

## OBSERVATION SUR LA NOTE

**Restauration d'un ensemble structural morcelé, à l'aide d'un référentiel trirectangle : kink-bands conjugués et failles permienes dans les Maures occidentales (Var, France)**

(BRONNER G., *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1996, **167**, 1, 93-100)

### Sur l'origine des virgations des Maures occidentales (Var, France)

par GILBERT CREVOLA\*

Dans un article au Bulletin de la Société géologique de France, G. Bronner [1996] propose de reconstituer la structure de la partie occidentale du massif des Maures antérieurement à la tectonique cassante tardi-carbonifère et permienne. Cette reconstitution passe par la détermination, d'une part de l'ampleur du jeu décrochant des failles, en particulier permienes, et, d'autre part des éléments des rotations de certains compartiments, supposées induites par le jeu de ces failles. Dans cet article le lien entre rotations de la foliation et jeux décrochants des failles tardives est posé en postulat. En fait, une autre possibilité d'explication réside dans la prise en considération de la structuration plicative tardive d'échelle décakilométrique des formations métamorphiques.

#### 1. Les phases tectoniques plicatives tardives et les mégastructures associées

La partie nord-orientale du socle provençal permet d'étudier une transversale de 40 km de long. Elle présente une structuration tardive en dômes et cuvettes décakilométriques d'allongement subméridien, commune au Tanneron et aux Maures (fig. 1) [Crevola et Pupin, 1994]. Ces structures, post-métamorphiques et post-foliales, sont marquées par l'attitude des foliations et l'existence de virgations cartographiques (virgation des gneiss de l'enveloppe du granite du Rouet, virgation du nord et de l'est du Tanneron) [Carte Fréjus - Cannes à 1/50 000, Toutin-Morin *et al.*, 1994]. Elles présentent une tendance au style coffré et sont affectées par de grandes ondulations transverses. Dans les Maures occidentales, à partir de la faille de Grimaud se développe vers l'ouest un vaste monoclin. Il est affecté par une première brusque flexure (F1, fig. 1), suivant une ligne la Garde-Freinet - Cavalaire, puis par une deuxième suivant une ligne les Mayons - Bormes (F2, fig. 1). A l'extrême SW du massif on passe ensuite à une synforme marquée par la virgation de l'île de Porquerolles et de la presqu'île de Giens (fig. 2) [Bronner *et al.*, 1971; Olives Baños, 1979]. Cette rapide vue d'ensemble montre la généralité et l'importance d'une structuration plicative tardive en Provence varisque.

Cette structuration, très pénétrative, s'accompagne de plis mineurs concentriques dans les Maures orientales et le Tanneron et de plis anguleux et de kink-bands dans les Maures occidentales. Dans cette région, les rapports entre structures tardives d'échelles différentes, déjà soulignés par Maluski [1968] et Bronner *et al.* [1971], n'ont pour l'instant été étudiés de façon détaillée que dans le secteur Giens-Porquerolles par Olives Baños [1979], qui a décrit une succession complexe d'événements tardifs. Des observations personnelles ont montré que certains affleurements présen-

tent en fait deux générations de kink-bands généralement subperpendiculaires avec, pour chacune, des kink-bands conjugués. D'autres kink-bands sont associés en tant que plis secondaires à des plis métriques concentriques ou anguleux ou, localement, à des failles importantes. Ainsi, l'utilisation qui est faite par Bronner [1996] des kink-bands comme référentiels, peut s'avérer délicate du fait de leur attribution possible à des phases tardives différentes. Par ailleurs, le petit nombre de mesures qui ont été réalisées sur certains sites pose un problème de représentativité.

#### 2. La tectonique cassante permienne

Les failles permienes présentent un jeu décrochant nul ou faible dans le Tanneron et le nord des Maures. A partir de l'accident de Collobrières, en allant vers le sud des Maures, ce jeu devient plus important, hectométrique à kilométrique. Il faut cependant remarquer que le décrochement senestre de 7 km au niveau du golfe de St-Tropez correspond au jeu cumulé de plusieurs failles. Cependant la cartographie [Crevola *in* Toutin-Morin *et al.*, 1994] montre, contrairement à l'opinion de Bronner [1996], que les failles permienes ont des rejets verticaux pouvant dépasser le kilomètre. Ainsi elles séparent souvent des compartiments présentant des motifs cartographiques différents qui correspondent en fait à des coupes de la même structure prises à des hauteurs différentes.

L'existence de rotations d'ensemble de blocs cristallins rigides de largeur plurikilométrique au Permien paraît difficilement envisageable dans le contexte local. De telles rotations ne pourraient se faire que dans un niveau plus profond, en s'accompagnant de déformations pénétratives. L'étude des failles permienes importantes du SW des Maures montre que les formations métamorphiques ne sont perturbées qu'à leur voisinage immédiat : rotations, concordance de la foliation avec la direction de la faille, nom-

\* Institut EGID, Université Michel de Montaigne - Bordeaux 3, 33405 Talence Cedex.  
Manuscrit déposé le 2 juillet 1996; accepté après révision le 23 avril 1997.

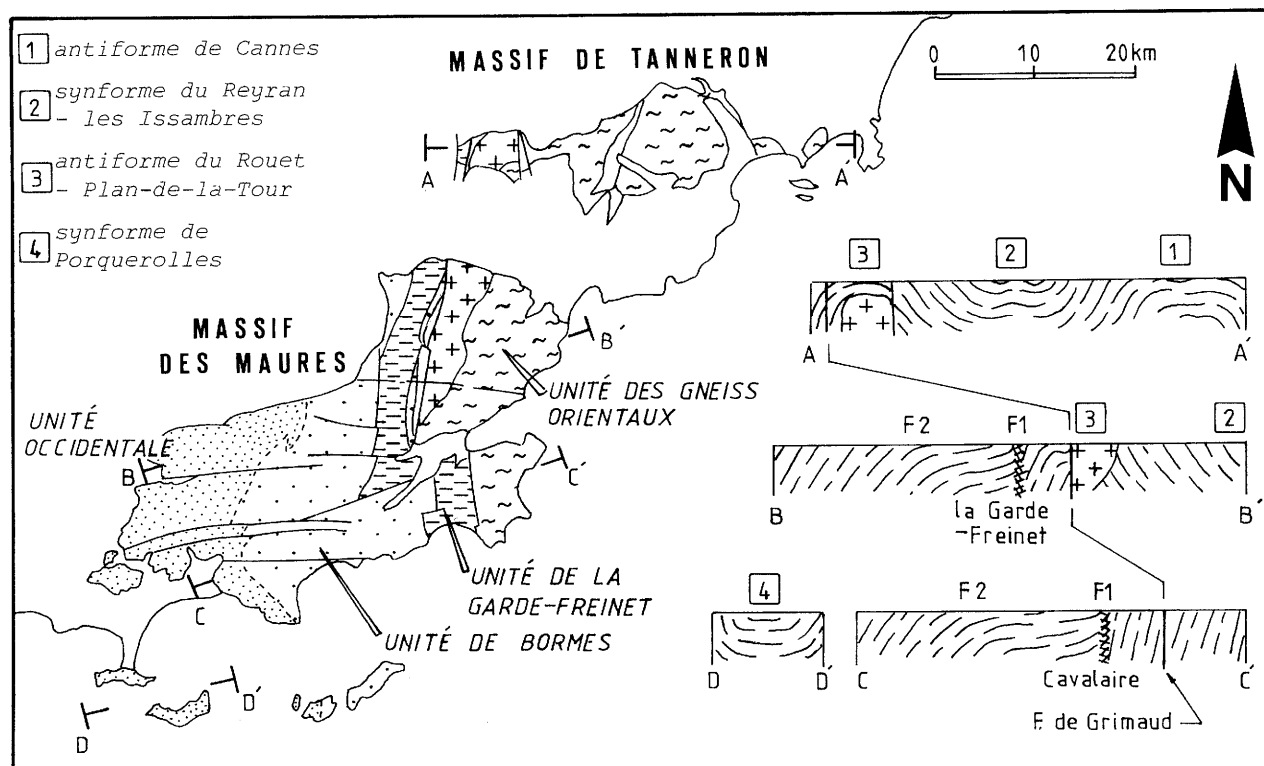


FIG. 1. – Carte géologique schématique de la Provence varisque (d'après Crevola et Pupin [1994]) et coupes synthétiques présentant les grandes structures tardives.

FIG. 1. – Geological sketch map of the Variscan Provence (after Crevola and Pupin [1994]) and synthetic cross-sections showing large-scale late structures.

breuses failles secondaires. Il s'agit là de véritables crochons liés aux failles permienes.

### 3. Remarques sur quelques virgations

Parmi les 5 cas de rotations étudiés, 3 d'entre eux correspondent à des virgations cartographiques spectaculaires : celles de la Garde-Freinet et du Camp de Bérard (sites 1, 2 et 3) et celle de Bormes (sites 6 et 7). Enfin il convient de présenter à titre d'exemple de référence une autre grande virgation, celle de l'île de Porquerolles et de la presqu'île de Giens qui n'a pas été prise en compte par l'auteur.

#### La virgation de la Garde-Freinet et du Camp de Bérard

Il faut d'abord noter que la faille de la Garde-Freinet ne marque pas la limite orientale des gneiss de Bormes qu'on retrouve dans le lambeau allochtone de Plan-de-la-Tour, allongé contre la faille de Grimaud, et dans la Forêt Communale des Arcs [Crevola et Pupin, 1994].

Cette virgation est caractérisée par une foliation, des axes de plis et des linéations d'étirement très redressés. La faille de la Garde-Freinet, d'âge tardi-carbonifère, qui se poursuit en fait jusqu'à Cavalaire où elle se ramifie, est à pendage ouest et à jeu normal vers l'ouest. Son rejet vertical est très important au niveau de la Garde-Freinet, sans doute de plusieurs kilomètres, mais un éventuel jeu décrochant ne peut pas être estimé. La virgation de la Garde-Freinet peut être interprétée par comparaison avec la structure de la chaîne littorale (fig. 1), où la zone faillée de Cavalaire se place à la transition entre une zone à foliation à faible pente vers l'ouest et une zone à foliation

très redressée à l'est (flexure F1). Ainsi le dispositif cartographique de la Garde-Freinet se déduit géométriquement de celui de la chaîne littorale par un basculement de 50 à 90° vers le nord. La virgation de la Garde-Freinet correspond à l'intersection de la topographie avec la flexure orientale F1 et celle du Camp de Bérard avec l'intersection de la flexure occidentale F2. Ce basculement pourrait être originel et dû à une structure transverse.

#### La virgation de Bormes (fig. 2)

Située à l'ouest de Bormes, elle marque le passage de la foliation de la direction N135-N155 caractéristique du Cap Bénat, à la direction N030-N050, caractéristique des environs de Bormes et du secteur des Berles. En fait on n'observe pas de changement brusque de la direction des diverses formations qui se ferait à la faveur d'une unique faille permienne [carte à 1/50 000 Hyères – Porquerolles, Bordet *et al.*, 1976; carte à 1/250 000, Rouire, 1979]. Au contraire, la foliation tourne progressivement en 4 km. D'ailleurs, il existe des secteurs où les directions sont subméridiennes, par exemple sur les deux rives du lac du Trapan. La virgation est affectée par plusieurs failles permienes disposées de façon grossièrement radiale. La faille de la Londe – le Lavandou qui passe à Bormes ne correspond pas à un changement de la direction de la foliation comme le mentionne l'auteur (p. 98 et figure 1). Au contraire, la foliation garde au sud de cette faille, dans la localité de Bormes, une direction NE-SW identique à celle du compartiment nord. La virgation de Bormes peut être considérée comme une structure transverse affectant des séries à structuration subméridienne.

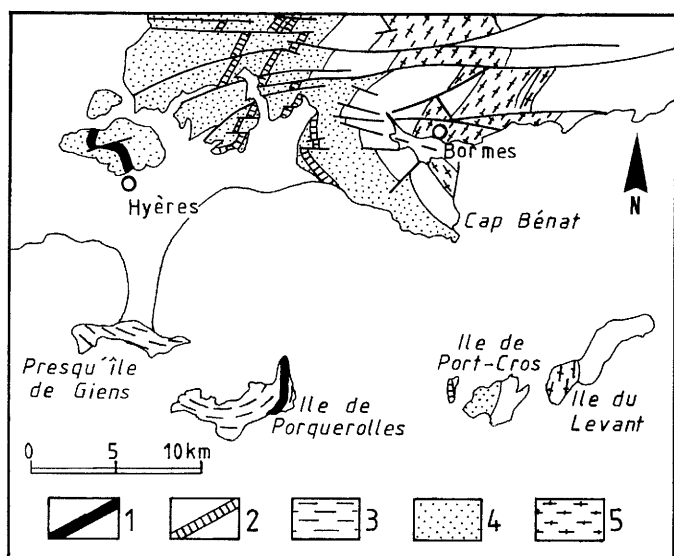


FIG. 2. – Esquisse cartographique du SW des Maures (d'après la carte géologique Nice à 1/250 000, [Rouire, 1979]). 1 : quartzites de Fenouillet et de Porquerolles; 2 : autres niveaux de quartzites; 3 : schistes de Giens et Porquerolles; 4 : schistes et quartzites indifférenciés; 5 : Gneiss de Bormes.

FIG. 2. – Sketch map of the SW Maures (after the 1/250 000 Nice geological map [Rouire, 1979]). 1 : Fenouillet and Porquerolles quartzites; 2 : others quartzites levels; 3 : schists of Giens and Porquerolles; 4 : undifferentiated schists and quartzites; 5 : Bormes gneisses.

#### La virgation de Giens-Porquerolles (fig. 2)

Cette grande virgation est marquée par la disposition cartographique des micaschistes et quartzites de la presqu'île de Giens et de l'île de Porquerolles qui subissent une

rotation de 130°. Elle correspond à la terminaison périclinale de la synforme tardive de Porquerolles dont l'axe plonge vers le NNW [Bronner *et al.*, 1971; Bordet *et al.*, 1976; Olives Baños, 1979]. Elle est affectée par des failles disposées de façon radiale.

La virgation ainsi définie est enveloppée par les formations du Cap Bénat et de Port-Cros qui forment une virgation externe dans laquelle s'inscrit la rotation Cap Bénat – Port-Cros. Ainsi «le puzzle géant des îles et de la rade d'Hyères» [Bronner, 1986] peut être expliqué simplement par l'existence d'une grande virgation antérieure plutôt que, uniquement, par de très importants mais hypothétiques jeux décrochants de failles E-W, accompagnés de rotations de blocs [Bronner, 1986, 1996]. D'ailleurs, il paraît difficile de concilier dans le même bloc des îles ou «chaîne des îles» l'existence d'une grande virgation liée à une terminaison périclinale avec celle d'une rotation induite par le jeu de la faille des Stoéchades. Il faut noter qu'on retrouve ici le schéma de Bronner *et al.* [1971].

#### 4. Conclusion

Les diverses données présentées ici montrent la nécessaire prise en compte de l'existence de grandes structures plicatives tardives pour la détermination de l'origine des rotations et virgations de la foliation dans les Maures occidentales. L'intersection de ces grandes structures avec la topographie est à même d'expliquer les rotations et virgations observées qui sont progressives et exercent un contrôle sur la localisation des failles tardives. Ces observations montrent la nécessité de réaliser de nouvelles études cartographiques et structurales détaillées de certains secteurs des Maures occidentales, ainsi qu'y invite d'ailleurs aussi G. Bronner [1996] dans sa conclusion.

*Remerciements.* – Je tiens à remercier Laurent Jolivet pour ses remarques pertinentes qui ont contribué à l'amélioration du manuscrit.

#### Références

- BORDET P. & MENNESSIER G. (1968). – Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille 1046 : Collobrières. – 1<sup>re</sup> édition. – Orléans : BRGM. – 1 file en coul., et notice explicative par BORDET P. & MENNESSIER G., 1968, 12 p.
- BORDET P., CHAMLEY H., BLANC J. & JEUDY de GRISAC A. (1976). – Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille 1065 : Hyères – Porquerolles. – 2<sup>e</sup> édition. – Orléans : BRGM. – 1 file en coul., et notice explicative par BORDET P. *et al.*, 1976, 21 p.
- BRONNER G. (1986). – De schiste et d'eau, archipel d'Hyères. – *Cahier de Découverte* 8. – Parc National de Port-Cros, 84 p.
- BRONNER G. (1996). – Restauration d'un ensemble structural morcelé, à l'aide d'un référentiel trirectangle : kink-bands conjugués et failles permienes dans les Maures occidentales (Var, France). – *Bull. Soc. géol. Fr.*, 167, 1, 93-100.
- BRONNER G., LECORCHE J.P. & ORSINI J.B. (1971). – Un pli conique kilométrique : l'île de Porquerolles, fragment méridional du massif hercynien des Maures (Var, France). – *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 272, D, 20-23.
- CREVOLA G. & PUPIN J.P. (1994). – Crystalline Provence : structure and Variscan evolution. In : J.D. KEEPIE Ed., *Pre-Mesozoic geology in France and related areas.* – Springer Verlag Publ., Berlin, 426-441.
- MALUSKI H. (1968). – Etude tectonique, microtectonique et géochronologique de la partie méridionale du massif des Maures, Var. – Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Montpellier, 148 p.
- OLIVES BAÑOS J. (1979). – Géologie des terrains paléozoïques dans le Sud-Ouest du massif des Maures (Var, France). – Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Marseille, 122 p.
- ROUIRE J. (1979). – Carte géologique de la France à 1/250 000, feuille 40 : NICE. – 1<sup>re</sup> édition. – Orléans : BRGM. – 1 file en coul., et notice explicative par ROUIRE J. *et al.*, 1980, 94 p.
- TOUTIN-MORIN N., CREVOLA G., GIRAUD J.D., BROCARD C., DARDEAU G., BULARD P.F., DUBAR M., MEINESZ A. & BONJOLY D. (1994). – Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille 1024 : Fréjus-Cannes. – 2<sup>e</sup> édition. – Orléans : BRGM. – 1 file en coul., et notice explicative par TOUTIN-MORIN N. *et al.*, 1994, 187 p.