, 301, II, 14: 1059-1062.
- ZIEGLER, P. A. (1982): Triassic rifts and facies patterns in Western and Central Europe. *Geol. Rundsch.*, 71, 3: 747-772.

*Manuscrito recibido: 22 Noviembre 1990*

*Revisión aceptada: 20 Julio 1991*