Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 31 (1978)

Heft: 2

Artikel: Effets d'une tectonique tournante sur un réseau de failles Laramien : une autre hypothèse sur la formation du Jura

Autor: Krummenacher, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739416

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

EFFETS D'UNE TECTONIQUE TOURNANTE SUR UN RÉSEAU DE FAILLES LARAMIEN: UNE AUTRE HYPOTHÈSE SUR LA FORMATION DU JURA

PAR

Robert KRUMMENACHER

Département de Géologie et Paléontologie
Université de Genève

RÉSUMÉ

Les connaissances acquises jusqu'à présent sur la stratigraphie et les plissements du Jura sont revues très brièvement. La formation de cette chaîne de montagnes par l'intermédiaire de poussées alpines transmises par la couverture sédimentaire ne peut être envisagée. Seule la fracturation du socle en est responsable.

Le fait qu'il n'y a pas d'autres plissements de type Jura sur le pourtour des Alpes occidentales est expliqué par la dérive, au Crétacé supérieur, d'une partie du craton dans laquelle se sont formés les fossés de la Bresse et du Rhin ainsi qu'une zone de compression les reliant. La compression du socle vers le N au début du Tertiaire provoqua une capture de celui-ci contre cette zone de compression. Un réseau de failles et de plis d'âge approximativement laramien s'est mis en place puis s'est progressivement déformé au cours du Tertiaire.

Les forces de compression à travers le socle, responsables de la formation de la chaîne, reflètent enfin les rotations alpines de la Méditerranée.

ABSTRACT

Actual knowledge on the stratigraphy and tectonics of the Jura Mountains are briefly reviewed. The hypothesis of the Jura being formed with the help of compressive forces of an alpine origin, and transmitted through the sedimentary layers of the Swiss Plateau is rejected. Instead, a model is proposed, taking into account the fracturation of the underlaying basement only.

The fact that there is not any other foldings of the Jura type along the Northern rim of the Western Alps can be explained. During Upper Cretaceous times, a regional drift of the Earth's crust towards NE generated the Rhine and Bresse Grabens as well as a compression zone linking both features. Due to the first Alpine movements during early Tertiary times, part of the basement driven to the N was caught against this compression zone. A fault and fold pattern was formed and progressively developed during the Tertiary.

In turn, the compression forces responsable for the building of the Jura structures reflect the Tertiary Alpine rotations of the Mediterranean area.

I. INTRODUCTION

La géologie jurassienne a été l'objet de nombreux travaux de synthèse. En 1919, l'ouvrage de HEIM [16] assemble toutes les connaissances acquises sur la chaîne, de même que celui publié quelques années plus tard par DE MARGERIE [28]. De son côté, GLANGEAUD [14] analyse les caractères structuraux du Jura, en définissant cinq zones de style tectonique caractéristique. Il est l'un des premiers à souligner l'importance des décrochements d'orientation méridienne. WEGMANN [35] a relevé l'origine probablement profonde des plissements et propose une participation importante du socle cristallin. AUBERT [2] [3], de son côté, a décrit les grands charriages du Jura vaudois et défini plus précisément le faisceau helvétique chevauchant son avant-pays tectonique déjà replissé [4]. De plus, sa découverte de petits grabens déformés et perpendiculaires à la chaîne, dans la région de Vallorbe, a permis de définir une nouvelle chronologie des déformations [3] [18]. Cet auteur a également décrit l'évolution morphologique de la chaîne et précisé son type d'érosion [5]. De son côté, LAUBSCHER [19] a présenté un modèle tectonique très élaboré et introduit systématiquement la notion de rotations de blocs plissés par resserrement latéral de l'un de leurs côtés. Cet auteur a démontré la présence d'une grande zone de failles orientée E-W et liant les fossés de la Bresse et du Rhin [20]. Récemment [21] [22], il a décrit l'existence de chevauchements replissés de nature épidermique.

Mais deux questions concernant la mise en place du Jura ne semblent pas encore avoir trouvé de réponses satisfaisantes. Ce sont les suivantes: comment la couverture sédimentaire du Plateau suisse a-t-elle pu transmettre la poussée des Alpes sans se plisser ni se fracturer elle-même ? Et pourquoi n'existe-t-il pas d'autres Juras sur le pourtour de la chaîne alpine ? C'est à ces questions que nous nous efforcerons de répondre brièvement ici.

II. APERÇU STRATIGRAPHIQUE

En dessous d'un Trias connu seulement dans son ensemble et par interpolation, le Permo-Carbonifère a été retrouvé en quelques endroits, dans le sondage d'Humilly 2 en Haute-Savoie, ou dans la Bresse [31]. Son épaisseur totale n'est pas connue mais on peut admettre que quelques centaines de mètres sont à ajouter généralement aux sections stratigraphiques existantes.

Les cartes isopachiques d'ensemble publiées par WINNOCK [36], bien que sommaires, montrent clairement la présence, au Trias, d'une dépression dans le Jura central, dans les régions du Jura vaudois et franc-comtois, où les évaporites dominent l'ensemble des formations. Ces évaporites ne sont d'ailleurs pas typiquement jurassiennes et se retrouvent dans tout le domaine triasique environnant de faciès germanique.

A leur tour, les formations jurassiques sont un peu plus épaisses dans les mêmes régions. Elles appartiennent cependant toutes au domaine de sédimentation de plateforme. Ces formations calcaires et marneuses sont présentes au Crétacé inférieur [15]. L'épaisseur de ces derniers sédiments diminue sensiblement vers le NW.

Les affleurements du Crétacé moyen sont très dispersés et les reconstitutions paléogéographiques de cet étage sont incomplètes. Il est connu particulièrement aux environs de Bellegarde où il est très fossilifère. Les affleurements du Crétacé supérieur sont également rares dans le Jura. COLLET [10] décrit une formation de cet âge dans la région de La Rivière (Département de l'Ain). En revanche, cet étage est bien développé dans la Bresse et sur le détroit morvano-vosgien.

Le Tertiaire inférieur désigné sous le nom de « Sidérolithique » n'est représenté que par des formations très limitées en étendue et en épaisseur. Ce sont généralement des grès continentaux et des argiles rouges de décalcification. Elles sont visibles dans l'Ajoie [26] et également sur l'anticlinal isolé du Salève, près de Genève, qui peut se rattacher à l'ensemble jurassien. Les quelques affleurements connus de « Sidérolithique » ou d'« Eocène » sont discordants sur les calcaires du Crétacé inférieur, généralement du Barrémien. Ils soulignent une période d'érosion importante s'étendant de la fin du Crétacé jusqu'à l'Oligocène au cours de laquelle les calcaires crétacés sont fortement entamés. Cette surface d'érosion s'est même établie sur des formations du Malm dans la partie NE de la chaîne. Notons, d'autre part, qu'un Eocène relativement épais se dépose dans le centre de la dépression de la Bresse.

Des sédiments oligocènes d'origine saumâtre ou d'eau douce sont retrouvés dans quelques synclinaux du faisceau helvétique. Au NE, les formations étudiées sont le calcaire de Daubrée et les gompholites [26] retrouvées également dans le Jura vaudois.

L'invasion marine du Miocène inférieur, sur le Plateau suisse, n'a été retrouvée avec certitude, dans l'intérieur de la chaîne, qu'au SW, dans le synclinal de la Pesse [18]. Miocène et Pliocène sont bien développés dans les fossés du Rhin et de la Bresse [26] [31] [32].

Au Tertiaire supérieur, deux périodes de plissement se situent l'une au Pliocène inférieur, l'autre au Pliocène supérieur. Une période importante d'érosion s'intercale entre deux pendant laquelle, selon GLANGEAUD [14], une surface d'abrasion caractéristique se forme, celle retrouvée actuellement entre les altitudes de 900 à 1200 m. Il n'est pas possible de dater directement ces deux périodes tectoniques, mais d'importants charriages dans la région de Lons-le-Saulnier [31] ont permis de rattacher la première au Pontien.

En résumé, les évaporites du Trias se sont déposées dans le domaine jurassien aussi bien que dans les régions voisines. Les séries sédimentaires du Jurassique et du Crétacé sont en majorité des calcaires et des marnes. Ces formations sont plus épaisses au centre du Jura que sur son pourtour. Elles appartiennent cependant toutes au domaine de sédimentation de la plateforme continentale. Du Crétacé

supérieur au Miocène, le Jura est exondé. Un bref épisode marin se marque sur le pourtour de la chaîne au Miocène inférieur. L'épaisseur totale reconstituée des sédiments avant leur plissement au Pliocène est d'environ 3000 m au centre de la chaîne, et de 700 à 800 m sur son pourtour. Ce bassin sédimentaire s'est donc développé dans une région stable de l'écorce terrestre où les mouvements de subsidence sont restés modestes.

III. TECTONIQUE

Le Jura est, en Europe, un domaine classique pour l'étude des plissements et peu de régions ont été cartographiées avec autant de soin. L'impossibilité de pouvoir prolonger en profondeur, en dessous d'un certain niveau, la courbure des plis observés en surface a conduit, tout d'abord, les géologues à considérer un niveau de décollement général situé près des évaporites du Trias, au-dessous duquel le socle cristallin serait resté plane. Cette hypothèse, défendue notamment par BUXTORF, fut longtemps considérée comme représentant la réalité. Cependant, l'examen plus détaillé de certaines régions a montré l'existence de zones de « pincées » [14], de faisceaux de plis intensément comprimés et voisinant des régions pratiquement tabulaires. Cette disposition a semblé indiquer la présence de blocs rigides profonds jouant entre eux plutôt qu'un niveau de décollement général. D'utiles comparaisons avec d'autres régions, notamment avec les structures du pied des Montagnes Rocheuses canadiennes [25], ont contribué à étayer cette hypothèse. C'est celle qu'ont défendue GLANGEAUD [14], WEGMANN [35], LOMBARD [27], LAUBSCHER [19].

Cette hypothèse ne supprime pas la possibilité de charriages superficiels, surtout si l'on admet que ces derniers se sont avancés au cours de temps de déformation successifs [21]. En fait, seule une fracturation du socle peut justifier la mise en place du Jura. On voit mal, en effet, comment la couverture sédimentaire du Plateau Suisse ait pu transmettre la poussée alpine sans se plisser ou se fracturer elle-même. C'est une impossibilité physique.

Retenons donc le principe que le Jura s'est fracturé sur lui-même. C'est un système clos, au sens que lui attribue LAUBSCHER [19]. C'est de plus un système isostasiquement stable comme le montre la carte des anomalies de Bouguer au 1/10.000.000 [7].

Au Crétacé supérieur et à l'Oligocène, deux temps principaux de tension et d'effondrement ont été reconnus dans les fossés de la Bresse et du Rhin. Pour l'ensemble du Jura, une première phase de plissement d'ampleur inconnue se situe à la base du Tertiaire. Une autre phase de plissement se produit à l'Oligocène dans les Juras vaudois et bernois. Puis viennent les deux temps de déformation les plus marqués, ceux du Pliocène. Enfin, des mouvements plus récents ont provoqué des décoiffements de structures dans le Jura interne, mouvements suivis d'un réajustement isostasique général.

IV. MODÈLE PROPOSÉ

Pour répondre aux questions énoncées au début de cet article, nous proposons un modèle de mise en place du Jura s'appuyant sur les connaissances actuelles et développé en quatre points.

Ce sont:

1) Le Jura n'a pû se plisser sur lui-même qu'à partir d'un réseau préexistant de fractures du socle. Il est logique de situer cette première époque de fracturation à la base du Tertiaire. Ces mouvements tectoniques sont donc vraisemblablement d'âge laramien.

   La répartition spaciale de ce premier réseau de fractures n'est pas connue. On peut cependant admettre que les limites géométriques définissant les structures actuelles se sont formées à cette époque. Ce premier tassement du socle ne s'est probablement marqué en surface que par des flexures à grand rayon de courbure. A cette époque, l'ensemble du Jura est émergé. Ces mouvements laramiens font naturellement suite à la période de tension générale du Crétacé supérieur au cours de laquelle les effondrements de la Bresse et du Rhin ont été amorcés.

2) La formation du Jura dépend étroitement de la présence des fossés de la Bresse et du Rhin. La zone de compression les reliant [20] doit s'être formée le long d'un accident majeur, hercynien ou plus ancien, dans le Massif arvernovosgien [29]. Au NW de cet accident, l'allure du socle est tout à fait différente [12]. Les décrochements méridiens et sub-méridiens du Jura sont également l'expression en surface de la fracturation du socle.

3) Les plis du Jura se sont mis en place à partir du même réseau de fractures tertiaire inférieur. Plis et fractures se sont développés au cours du Tertiaire dans une aire de « capture » grossièrement triangulaire et située contre la zone de compression définie au point 2.

4) Au cours du Tertiaire, les poussées en provenance de l'arc alpin se sont produites uniquement par l'intermédiaire du socle hercynien européen.

V. DÉROULEMENT DES PHASES TECTONIQUES

Les figures 1 à 3 illustrent l'enchaînement de ces phases. Sur chacune d'entre elles est figuré un état de compression ainsi que la direction supposée de la poussée. Il va de soi que ces efforts tectoniques ne concernent que les 30 ou 40 premiers kilomètres de l'écorce terrestre. Que cette compression ait été produite par un cou-

rant plus profond de subduction est une autre question. Les derniers travaux d'AMSTUTZ [1] prévoient l'action d'un courant de cette nature sous le Jura. Nous suggérons ici que dans le domaine essentiellement cratonique du Jura, ce serait plutôt l'arrêt temporaire de ces courants qui provoquerait le tassement compressif du socle sur lui-même. C'est le sens qu'il faut donner aux compressions en provenance de l'arc alpin et mentionnées sur les figures 1-3.

Sous un état de tension à grande échelle, le socle hercynien se fracture [17] [32] au Crétacé supérieur. Cette tension d'orientation SW-NE et dirigée vers le NE (phase I, fig. 1) provoque la formation d'une suite de fossés « en échelon », soit à petite échelle (région de Saint-Germain-de-Joux, Vallorbe), soit à l'échelle de la chaîne (Bresse, Rhin). Des failles régionales de compression obliques et d'orientation rhénane se forment dans l'E de la chaîne. Puis une première poussée alpine, dirigée approximativement vers le N, provoque la fracturation de la portion de socle « capturé » derrière la zone faillée de compression (phase II, fig. 1).

Cette compression est plus intense au S du fossé du Rhin où les calcaires mésozoïques seront plus profondément érodés au Tertiaire inférieur. A l'E du domaine du Jura, le socle n'est pas « capturé » et se déplace vers le N comme l'attestent les mouvements lévogyres de la bordure E du fossé du Rhin.

A l'Oligocène, une autre poussée, également dirigée vers le N comme la phase II, se produit [31]. Des flexures se forment, entre autres, dans le Jura bernois externe, les failles rhénanes se marquent davantage. Une phase importante d'effondrement a lieu dans le fossé du Rhin et ceux de la Méditerranée occidentale [23].

Au Pliocène inférieur, le socle est comprimé du SE vers le NW (phase III, fig. 2). Cette phase de plissements concerne la totalité de la chaîne et est particulièrement intense sur le pourtour externe du Jura et dans la zone des « plis de couverture » des plateaux de GLANGEAUD [14]. Cette phase tectonique est moins ressentie dans le faisceau helvétique où peu de témoins importants de surfaces s'y rapportant ont été retrouvés.

Le bord E du fossé de la Bresse se fracture obliquement, les faisceaux comtois et ultracomtois se mettent en place. Au NE, certaines failles dextrogyres d'orientation rhénane, formées au Tertiaire inférieur, peuvent rejouer dans un sens lévogyre.

La deuxième phase tectonique du Pliocène supérieur concerne presque exclusivement le faisceau helvétique (phase IV, fig. 3). L'étude des structures en contact avec les décrochements de Vallorbe et du Grand-Crédo — Vuache [3] [18], montre que cette poussée s'est produite obliquement par rapport à la précédente.

Ces diverses zones tectoniques ne sont probablement pas formées régulièrement les unes derrière les autres. Il est cependant certain que le faisceau helvétique a été le dernier à se mettre en place [18].

D'autre part, le modèle présenté ici et prévoyant l'action tournante vers le NW des poussées tectoniques successives rend compte de l'existence des faisceaux de plis et de failles observés sur toute l'étendue du Jura [14] [19]. Sur les figures, 1, 2,

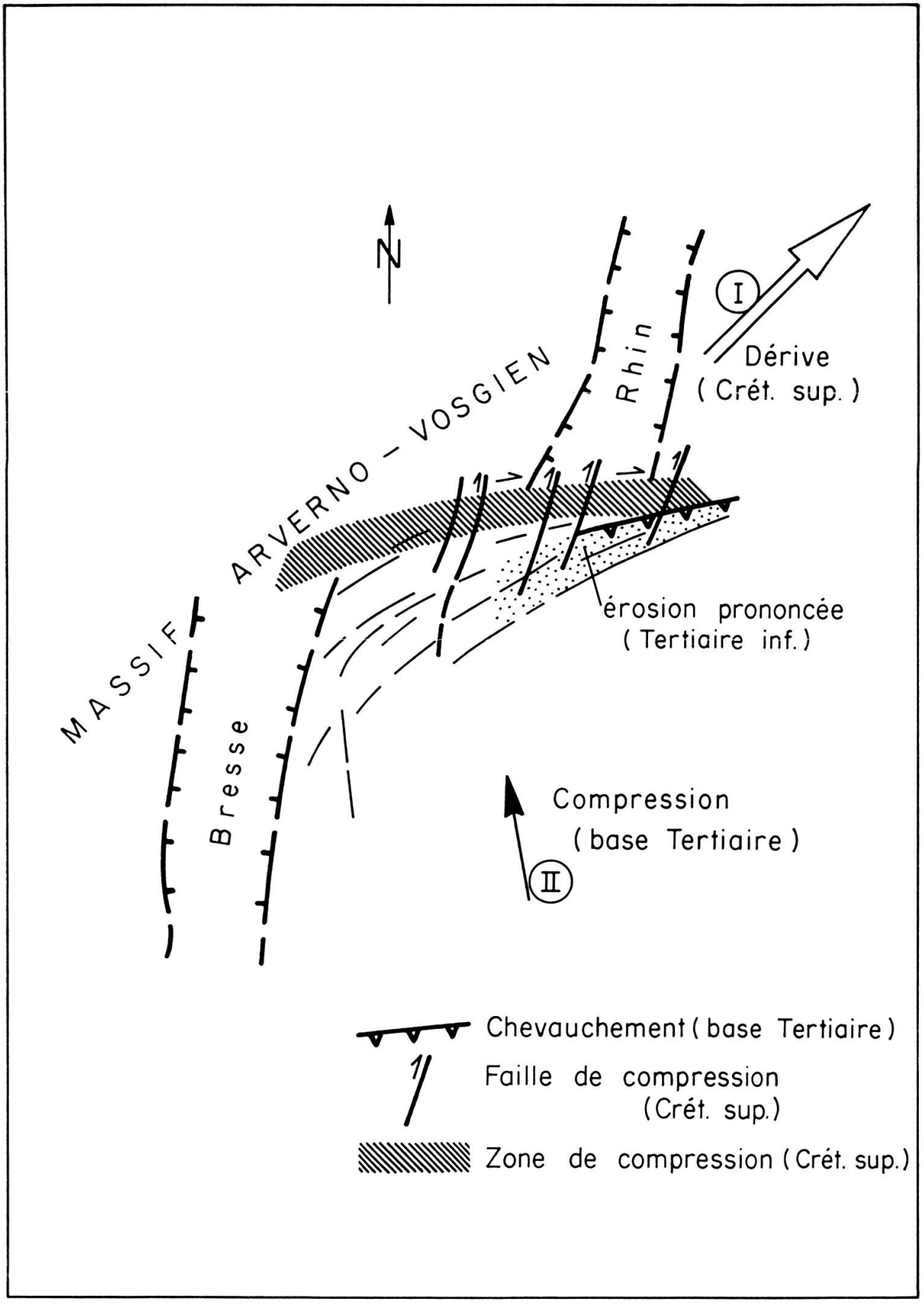

Fig. 1. Phases tectoniques I et II.

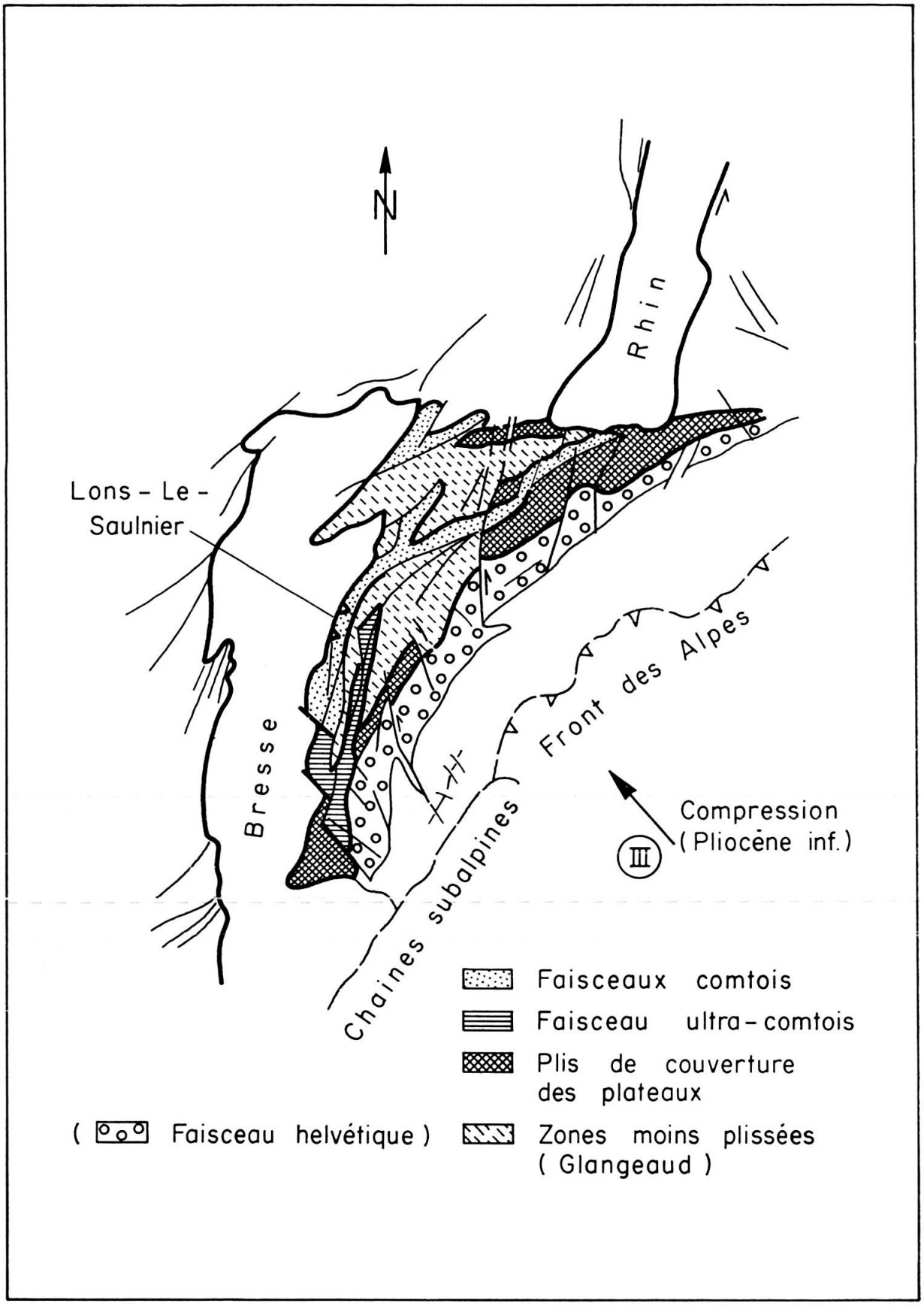

Fig. 2. Phase tectonique III.

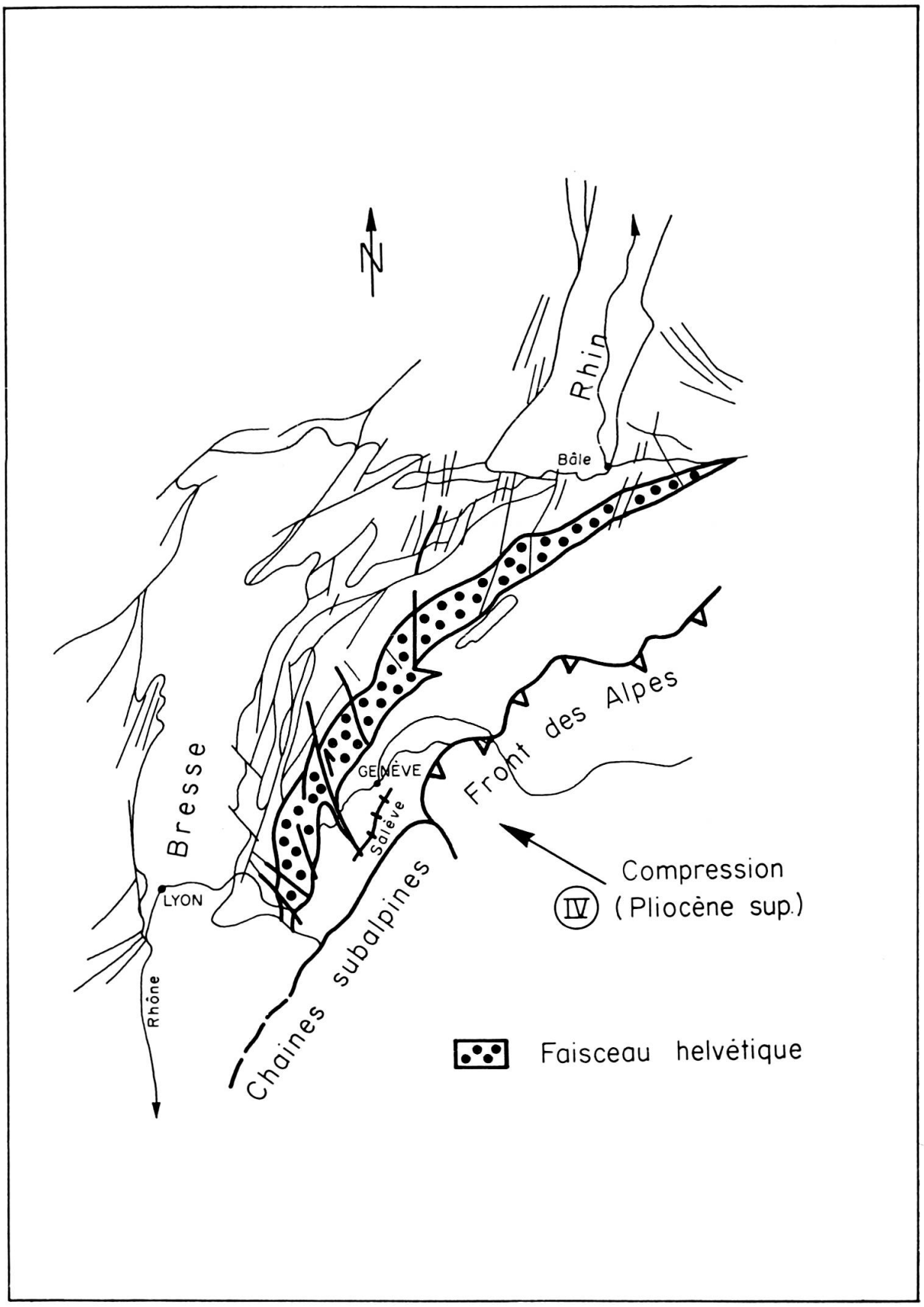

Fig. 3. Phase tectonique IV.

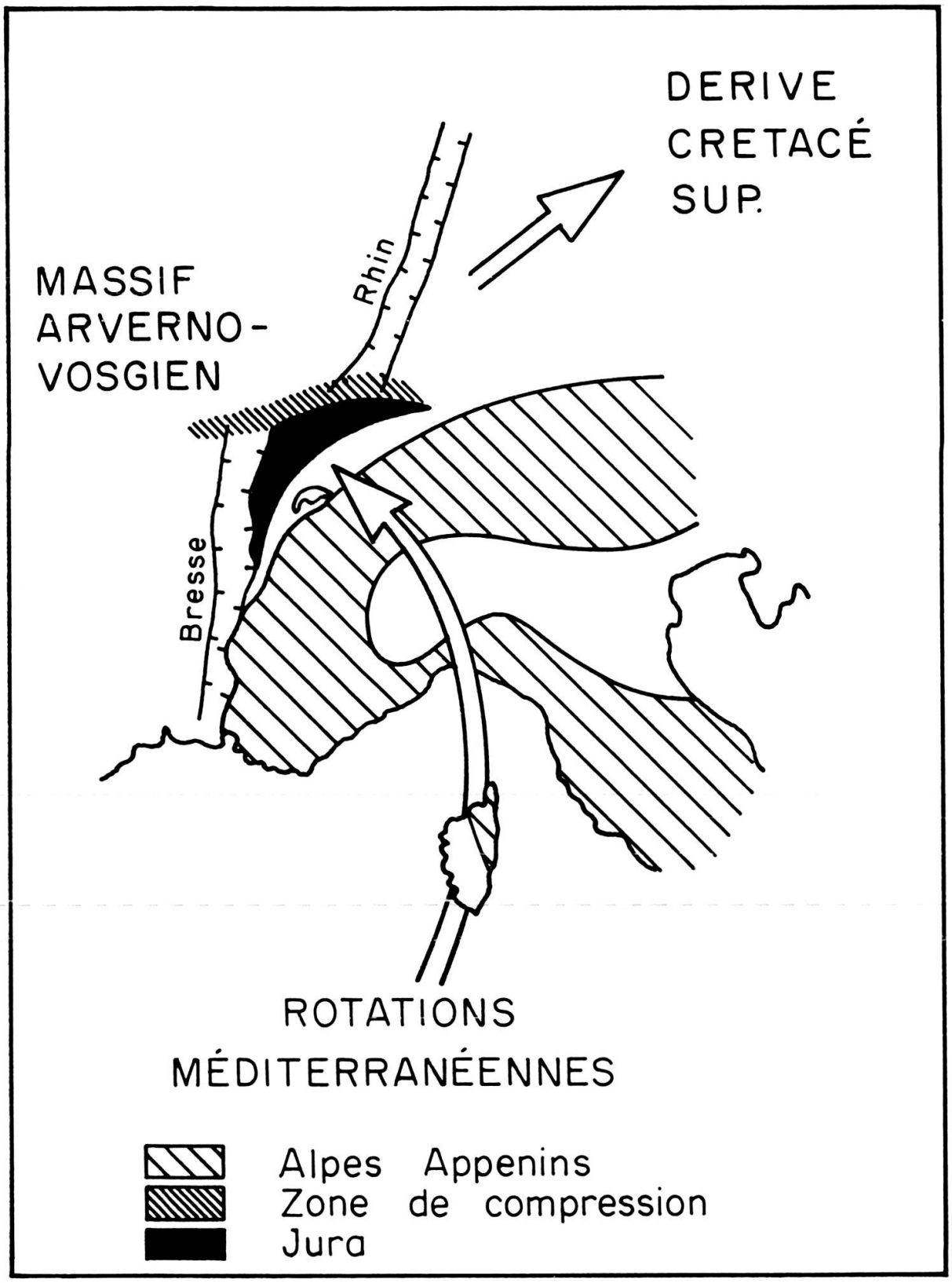

Fig. 4. Interprétation générale.

3, les décrochements principaux ont été esquissés et il va de soi que de nombreux travaux de détails sont encore à entreprendre pour en préciser les mouvements relatifs.

VI. INTERPRÉTATION GÉNÉRALE

Si l'on tente de placer cette succession de phases tectoniques dans un cadre plus large, on doit admettre tout d'abord l'existence d'un mouvement de dérive de la fraction sud du massif arverno-vosgien vers le NE à la fin du Crétacé. Des fractures dont l'origine peut être attribuée à cette dérive ont été reconnues en Provence [11], dans les Pyrénées [9], s'intégrant dans le cadre structural plus général donné pour cet épisode par ILLIES [17].

Le resserrement de l'arc alpin dès le Paléocène provoque la fracturation du socle jurassien, fracturation qui s'accentue ensuite par une suite de poussées tectoniques d'orientation progressivement tournante et dirigée de plus en plus vers le NW. Cette rotation doit être mise en relation avec la formation des Alpes. et derrière elles, la rotation dans le même sens de la péninsule italienne [33] [34] [6] [23], (fig. 4) Ces mouvements conjugués définissent une aire centrale autour de laquelle les régions alpines se sont déformées. Au NW, cette aire est tectoniquement limitée par les fossés de la Bresse et du Rhin ainsi que le bord externe du Jura.

BIBLIOGRAPHIE

[1] AMSTUTZ, A. (1971). Formation des Alpes dans les segments Ossola-Tessin. *Eclogae geol. Helv. 64*, 149-150.

[2] AUBERT, D. (1945). Le Jura et la tectonique d'écoulement. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat. 8*, 1-20.

[3] —— (1953). La tectonique du Mont d'Or (Jura vaudois) et le décrochement de Vallorbe-Pontarlier. *Eclogae geol. Helv. 46*, 175-186.

[4] —— (1971). Le Risoux, un charriage jurassique de grandes dimensions. *Eclogae geol. Helv. 64*, 151-156.

[5] —— (1975). Evolution du relief jurassien. *Eclogae geol. Helv.*, *68*/1, 1-64, Basel.

[6] BOCCALETTI, M. e G. GUAZZONE (1972). Gli Archi appenninci, il mar ligure ed il terreno nel quadro della tettonica dei bacini marginali retro-arco. *Mem. Soc. Ital. 11*, 201-216.

[7] BUREAU GRAVIMÉTRIQUE INTERNATIONAL (1967). Anomalies de Bouguer, Europe-Afrique. Assoc. intern. de géodésie, carte, échelle: 1/10.000.000.

[8] CHAMPIER, L. (1953). Fossé bressan et bas-dauphinois. *Rev. géogr.* Lyon *28*, 101-112.

[9] CHOUKROUNE et al. (1973). Bay of Biscay and Pyrenees. Earth and Plan. Sc. Letters, *18*, 109-118, *North Holland Publ. Cpy.*

[10] COLLET, L. W. et E. PAREJAS (1925). Sur la présence du Crétacé supérieur à La Rivière près de Chezery. *C. R. SPHN*, Genève *42*, 148-151.

[11] CORNET, C. (1970). Sur les bandes triasiques provençales et les grabens qui leur sont liés. Leur parenté avec les grands rifts oligocènes. *Rev. Geogr. phys. Geol. dyn.* (2), *12*, 35-40.

[12] DENIZOT, G., F. HERITIER et J. VILLEMIN et al. (1971). La tectonique du Bassin de Paris. *Bull. Bureau Recherches géol. & minières*, Sect. 1, *2-3*, 1-207.

[13] DUPLAIX, S. et S. GUILLAUME (1962). Etude stratigraphique et minéralogique de formations tertiaires du Jura. *Rev. Geogr. phys. Geol. dyn.* (2), *5*, 37-54.

[14] GLANGEAUD, L. (1949). Les caractères structuraux du Jura. *Bull. Soc. geol.* France (5), *19*, 669-688.

[15] GUILLAUME, S. (1966). Le Crétacé du Jura français, *Fac. Sc. Univ.* Paris, Thèse N° 5515, Série A, N° 4668.

[16] HEIM, A. (1919). Geologie der Schweiz, Band I: Molasse land und Juragebirge. H. Tauchnitz, Leipzig.

[17] ILLIES, J. H. (1969). An international Belt of the World Rift system. Tectonophysics *8*, 5-29.

[18] KRUMMENACHER, R. (1970). Géologie du bassin de la Valserine. Thèse Univ. Genève N° 1544.

[19] LAUBSCHER, H. P. (1965). Ein kinematisches Modell der Jurafaltung. *Eclogae geol. Helv. 58*, 231-318.

[20] —— (1971). Das Problem von Rheintalflexur und Tafeljura. *Eclogae geol. Helv. 64*, 157-162.

[21] —— (1974). Basement Uplift and Decollement in the Molasse Basin. *Eclogae geol. Helv. 67*/3, 531-537, Basel.

[22] —— (1977). An intriguing example of a folded thrust in the Jura. *Eclogae geol. Helv., 70*/1, 97-104, Basel.

[23] LE PICHON, X. et al. (1971). La Méditerranée occidentale depuis l'Oligocène, schéma d'évolution. *Earth and Plan. Sc. Letters 13*, 145-152.

[24] LE PICHON, X. and J.-C. SIBUET (1972). Western extension of boundary between European and Iberian Plates during the Pyrenean Orogeny. Earth and Plan. Sc. Letters *12*, 83-88, *North Holland Publ. Cpy.*

[25] LINK, T.A. (1949). Interpretations of foothills structures, Alberta, Canada. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 9*, 1475-1501.

[26] LINIGER, H. (1967). Pliozan und Tectonik des Juragebirges. *Eclogae geol. Helv. 60*, 407-490.

[27] LOMBARD, Aug. (1965). C. R. de l'excursion A de la Société géologique suisse dans le Jura méridional, 27-29 septembre 1965. *Eclogae geol. Helv. 58*, 1019-1033.

[28] MARGERIE, E. de (1948). Critique et géologie. Contribution à l'histoire des Sciences de la Terre (1882-1947). Tome IV, Le Jura.

[29] NICOLAS, A. (1972). Was the Hercynian Orogenic Belt of Europe, of the Andean type? Nature *236*, 221-223.

[30] PAREJAS, E. (1937). Essai sur la géographie ancienne de la région de Genève. *Mém. Inst. Géol. Univ.* Istambul, p. 50.

[31] RICOUR, J. (1956). Le chevauchement de la bordure occidentale du Jura sur la Bresse dans la région de Lons-le-Saulnier. *Bull. Assoc. suisse Géol. Ing. Pétr. 23*, N° 64, 57-70.

[32] SITTLER, C. (1969). Le fossé rhénan en Alsace, aspect structural et histoire géologique. *Rev. Geogr. phys. et Géol. dyn.* (2), *11*, 465-494.

[33] SMITH, A. G. (1971). Alpine Deformation and the oceanic Areas of the Thetys, Mediterranean and Atlantic. *Bull. Geol. Soc. Amer. 82*, 2039-2070.

[34] VAN BEMMELEN (1972): Driving forces of Mediterranean Orogeny. *Geol. en Mijnbouw 51*, 548-573.

[35] WEGMANN, E. (1960). Le Jura plissé dans la perspective des études sur le comportement des socles. Livre à la Mém. du Prof. Fallot, T. II, 99-104.

[36] WINNOCK, E., A. BARTHE, et Ch. GOTTIS. (1967). Résultats des forages pétroliers français effectués dans la région voisine de la frontière suisse. *Bull. Assoc. suisse Géol. et Ing. Pétr. 84*, N° 33, 7-22.