La faille du Vuache (Jura méridional) : un exemple de faille à caractère polyphasé

Autor(en): **Blondel, Thierry / Charollais, Jean / Sambeth, Ulrich**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **79 (1988-1989)**

Heft 2

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-279224

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles
Vol. 79, fasc. 2, 1988

La faille du Vuache (Jura méridional): un exemple de faille à caractère polyphasé.

PAR

THIERRY BLONDEL[1], JEAN CHAROLLAIS[1],
ULRICH SAMBETH[2] ET NAZARIO PAVONI[2].

Résumé.–BLONDEL T., CHAROLLAIS J., SAMBETH U., PAVONI N., 1988. La faille du Vuache (Jura méridional): un exemple de faille à caractère polyphasé. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 79.2*: 65-91.
Déjà mobile au Mésozoïque, la faille du Vuache a enregistré durant le Cénozoïque au moins quatre phases de contraintes en extension ou en compression; celles-ci ont engendré successivement des mouvements normaux, puis inverses, et enfin latéraux sénestres.

Cet accident à caractère polyphasé a joué un rôle majeur dans la répartition des aires sédimentaires depuis le Jurassique jusqu'au Néogène.

Enfin, l'activité sismique récemment étudiée le long et aux abords de la faille du Vuache démontre la persistance de raccourcissements liés à la tectonique toujours active de l'arc alpin.

Zusammenfassung.–BLONDEL T., CHAROLLAIS J., SAMBETH U., PAVONI N., 1988. Die Vuache-Störung (Südlicher Jura): Beispiel einer polyphasischen Störung. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 79.2*: 65-91.
Am Vuache Bruch, welcher bereits im Mesozoikum aktiv war, haben sich während des Känozoikums mindestens vier phasen unterschiedlicher tektonischer Beanspruchung mit normalen, dann inversen und zuletzt sinistralen lateralen Verschiebungen abgezeichnet.

Vom Jura bis ins Neogen spielte die Vuache Störung eine wichtige Rolle in der Verteilung der Sedimentationsräume.

Kürzlich durchgeführte, seismologische Untersuchungen haben den Nachweiss erbracht, dass die sinistralen lateralen Bewegung entlang dieser Störung bis heute fortdauern. Die Vuache Bruchzone ist eine seismoaktive Bruchzone.

Abstract.–BLONDEL T., CHAROLLAIS J., SAMBETH U., PAVONI N., 1988. The Vuache fault (Southern Jura): an example of polyphased fault. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 79.2*: 65-91.
The Vuache fault, already active in the Mesozoic, was constrained by at least four phases of extension or compression during the Cenozoic, which led to successively normal, inverse, and finally sinistral movements.

This polyphased fault played a major role in the distribution of sedimentary environments from the Jurassic to the Neogene.

[1]Département de Géologie et de Paléontologie, rue des Maraîchers 13, 1211 Genève 4, Suisse.
[2]Institut de Géophysique, E.T.H.- Hoenggerberg, 8093 Zürich, Suisse.

The seismic activity along and next to the Vuache fault has recently been studied and demonstrates the persistence of shortening due to the still active tectonism of the Alpine arc.

1. INTRODUCTION

La région genevoise représente l'extrémité méridionale du plateau molassique suisse ici limité au NW par la Haute-Chaîne du Jura, au SW par les montagnes du Crédo et du Vuache, et au SE par le chaînon du Salève. Bien qu'un recouvrement glaciaire empêche de l'observer, un réseau de fractures, mis en évidence par la photogéologie, la géophysique et les forages, affecte tout le bassin genevois (fig.1); ce réseau apparaît clairement dans les reliefs qui bordent le bassin.

Une des fractures les plus remarquables est certainement celle qui limite

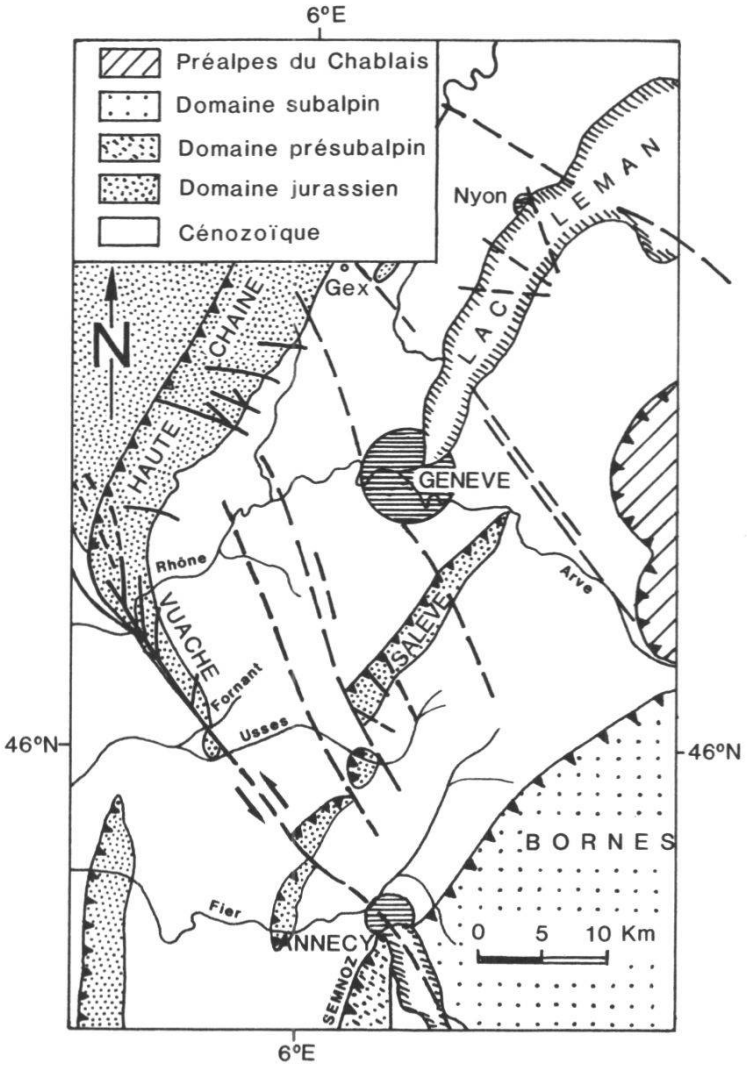

Figure 1.–Esquisse tectonique du bassin genevois (en partie d'après AMBERGER et RUCHAT 1977)

vers l'W le flanc oriental de la montagne du Vuache. Ce chaînon se présente structuralement comme un monoclinal à pendage général vers le NE. Son flanc oriental, à pente relativement douce, contraste avec un escarpement occidental bien marqué; celui-ci correspond au miroir d'une faille majeure, reconnue depuis le siècle passé par les géologues et communément appelée: «faille du Vuache». Morphostructuralement, la montagne du Vuache correspond à une faille-pli chevauchante dont le flanc normal plonge vers le NE. L'orientation générale de cette structure fait un angle de 60° par rapport à la direction NE-SW de la Haute-Chaîne du Jura.

Régionalement, la faille du Vuache se poursuit au SE jusqu'à la hauteur du lac d'Annecy, à l'aplomb du Roc de Chère. Au NW, elle atteint le pied de la montagne du Crédo; là, elle se subdivise en plusieurs failles secondaires (BLONDEL 1984, GUYONNET 1987). Plus au N, son tracé en surface, bien visible dans la région de Forens, se suivrait jusqu'à Lons-le-Saulnier selon CHAUVE *et al.*(1980).

De nombreux géologues se sont intéressés à la faille du Vuache dont l'ampleur et la genèse ont fait l'objet d'études aux conclusions fort divergentes. Pour les uns, il s'agit d'une faille à rejet vertical, pour d'autres, d'une fracture à rejet horizontal de type décrochant. D'autres enfin, auxquels nous nous rallions, la considèrent comme une faille à caractère polyphasé. Toutefois, la majorité des auteurs admet que cette fracture résulte d'un accident de socle probablement lié à l'orogenèse tardi-hercynienne (SCOLARI 1956, ARIKAN 1964).

Des recherches stratigraphiques et structurales récentes ont démontré la mobilité de la faille du Vuache depuis le Jurassique jusqu'à l'époque actuelle; la plupart de ces travaux sont résumés dans une note préliminaire de CHAROLLAIS *et al.* (1983). Quatre nouvelles études (BLONDEL 1984, SAMBETH 1984, AMATO 1985, GUYONNET 1987) viennent compléter cette note.

Le but de ce travail est de présenter une analyse structurale de la montagne du Vuache; après quoi, il sera proposé un modèle dynamique schématique de la mise en place de ce chaînon.

Notre étude, limitée à la partie septentrionale de la montagne du Vuache, n'aborde pas le problème de la genèse du défilé de Fort-l'Ecluse. ARIKAN (1964) voit entre le Vuache et le Crédo une faille majeure orientée NE-SW dont le rejet vertical serait de l'ordre de 600 m au niveau de Longeray. Par contre pour GUYONNET (1987), il n'y aurait pas de rejet vertical; la différence d'altitude d'environ 600 m entre les barres calcaires du Jurassique supérieur, constituant l'ossature de ces deux massifs de part et d'autre du défilé, résulterait d'une morphologie structurale plus complexe, en lames antiformes chevauchantes, au niveau du Crédo. Bien qu'un réseau de cassures soit observable dans le défilé de Fort-l'Ecluse, nous nous rallions pour le moment aux conclusions de GUYONNET.

2. REMARQUES SUR L'ÉVOLUTION DES FRACTURES TARDI-HERCYNIENNES DANS LE BASSIN GENEVOIS, AU COURS DU CYCLE ALPIN

Un des résultats importants obtenus par les études régionales récentes dans le Jura méridional et les chaînes subalpines, est la mise en évidence de

l'influence des fractures tardi-hercyniennes NE-SW sur la sédimentation, depuis le Mésozoïque jusqu'au Miocène (PAIRIS 1975, DETRAZ *et al.* 1987, CHAROLLAIS *et al.* 1988).

Un autre réseau de fractures tardi-hercyniennes, de direction NW-SE, a été reconnu, surtout dans les massifs anciens de l'W européen (SE de la France, Massif Central, Vosges, ARTHAUD et MATTE 1975, MATTAUER 1973, 1980, ZIEGLER 1982). De par l'ampleur et l'orientation de son tracé en surface, c'est à ce type de cassure de socle anté-triasique qu'il faut probablement relier le tracé en profondeur de la faille du Vuache. Les rejeux alpins ont affecté les terrains de la couverture méso-cénozoïque de part et d'autre de cette faille majeure.

Vers la limite Crétac/Tertiaire, un état de contrainte en compression, méridien à subméridien, a été reconnu dans l'arc jurassien (BERGERAT 1985) et sur tout le pourtour méditerranéen occidental (LETOUZEY et TREMOLIERES 1980, SAVOSTIN *et al.* 1986). Il n'engendra que quelques bombements et flexurations à large rayon de courbure, et provoqua surtout des mouvements verticaux différentiels dans la couverture, au droit des fractures de socle; il est reconnu que l'ampleur de ces mouvements verticaux sera surtout importante vers la fin du Paléogène, lorsque prévaudra la distension E-W oligocène qui est à l'origine de la formation des grabens subméridiens bressan et rhénan. Ce n'est qu'à partir du Miocène que les raccourcissements liés à l'orogenèse tardi-alpine provoqueront le décollement, particulièrement net dans la région genevoise, de la couverture sédimentaire au niveau du Trias; les champs de contraintes en compression du Néogène ont ainsi parachevé de structurer cette région, lui conférant un style dit «jurassien»: pli anticlinal chevauchant de la Haute-Chaîne du Jura avec sa terminaison occidentale complexe en virgation à l'approche de l'accident du Vuache («nœud tectonique» de la montagne du Crédo), faille-pli du Vuache et structures antiformes écaillées et chevauchantes du chaînon du Salève.

En Suisse, et dans la zone externe des Alpes occidentales, les recherches sismotectoniques régionales et l'analyse des mécanismes au foyer démontrent un changement systématique de l'orientation des axes P:

- en Suisse du NE, leur orientation est NNW-SSE,
- en Suisse de l'W, elle est NW-SE,
- en Savoie, elle devient E-W.

L'orientation générale des axes P, qui correspond à la direction de raccourcissement maximum lié à la déformation occasionnée lors d'un tremblement de terre, est, dans son ensemble, comparable à un éventail ouvert vers l'W. Elle est similaire à l'orientation du raccourcissement horizontal maximum mesuré dans le Jura plissé et dans les chaînes subalpines (PAVONI 1961, 1975, 1980, FRECHET 1978, MENARD 1979).

En toute logique, et en tenant compte des études régionales antérieures, la faille du Vuache devrait présenter des traces de mouvements verticaux dans les périodes anciennes de son activité, et des caractères de type décrochant liés aux raccourcissements alpins du Néogène supérieur. C'est dans cette optique que de nouvelles recherches ont été entreprises dans la région Vuache-Crédo.

Dans la présente note, nous ne reviendrons pas sur les critères qui ont conduit CHAROLLAIS *et al.* (1983) à conclure que la faille du Vuache avait été affectée par des mouvements à prédominance verticale, du Dogger à

l'Oligocène supérieur (avant les dépôts du Burdigalien). Jusqu'ici nous n'avons aucune preuve de déplacements latéraux pendant le Mésozoïque à partir des données de terrain, qu'elles soient d'ordre stratigraphique ou structural.

Cependant, la comparaison en un point donné des lithologies synchrones, d'âge secondaire ou tertiaire, de part et d'autre de la faille, peut conduire à des interprétations erronées si l'on admet l'existence, aux abords de cette même faille, de mouvements latéraux décrochants à partir du Néogène supérieur. D'après les résultats de nos recherches, il est certain que le déplacement latéral des terrains de couverture aux abords de la faille du Vuache a mis en contact des domaines sédimentaires originellement éloignés de plusieurs kilomètres. Les reconstitutions paléogéographiques présentées, notamment au Crétacé inférieur, par divers auteurs et dernièrement par CHAROLLAIS *e t al.* (1983), semblent cependant raisonnables puisque le rejet horizontal actuel de cette faille ne dépasse pas, au niveau de la montagne du Vuache, 1 à 3 km comme il sera démontré plus loin.

3. ANALYSE STRUCTURALE DE LA PARTIE SEPTENTRIONALE DE LA MONTAGNE DU VUACHE

Les études structurales antérieures prouvent que dès la fin du Miocène le bassin genevois a été soumis à d'importants raccourcissements, notamment lors de la période dite «ponto-pliocène», orientés régionalement du SE vers le NW. Il est donc normal que, de par son tracé et au vu de telles directions de contraintes, la faille du Vuache ait réagi comme un décrochement ou plus exactement comme une zone de cisaillement à mouvement latéral sénestre. Si tel est le cas, différents caractères structuraux devraient pouvoir s'observer sur le terrain, tout au moins entre le Malpas et le Fort de l'Ecluse, là où les affleurements sont les plus démonstratifs.

En fait, seules les carrières se prêtent à l'analyse microtectonique. La paroi occidentale de la montagne du Vuache, constituée essentiellement de carbonates, présente de nombreuses figures de dissolution dues aux agents atmosphériques (lapiaz), ce qui empêche toute possibilité d'observations microstructurales.

3.1. *Observations macrostructurales*

3.1.1. *Considérations cartographiques et morphologiques générales*

La carte géologique simplifiée (fig. 2) montre une complexité structurale croissante du S vers le N; à l'approche du massif du Crédo en effet, la faille du Vuache se subdivise en plusieurs failles secondaires, décrochantes et/ou chevauchantes.

La direction générale de la faille du Vuache passe de N 150-160E dans la partie septentrionale à N 145-135E dans le secteur méridional; l'axe du chaînon du Vuache, long d'environ 11 km, n'est donc pas rectiligne. Sa partie centro-septentrionale est affectée d'une double courbure en forme de S étiré, bien visible sur les photos aériennes. Morphologiquement, la courbure septentrionale de ce S, orientée vers l'W, se marque par une légère dépression

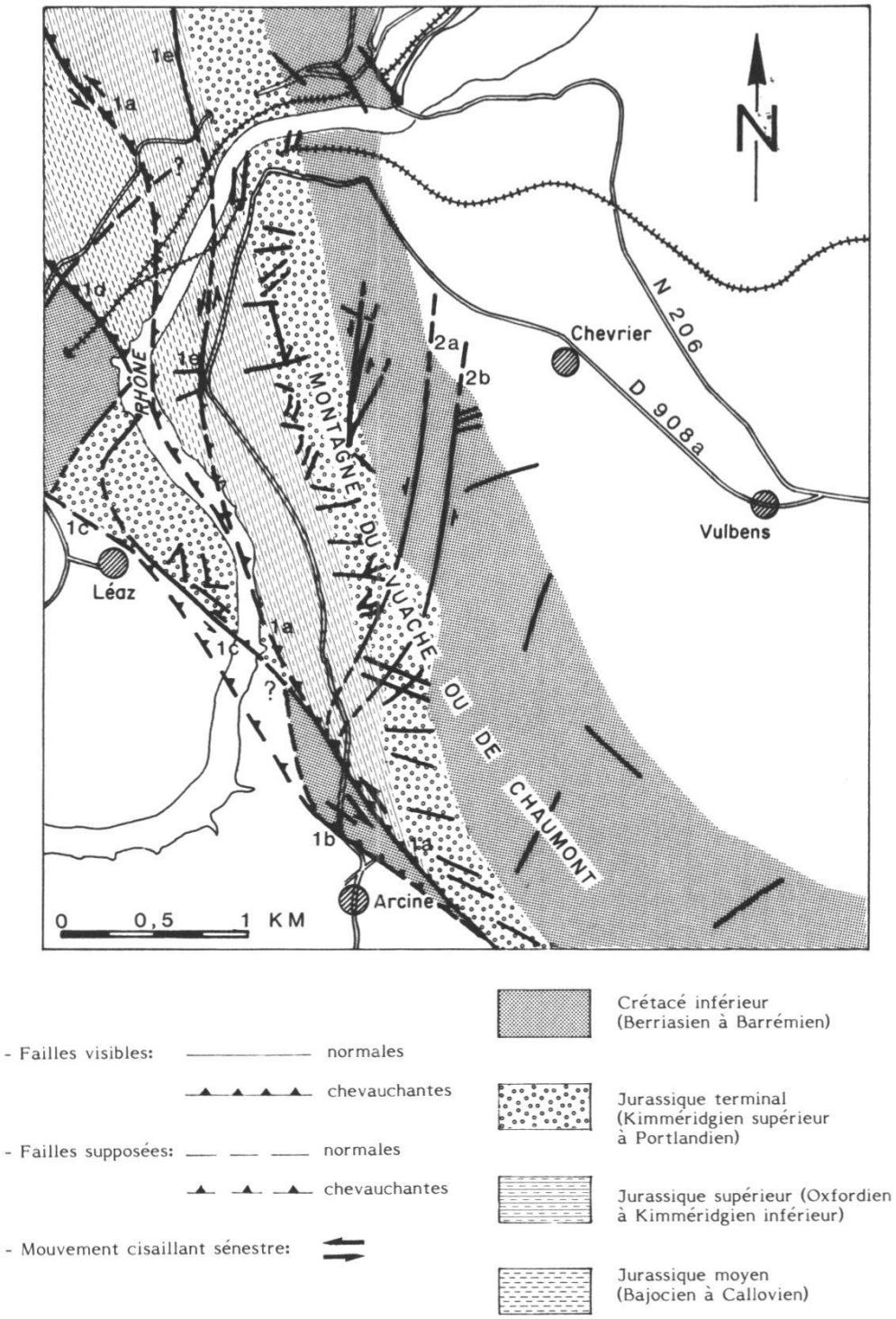

Figure 2.–Carte tectonique de la partie septentrionale de la montagne du Vuache (Haute-Savoie), d'après BLONDEL (1984), modifié. Fond topographique: carte IGN, 1:25 000 (N°3329 ouest).

(d'environ une cinquantaine de mètres) par rapport à l'altitude moyenne du chaînon (950 m environ); à l'inverse, la courbure méridionale orientée vers l'E amorce une élévation topographique jusqu'au point culminant de la montagne du Vuache (1100 m).

Ces observations, tant morphologiques que topographiques, militent en faveur d'un mouvement décrochant sénestre de la faille du Vuache; ainsi, lors de ce mouvement latéral, et en supposant la double courbure préexistante le

long du tracé en surface de l'accident, l'affaissement de la partie occidentale du S apparaît comme le résultat d'un réajustement et d'une réorientation locale des contraintes cisaillantes en contraintes distensives («courbure de libération»), alors que la surélévation de sa partie orientale serait, elle, le résultat d'une réorientation locale des contraintes en compression («courbure de retenue»; fig.3).

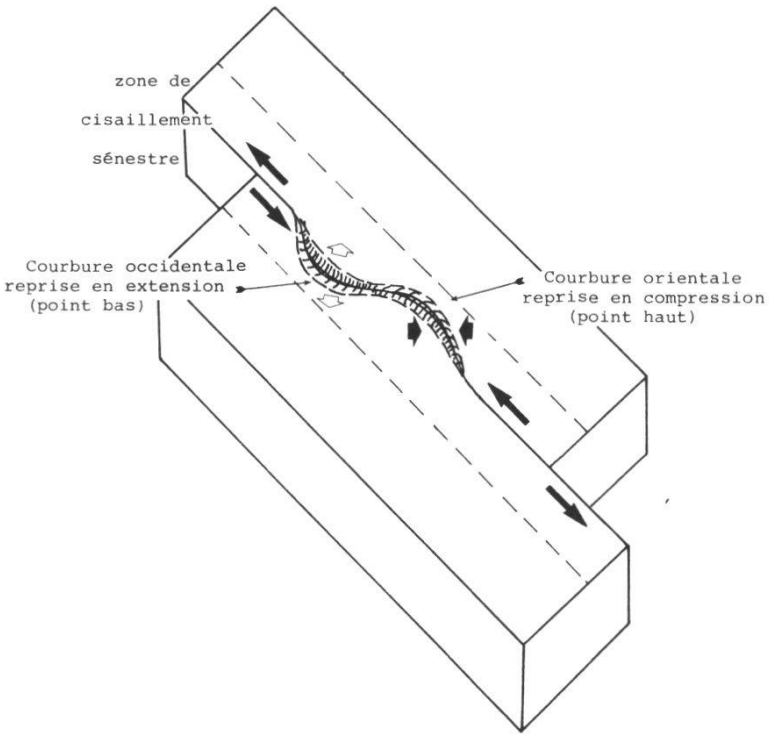

Figure 3.–Modèle schématique pour la réorientation des contraintes aux abords d'une double courbure affectant le tracé d'une faille décrochante sénestre; conséquences morphotectoniques.

La courbure septentrionale de l'axe du chaînon est limitée au N par deux failles secondaires décrochantes sénestres (failles 2a et 2b; fig. 2). Ceci se marque, sur le flanc oriental de la montagne du Vuache, par une structuration des couches de calcaires massifs et de marno-calcaires du Crétacé inférieur en un «méga-kink», résultant du jeu sénestre de ces failles (2a, 2b).

Le rejet vertical de la faille du Vuache, visible sur le terrain, est important; au N-NW du château d'Arcine il atteindrait environ 800 m, puisque là les «calcaires à céphalopodes» (Kimméridgien inférieur) du compartiment oriental de la faille sont en contact tectonique, par l'intermédiaire d'une zone fortement fracturée, avec les calcaires massifs de l'«urgonien blanc» (Barrémien inférieur) dont est constitué le Rocher d'Arcine (§ 3.3).

A l'extrémité méridionale de la montagne du Vuache, les falaises de la rive droite du Fornant, à l'aplomb du Malpas, se présentent comme un ensemble de blocs fracturés; cette observation avait déjà été figurée en partie par SCHARDT (1891, fig. 9, pl. VIII). Or, c'est dans cette zone que, précisément, passe le tracé en surface de la faille majeure du Vuache; à l'affleurement, elle

se présente sous la forme d'un réseau de fractures subverticales, orienté SE-NW. Sur la rive gauche du Fornant, ces fractures mettent en contact, à l'W, les faciès purbeckiens (base du Crétacé inférieur) avec, à l'E, la molasse chattienne (Oligocène supérieur); l'ampleur du rejet vertical apparent serait à cet endroit de l'ordre de 500 m.

3.1.2. *Plis en échelon*

Des plis coniques en échelon d'axe N 35E à N 40E sont bien visibles en piémont de l'escarpement occidental de la montagne du Vuache, surtout dans la carrière d'Entremont en bordure de la route D 908a. Là, affleurent les formations plus ou moins plastiques du Malm inférieur («calcaires pseudolithographiques» de l'Oxfordien supérieur et «calcaires à céphalopodes» du Kimméridgien inférieur).

Parfois, ces plis deviennent asymétriques ou même déjetés vers le N-NW avec un flanc inverse faillé (fig.4).

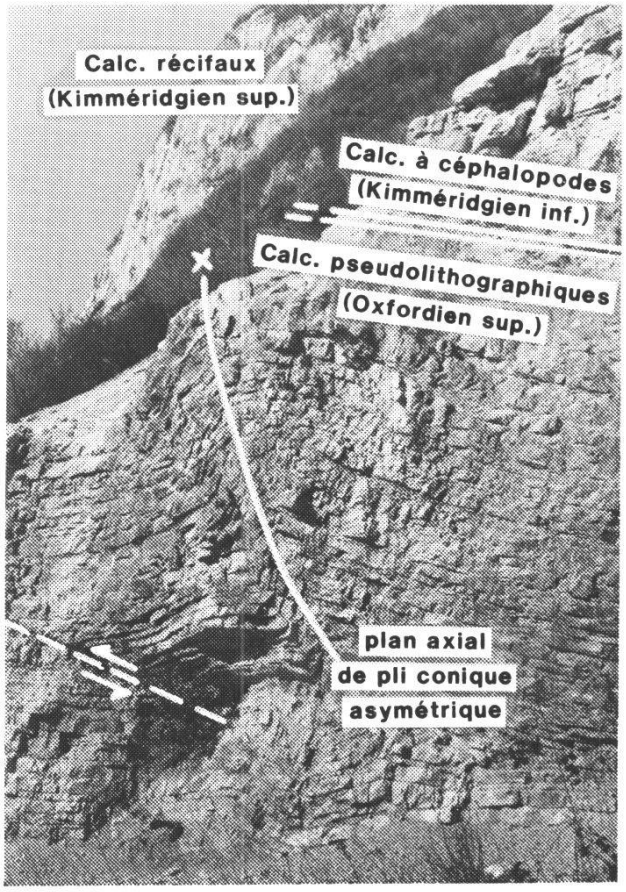

Figure 4.–Pli conique asymétrique faillé à déversement vers le NNW. Carrière d'Entremont, route D908a; flanc occidental de la montagne du Vuache.

La présence et l'orientation de ces mésostructures sont les indices de déformations plastiques générées par un raccourcissement SE-NW à l'intérieur de la zone cisaillante; ce raccourcissement résulte du jeu latéral sénestre de la faille du Vuache (fig. 5).

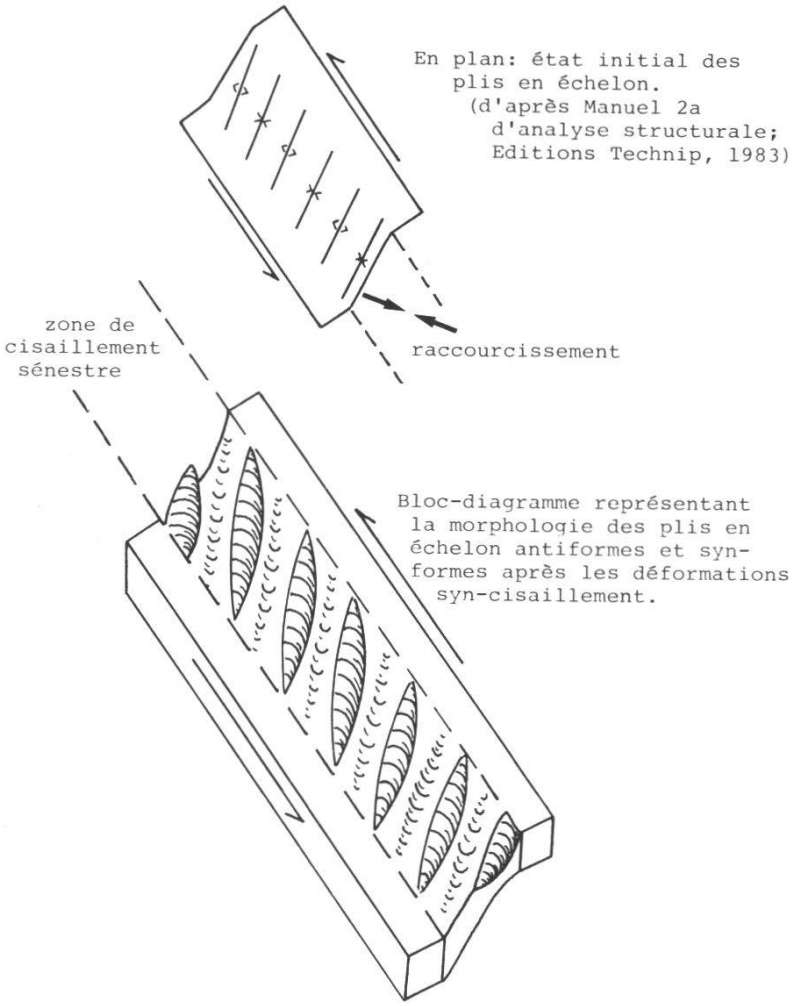

Figure 5.–Genèse des plis en échelon à l'intérieur d'une zone de cisaillement sénestre

3.1.3. *Fractures de Riedel*

L'analyse structurale des Rochers de Léaz et d'Arcine, ainsi que leur relation avec la faille majeure du Vuache, permet de préciser le caractère décrochant de cette dernière (fig. 2).

Ces blocs de terrains mésozoïques, l'un constitué de calcaires du Jurassique supérieur (Léaz) et l'autre de calcaires urgoniens (Arcine), sont tous deux bien individualisés à l'intérieur de la zone cisaillante de la faille du Vuache; ils présentent un escarpement sud-occidental abrupt correspondant chacun au miroir d'une faille secondaire orientée W-NW–E-SE (failles 1b et 1c, fig. 2). Au Rocher de Léaz, cet escarpement montre par endroit des cannelures horizontales à sub-horizontales indiquant un rejeu latéral, probablement sénestre, de la faille secondaire (faille 1c).

En appliquant le modèle de RIEDEL (1929) à cette zone de la faille du Vuache, ces deux «rochers» représentent des blocs lenticulaires, ou «lentilles de cisaillement» (VIALON *et al.* 1976, p. 23), individualisés à partir de deux macro-fractures de type R (R1 et R2, fig. 6) qui correspondent aux failles secondaires W-NW–E-SE décrites plus haut; la présence et l'orientation de ces fractures sont des arguments supplémentaires en faveur d'un jeu cisaillant latéral sénestre de la faille du Vuache (§§ 3.1., 3.2.).

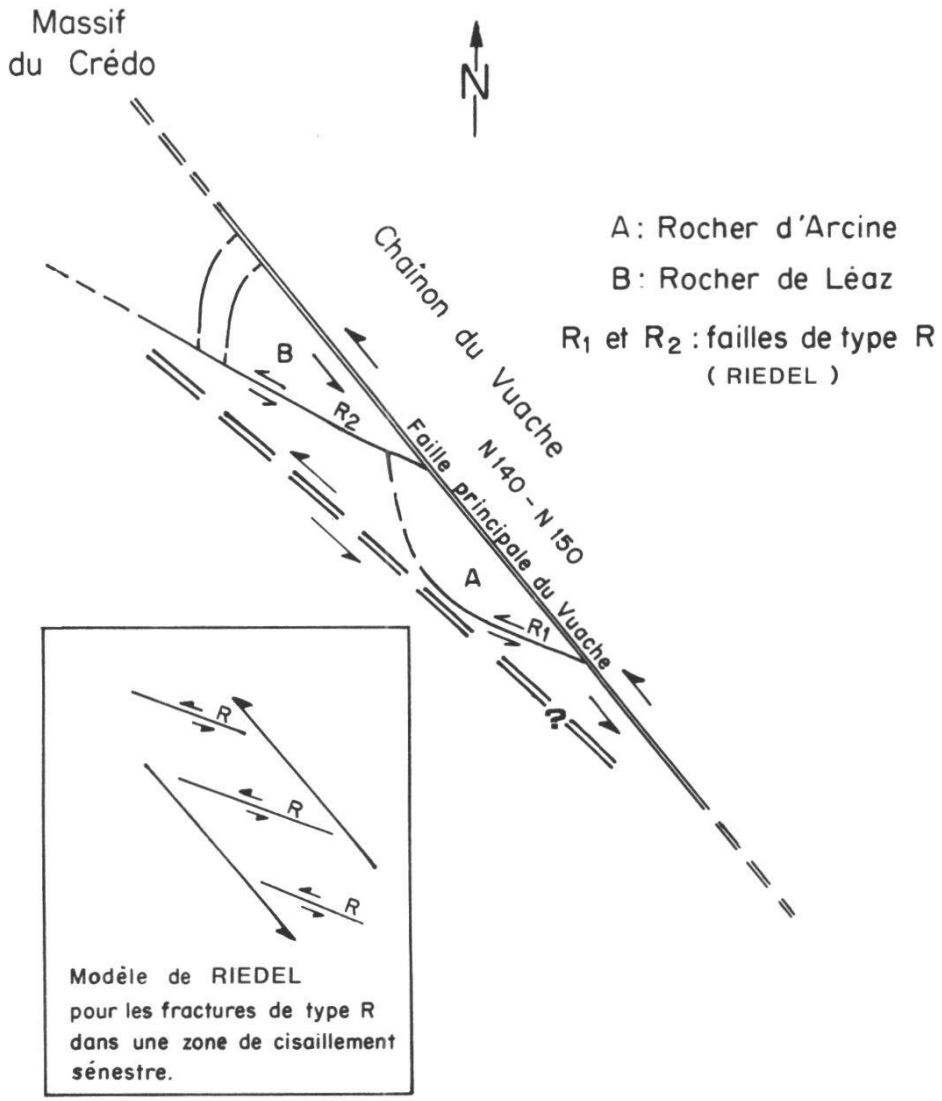

Figure 6.–Modèle synthétique expliquant la genèse des Rochers de Léaz et d'Arcine à l'intérieur de la zone de cisaillement sénestre de la faille du Vuache («lentilles de cisaillement», modèle de RIEDEL 1929).
Les failles R1 et R2 correspondent respectivement aux failles 1b et 1c de la fig. 2.

3.1.4. *Analyse de la macro-fracturation par photographies aériennes*

Dans la partie septentrionale de la montagne du Vuache, la compilation d'environ 250 mesures de cassures, relevées sur les photos aériennes, semble montrer l'individualisation de deux familles de fractures conjuguées (fig. 7).

Deux directions de raccourcissement pourraient alors être mises en évidence: l'une variant du N 50E au N 80E, et l'autre allant de N 125E à N 150E. Ces deux directions sont comparables à celles que l'analyse microtectonique (§§ 3.2.1, 3.2.2) a décelées.

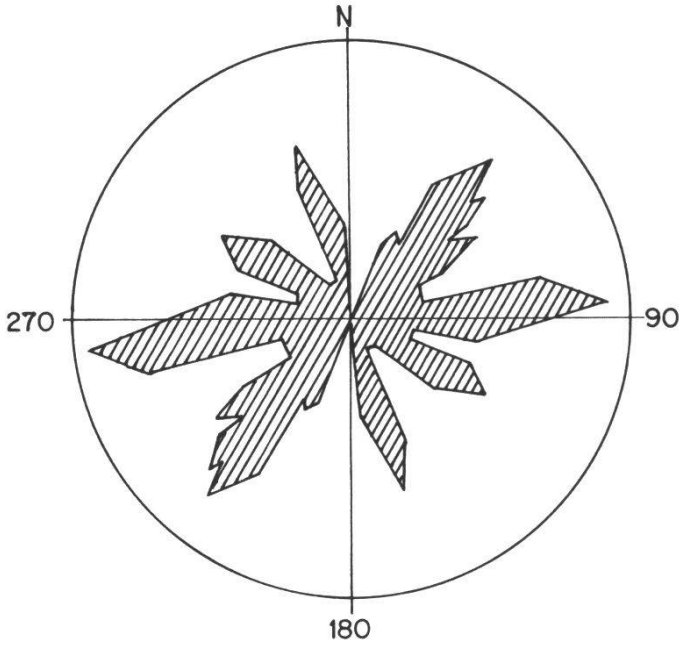

Figure 7.–Report sur canevas de WULF de 250 mesures obtenues par photogéologie et montrant la macrofracturation de la partie septentrionale de la montagne du Vuache.

3.2. *Observations microstructurales*

3.2.1. *Analyse des stries*

L'analyse des stries démontre la présence de plusieurs mouvements cisaillants latéraux, chevauchants et obliques, dont la chronologie peut être établie dans certaines stations de mesures.

Deux directions privilégiées de stries ont été relevées dans la quasi-totalité des stations étudiées (fig. 8):

1. Des stries de direction N 70E à N 75E sont observables sur le mur des couches à pendage faible à moyen, et parfois sur des plans de fractures horizontaux ou à faible pendage; elles ont donc une direction orthogonale à celle de l'axe du pli du Vuache. Elles indiquent un mouvement inverse chevauchant et résultent d'un raccourcissement NE-SW normal à la direction de l'accident du Vuache; ce raccourcissement a induit le glissement des bancs de calcaire, avec chevauchement des couches supérieures sur les couches inférieures.

Ce phénomène, observé aux stations 1, 3 et 4, ainsi qu'au Rocher de Léaz, était particulièrement démonstratif lors du creusement, au sein de la montagne du Vuache, des galeries de l'autoroute A 42 (communication orale, P. BIENFAIT *).

A ce stade de l'observation et de l'interprétation structurale, une remarque s'impose: la partie orientale de la faille du Vuache devait déjà être

---

*Nous remercions P. BIENFAIT, géologue à SCETOROUTE, entreprise maître d'œuvre du tunnel autoroutier du Vuache, pour son aimable collaboration.

relativement surélevée au regard de sa partie occidentale, avant cette période de raccourcissement NE-SW. Si les compartiments existants de part et d'autre de la faille se présentaient à un même niveau topographique, le raccourcissement aurait engendré un pli antiforme chevauchant, avec des traces normales de glissements couches sur couches propres à ce type de structure. Or, d'après nos observations, le chaînon du Vuache se présente structuralement comme une lame isoclinale à caractère chevauchant; ce mouvement inverse se retrouve jusqu'au niveau des interbancs, comme le montrent la plupart des stries visibles au mur des couches.

Nous en concluons que le compartiment occidental de la faille, en position relativement déprimée à l'époque du raccourcissement NE-SW, n'a opposé que peu de résistance mécanique face à l'avancée vers le SW de cette «lame Vuache» déjà surélevée auparavant.

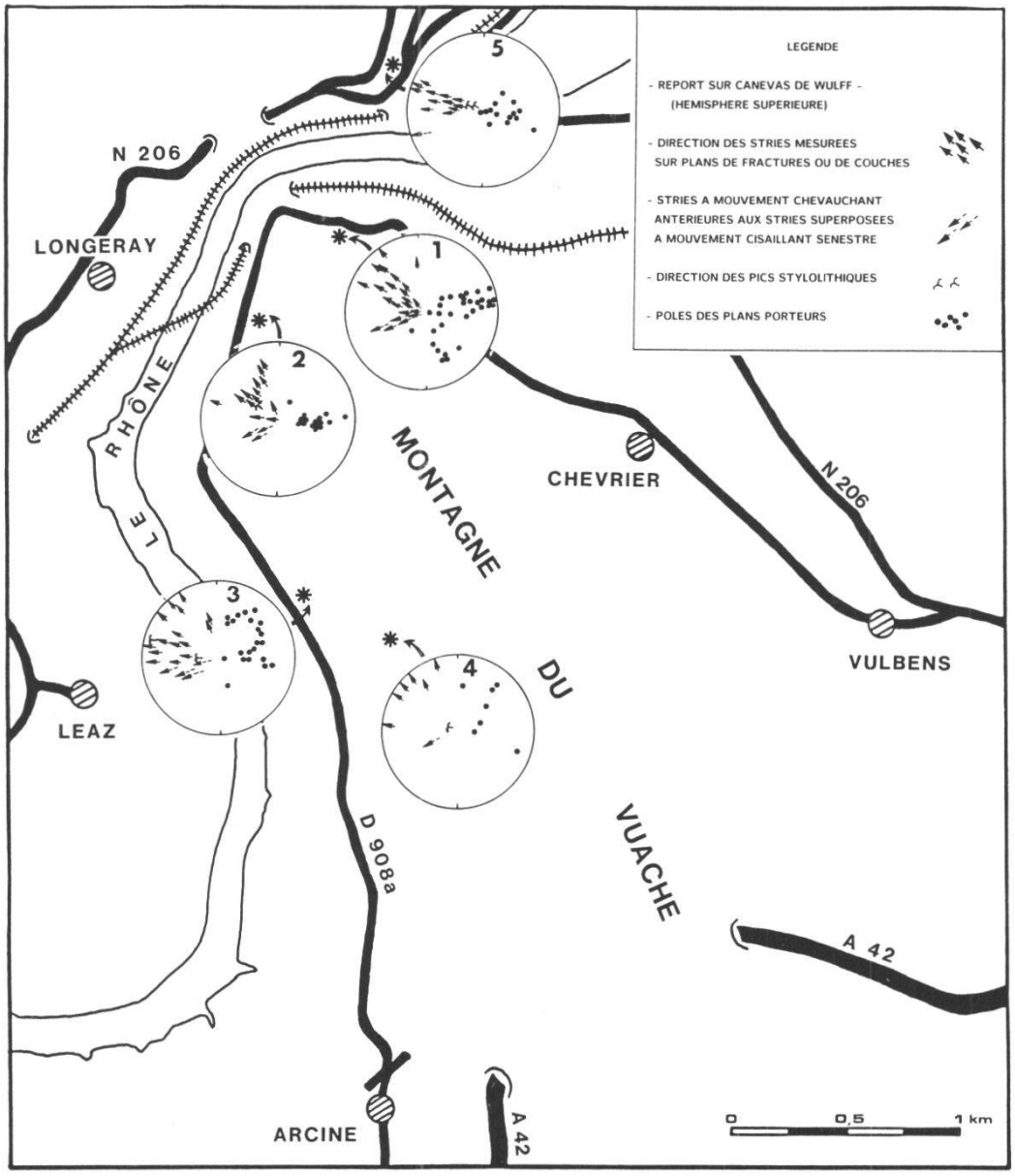

Figure 8.–Mesures microtectoniques (stries, pics stylolithiques) relevées dans le secteur septentrional de la montagne du Vuache.
*: emplacement des stations de mesures; 1, 2, 3, 4, 5: numéros des stations.

2. Des stries de direction N 115E à N 135E sont bien visibles sur les plans de fractures verticaux à obliques dont la direction moyenne est plus ou moins parallèle à la direction principale de la faille du Vuache.

Ces stries indiquent toutes un cisaillement horizontal sénestre, devenant oblique sénestro-inverse et de direction sub-méridienne à l'approche du massif du Crédo (station 2; fig. 2 et fig. 8).

Dans les stations 1, 2, et au Rocher de Léaz, elles se superposent parfois aux stries N 70E à N 75E, lorsque ces dernières sont encore visibles, soit sur des plans de fractures obliques, soit au mur des couches à pendage faible à moyen (20° à 50°).

Aux stations 3 et 4, ces stries horizontales sénestres sont associées à des plans de fractures N 20E à pics stylolithiques horizontaux de même direction (N 115E à N 135E), à des fractures conjuguées verticales à sub-verticales de RIEDEL, et à des fentes de tensions (fig. 9).

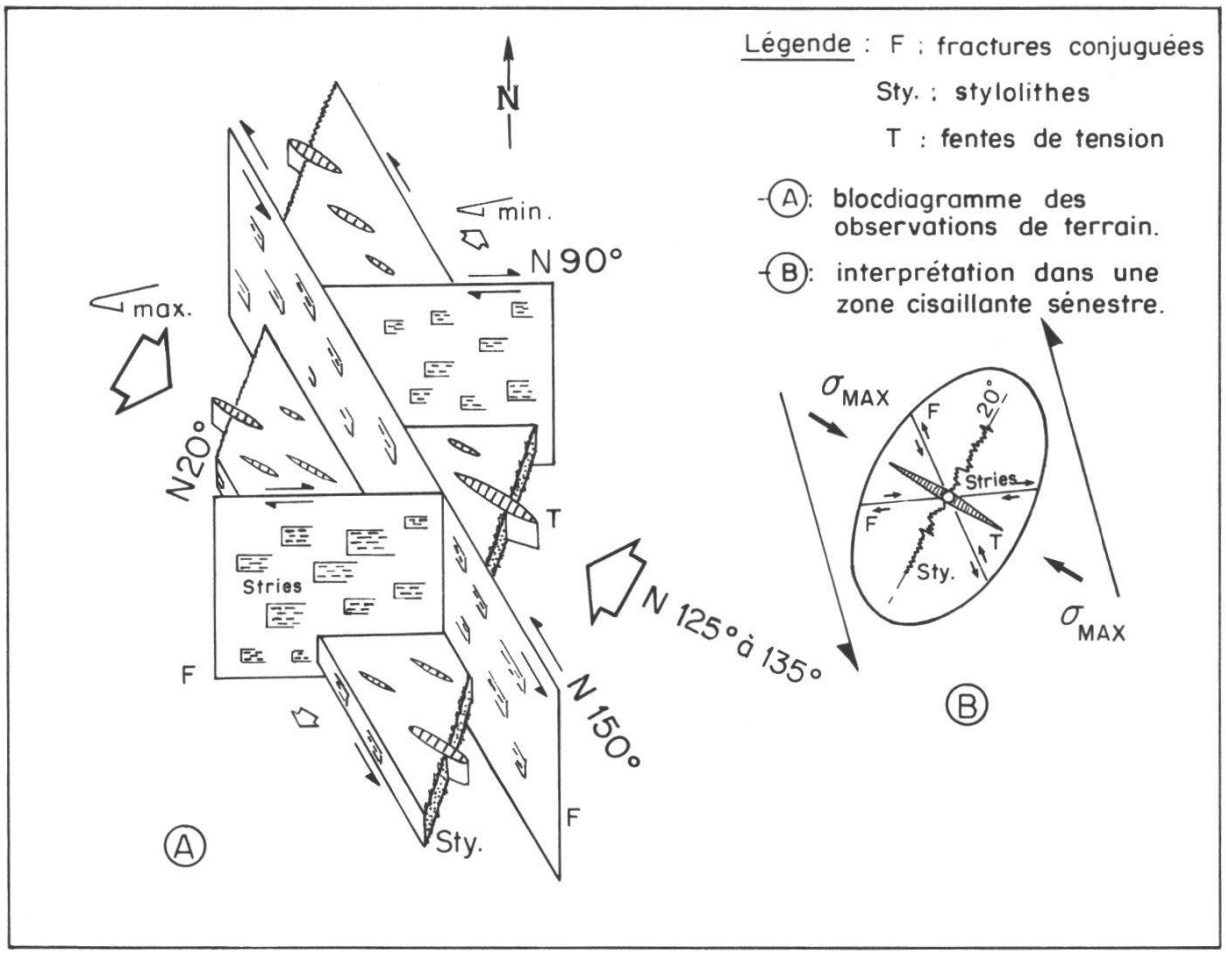

Figure 9.–Observations et interprétations microtectoniques, à partir des données de terrain, dans les stations 3 et 4 (situées sur la fig. 8).

D'après ces résultats, il ressort que les stries indiquant un mouvement inverse chevauchant, orientées N 70E à N 75E, sont antérieures à celles (latérales à obliques sénestres) dont la direction moyenne oscille entre N 115E et N 135E; ces dernières caractérisent bien, de par leur orientation, le mouvement cisaillant sénestre de la faille du Vuache.

Le raccourcissement généré à l'intérieur de cette zone cisaillante a une direction SE-NW (voir § 3.2). Il a approximativement la même orientation que le raccourcissement régional majeur de la fin du cycle alpin (Néogène supérieur à Actuel) reconnu par divers auteurs (PAVONI 1975, LETOUZEY et TREMOLIERES 1980, BERGERAT 1985).

Sur rive droite du Rhône, près de l'ancien poste de douane du Fort de l'Ecluse (station 5), les affleurements de calcaires urgoniens montrent, à partir de l'analyse des stries et des fentes de tension (§ 3.2.2), trois directions de raccourcissement: N 20E, N 80E et N 110E à N 115E. La qualité des affleurements permet seulement de déduire que la phase N 20E est antérieure à la phase N 110E à N 115E. Elle pourrait éventuellement être corrélée avec la phase de raccourcissement subméridienne éocène (chap. 2).

Les Rochers d'Arcine et de Léaz comportent eux aussi des plans de fractures avec des stries horizontales et des fentes de tension de direction subméridienne. Ce fait peut être interprété, soit comme le résultat d'une rotation des contraintes maximales à l'intérieur des lentilles de cisaillement, soit comme la conséquence d'une compression subméridienne éocène: il est difficile de trancher avec le peu de mesures qui peuvent être relevées sur le terrain.

3.2.2. *Analyse des fentes de tension*

A la station 2, dans les couches des "calcaires à céphalopodes" du Kimméridgien inférieur, des fentes de tension orientées N 120E recoupent d'autres fentes plus anciennes dont l'orientation oscille entre N 60E à N 75E (fig.10). Ceci résulte de deux états de contraintes en compression successifs: un premier de direction N 60E à N 75E suivi d'un second orienté N 120E.

Les mêmes observations ont pu être faites au Rocher de Léaz.

Ces résultats confirment, pour les états de contraintes successifs, ce que l'analyse des stries avait démontré dans la partie septentrionale de la montagne du Vuache.

Sur rive droite du Rhône (station 5), des fentes de tension N 20E sont recoupées et décalées par d'autres fentes plus récentes orientées N 120E; les premières résulteraient de raccourcissements liés aux contraintes méridiennes à subméridiennes éocènes (3.2.1), tandis que les secondes correspondraient à des tectoglyphes liés aux raccourcissements fini-néogènes.

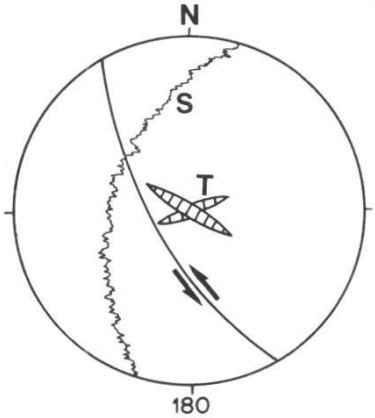

Figure 10.–Exemple de fentes de tension N 60E à N 75E recoupées et décalées ultérieurement par des fentes de tension N 120E (canevas de WULF, station 2 située sur la fig. 8). S: pics stylolithiques, T: fentes de tensions

3.2.3. *Analyse des diaclases ouvertes à remplissage de grès «sidérolithiques»*

Certaines fractures ouvertes présentent un remplissage de grès ou de sables, plus ou moins argileux, blancs, orangés, rougeâtres ou verdâtres parfois. Il est commun d'attribuer ce faciès gréso-sableux à un type de dépôt du Tertiaire inférieur bien connu dans la région genevoise et appelé, dans la littérature, «Sidérolithique».

Tous les auteurs s'accordent pour considérer ces grès sidérolithiques comme les témoins d'un dépôt continental ou fluviatile. Le plus fréquemment, ils résulteraient de l'érosion et du démantèlement d'une zone d'altération pédologique latéritique; après transport éolien et/ou lessivage, ces sédiments d'origine continentale se sont accumulés dans des dépressions, ou ont colmaté des karsts, ou des fractures ouvertes, au sein des couches de calcaires mésozoïques mises à l'affleurement.

Au Vuache, comme au Salève d'ailleurs, ces faciès n'ont pu être datés à partir d'arguments biostratigraphiques; leur attribution provisoire au Bartonien/Ludien (Eocène) est basée sur des corrélations de faciès. Dans le Jura, WEIDMANN (1984, p. 140) signale des faunes bartoniennes et ludiennes dans la région du Mormont et, en Savoie, le gîte des Echelles a livré *Lophiodon tapirotherium* (=*larteti*) également caractéristique du Bartonien inférieur (Auversien).

Sur le flanc oriental du Crédo, ARIKAN (1964, p.36) a relevé la présence de remplissages à faciès gréseux rouge de type sidérolithique dans des fissures ouvertes, au sein des calcaires portlandiens. Ses observations ont été confirmées par GUYONNET (1987); par endroits, la fréquence et la répartition de ces fractures à remplissage gréseux sont telles que la roche apparaît comme une véritable brèche de calcaires jurassiques colmatée par les grès sidérolithiques. L'analyse des directions des diaclases ouvertes montrent deux familles conjuguées orthogonales-parallèles orientées N-S et E-W. La famille méridienne à sub-méridienne prédomine.

Des observations similaires ont été effectuées par l'un d'entre nous (T. B.) au toit des calcaires urgoniens, dans des affleurements de l'extrémité septentrionale de la montagne du Vuache, en contrebas de la route D 908a. Là, un réseau de microfractures ouvertes orthogonales-parallèles, de direction approximativement N-S et E-W, à remplissage gréseux verdâtre à rosé, est en effet observable en surface de banc.

Pour GUYONNET (1987), ces diaclases ouvertes orthogonales-parallèles se seraient formées, lors des raccourcissements N-S à l'Eocène, dans la partie sommitale des plis à large rayon de courbure, là où localement règnerait un régime distensif.

Cependant, cette hypothèse ne nous semble pas satisfaisante pour deux raisons:

-Ces diaclases orthogonales-parallèles à remplissage «sidérolithique» ne se sont pas uniquement développées au faîte des structures plissées (Crédo); en effet, elles se trouvent aussi bien au sommet que sur les flancs et au piémont de ces dernières (Crédo E et Vuache NE). De plus, un raccourcissement ne peut, pour des raisons mécaniques, ni générer, ni reprendre en ouverture des diaclases de direction parallèle et orthogonale à son orientation principale.

-Les travaux de HANCOCK (1985) et de TRICART *et al.* (1986) ont montré que les systèmes de diaclases ouvertes orthogonales-parallèles se développent préférentiellement dans un contexte distensif régional. D'après ces auteurs, lors d'un état de contrainte régional en extension, le rejeu vertical initial en profondeur des accidents anciens de socle provoque une flexuration de la couverture sédimentaire sus-jacente; il en résulte une fracturation en diaclases ouvertes des bancs massifs, déjà indurés par la diagenèse, présents à l'intérieur de cette couverture. Ces bancs réagissent mécaniquement aux contraintes verticales et horizontales en se fracturant suivant un réseau orthogonal-parallèle de diaclases ouvertes. La famille de diaclases la plus développée aura une direction normale à la direction principale de l'extension régionale; or, dans notre secteur d'étude, la famille méridienne de ces diaclases ouvertes est bien la plus développée.

Dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne pouvons donc pas souscrire à l'hypothèse proposée par GUYONNET (1987). Par contre, il serait envisageable d'admettre que ce réseau de diaclases résultât d'une distension régionale E-W fini-crétacée–anté-éocène.

L'attribution à l'Eocène du faciès «sidérolithique» reste, dans bien des cas, douteuse. Ainsi, le remplissage des diaclases ouvertes peut être plus tardif. En effet, après l'émersion généralisée de la plate-forme jurassienne durant l'Eocène (CHAUVE *et al.* 1980), la sédimentation continentale des grès rougeâtres s'est poursuivie, au-dessus d'un certain niveau topographique, jusqu'à une période plus récente; tandis que les dépôts molassiques fluvio-deltaïques paléogènes comblaient les dépressions bordant l'arc alpin en voie de surrection, les paléoreliefs jurassiens, déjà structurés et réactivés lors de la distension oligocène, restaient, eux, émergés.

Les dépôts continentaux de type «sidérolithique» situés au sommet des structures plissées jurassiennes peuvent donc avoir un âge plus récent, compris entre l'Eocène et l'Oligo-Miocène. Durant cette période, ces dépôts ont continué de colmater les diaclases ouvertes, mises en place lors de la distension oligocène, ainsi que les conduits karstiques ou les fractures engendrées lors d'une période plus ancienne.

En conclusion, nous admettons que le réseau de diaclases ouvertes orthogonales-parallèles de direction N-S et E-W, dont la famille méridienne est la plus développée, résulte de la distension régionale E-W oligocène. Cette hypothèse confirme et complète les résultats obtenus par BERGERAT (1985), dans son étude récente sur l'arc jurassien.

3.3. *Conclusions de l'étude macro- et microstructurale*

De l'étude tectonique de la partie septentrionale de la montagne du Vuache, il ressort que la structure actuelle de ce chaînon est la réponse morpho-structurale à trois états de contraintes régionaux différents ayant engendré, aux abords de la faille du Vuache, les mouvements suivants:

-mouvements à rejets verticaux prédominants au Mésozoïque et reconnus jusqu'à la fin du Paléogène (chap. 2 et 3).

-mouvements chevauchants, suborthogonaux à l'axe du chaînon du Vuache, mis en évidence par l'analyse des stries inverses d'orientation N 70E à N 75E et par l'étude des fentes de tensions N 60E à N 75E.

-mouvements cisaillants latéraux à rejets sénestres à sénestro-inverses, en relation directe avec le mouvement décrochant de la faille du Vuache. Ces mouvements sont liés à un raccourcissement orienté N 125E à N 135E.

Une étude complémentaire de la fracturation du chaînon du Vuache a été effectuée, dans sa partie méridionale, par AMATO (1985). A partir de recherches photogéologiques et de l'analyse microstructurale, notamment dans la carrière du Malpas, l'auteur arrive à des conclusions identiques aux nôtres.

4. CINÉMATIQUE DE LA FAILLE DU VUACHE

L'analyse structurale de la zone étudiée démontre le jeu polyphasé de la faille du Vuache. Nous tenterons d'en établir la cinématique en intégrant à nos propres observations, les résultats de nos prédécesseurs. Cette démarche reste hypothétique car, d'une part, le comportement du socle anté-mésozoïque à l'aplomb de la montagne du Vuache et de la chaîne du Crédo-Reculet ne pourra être envisagé qu'à partir de documents géophysiques que nous ne possédons pas, et, d'autre part, le rôle et l'importance des fractures tardi-hercyniennes NE-SW à la hauteur du défilé du Fort de l'Ecluse (chap. 1), et/ou de la cluse du Fornant (terminaison méridionale du chaînon du Vuache) sont difficiles à estimer.

La reconstitution graphique de la cinématique de la faille du Vuache ne se limitera donc strictement qu'au secteur compris entre le Rhône et le Fornant (fig.11).

4.1. *Raccourcissement méridien fini-crétacé–début tertiaire* (fig. 11.1)

Après le Mésozoïque, le bassin genevois a été soumis, dès le début du Cénozoïque, à un état de contraintes méridiennes en compression qui engendra des bombements à large rayon de courbure dans la couverture mésozoïque (chap. 2).

Au Vuache, l'existence d'un tel bombement serait confirmée par les observations de BIENFAIT (communication orale) qui a observé un paléopendage du flanc oriental de ce chaînon, marqué dans les dépôts sidérolithiques. Lors du percement des galeries de l'autoroute A42, BIENFAIT a étudié une poche karstique d'environ 3 m de diamètre, remplie par des dépôts argilo-gréseux rouges continentaux (Sidérolithique) et traversant les formations du Crétacé inférieur. La stratification des couches mésozoïques encaissantes présentait un paléo-pendage de 20° vers le NE , une fois les dépôts de Sidérolithique remis à l'horizontale.

Au Salève, cette période de raccourcissement serait à l'origine de bombements. Au faîte de la structure actuelle de ce chaînon, JOUKOWSKY et FAVRE (1913) signalent l'existence de poches karstiques, remplies de sables sidérolithiques, à l'intérieur des formations de l'Hauterivien, alors que sur les flancs du pli, ces poches ne ravinent que les calcaires urgoniens massifs du Barrémien inférieur. Les calcaires hauteriviens furent donc karstifiés avant l'Eocène au droit du faîte de la structure, ce qui plaide en faveur d'un bombement antérieur aux dépôts sidérolithiques (PAREJAS 1938).

Dans les chaînes subalpines septentrionales (massif des Bornes),

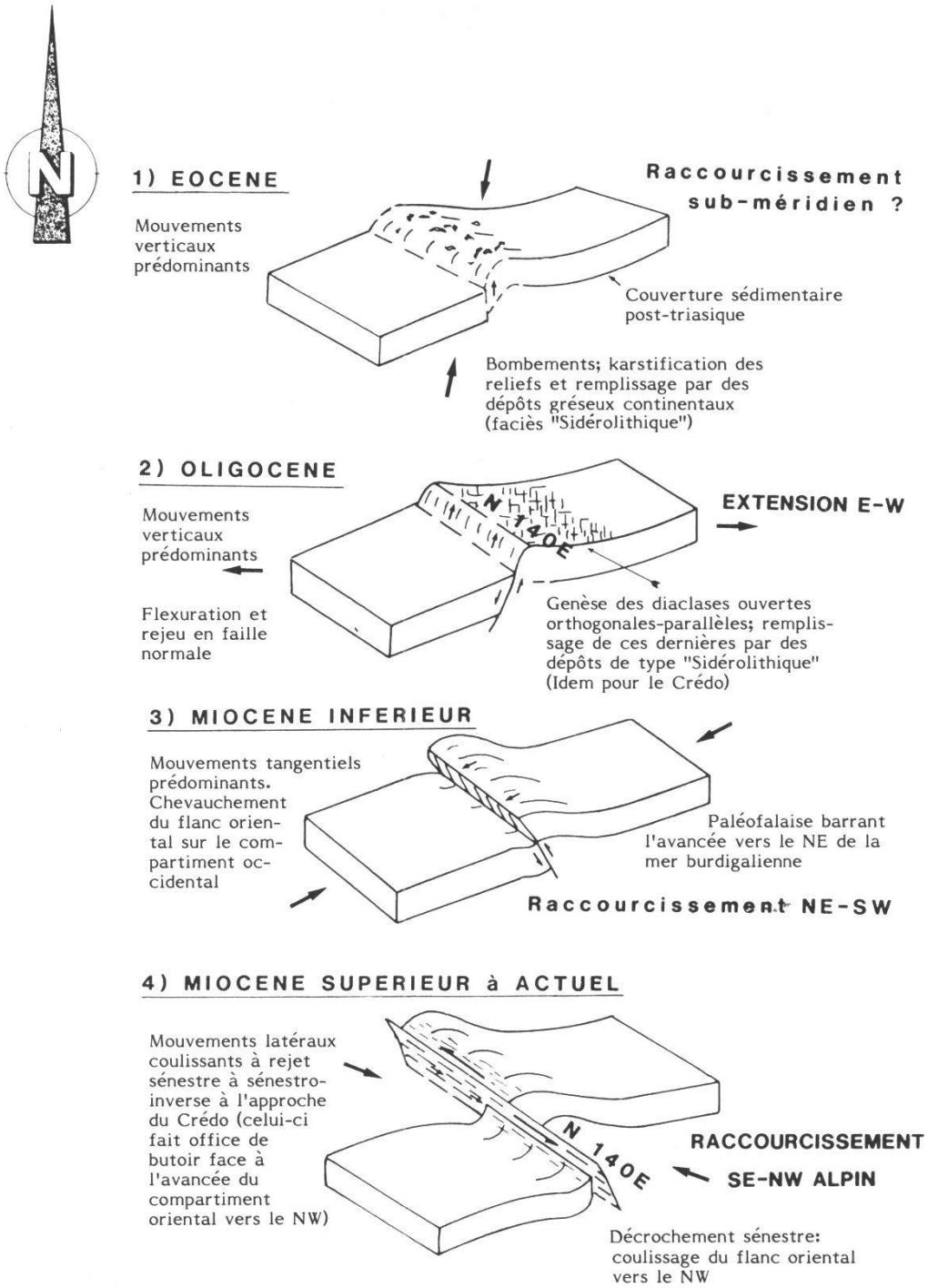

Figure 11.–Chronologie des principaux mouvements de la faille du Vuache, depuis le début du cénozoïque, déduits de l'analyse micro– et macrotectonique.

CHAROLLAIS (1962, p. 697-699) a également démontré des ondulations à grand rayon de courbure et des paléofailles liées aux contraintes éocènes.

A la fin de cette phase fini-crétacée/début-tertiaire, la montagne du Vuache devait donc se présenter comme un relief émergé à pente orientale douce, limité probablement à l'W par un escarpement de faille (SCHARDT 1891, p. 76-77).

4.2. *Extension E-W* (fig.11.2)

L'extension de la plate-forme européenne durant l'Oligocène (CLIN 1966, LAUBSCHER 1979, CHAUVE *et al.* 1980, ZIEGLER 1982, BERGERAT 1985), à l'origine du rifting des fossés bressan et rhénan, a sans doute provoqué le rejeu normal de la faille principale du Vuache (§ 3.2.3): le compartiment oriental, probablement déjà surélevé, aurait subi une nouvelle remontée due au rejeu vertical normal induit par l'extension oligocène. Cet exhaussement du flanc oriental du Vuache aurait barré l'avancée de la mer burdigalienne en provenance du couloir rhodanien, et l'aurait empêchée d'atteindre le bassin genevois; ceci expliquerait l'absence des dépôts transgressifs marins dans cette région.

Bien que cette hypothèse ait été formulée de longue date (SCHARDT 1891), il convient de rester prudent et de ne pas minimiser le rôle des mouvements décrochants qui mettent en contact, aujourd'hui, des domaines paléogéographiques originellement éloignés (chap. 3). De plus, jusqu'ici aucun faciès de rivage, tel que des galets de plage ou des blocs de bas de falaise, n'a été reconnu dans les dépôts burdigaliens qui longent le miroir de la faille du Vuache.

4.3. *Raccourcissement NE-SW début-miocène* (fig. 11.3)

Au début du Miocène (Aquitanien - Burdigalien *p.p.*), un raccourcissement NE-SW a été observé microstructuralement sur le pourtour de la Méditerranée occidentale (LETOUZEY et TREMOLIERES 1980) et dans l'avant-pays alpin (BERGERAT 1985). Cette période compressive a également affecté les terrains mésozoïques du chaînon du Vuache. L'analyse des directions ainsi que des mouvements des stries, des fentes de tension et des fractures conjuguées le prouvent (chap. 3).

La faille du Vuache est, à cette époque, reprise en faille inverse, de par son orientation perpendiculaire à celle du raccourcissement majeur régional. Le plan subvertical de la faille du Vuache évolue alors en faille-pli dont le flanc oriental chevauche le compartiment occidental affaissé lors des phases précédentes (fig. 12).

4.4. *Raccourcissement SE-NW fini-miocène–post-miocène* (fig. 11.4)

Un dernier raccourcissement orienté SE-NW, dont l'existence est démontrée par l'analyse des stries, des fentes de tension et des macrofractures (chap. 3), a généré le mouvement cisaillant sénestre de la faille du Vuache. Les raccourcissements propres à la zone de cisaillement ont une direction proche de celle des contraintes régionales en compression.

Associées à ces déplacements latéraux se forment alors deux failles secondaires de type R (nomenclature de RIEDEL); elles sont à l'origine des Rochers de Léaz et d'Arcine («lentilles de cisaillement» au sens de VIALON *et al.* 1976).

Enfin, les mouvements latéraux ont provoqué la formation de plis

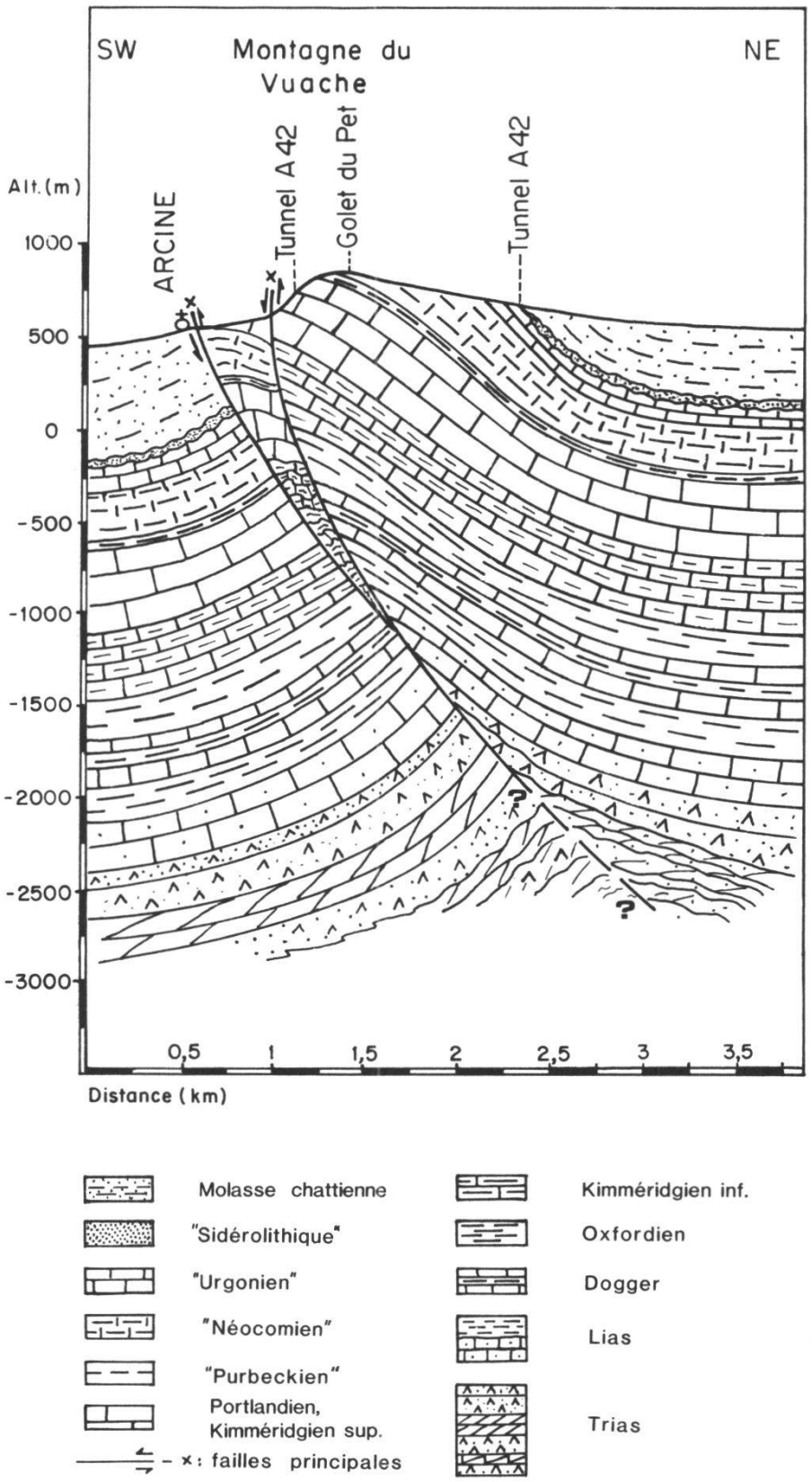

Figure 12.–Profil géologique du Vuache, à la hauteur des galeries de l'autoroute A43.

coniques en échelon, observés notamment dans les terrains marno-calcaires du Malm, en piémont de l'escarpement occidental du chaînon du Vuache.

L'amplitude des déplacements latéraux provoqués par le mouvement décrochant sénestre de la faille du Vuache reste à déterminer.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il est bien difficile de répondre avec précision et surtout d'avancer des chiffres. D'ailleurs, l'historique de CHAROLLAIS *et al.* (1983, p. 219- 225) rappelle les divergences d'opinions des géologues.

Cependant, d'après les observations de BIENFAIT (communication orale), la faille du Vuache se poursuivrait dans la région de Forens, au N du Crédo; un rejet horizontal de l'ordre de 3 km pourrait se calculer à partir de la position des calcaires urgoniens, de part et d'autre de la faille. Cette proposition a été adoptée par COPSON (1984).

Au niveau de la faille majeure du Vuache qui sépare en deux compartiments le massif du Crédo, GUYONNET (1987) évalue à 1,1 km le déplacement latéral des terrains mésozoïques.

Le jeu du décrochement sénestre de la faille du Vuache serait donc plurikilométrique, mais non décakilométrique comme certains auteurs l'ont parfois prétendu.

En conclusion, après les mouvements à prédominance verticale enregistrés dans la sédimentation des terrains mésozoïques (CHAROLLAIS *et al.* 1983), au moins quatre états de contraintes régionales ont réactivé, depuis le début du Cénozoïque, cette fracture majeure en faille normale, puis inverse, et enfin en décrochement sénestre à sénestro-inverse.

Quant à son jeu possible à l'époque quaternaire, il est très probable; KILIAN (1911), dans son étude des dépôts quaternaires des environs du Fort-de-l'Ecluse, a interprété l'«inclinaison très nette vers le NE des alluvions anciennes (...) sur la rive gauche du Rhône en amont du Pont-Carnot» comme résultant de mouvements verticaux relativement récents de la faille du Vuache. Bien que cette argumentation reste discutable, elle nous semble cependant intéressante car des observations similaires ont été relevées dans une ancienne carrière en bordure de la route D 908a, à la hauteur du viaduc de la voie ferrée traversant le Rhône, sur le versant occidental de la montagne du Vuache. A cet endroit, le fluvio-glaciaire post-würmien, dont la base renferme quelques blocs erratiques demi-métriques à métriques, montre un litage actuel avec un plongement d'environ 20° vers le NW; cette disposition proviendrait, soit d'une élévation récente de la montagne du Vuache, depuis la fin de la dernière glaciation du Würm, soit d'un affaissement du compartiment occidental de la faille du Vuache.

5. ETUDE DE LA SISMICITÉ ACTUELLE DE LA RÉGION GENEVOISE

Une étude sur la sismicité actuelle de la faille du Vuache et du bassin genevois paraissait indispensable pour tenter de mettre en évidence les contraintes encore actuelles présentes aux abords de cette fracture majeure.

C'est pourquoi pendant ces dernières années, quelques mécanismes au foyer ont été analysés à partir de séismes survenus dans la région gene-

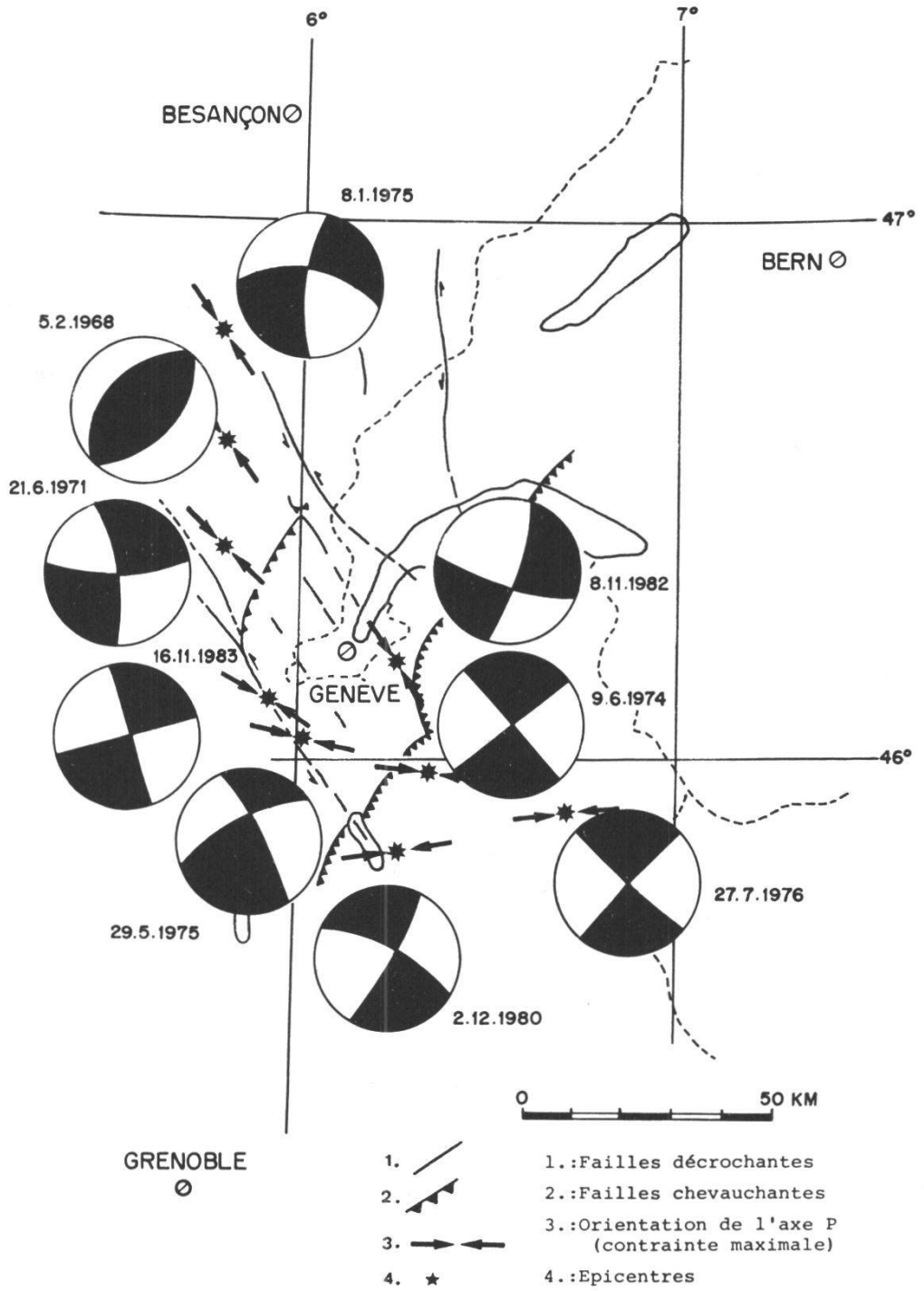

Figure 13.–Localisation et mécanismes au foyer des séismes ressentis dans la région genevoise durant les vingt dernières années, d'après SAMBETH (1984).

voise:les résultats obtenus par l'Université de Grenoble et par l'Ecole Polytechnique de Zurich sont réunis sur les figures 13 et 14 (tableau synthétique).

Basée sur l'orientation des axes P, une rotation des raccourcissements régionaux actuels, de direction N-S au nord, à E-W dans la partie méridionale, peut être observée. Ceci avait été également mis en évidence, à l'échelle de l'arc jurassien, par PAVONI (1975, p. 186, fig. 2).

En plus d'un inventaire exhaustif et historique de l'activité de la faille du Vuache dressé par AMATO (1983), une étude sismotectonique du Vuache et du bassin genevois a été effectuée entre avril 1983 et mars 1984 par l'un de nous (SAMBETH 1984). Quatre stations de type SER-2 (Event Recorder, à trois composantes) ont montré l'irrégularité de l'activité sismique de ces

Date (GMT)	Heure	Lat. N Deg.	Long E Deg.	Magnitude ML	Axe P Az/Incl	Axe T Az/Incl	References
05.02.1968	02:28:49	46.60	5.80	3.5	134/07	314/83	N.Pavoni + E.Peterschmitt (1974)
21.06.1971	07:25:29	46.40	5.80	4.4	315/32	54/14	N.Pavoni + E.Peterschmitt (1974)
09.06.1974	00:18:09	45.98	6.35	3.6	276/00	6/00	J. Fréchet (1978)
08.01.1975	09:12:45	46.80	5.78	3.7	146/24	238/04	J. Dorel et al. (1983)
29.05.1975	00:32:39	46.04	6.02	4.2	106/06	199/23	J. Fréchet (1978)
27.07.1976	17:51:56	45.90	6.70	3.1	265/00	355/00	J. Fréchet (1978)
02.12.1980	05:58:14	45.83	6.28	4.3	258/13	167/07	F. Thouvenot (1981)
08.11.1982	13.02.33	46.15	6.27	3.8	320/13	49/00	U. Sambeth (1984)
16.11.1983	00:02:42	46.02	5.98	2.3	124/00	34/00	U. Sambeth (1984)
16.11.1983	00:27:58	46.03	5.96	2.6	124/00	34/00	U. Sambeth (1984)

Figure 14.–Séismes récents de la région genevoise (mécanismes au foyer), d'après SAMBETH (1984).

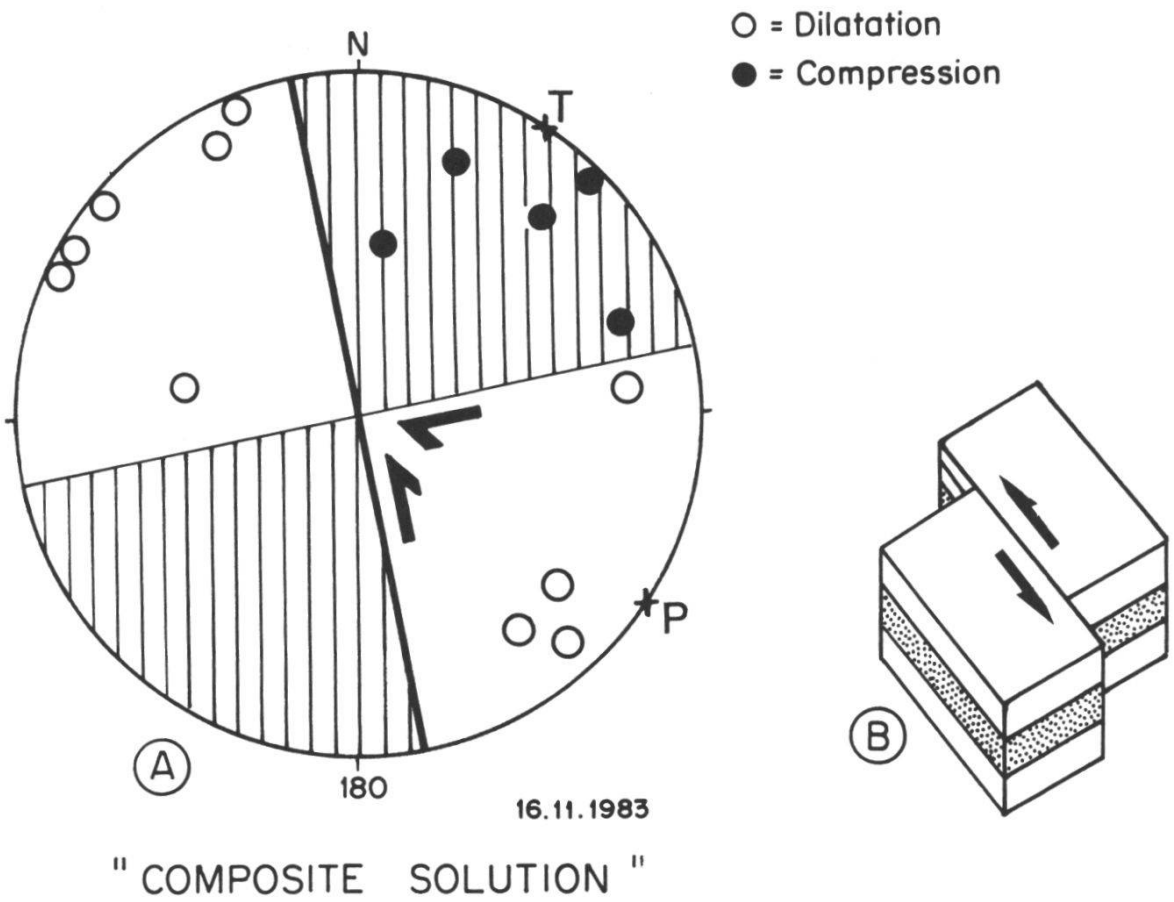

Figure 15.–Mécanisme au foyer du tremblement de terre du 16.11.1983. d'après SAMBETH (1984).

régions: 27 tremblements de terre locaux ont pu être enregistrés, leur magnitude ML variant de 1 à 2,6.

Deux séismes, survenus le 16.11.83, ont présenté des caractéristiques identiques. Grâce au programme «Hypoellipse» (Open File Report), leur origine a pu être située en profondeur à proximité du tracé probable de la faille du Vuache. Le mécanisme au foyer résultant d'une «Composite Solution» a été défini de manière précise (fig.15A), et il correspond à un mouvement latéral probablement sénestre de la faille du Vuache. Les foyers de ces deux tremblements de terre se situent entre 3 et 5 km de profondeur, soit au niveau du socle anté-triasique.

La direction de raccourcissement NW-SE donnée par la «Composite Solution» (fig.15B) correspond à celle qui ressort de l'étude microtectonique (chap. 3); en effet, la direction environ N 120E a été admise pour les derniers raccourcissements régionaux.

Les recherches sur la sismicité de la région (ROTHE 1941, PAVONI 1967, 1977, AMATO 1983), et surtout l'analyse des mécanismes au foyer des tremblements de terre (PAVONI et PETERSCHMITT 1974, FRECHET 1978, SAMBETH 1984, SAMBETH et PAVONI 1988) ont démontré que les mouvements tectoniques récents sont en continuation directe des mouvements de la phase compressive du Néogène supérieur.

L'activité sismique actuelle serait donc la conséquence du jeu de failles de socle dont le caractère décrochant résulterait de contraintes régionales de même orientation que celles qui se manifestaient déjà au Miocène supérieur.

6. CONCLUSIONS

L'analyse structurale de la partie septentrionale de la montagne du Vuache permet de mettre en évidence le caractère polyphasé de la faille du Vuache.

La chronologie des principaux mouvements a pu être établie à partir de l'analyse des stries, fentes de tension, diaclases orthogonales-parallèles, fractures de RIEDEL et plis en échelon.

Si la faille du Vuache se caractérise surtout par des mouvements verticaux au cours du Mésozoïque (chap. 2), elle a évolué au Cénozoïque en un escarpement à rejet normal, puis en une faille-pli à caractère chevauchant, et enfin en une zone de cisaillement latéral sénestre.

Quatre états de contraintes successifs, aussi reconnus régionalement, ont été identifiés au Vuache:

- raccourcissement méridien à l'Eocène (?);
- extension E-W à l'Oligocène;
- raccourcissement NE-SW au début du Miocène;
- raccourcissement NW-SE dès la fin du Miocène.

Malgré tous ces résultats nouveaux portant sur la connaissance de la cinématique de la faille du Vuache, bien des problèmes restent posés: amplitude des rejets verticaux et latéraux au cours des temps géologiques, prolongement du tracé de la faille au NW et au SE. Plusieurs études sont actuellement en cours; pour la région du Crédo, un travail récent apporte déjà de nombreux et nouveaux arguments de terrain grâce à une cartographie détaillée (GUYONNET 1987).

La prolongation de la faille du Vuache vers le SE est évidente jusqu'au lac

d'Annecy mais reste problématique au-delà. Pourtant, dans ce secteur, elle semble avoir marqué depuis longtemps les traits de la paléogéographie alpine. En effet, la dépression du lac d'Annecy dans laquelle s'enfile la faille du Vuache:

–représente la limite méridionale des grès à débris volcaniques de l'Eocène sommital et de l'Oligocène inférieur (Grès du Val d'Illiez, Grès de Taveyanne, Grès intermédiaires);

–sépare deux massifs subalpins dont l'ampleur des chevauchements semble très différente. Le massif subalpin des Bauges est séparé du domaine présubalpin (montagne du Semnoz, elle-même chevauchante) par un synclinal molassique. Le massif des Bornes, lui, chevauche directement le domaine subalpin (Montagne de Veyrier, Parmelan).

–voit les axes des structures subalpines septentrionales s'orienter NNE-SSW, alors que dans la partie centrale du massif des Bornes, elles ont des directions NE-SW; la dépression du lac d'Annecy apparaît donc comme un bord de virgation.

De nombreuses questions restent encore sans réponses. Celles-ci ne pourront être élucidées qu'avec la mise en route de nouvelles études de surface à caractère régional, et surtout grâce à l'apport des données de subsurface (profils sismiques, forages).

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié des critiques nombreuses et très constructives de Messieurs les Professeurs M. DURAND-DELGA, P. TRICART, P. VIALON et W. WILDI; qu'ils soient ici vivement remerciés pour le temps qu'ils nous ont consacré. Notre reconnaissance va également à E.O.S. (Electricité Ouest Suisse) qui a contribué financièrement à l'étude de la sismicité actuelle. Enfin, cette étude a été en partie subventionnée matériellement par le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique (Subside: 2.405.0.87).

BIBLIOGRAPHIE

AMATO E., 1983. Etude de la séismicité historique de la faille du Vuache (Haute-Savoie, France). *Diplôme (1ère partie) Univ. Genève (inédit).*

AMATO E., 1985. Etude de la fracturation de la partie méridionale du mont Vuache (Haute-Savoie, France). *Diplôme (2ème partie) Univ. Genève (inédit).*

AMBERGER G. et RUCHAT C., 1977. Etude de la fracturation tectonique active dans le canton de Genève et ses environs. *Rapport du Service Cantonal de Géologie, Genève,* 36 p.

ARIKAN Y., 1964. Etude géologique de la chaîne Grand Credo - Vuache (Ain, Haute-Savoie). *Thèse Univ. Genève,* 74 p.

ARTHAUDF. et MATTE P, 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.

BERGERAT F., 1985. Déformations cassantes et champs de contraintes tertiaires dans la Plate-forme européenne. *Thèse de Doctorat d'Etat Univ. Pierre et Marie Curie Paris VII*, 330 p.

BIENFAIT P., 1981. Géologie appliquée aux tunnels autoroutiers de la Cluse de Nantua. *Thèse 3ème cycle Univ. Lyon I*, 127 p.

BLONDEL T., 1984. Etude tectonique de la partie septentrionale de la montagne du Vuache (Haute-Savoie, France). *Diplôme (2ème partie) Univ. Genève*, 115 p. *(inédit).*

CHAROLLAIS J., 1962. Recherches stratigraphiques dans l'Est du Massif des Bornes (Haute-Savoie). *Thèse Univ. Genève, Archives des Sciences, 15, 4 et dernier*: 631-732.

CHAROLLAIS J., BUSNARDO R., CARDIN M., CLAVEL B., DECROUEZ D., DELAMETTE M., GORIN G., LEPILLER M., MONDAIN P., ROSSET J., VILLARS F., 1988. Notice explicative de la feuille Annecy-Bonneville au 1:50.000. *B.R.G.M., Orléans.*

CHAROLLAIS J., CLAVEL B., AMATO E., ESCHER A., BUSNARDO R., STEINHAUSER N., MACSOTAY O., DONZE P., 1983. Etude préliminaire de la faille du Vuache (Jura méridional). *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., 76.3*: 217-256.

CHAUVE P., ENAY R., FLUCK P., SITTLER C., 1980. Vosges-Fossé Rhénan-Bresse-Jura. *Ann. Sc. Univ. Besançon- Géologie 4ème série, 1*, 114 p.

CLIN M., 1966. Interprétation cinématique en chaîne plissée sous faible couverture: le Jura méridional. *In*: *Etages tectoniques - Coll. Neuchâtel*: 315-332.

COPSON R., 1984. Etude géologique du massif du Roc-à-l'Aigle près Chézery (Valserine, Ain, France). *Diplôme Univ. Genève (inédit).*

DETRAZ H., CHAROLLAIS J., REMANE J., 1987. Le Jurassique supérieur-Valanginien des Chaînes subalpines septentrionales (Massifs des Bornes et de Platé, Haute-Savoie; Alpes occidentales): analyse des resédimentations, architecture du bassin et influences des bordures. *Eclogae Geol. Helv., 80, 1*: 69-108.

DOREL J., FRECHET J., GAGNEPAIN-BEYNEIX J., HAESSLER H., LACHAIZE M., MADARIAGAQ R., MODIANO T., PASCAL G., PERRIER G., PHILIP H., ROULAND D., WITTLINGER G.-G., 1983. Focal mechanism in metropolitan France and the lesser Antilles. *French Focal Mechanism Working Group, Annales Geophysicae, 1, 4-5*: 299-306.

FRECHET J., 1978. Sismicité du Sud-Est de la France et nouvelle méthode de zonage sismique. *Thèse 3ème cycle Univ. Sc. et Méd. Grenoble*, 159 p.

GLANGEAUD L., 1948. Les nouvelles théories sur la formation du Jura. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs, 52*: 5-16.

GUYONNET D., 1987. Analyse tectonique de la montagne du Grand-Crédo (Ain, France). *Diplôme (2ème partie) Université de Genève*, 85 p., *(inédit).*

HANCOCK H., 1985. Brittle microtectonics: principles and practice. *Journal of Structural Geology, 7, 3/4*: 437-457.

JOUKOWSKY E. et FAVRE J., 1913. Monographie géologique et paléontologique du Salève. *Mém. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève, 37, 4*: 295-523.

KILIAN W., 1911. Contribution à l'histoire de la vallée du Rhône à l'époque Pléistocène. Le Défilé de Fort-de-l'Ecluse (Ain). *Sonderabdruck aus «Zeitschrift für Gletscherkunde", VI*: 31-67.

LAUBSCHER H.-P., 1979. Elements of Jura Kinematics and Dynamics. *Eclogae Geol. Helv., 72/2*: 467-483.

LETOUZEY J. et TREMOLIERES P., 1980. Paleo-stress fields around the Mediterranean since the Mesozoic derived from microtectonics: comparisons with plate tectonic data. *Mém. B.R.G.M., 115*: 261-273.

MATTAUER M., 1973. Le rôle des décrochements tardi-hercyniens dans l'évolution sédimentaire et tectonique de la couverture sédimentaire du socle hercynien. *Réunion Ann. Sci. Terre Paris*, 291 p..

MATTAUER M., 1980. Les déformations des matériaux de l'écorce terrestre, *Coll. Méthodes Paris*, 212-301.

MENARD G., 1979. Relations entre structures profondes et structures superficielles dans le Sud-Est de la France. Essai d'utilisation de données géophysiques. *Thèse 3ème cycle Univ. Sc. et Méd. Grenoble*, 178 p.

PAIRIS B., 1975. Contribution à l'étude stratigraphique, tectonique et métamorphique du massif de Platé (Haute-Savoie). *Thèse 3ème cycle Univ. Sc. et Méd. Grenoble*, 151 p.

PAREJAS E., 1938. Essai sur la géographie ancienne de la région de Genève. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istambul, III, 2*, 50 p.

PAVONI N., 1961. Faltung durch Horizontalverschiebung. *Eclogae Geol. Helv., 54/2*: 515-534.

PAVONI N., 1967. Kriterien zur Beurteilung der Rolle des Sockels bei der Faltung des Faltenjura. *In*: SCHAER, J.-P., éd.: Etages tectoniques, A la Baconnière, Neuchâtel. 307-314.

PAVONI N., 1975. Zur Seismotektonik des Westalpendogens. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Fachblatt, III/IV*: 185-187.

PAVONI N., 1977. Erdbeden im Gebiet der Schweiz. *Eclogae Geol. Helv., 70/2*: 351-370.

PAVONI N. , 1980. Crustal stresses inferred from fault-plane solutions of earthquakes and neotectonic deformation in Switzerland. *Rock Mech., Suppl.9*: 63-68.

PAVONI N. et PETERSCHMITT E., 1974. Das Erdbeden von Jeurre vom 21 Juni 1971 und seine Beziehung zur Tektonik des Faltenjura. *In*: *Approches to Taphrogenesis, Schweizerbart Verlag Stuttgart*: 322-329.

RIEDEL W., 1929. Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. *Centralb. f. Mineral. Geol. Pal.*: 354-368.

ROTHE J.-P., 1941. La séismicité des Alpes occidentales. *Ann. Phys. Globe Strasbourg, Géophys., 3/3*: 26-100.

SAMBETH U., 1984. Seismotektonische Untersuchungen im Gebiet des Genfer Beckens. *Diplomarbeit, I.G.A.N.-E.T.H. Zürich*, 116 p.

SAMBETH U. et PAVONI N., 1988. A seismotectonic investigation in the Geneva Basin, Southern Jura Mountains. *Eclogae Geol. Helv., 81/2:* 433-440.

SAVOSTIN L.-A., SIBUET J.-C., ZONENSHAIN L.-P., LE PICHON X., ROULET M.-J., 1986. Kinematic evolution of Tethys belt from the Atlantic ocean to Pamir since Triassic. *Tectonophysics, 123*: 1-35.

SCHARDT H., 1891. Etudes géologiques sur l'extrémité méridionale de la première chaîne du Jura (Chaîne du Reculet-Vuache). *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., XXVII*: 69-158.

SCOLARI G., 1956. Nouvelles observations et hypothèses sur la tectonique du Mont Vuache. *Arch. Sci. Suisse, 9.1*: 53-72.

THOUVENOT F., 1981. Modélisation bidimensionnelle de la croûte terrestre en vitesse et atténuation des ondes sismiques. Implications géodynamiques pour les Alpes occidentales. *Thèse 3ème cycle Univ. Sci. et Méd. Grenoble, IRIGM*, 221 p.

TRICART P., BLONDEL T. et BOUAZIZ S., 1986. Quelques exemples de diaclases précoces en domaine de plate-forme (Tunisie): leur utilité pour dépister une extension synsédimentaire ou une inversion structurale. *C. R. Acad. Sc. Paris, 303, série II, 10*: 975-980.

VIALON P., RUHLAND M., GROLIER J., 1976. Eléments de tectonique analytique, *Ed. Masson, Paris*, 118 p.

WEIDMANN M., 1984. Le Sidérolithique et la Molasse basale d'Orbe (VD) *Bull. Soc. Vaud. Sc. nat., 77*: 135-141.

ZIEGLER P.-A., 1982. Geological Atlas of Western and Central Europe. *Shell International Petroleum Maatschappij B. V.*, 107 p.

Manuscrit reçu le 5 mai 1988