

# Évolution tectonométamorphique dévonienne et carbonifère de la série de la Sioule

Jean-Louis Feybesse \* et Monique Tegyey \*

Mots-clés : Tectonique tangentielle, Dévonien, Faille-décrochement, Carbonifère, Carbonifère inf., Cisaillement, Microtectonique, Roche métamorphique. Allier (Série Sioule).

## Résumé

La série métamorphique de la Sioule encaissant le complexe granitique d'Échassières est structurée par deux phases tectoniques synchrones d'un métamorphisme HT-MP.

La première est d'âge dévonien, (400 à 350 Ma). Elle correspond à une tectonique tangentielle de l'Est vers l'Ouest qui a initialisé l'empilement lithologique de la série.

La seconde, synchronie ou postérieure à la mise en place du massif granitique de Saint-Gervais, est antérieure à l'érosion importante qui a précédé le dépôt du Viséen supérieur de Manzat. Cette phase d'âge carbonifère (environ 340 Ma), correspond au décrochevauchement dextre de Sainte-Christine dont le fonctionnement a été synchronie d'un cisaillement régional vers le SE.

## Abstract

*Devonian and carboniferous tectonometamorphic evolution of the Sioule unit.*

Two HT-MP tectonometamorphic events are identified in the Sioule unit.

The older one is a Devonian event (400 to 350 Ma). It is marked by a west verging tangential tectonics who initiated the lithological stack.

The younger one is contemporaneous or subsequent to the Saint-Gervais batholith. This event corresponds to a dextral wrench-thrust, here called Sainte-Christine wrench thrust. Microstructural criteria observed in the blasto-mylonites indicate a contemporaneous southeastward regional shearing.

## Cadre géologique

Localisée au Nord du Massif central, la série de la Sioule fait partie de la zone interne de la chaîne varisque.

L'édition de cette chaîne est intervenue lors de la collision de l'Europe du Nord (bloc Laurasien) et du continent Gondwana (Autran et Cogne, 1980; Bard et al., 1980; Behr et al., 1984; Matte, 1986). Depuis les travaux précurseurs de A. Demay (1952), cette chaîne collisionnelle est généralement décrite comme un empilement de nappes crustales.

En effet, dans le Massif central en particulier, des études récentes ont mis en évidence diverses générations de nappes profondes (Carme, 1974; Cogne, 1976; Burg et Matte, 1978;

Autran, 1978; Pin, 1979; Briand et Gay, 1978; Bard et al., 1980; Rolin et Quenardel, 1980; Burg, 1983; Floc'h, 1983; Floc'h et al., 1983; Guillot et Autran, 1986; Burg et al., 1983; Burg et al., 1984; Quenardel et Rolin, 1984).

La mise en place de ces unités est intervenue à différentes étapes de l'édition de la chaîne varisque et s'inscrit principalement dans la période dévono-dinantienne (400 à 330 Ma).

*Le Massif central est donc considéré actuellement comme un empilement de grandes unités lithotectoniques dont le contenu lithologique, la séquence des déformations internes, l'évolution métamorphique ainsi que l'âge et le niveau de mise en place sont différents.*

*La phase majeure d'obduction* est intervenue au cours du Silurien et du Dévonien (420 à 350 Ma) (Guillot et Autran, 1986; Matte, 1986). Durant cette période, après un stade

\* BRGM, BP 6009, 45060 Orléans.

précoce synchrone d'un métamorphisme de HP-HT (420 à 400 Ma), des chevauchements de grande ampleur sont intervenus. Ces nappes sont largement représentées dans le Massif central où l'ampleur du déplacement envisagé serait de l'ordre de 200 km (Burg et Matte, 1978). Ces unités lithotectoniques allochtones sont caractérisées par la présence de reliques éclogitiques et granulitiques et par un métamorphisme de haut degré (anatexie). Le groupe leptyno-amphibolique composé principalement de méta-basites et d'ortho-leptynites apparaît souvent à leur base.

Les unités sous-jacentes (para-autochtones) sont plus faiblement métamorphiques ; elles présentent souvent un métamorphisme barrowien à zonalité inverse (Burg et al., 1984).

Quant au sens de déplacement de ces nappes, aucun critère de cisaillement n'a pu être observé (Burg et al., 1984). Une direction d'étirement NW-SE est le plus souvent observée dans ces unités, excepté dans la semelle de la nappe où les linéations adoptent une direction N-S (Burg, 1983 ; Burg et al., 1984 ; Brun et Burg, 1982 ; Burg et Matte, 1978). Ces auteurs argumentent que les linéations N-S sont représentatives de la direction générale de transport, envisagent un chevauchement du Nord vers le Sud.

La série de la Sioule est l'un des secteurs du Massif central à zonalité métamorphique inverse (Grolier, 1971), (fig. 1) où

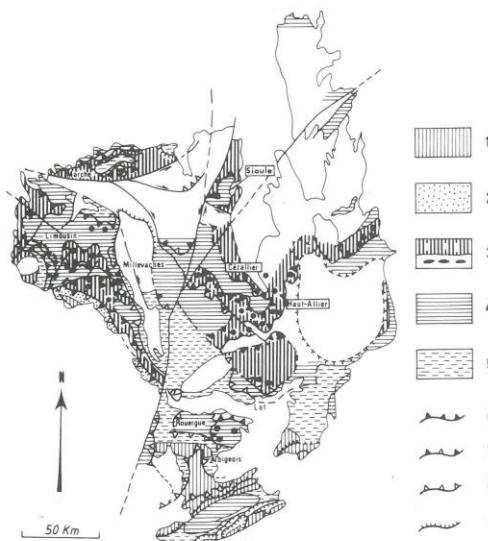


Fig. 1. — Cadre géologique et structural  
Structural and lithological setting

1 à 5 : Unités lithotectoniques - 1 : à contenu d'âge Paléozoïque inférieur à Cambrien à Dévonien (Viséen au sud). - 2 : Unité de Thiviers-Paysac (Briovérien supérieur). - 3 : Unité de métagrauwackes avec groupe « leptyno-amphibolique » et reliques de métamorphisme HP-HT. - 4 : Unité de micaschiste et métagrauwackes avec massifs de métagranites Cadomiens, Cambriens et Ordoviciens. - 5 : Unités de micaschistes et grès (à métamorphisme faible à moyen) d'âge Briovérien sup. et/ou Cambro-Ordovicien. - 6 à 9 : Chevauchements. 6 : Chevauchement Dévonien précoce synmétamorphique. - 7 : Chevauchement tardi-métamorphique Dévonien. - 8 : Chevauchement fin Dévonien à Viséen inférieur (360-340) synmétamorphisme. - 9 : Chevauchement carbonifère (Viséen à Westphalien).  
d'après A. Autran 1984 in colloque national GPF1 Paris.

l'empilement des unités lithologiques décrit pour la première fois par Richard (1938) puis par Grolier (1971) a été rapporté à cette phase majeure de chevauchement (Burg et Matte, 1978 ; Brun et Burg, 1982 ; Burg, 1983 ; Burg et al., 1984).

Pour ces auteurs, l'ensemble micaschisteux et paragneissique qui constitue la base de la série (Grolier, 1971) a été chevauché par une nappe composée d'une unité migmatitique jalonnée à sa base par des reliques de métamorphisme HP-HT (granulites à disthène grenat [Gentilhomme, 1975 ; Ravier et Chenevoy, 1979]).

Dans sa partie sud, J.-M. Belin (1983) a mis en évidence un décrochement dextre NW-SE (accident de Sainte Christine) postérieur à la mise en place du massif de Saint-Gervais et cicatrisé par les dépôts viséens, qu'il rapporte au Carbonifère inférieur et corrèle au cisaillement sud armoricain (Barbarin et Belin, 1982).

## 1. — Lithologie et pétrographie

La série de la Sioule est composée de trois ensembles principaux (fig. 2) superposés avec de bas en haut :

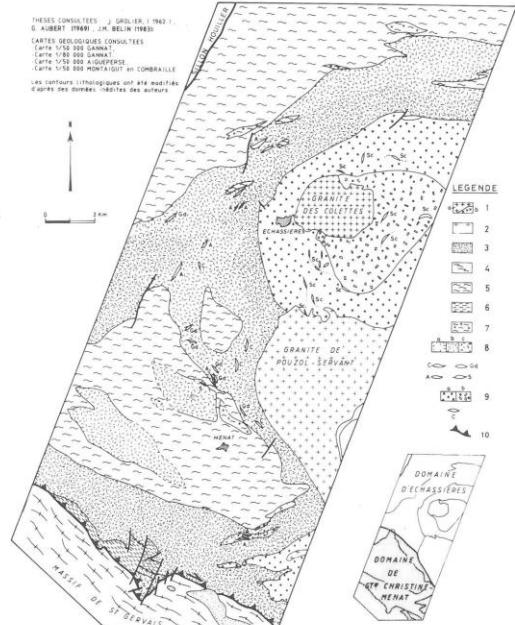


Fig. 2. — Carte lithologique de la partie occidentale de la série de la Sioule.  
1. Massif d'Échassières : a) granite des Colettes, b) granite de Beauvoir ; - 2. Granite de Pouzol-Servant ; - 3. Tuf viséens ; - 4. Massif granitique de Saint-Gervais ; - 5. Migmatites à biotite sillimanite  $\pm$  cordierite ; - 6. Diatexites à cordierite et sillimanite ; - 7. Orthogneiss ; 8 - Gneiss : a) paragneiss à deux feldspaths (métapelites), b) paragneiss plagioclasiques, c) gneiss grossiers à tendance orthogneissique. Niveaux lenticulaires associés : carbonates métamorphiques (C), grenatites à disthène (Gd) amphibolites (A), serpentinites (S) ; - 9. Micaschistes : a) micaschistes à biotite, muscovite, grenat, sillimanite, andalousite, Sc séricitoschistes - 10. Décrochevement de Sainte-Christine.

— un ensemble de micaschistes (métapelites) mésozonaux qui est représenté principalement dans l'environnement du massif d'Échassières. A l'Est de ce massif, des micaschistes alumineux à biotite, mica blanc, staurolite, grenat, andalousite (synfossile)  $\pm$  sillimanite affleurent à la faveur de l'antiforme de la Bosse et constituent la base géométrique de cet ensemble. Ils sont surmontés par des micaschistes à biotite, mica blanc, grenat  $\pm$  sillimanite.

— un ensemble paragneissique à biotite sillimanite grenat et muscovite en quantité variable. On peut y reconnaître des gneiss plagioclasiques (méta grauwackes) et des gneiss à feldspath potassique et plagioclases (métapelites  $\pm$  grauwackeuses) (fig. 2). Au sein de ces roches, apparaissent des lentilles d'amphibolites, de carbonates métamorphiques, de grenatites à disthène et de serpentinites ainsi que des granulites acides à disthène, grenat riche en pyrope et mésoperthites (Gentilhomme, 1975 ; Ravier et Chenevoy, 1979).

— Un ensemble migmatitique à sillimanite au sein duquel apparaissent des massifs ou des lentilles de roches orthodérisées.

## 2. — Analyse structurale

L'analyse microstructurale a permis de définir deux domaines, qui se distinguent par la direction et le sens du cisaillement et par l'âge de la déformation : ce sont les domaines d'Échassières et de Sainte-Christine-Menat (fig. 2).

### Analyse structurale du domaine d'Échassières

**Trajectoires de la déformation finie.** La foliation présente généralement un pendage nord excepté sur le flanc sud de l'antiforme tardive de la Bosse où elle pend vers le Sud (fig. 3). Mises à part des perturbations très locales induites par les failles, les trajectoires de la foliation sont assez bien réglées. Elles présentent dans tout le domaine une direction WSW-ENE à E-W. Les linéations décrivent des trajectoires E-W à WNW-ESE également assez constantes, sauf dans la zone de contact paragneiss-migmatites où le pendage de la foliation et la direction des linéations ont été très perturbés par une déformation ultérieure. (*cf. infra*).

#### Analyse de la déformation

Les migmatites, les paragneiss et les micaschistes sont affectés par une foliation très intense (foliation S 1-2 pour Audren et al., 1987) synchrone de microplis isoclinaux. La foliation porte une linéation d'étirement bien marquée parallèle aux axes des plis et soulignée par des alignements de minéraux syncinétiques ou d'agrégats et de clastes tirés. Les ombres de pression développées autour de ces clastes ne sont visibles que selon les sections XZ. Ces caractères microstructuraux définissent une texture planolinéaire de type « L > S tectonites » et sont compatibles avec un ellipsoïde de déformation de type K  $\simeq$  1. Ces tectonites sont également caractérisées par la présence de dispositifs en plan S et C (pl. 1) et de plan C' ou de « microshear zones » en position de plan C' observables à l'échelle mésoscopique et microscopique.

La foliation (plan S ou plan S parallélé à C) est soulignée par des biotites, des micas blancs, des feldspaths (feldspaths potassique et/ou plagioclases) et de la sillimanite. La staurolite et l'andalousite (micaschistes) ainsi que les feldspaths (paragneiss et migmatites), le grenat et parfois la biotite, se présentent le plus souvent en phénoclastes moulés par les plans de déformation. Selon les sections XZ, ces clastes présentent des ombres de pression assymétriques qui témoignent d'un étirement dans un régime de déformation rotационnelle. De plus, ils contiennent des alignements sigmoïdes d'inclusions qui attestent de leur croissance syncinétique.

#### Analyse cinématique

Tous les critères microstructuraux indiquent donc que la déformation est à caractère rotационnel et blastomylonitique. L'analyse cinématique (pl. 1) du cisaillement qui a été menée sur le sondage GPF d'Échassières (Audren et al., 1987) qu'en surface, indique que le domaine d'Échassières a été affecté par un cisaillement régional de l'Est vers l'Ouest. Dans le sondage d'Échassières, l'étude des relations cristallisation-déformation (Audren et al., 1987) a permis de définir l'évolution métamorphique des micaschistes. Les trajectoires pression-température-temps définies à cette occasion montrent que le développement de cette tectonique tangentielle a en fait conduit à l'empilement de trois unités lithotectoniques au sein desquelles la cinématique du cisaillement est constamment de l'Est vers l'Ouest mais dont les chemins « P-T-t » de métamorphisme diffèrent. Deux de ces unités ont été définies dans les micaschistes recoupés par le sondage. Elles correspondent respectivement aux micaschistes du toit (unité 2) et à ceux du mur du granite de Beauvoir (unité 3). L'unité 1 est composée vraisemblablement des terrains surincombants, à savoir les paragneiss et/ou les migmatites. La limite de cette dernière unité est, dans l'état actuel des connaissances, difficile à préciser. En effet, le développement de cette tectonique tangentielle profonde a induit un cisaillement intense dans la totalité de la pile lithologique. Aussi, il n'apparaît pas de plan de discontinuité clairement exprimé entre les différentes unités lithotectoniques. Seule l'analyse des trajectoires pression température, à présent étendue à l'ensemble des unités régionales, permettra d'apporter des éléments de réponse et éventuellement d'opposer les « chemins » métamorphiques des migmatites et des paragneiss.

L'analyse des microstructures et des courbes d'évolution pression-température permet d'envisager le scénario suivant pour la mise en place de ces unités au cours d'un continuum de déformation.

- 1) « **charriage ou sous-charriage** » : mise en place de l'unité 1 (paragneiss et/ou migmatiques) sur l'unité 2 (micaschistes du toit du granite de Beauvoir).
- 2) « **sous-charriage** » : l'unité 3 (micaschistes du mur) du granite de Beauvoir se met en place sous les unités 1 et 2. La mise en contact avec l'unité 3 plus froide, perturbe la course rétromorphique de l'unité 2 (pour plus d'information voir Audren et al., 1987).

#### Évolution du contact migmatites-paragneiss

Au Nord du domaine, au niveau du contact migmatites-paragneiss (fig. 4), une zone de restructuration de 50 à 100 m

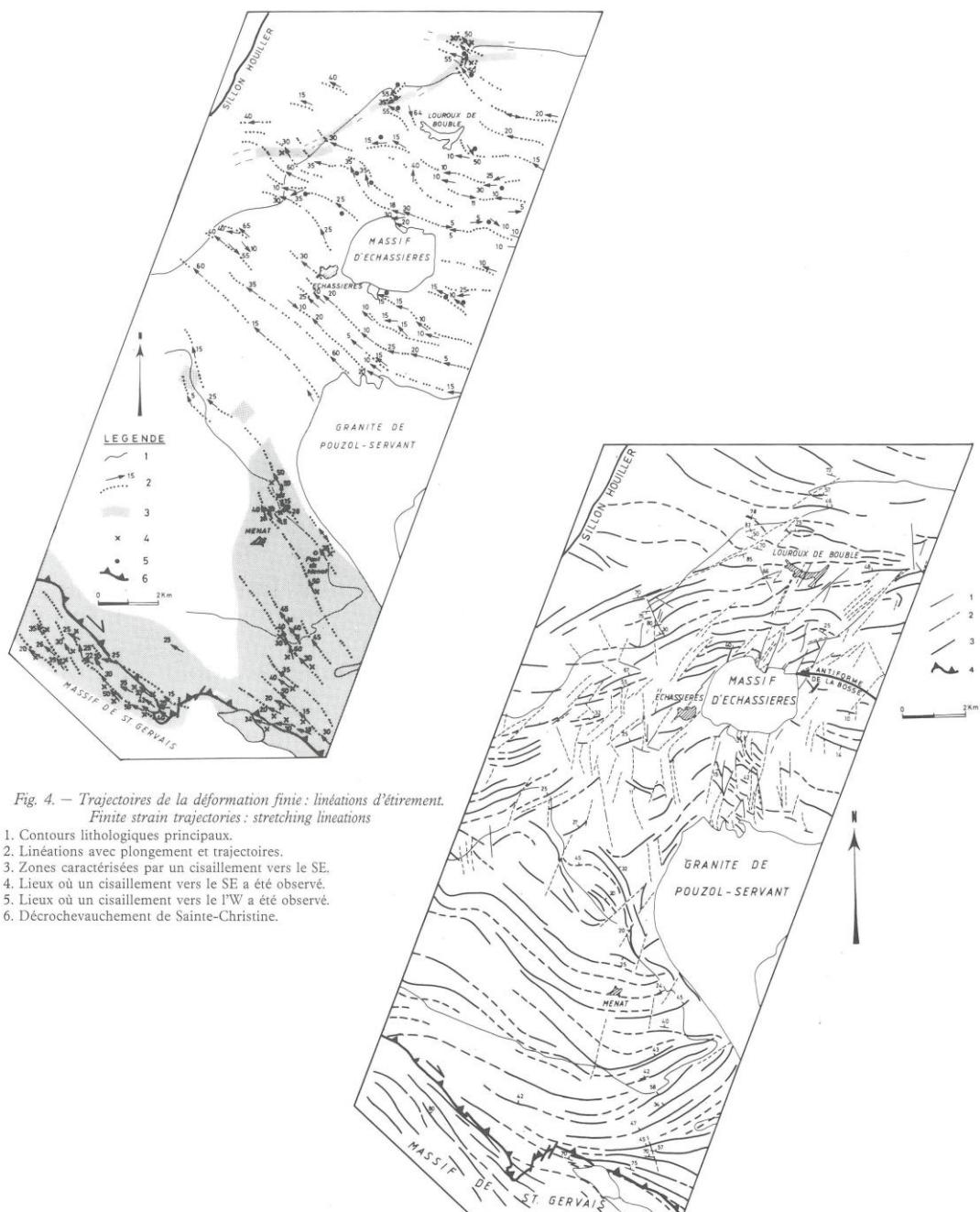


Fig. 4. — Trajectoires de la déformation finie : linéations d'étirement.  
Finite strain trajectories : stretching lineations

1. Contours lithologiques principaux.
2. Linéations avec plongement et trajectoires.
3. Zones caractérisées par un cisaillement vers le SE.
4. Lieux où un cisaillement vers le SE a été observé.
5. Lieux où un cisaillement vers le l'W a été observé.
6. Décrochevauchement de Sainte-Christine.

Fig. 3. — Trajectoires de la déformation finie : foliations.

Finite strain trajectories : schistosities

1. Contours lithologiques principaux.
2. Faille et faille probable.
3. Trajectoires de la foliation.
4. Décrochevauchement de Sainte-Christine.

de puissance a été définie. Elle est caractérisée par une foliation orientée NE-SW à WSW-ENE qui s'est développée dans les conditions du faciès amphibolite : biotite, sillimanite, mica blanc, plagioclase, feldspath potassique. La foliation (plan S ou plan S parallèle à C) est pentée vers le Nord de 60 à 70°, elle porte une linéation d'étirement NW-SE à NNW-SSE. L'assemblage géométrique des plans de cisaillement C (ou plan S parallèle à C) et des plans S indique un cisaillement vers le SE ou le SSE (pl. 1). Dans les orthogneiss migmatitiques, le fonctionnement de cette zone blastomylonitique inverse dextre se marque également par le développement de zones de cisaillement secondaires N120 à 140° inverses dextres à dextres inverses et N 20 à 60 normales senestres. Les premières, de loin les plus nombreuses ont une puissance centimétrique à demi-métrique, elles sont en position de plan C'. Les secondes sont moins nombreuses et ont une puissance centimétrique. Les axes de la déformation de ces zones de cisaillement secondaires sont organisés en fonction de ceux de la zone principale. Elles participent à l'étirement suivant l'axe X, NW-SE à NNE-SSW de cette dernière. Leur disposition, liée au fonctionnement de la zone principale, confirme donc le sens de cisaillement déterminé pour cette dernière (pour discussion voir Gapais et al., 1987). De telles zones de cisaillement apparaissent sporadiquement au sein des micaschistes et notamment au toit et au mur du granite de Beauvoir où elles sont clairement postérieures au cisaillement de l'E vers l'W et où elles sont recoupées par le granite.

A l'approche de cette zone de restructuration, l'attitude des foliations du domaine d'Échassières est perturbée. La foliation, tout en conservant généralement un pendage nord se redresse progressivement (fig. 5) ; conjointement la linéation est réorientée au NW ou au NNW, sans que la cinématique initiale soit modifiée. (fig. 4).

La zone de contact migmatites-paragneiss a donc été réactivée par un accident blastomylonitique inverse dextre, postérieur à la structuration majeure du domaine d'Échassières. La déformation liée à cet accident s'apparente, par ses caractères microstructuraux (axes de la déformation, cinématique) et métamorphiques, à celle qui affecte le domaine Sainte-Christine-Menat (*cf. infra.*) où l'on définit un décrochevauchement majeur. Aussi, nous interprétons l'accident du contact migmatites-paragneiss comme une réplique mineure de ce dernier.

## Analyse structurale du domaine Sainte-Christine-Menat

### Analyse de la déformation

L'ensemble des roches métamorphiques a été affecté par une intense déformation rotationnelle qui s'est développée dans les conditions du faciès amphibolite. La texture de ces roches est planolinéaire. La linéation très marquée, est matérialisée par des alignements de biotite, de sillimanite et par des agrégats ou des clastes étirés. L'observation macroscopique et microscopique montre que les clastes (agrégats, grenats, feldspaths) qui sont moulés par les plans de déformation présentent souvent des ombres de pression assymétriques qui témoignent d'un étirement lié à une déformation rotationnelle. Ces ombres de pression ne sont visibles que selon les sections XZ. Ces faits concordent donc pour définir

une fabrique de type « L > S tectonites » et un ellipsoïde de déformation de type K $\cong$ 1.

L'une des caractéristiques principales de ces tectonites est la coexistence de plans de déformation continue, plan S et de plans de déformation discontinue (plan C ou plan S paralléléisé à C et très souvent plan C') (pl. 1).

La foliation (= Plan C ou Plan S paralléléisé à C), est marquée par la cristallisation dynamique d'un assemblage minéralogique mésozonal composé de biotite, sillimanite et mica blanc ainsi que suivant la lithologie de plagioclase (gneiss plagioclasiques et métapélitiques ; micaschistes et migmatites) et de feldspath potassique (gneiss métapélitiques et migmatites). Le grenat, sporadiquement la biotite, et souvent les feldspaths sont moulés par la surface de déformation. Ils présentent parfois des alignements d'inclusions sigmoïdes témoignant de leur croissance syncinématique.

*Le massif de Saint-Gervais* est affecté par cette déformation principalement dans sa partie septentrionale. Une étude structurale récente (Belin, 1983) en a clairement établi les caractéristiques et la cinématique. Le granite présente une texture planolinéaire (L > S tectonites). L'ellipsoïde de déformation est de type K $\cong$ 1. Comme dans l'encaissant, les mylonites sont caractérisées par l'association de plans S et de plans de cisaillement C et C'. Les observations précédentes et la disposition asymétrique des ombres de pression autour des clastes militent donc en faveur d'une déformation à caractère rotationnel. L'analyse géométrique du cisaillement a permis de mettre en évidence que le granite de Saint-Gervais et l'encaissement immédiat (Belin, 1983) ont été affecté par un cisaillement à cinématique dextre inverse. L'analyse du comportement de paragénèse granitique et des recristallisations dynamiques montre que la déformation est intervenue dans les conditions du faciès amphibolite : la recristallisation de biotite brune, de mica blanc et de microcline ainsi que l'intensification des réactions myrmékitiques indiquent des conditions minimales de 500 à 600°C.

*Trajectoires de la déformation finie* (fig. 3 et 4). Au Sud-Ouest, du domaine d'Échassières, la zone de passage au domaine de Sainte-Christine-Menat se marque par un changement rapide de direction de la foliation. En effet, celle-ci adopte une direction NW-SE qu'elle conserve jusqu'au Massif de Saint-Gervais dont les directions de foliation (Belin, 1983) s'intègrent parfaitement aux trajectoires régionales. A l'ENE de ce massif, les trajectoires de foliation s'incurvent progressivement et adoptent une direction WSW-ENE.

Dans le massif de Saint-Gervais et à l'approche du contact avec les paragneiss, la foliation (fig. 3) comme les plans C et C' (Belin, 1983) est très redressée. Elle porte une linéation plongeant de 25 à 50° au NW (fig. 4). En direction de Menat, la linéation conserve la même altitude ; mais la foliation (plan S parallèle à C) et conjointement les plans C', adoptent un pendage vers le Nord qui s'atténue progressivement (fig. 3, 4 et 5) pour atteindre une valeur globale de 15 à 50°.

### Analyse cinématique

L'analyse microstructurale montre donc que le granite de Saint-Gervais et les roches métamorphiques du domaine Sainte-Christine-Menat ont été affectés par une déformation à caractère rotationnel et blastomylonitique affirmé. De plus,

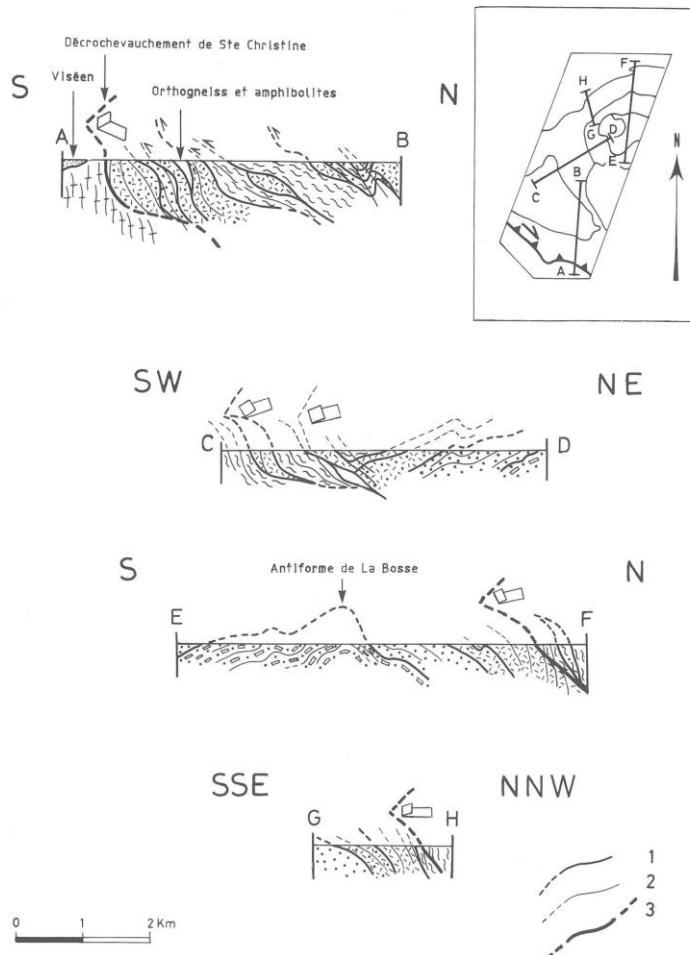


Fig. 5. — Coupes lithostructurales schématiques de la série de la Sioule.  
Schematic cross sections of the Sioule unit.

1. Contacts lithologiques ;
  2. Schistosité ;
  3. Décrochevauchement de Sainte-Christine.
- Pour la lithologie, voir la figure 2.

Il apparaît clairement que dans les deux ensembles, les caractères microstructuraux, la géométrie de la déformation et les conditions métamorphiques sont similaires. De même, l'analyse cinématique (relations géométriques entre les plans S, C et C' ; asymétrie des ombres de pression) révèle que les métamorphites du domaine Sainte-Christine-Menat ont, comme le granite de Saint-Gervais (Belin, 1983), été affectées par un cisaillement du NW vers le SE (pl. 1).

Les critères précédemment définis, placés à l'échelle du domaine Sainte-Christine-Menat, permettent d'affirmer que la déformation observée est liée à un décrochevauchement dextre profond à vergence sud-est et d'axe cinématique NW-SE.

#### Localisation du plan de discontinuité majeure

A l'échelle du domaine de Sainte-Christine-Menat, l'on observe une gradation de la déformation. En effet, le granite de Saint-Gervais présente un gradient de déformation très intense (Belin, 1983) : du Sud au Nord, on passe, en 1 à 3 km, d'une fabrique de faible intensité (compatible avec la déformation régionale) à une zone ultramylonitique par augmentation du taux de recristallisation dynamique et réduction de la granulométrie.

Dans les roches métamorphiques, il existe également un gradient, mais il est plus progressif et plus discret car la défor-

mation est toujours intense : au nord, dans le secteur de Menat, les plans C' sont quasiment inexistant, leur fréquence augmente progressivement vers le Sud, où à environ 3 km du Massif de Saint-Gervais, ils sont les seuls critères macroscopiques de cisaillement visibles. Conjointement, dans les migmatites, les leucosomes sont plus fortement déformés.

Il y a donc une gradation de la déformation centrée sur une zone ultramylonitique, d'épaisseur métrique à décamétrique localisée au contact granite-gneiss. Il est donc probable que cette zone ultramylonitique qui borde au Nord le granite de Saint-Gervais souligne le plan majeur de décrochement dextre. A l'Ouest, ce dernier butte sur le grand décrochement senestre du Sillon houiller et ne se prolonge pas en Combrailles. Par contre, son prolongement à l'ouest du Sillon houiller est clairement décalé de 80 km vers le Sud au niveau du décrochement NW-SE dextre de la Courtine (Martin, 1980 ; Grolier, 1971).

## Conclusion

On démontre donc ici l'existence de deux tectoniques tangentielles qui sont intervenues dans des conditions métamorphiques HT-MP et s'opposent fondamentalement par le sens du cisaillement régional associé.

### 1. — Place de ces événements dans l'histoire de la chaîne Varisque

#### Age du décrochevauchement dextre de Sainte-Christine

L'âge de cet événement peut être déduit de la prise en compte des éléments de chronologie disponibles.

La déformation associée à cet événement est postérieure à la mise en place du massif de Saint-Gervais (Belin, 1983). Au mieux, cette intrusion pourrait, d'après l'allure des fabricques internes du massif, être synchrone de la déformation. Or, la mise en place de ce massif est rapportée au tout début du Carbonifère (355 à 335 Ma ; Belin, 1983) en tout cas, sa faible structuration interne, à l'exception de la zone mylonitisée septentrionale, exclut qu'il puisse avoir été engagé dans la phase majeure d'obduction qui est classiquement rapportée au Dévonien (400 à 350 Ma).

Le développement de cette tectonique est antérieur au Viséen supérieur (les tufs viséens de Manzat reposent en discordance sur le granite mylonitique ou sur les paragneiss du domaine de Sainte-Christine ; Belin, 1983 ; Vennat, 1982) ; et à la mise en place du granite de Beauvoir (environ  $305 \pm 8$  Ma ; Duthou et Pin, ce volume) : des zones de cisaillement rapportées à cet événement (*cf. supra*) sont recoupées par ce granite et affectées par le métamorphisme de contact.

Ces faits militent donc en faveur d'un âge carbonifère inférieur (350 à 335 Ma) du décrochevauchement dextre de Sainte-Christine. D'autant plus que l'érosion antérieure au Viséen supérieur de Manzat a nécessairement dû enlever de l'ordre de 8 km (minimum) entre le fonctionnement du décrochevauchement et les dépôts discordants du Viséen supérieur.

#### Age de la tectonique tangentielle du domaine d'Échassières

Le cisaillement régional vers l'Ouest qui a été défini dans le domaine d'Échassières est à l'origine de la structuration majeure de ce domaine. L'analyse microstructurale a permis de montrer que les structures liées à cet événement étaient post-datées par l'accident blastomylonitique localisé au contact migmatites paragneiss, ainsi que par des micro-zones de cisaillement affectant les micaschistes (*cf. supra*). Ces structures étant synchrones du décrochevauchement de Sainte-Christine, il apparaît certain que la tectonique tangentielle à l'origine de l'empilement lithologique du domaine d'Échassières est l'événement le plus précoce reconnu dans la série de la Sioule. *Cet événement doit donc vraisemblablement être rapporté à la période dévonienne (400 à 350 Ma).*

### 2. — Modèle d'évolution tectonométamorphique de la série de la Sioule

Un modèle d'évolution tectonométamorphique de la série de la Sioule en deux stades peut être envisagé.

#### 1. — Stade d'initialisation de l'empilement des unités lithotectoniques

Durant la phase majeure d'obduction (420 à 350 Ma, Guillot et Autran, 1986 ; Matte, 1986) le racourcissement crustal intense qui affecte la zone varisque provoque l'empilement de trois unités lithotectoniques en deux étapes : « *charriage* » puis « *sous-charriage* » (Audren et al., 1987). La mise en place de ces nappes est contemporaine d'un cisaillement régional de l'Est vers l'Ouest et d'un métamorphisme barrowien.

#### 2. — Stade de décrochevauchement dextre

Au Carbonifère inférieur (350 à 330 Ma), la partie sud de la série, et *pro parte* le massif de Saint-Gervais, ont été restructurés par une déformation synchrone du décrochevauchement dextre de Sainte-Christine.

Le fonctionnement de cet accident est contemporain d'un cisaillement du NW vers le SE et d'un métamorphisme de type faciès amphibolite qui achève l'évolution métamorphique varisque de la série. La direction et le sens du cisaillement, et en particulier la composante dextre de cet accident permettent d'envisager que *son fonctionnement est synchrone du jeu dextre de la zone sud armoricaine* (une telle hypothèse avait d'ailleurs été envisagée par B. Barbarin et J.M. Belin (1982) pour l'accident Sainte-Christine-l'Hermitage et pour celui de la faille NW-SE (de même cinématique) de la Marche et de Château du Cher (Lerouge et al., 1983) qui vers le SE (en Combrailles) évolue également en décrochevauchement à vergence SE et dont le jeu est fossilisé par le Viséen moyen des Combrailles).

*On démontre donc ici que dans la série de la Sioule, la phase de charriage majeur d'âge dévonien est associée à un cisaillement régional de l'Est vers l'Ouest et qu'ultérieurement un cisaillement vers le Sud-Est a affecté la série mais de façon plus locale et au début du Carbonifère. Ce décrochevauchement vers le SE a dû contribuer fortement à l'érosion intense du bâti de la Sioule ayant sa transgression par les dépôts du Viséen supérieur de Manzat.*

## Références bibliographiques

- AUBERT F. (1969). — Les coupoles granitiques de Montebras et d'Échassières (HCF) et la génèse de leurs minéralisations en Sn, Li, W, Be. Mém. BRGM n° 46, 345 p.
- AUDREN C., FEYBESSE J.-L., TEGYEV M., TRIBOULET C. (1987). — Relations entre déformations et cristallisations et chemins (PTrd.) des micaschistes polyphasés d'Échassières. Document BRGM n° 124.
- AUTRAN A. (1978). — Synthèse provisoire des événements calédoniens en France. In : I.G.C.P. Project 27, « Caledonian-Appalachian orogen of North Atlantic region ». *Geol. Surv. Canada*, paper 78-13, pp. 159-176.
- AUTRAN A., COGNE J. (1980). — La zone interne de l'orogène varisque dans l'Ouest de la France et sa place dans le développement de l'orogène varisque. 26<sup>e</sup> C.G.I. Paris, 1980, Mém. BRGM n° 108, pp. 90-111.
- AUTRAN A. (1984). — Chevauchements synmétamorphiques variques (Limousin). Note de synthèse. Documents du BRGM n° 81-3, p. 5-11.
- BARBARIN B., BELIN J.-M. (1982). — Mise en évidence du cisaillement ductile hercynien « Sainte-Christine-l'Hermitage » (M.C.F.) *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **294**, pp. 1377-1380.
- BARD J.-P., BURG J.-P., MATTE Ph., RIBEIRO A. (1980). — La chaîne hercynienne d'Europe occidentale en termes de tectonique des plaques. Mém. BRGM n° 108, pp. 233-246.
- BEHR H.-J., ENGEL W., FRANKE W., GIESE P., WEBER K. (1984). — The variscan Belt in Central Europe : main structures, geodynamic implications, open questions, *Tectonophysics*, **109**, pp. 15-40.
- BELIN J.-M. (1983). — Le massif de Saint-Gervais d'Auvergne (M.C.F.) : évolution d'un ensemble granitique composite. Thèse 3<sup>e</sup> cycle. Clermont-Ferrand.
- BRIAND B., GAY M. (1978). — La série inverse de Saint-Geniès-d'Olt : évolution métamorphique et structurale. *Bull. BRGM, Fr.* (1), **3**, pp. 167-186.
- BRUN J.-P., BURG J.-P. (1982). — Combined thrusting and wrenching in the Ibero-Armoricane arc : a corner effect during continental collision. *Earth and Planetary Science Letters*, **61**, pp. 319-332.
- BURG J.-P., MATTE Ph. (1978). — A cross section through the French Massif central and the scope of its variscan geodynamic evolution. *Z. Dt. Geol. Ges.*, **129**, pp. 429-460.
- BURG J.-P., (1983). — Tectogénèse comparée de deux segments de chaîne de collision : le Sud du Tibet (suture du TSANGPO), et la chaîne hercynienne en Europe (suture du Massif central). Thèse de doctorat d'état, Univ. Montpellier.
- BURG J.-P., LEYRELOUP A., MARCHAND J., MATTE Ph. (1983). — Inverted metamorphic zonation and large scale thrusting in the variscan belt : an example in the French Massif central. In : D.H.W. HUTTON and D.J. SANDERSON Ed. Variscan tectonics of the north Atlantic region. Blackwell scientific publications pp. 47-61.
- BURG J.-P., DELOR C., LEYRELOUP A. (1984). — Structures tangentielles en Rouergue Oriental : arguments tectoniques et métamorphiques *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **298**, n° 8, pp. 375-379.
- CARME F. (1974). — Tectoniques superposées dans le Haut Allier. Mise en évidence d'une mégastructure tangentielle formée aux dépens d'un socle ancien *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **278 D**, pp. 2501-2504 et 2613-2616.
- COGNE J. (1976). — La chaîne hercynienne ouest-européenne correspond-elle à un orogène par collision ? Proposition pour une interprétation géodynamique globale. In « Colloque intern. CNRS n° 268 : Écologie et géologie de l'Himalaya », pp. 111-129.
- DEMAY A. (1952). — Sur les relations stratigraphiques structurales et magmatiques en Massif central et Armorique méridionale. Intern. géol. Congrès, Part XII, pp. 52-62.
- FLOCH J.-P., GUILLOT L., SANTALLIER D., AUTRAN A. (1983). — Le Limousin : un empilement de grandes unités litho-tectoniques d'âges précambrien et paléozoïque ? A.T.P. Géodynamique Sophia-Antipolis.
- FLOCH J.-P. (1983). — Le socle métamorphique du Limousin central : une traverse de la branche ligérienne de l'orogène varisque de l'Aquitaine à la zone broyée d'Argentat. Thèse Doct. État Univ. Limoges, 440 p.
- GAPAIS D., BALE P., CHOUKROUNE P., COBBOLD P.-R., MAHJOUR YAMINA, MARQUER D. (1987). — Bulk kinematics from shear zone patterns : some field examples. *J. structural Geology* (sous presse).
- GENTILHOMME Ph. (1975). — Leptynites et quartzites de Breuilly-Cesset. Existence de roches granulitiques rétromorphosées en Bourbouresse. *Rev. Sci. Bourbonnais*, pp. 82-101, Moulin.
- GROLIER J. (1971). — Contribution à l'étude géologique des séries cristallo-phylliennes inverses du Massif central français : la série de la Sioule. *Mémoires du B.R.G.M.*, n° 64, 163 p.
- GUILLOT P.-L., AUTRAN A. (1986). — L'évolution polyphasée siluro-carbonifère de l'orogène varisque en France. *Notes et Mém. Serv. Geol. Maroc*, Rabat n° 335.
- LEROUGE G., QUENARDEL J.-M., ROLIN P. (1986). — La zone de cisaillement de la Marche Combraille (NW du MCF). P.I.C.G. n° 27. Symposium de Rabat 25-28 Août. (à paraître)
- MARTIN D. (1980). — La série du Chavanon. Thèse 3<sup>e</sup> cycle Clermont-Ferrand, 132 p.
- MATTE Ph. (1986). — Tectonics and plate tectonics model for the variscan belt of Europe. *Tectonophysics*, **126**, pp. 329-374.
- PIN C. (1979). — Geochronologie U/Pb et microtectonique des séries métamorphiques anté-stéphaniennes de l'Aubrac et de la région de Marvejols. Thèse 3<sup>e</sup> cycle. Univ. Sci. Tech. Languedoc, 2 vol. 25 pl., 23 f., 204 p.
- QUENARDEL J.-M., ROLIN P. (1984). — Paleozoic evolution of the plateau d'Aigurande (NE, MCF, France). In : Hutton et Sanderson ed., Variscan tectonics of the north Atlantic region, Blackwell scientific pub. pp. 63-70.
- RAVIER J., CHENEVOY M. (1979). — Présence de formations granulitiques jalonnant un linéament crustal dans la série cristallophyllienne de la Sioule. (M.C.F.) *C.R. Acad. Sci. Fr.*, (D), **288**, pp. 1703-1706.
- RICHARD J. (1938). — Étude de la série cristallophyllienne renversée de la série de la Sioule. *Rev. Sci. Nat. Auvergne Clermont-Ferrand*, **4**, n° 1, 37 p.
- ROLIN P., QUENARDEL J.-M. (1980). — Nouvelle interprétation du renversement de la série cristallophyllienne du Plateau d'Aigurande (nord-ouest Massif central, France). *C.R. Acad. Sci. Fr.*, (D), **290**, pp. 17-20.
- VENNAT G. (1982). — Un exemple de relations volcanisme - platonisme : chronologie, pétrologie. Dynamisme d'un complexe volcanico-plutonique dans la région de Gannat-les-Ancizes (M.C.F.). Thèse 3<sup>e</sup> cycle Clermont-Ferrand, 155 p.

## PLANCHE 1

**Photo A** : Domaine d'Échassières, paragneiss plagioclasicque affecté par un cisaillement de l'E vers l'W : plans C/S (=S parallélisé à C) et plans S.

Noter la présence de sillimanite fibreuse (Si) dans les deux surfaces. Les flèches indiquent le sens du cisaillement.

Échelle :  $\times 16$

Échassières domain : plagioclasic gneiss with C/S and S surfaces pattern relative to a westward shearing.

**Photo B** : Domaine d'Échassières, paragneiss à deux felds-paths de la zone de contact migmatites-paragneiss, affecté d'un cisaillement du NNE vers le SSW : plans S/C (= Plan S parallélisé à C) et plans S.

Noter la présence de sillimanite fibreuse (Si) dans les plans C/S.

Les flèches indiquent le sens du cisaillement.

Échelle :  $\times 16$

Two feldspars-gneiss located to the migmatic-gneiss contact (Échassières domain) : C/S and S pattern relative to a south-south-westward shearing.

**Photo C** : Domaine de Sainte-Christine, paragneiss plagioclasicque prélevé à environ 2 km du granite de Saint-Gervais. Plans C' et plans S/C (= S parallélisé à C). Les flèches indiquent le sens du cisaillement.

Échelle :  $\times 16$

Plagioclasic gneiss (Sainte-Christine domain, 2 km to the North of Saint-Gervais granite). S/C, S and C' relationships.

**Photo D** : Domaine de Sainte-Christine, paragneiss plagioclasicque prélevé à environ 2 km du granite de Saint-Gervais. Détail d'un Plan C'. Noter la présence de sillimanite fibreuse (Si) dans les plans C/S (= S parallélisé à C) et dans les plans C'. Les flèches indiquent le sens du cisaillement.

Échelle :  $\times 16$

Plagioclasic gneiss (Sainte-Christine domain, 2 km to the North of Saint-Gervais granite) ; C/S and C' relation ships.

