

Tectonique/ Tectonics

Développement d'orthomicaschistes dans des zones de cisaillement ductile au sein d'orthogneiss : exemples pris dans le Massif des Maures (France du Sud-Est)

Gilbert CREVOLA et Chantal CREVOLA

Résumé – L'origine tectonique d'orthomicaschistes du Massif des Maures, par blastomylonitisation d'anciens granites est clairement démontrée par leur développement dans des zones de cisaillement ductile (ZCD) caractéristiques au sein d'orthogneiss. Ces ZCD, analogues à certaines ZCD « rétrogrades », se distinguent des ZCD intragranitiques mylonitiques par la précocité et l'ampleur des recristallisations conduisant à une différenciation métamorphique importante.

Ortho-mica schist development within intra-orthogneissic ductile shear zones : examples from the Maures Massif (Southeastern France)

Abstract – The tectonic origin of ortho-mica schists from the Maures Massif, through blastomylonitization of former granites is clearly demonstrated by their development within typical ductile shear zones (DSZ) cutting orthogneissic country rocks. These DSZ, similar to some « retrograde » DSZ, differ from the mylonitic intragranitic DSZ by their early and extensive recrystallizations leading to a major metamorphic differentiation.

1. INTRODUCTION. – Les *orthomicaschistes* ont été définis dans trois régions varisques du Sud de la France (Maures, Cévennes, Rouergue) comme des blastomylonites provenant de la recristallisation syntectonique de granites avec transfert de matière ([1] à [3]). La démonstration de leur origine tectonique, qui n'apparaît pas d'emblée en raison de leur foliation bien définie et de l'absence quasi générale de porphyroclastes, résulte de la convergence d'arguments cartographiques, géométriques, pétrographiques et géochimiques. Nous montrons dans cette Note que les intercalations d'orthomicaschistes au sein d'orthogneiss présentent en fait les caractères pétrographiques et géométriques généraux des *zones de cisaillement ductile* – ou ZCD – ([4] à [7]), ce qui permet une mise en évidence directe de leur origine tectonique. De telles ZCD micaschisteuses, observées dans les diverses suites orthodérivées étudiées, seront décrites dans le Massif des Maures où elles sont très caractéristiques.

II. CADRE GÉOLOGIQUE. – La partie centrale du Massif des Maures montre la superposition, par l'intermédiaire d'un chevauchement tardif, de deux unités lithotectoniques d'origine granitique, associant orthogneiss et orthomicaschistes (fig. 1) [1]. L'unité étudiée, celle des gneiss de Bormes et des micaschistes « à minéraux », présente une suite de grandes structures kilométriques de style pennique, déversées vers l'Est, et dont les axes sont parallèles à la linéation régionale d'étirement. Les micaschistes se présentent en niveaux épais, soit au toit des gneiss de Bormes, séparant ces derniers de la série métasédimentaire flyschöide du Loli, soit en leur sein, constituant des synformes relativement étroites. D'une manière générale, le passage des gneiss aux micaschistes s'effectue progressivement par une succession de termes de plus en plus micacés en quelques dizaines de mètres, voire parfois en quelques mètres (fig. 2). En fait, dans le détail, à cette transformation progressive se superposent souvent des transformations de même nature, plus brutales et localisées dans des zones parallèles à la foliation, d'épaisseur décimétrique à métrique, présentant des caractères de ZCD (fig. 3). Parfois même, les

Note présentée par Georges MILLOT.

épais niveaux de micaschistes ne sont pas homogènes et admettent des intercalations de termes moins évolués (fig. 2).

III. **CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES DES ZCD.** — Les ZCD micaschisteuses montrent de leurs bordures vers leur centre une succession de termes (pour la plus complète : gneiss oëillé — gneiss lenticulaire — gneiss fin — gneiss micacé — micaschiste) qui s'ordonnent en une séquence *blastomylonitique* [8]. Dans ce type d'évolution, la déformation ductile se fait essentiellement par des recristallisations et des néocrystallisations associées à des transferts de matière, en rapport avec des circulations de fluides. Il en résulte (a) une réduction progressive du grain, (b) une élimination rapide des porphyroclastes, en particulier des feldspaths, au profit d'agrégats **néocrystallisés** et de néoblastes disséminés, (c) une défeldspathisation progressive de la roche qui devient corrélativement plus micacée. La recristallisation peut revêtir des aspects différents. A l'ouest, elle se fait avec étirement extrême des cristaux initiaux, de sorte que l'on peut suivre le passage progressif des orthogneiss à des micaschistes finement **lités**, d'aspect tigré. A l'Est, elle se fait avec un étirement moindre, une plus grande homogénéisation et une néoblastèse exubérante, donnant naissance aux micaschistes « à minéraux » qui contiennent souvent des nodules feldspathiques néocrystallisés à partir d'anciens mégacristaux. Contrairement aux ZCD mylonitiques ([9] à [12]), la déformation finie ne pourra être évaluée à partir de marqueurs texturaux (taille ou élongation des **clastes**, rapport **matrice/clastes**) et l'on devra considérer les modifications minéralogiques et chimiques pour apprécier le degré d'évolution. Par ces caractères, les ZCD micaschisteuses sont comparables à certaines ZCD « rétrogrades » qui montrent le développement de micaschistes mésozonaux à partir de gneiss catazonaux ([5], [13], [14]).

IV. **CARACTÈRES GÉOMÉTRIQUES DES ZCD.** — 1. *Organisation transversale* (fig. 3). — Les ZCD sont symétriques ou asymétriques, continues (passage progressif avec l'**encaissant**) ou discontinues (passage brusque) [9]. Très souvent, elles admettent des *réurrences*

EXPLICATIONS DES PLANCHES

Planche I

Fig. 1. — Schéma structural de la partie centrale du Massif des Maures, d'après [1].

Fig. 1. — *Structural sketch of the central part of the Maures Massif, after [1].*

Fig. 2. — Exemples d'alternances lithologiques au passage orthogneiss-micaschiste.

Fig. 2. — *Examples of lithologic alternations at the orthogneiss-mica schist transition.*

Fig. 3. — Organisation transversale des ZCD micaschisteuses. (a) Passage progressif entre orthogneiss et micaschistes avec ZCD localisées. (b) ZCD continue. (c) ZCD discontinue. (d) ZCD avec réurrences.

Fig. 3. — *Transverse structure of the mica schist DSZ. (a) Gradational transition from orthogneisses to mica schists with narrow DSZ. (b) Continuous DSZ. (c) Discontinuous DSZ. (d) DSZ with recurrences.*

Fig. 4. — Développement de ZCD micaschisteuses par (a) cisaillement hétérogène, (b) évolution du boudinage de foliation, (c) cisaillement des flancs de plis (légende : voir pl. II).

Fig. 4. — *Development of mica schist DSZ through (a) heterogeneous shearing, (b) evolution of foliation boudinage, (c) shearing of fold limbs (captions : see Pl. II).*

Fig. 5. — Exemple de ZCD micaschisteuses planaires (légende : voir pl. II).

Fig. 5. — *Example of planar mica schist DSZ (captions : see Pl. II).*

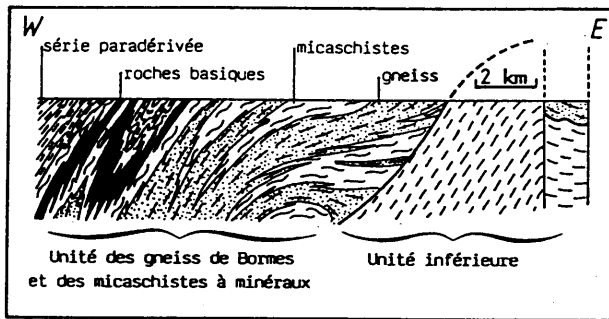


Fig. 1

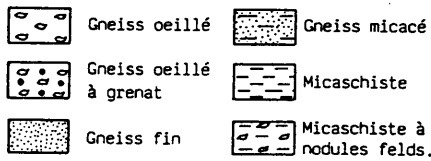


Fig. 2

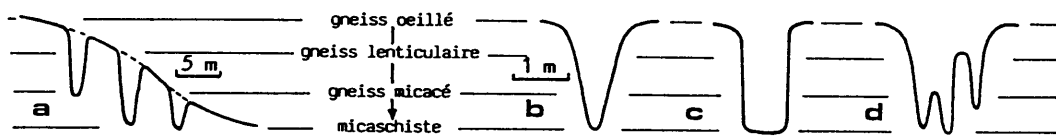
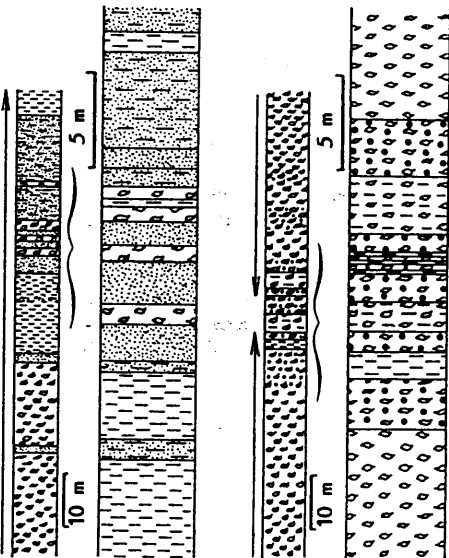


Fig. 3

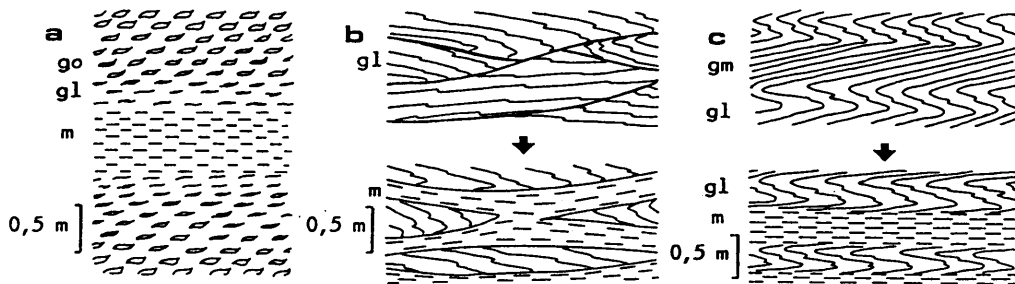


Fig. 4

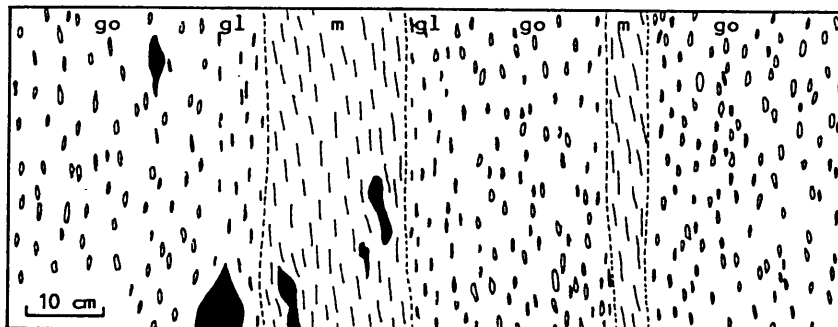


Fig. 5

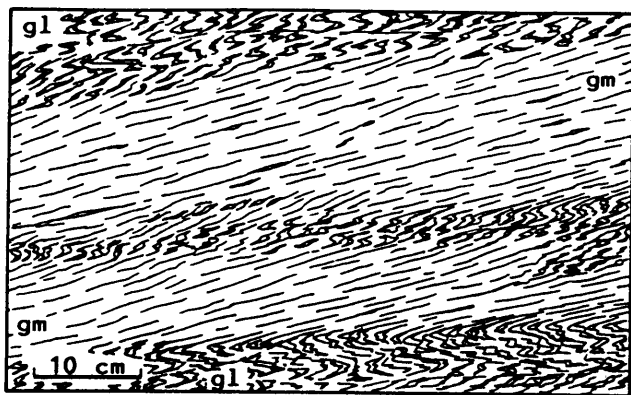


Fig. 6

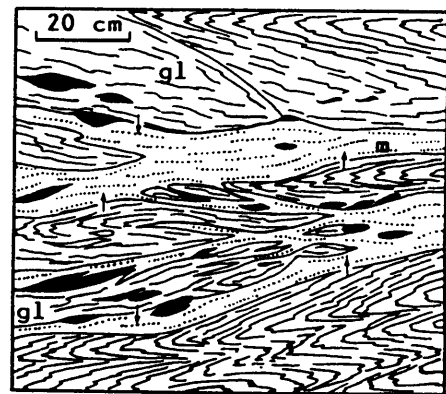


Fig. 7



Fig. 8

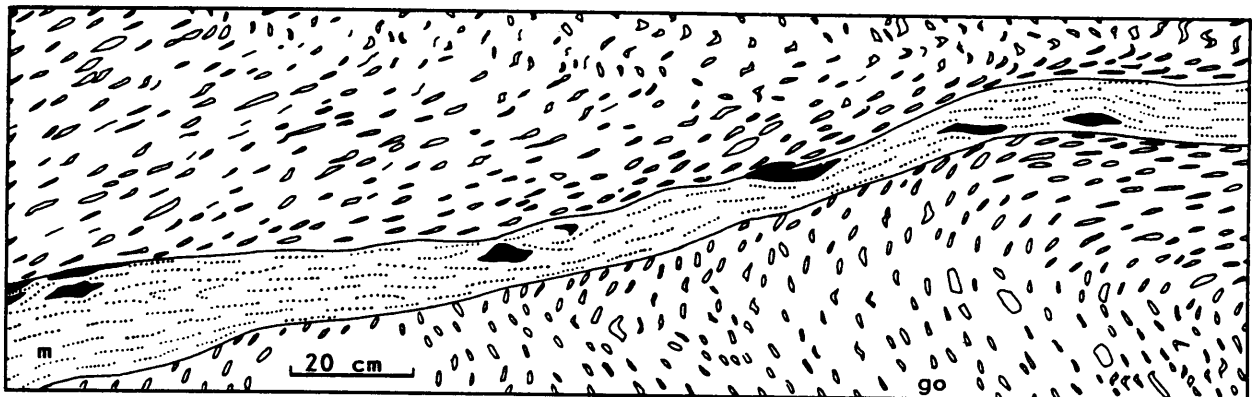


Fig. 9

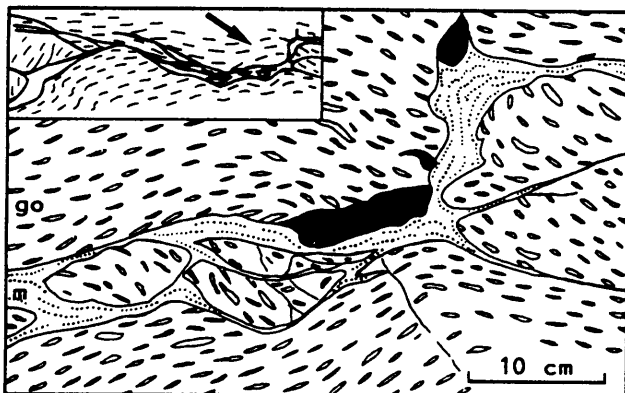


Fig. 10

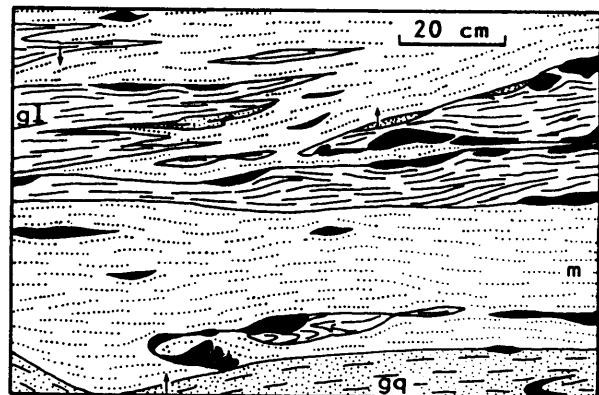


Fig. 11

Planche II

Fig. 6 à 11. — Exemples de ZCD micaschisteuses à structure complexe, associées aux plis subsoclineaux des orthogneiss et/ou anastomosées autour de boudins d'orthogneiss. go, gneiss œillé; gl, gneiss lenticulaire; gq, gneiss quartzeux; gm, gneiss micacé; m, micaschiste. En noir : quartz d'exsudation. Les petites flèches indiquent des passages progressifs.

Figs. 6 to 11. — Examples of mica schist DSZ with complex structure, related to subsoclinal folds of the orthogneisses and/or anastomosed around orthogneiss boudins. go, augen gneiss; gl, lenticular gneiss; gq, quartzitic gneiss; gm, micaceous gneiss; m, mica schist. Black : Quartz veins. Small arrows indicate gradational transitions.

internes, se décomposant en ZCD élémentaires; de même, les alternances de termes observées au passage gneiss-micaschiste, ou dans certains niveaux hétérogènes de micaschistes, peuvent apparaître comme des ZCD récurrentes (fig. 2). Les ZCD montrent une foliation régulière, généralement parallèle à celle de l'encaissant, et contiennent des quartz d'exsudation, souvent sous forme de plis intrafoliaux.

2. *Géométrie d'ensemble*. — Les ZCD présentent le plus souvent une *disposition planaire* avec des bordures parallèles (fig. 5) et sont alors peu apparentes. Toutefois, dans un orthogneiss peu déformé et pour les secteurs les moins métamorphiques (en particulier à la bordure ouest des gneiss de Bormes), les ZCD peuvent présenter des *géométries complexes remarquables* (fig. 6 à 11).

— Anastomoses autour de boudins ou de lentilles de gneiss, les passages étant soit brusques, soit progressifs (fig. 7, 10 et 11). Ce phénomène peut s'observer aussi à l'échelle de la roche dans les gneiss où de fins lits micaschisteux peuvent s'insinuer entre les amandes feldspathiques.

— Foliation discordante par rapport à celle de l'encaissant (fig. 9 et 10).

— Associations avec des structures plissées, les ZCD micaschisteuses à foliation régulière séparant des bandes de gneiss plissées isoclinealement (fig. 8 et 9) ou des meneaux développés à partir des charnières de plis (fig. 7).

Ces mésostructures, très caractéristiques de ZCD naissantes dans un encaissant peu évolué ([7],[10]), s'effacent progressivement au profit de dispositions planaires, lorsque la déformation devient plus pénétrative.

3. *Sens de cisaillement*. — On ne peut le déterminer que dans quelques cas favorables : micaschistes à nodules feldspathiques sigmoïdes présentant une structure de tectonite S-C [15] comme les gneiss *encaissants*, micaschistes séparant des bandes de gneiss plissées subsoclinealement (fig. 6 et 8).

V. ZCD MICASCHISTEUSES ET DÉFORMATION RÉGIONALE. — 1. *Mécanismes de développement des ZCD*. — La comparaison de ZCD de même type géométrique, à divers stades d'évolution vers des micaschistes, permet de reconnaître trois mécanismes de développement qui sont souvent associés. (a) *Par concentration de la déformation cisailante dans certains plans privilégiés*, on aboutit aux ZCD planaires (fig. 4 a). (b) *Par transposition tectonique et différenciation métamorphique lors du plissement subsoclinal dans les orthogneiss* (fig. 4 c), on passe d'abord à des bandes de gneiss micacés dont le litage très fin se relie à celui des charnières (fig. 6), puis à des bandes micaschisteuses à foliation régulière alternant avec des bandes gneissiques très plissées (fig. 7, 8 et 9). (c) *Par évolution du boudinage de foliation* [19] dans les orthogneiss (fig. 4 b), on passe de structures « *pinch and swell* » à de fines bandes de cisaillement micacées conjuguées, puis à des ZCD micaschisteuses anastomosées.

2. *Signification -des ZCD.* — Les structures et les mécanismes décrits à l'échelle mésoscopique démontrent les liens et la contemporanéité, d'une part entre cisaillement et adoucissement structural par recristallisation métamorphique [6] et, d'autre part, entre cisaillement et plissement. Comme pour les foliations mylonitiques en général, il y a lieu de concevoir un épisode global de blastomylonitisation contemporain d'une phase de structuration principale se décomposant, dans le détail, en plusieurs étapes, les structures nées précocement pouvant être déformées, voire oblitérées ultérieurement [7]. Ainsi s'expliquent les foliations discordantes (fig. 9 et 10), les charnières intrafoliales, les boudins de gneiss au sein de micaschistes (fig. 7, 10 et 11), les ZCD affectant tardivement certains plis (fig. 9). Comme les ZCD mylonitiques, les ZCD micaschisteuses correspondent donc à des horizons de mouvement où se concentre la déformation ductile lors du développement de grandes structures plissées [17]. Les épais niveaux de micaschistes, qui présentent certains des caractères des ZCD, correspondraient à des horizons plus importants amenant la superposition de lames d'orthogneiss ou permettant des mouvements différentiels entre les orthogneiss et la série paradérivée **encaissante**.

VI. CONCLUSION. — L'origine tectonique d'orthomicaschistes est directement démontrée dans le Massif des Maures par leur développement, au sein d'orthogneiss, dans des ZCD, le plus souvent planaires et alors peu apparentes, mais aussi parfois anastomosées ou associées aux plis des orthogneiss et alors très caractéristiques.

Les ZCD micaschisteuses, générales dans les diverses suites orthodérivées étudiées, quoique plus ou moins bien exprimées, constituent un type de ZCD intragranitique à évolution blastomylonitique analogue à certaines ZCD « rétrogrades ». Elles diffèrent du type classique mylonitique avant tout par l'ampleur et la précocité, lors de la déformation progressive, des recristallisations qui, associées à des transferts de matière, conduisent à une différenciation métamorphique importante. Comme les ZCD mylonitiques, les ZCD micaschisteuses ont valeur d'horizons de mouvement et jouent un rôle important dans la structuration des séries orthodérivées.

Note reçue le 6 juillet 1987, acceptée le 15 juillet 1987.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] G. CREVOLA, C. R. Acad. Sci. Paris, 301, série II, 1985, p. 99-104.
- [2] G. CREVOLA, P. COLLOMB et J. MAGONTIER, 11^e R.S.T., Clermont-Ferrand, 1986, p. 44.
- [3] P. COLLOMB et G. CREVOLA, C. R. Acad. Sci. Paris, 305, série II, 1987, p. 461-466.
- [4] J. G. RAMSAY et R. H. GRAHAM, *Canadian J. of Earth Sci.*, 7, 1970, p. 786-816.
- [5] A. BEACH, *J. of Struct. Geol.*, 2, n°1/2, 1980, p. 257-263.
- [6] S. H. WHITE, S. E. BURROWS, J. CARRERAS, N. D. SHAW et F. J. HUMPHREY, *J. of Struct. Geol.*, 2, n°1/2, 1980, p. 175-187.
- [7] T. H. BELL et R. L. HAMMOND, *J. of Geol.*, 92, 1984, p. 667-686.
- [8] G. CREVOLA, *Geodin. Acta*, 3, 1987 (à paraître).
- [9] J. P. BURG et P. LAURENT, *Tectonophysics*, 47, 1978, p. 15-42.
- [10] P. CHOUKROUNE et D. GAPAIS, *J. of Struct. Geol.*, 5, n°3/4, 1983, p. 411-418.
- [11] C. SIMPSON, *J. of Struct. Geol.*, 5, n°1, 1983, p. 61-72.
- [12] D. MARQUER, *Thèse Doct. Univ.*, Rennes, 1987, 250 p.
- [13] M. A. ETHERIDGE et J. A. COOPER, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 78, 1981, p. 74-84.
- [14] M. SANDIFORD, *J. of Struct. Geol.*, 7, n°3/4, 1985, p. 477-488.
- [15] G. S. LISTER et A. W. SNOKE, *J. of Struct. Geol.*, 6, n°6, 1984, p. 617-638.
- [16] J. P. PLAÏT et R. L. M. VISSERS, *J. of Struct. Geol.*, 2, n°4, 1980, p. 397-410.
- [17] C. SIMPSON, *Eclogae Helv. Geol.*, 75/3, 1982, p. 495-516.