

Reconstitution de la plate-forme eurpoéenne anté-orogénique de la Bresse aux Chaînes subalpines : éléments de cinématique alpine (France et Suisse occidentale)

Autor(en): **Wildi, Walter / Huggenberger, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **86 (1993)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-167235>

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.

Reconstitution de la plate-forme européenne anté-orogénique de la Bresse aux Chaînes subalpines; éléments de cinématique alpine (France et Suisse occidentale) ¹⁾

Par WALTER WILDI ²⁾ et PETER HUGGENBERGER ³⁾

ABSTRACT

In the transect of transition from the central to the western part of the alpine arc (Western Switzerland and France) a palinspastic restoration of the alpine foreland is tempted, including the Subalpine Chains (Aravis and Bornes), the Molasse basin and the Jura mountains. Major problems in this reconstruction at the virgation of the chain are: (1) the changing directions of tectonic transport during deformation; (2) the lack of information on the geometry of strike slip faults (and lateral limitations of thrust sheets) and of the amount of tectonic displacement along these faults; (3) the lack of information about the internal architecture of the main anticlinal structures of the Jura and the Subalpine Chains.

In the Tabular Jura, N–S shortening is limited to minor thrusts. The Plateau Jura, with little transpressive deformation along the “faisceaux”, has been thrust in Late Miocene and Pliocene times to the NW and W on the top of the Bresse basin by a mean distance of about 8 km. In the Folded Jura, the High-Chain of the Central Jura, with strong N–S shortening by thrusting and folding (maximum 20 km), is separated from the less deformed Southern Jura (6 to 8 km internal E–W shortening) by the Vuache-Forens-Les Bouchoux strike-slip fault zone, which is linked to the alpine front by the Vuache-Annecy left lateral strike-slip fault and by the Alby structure. Strain markers indicate changing transport directions from N–S to E–W during the deformation of the Jura, from Early Miocene to now. In the Subalpine chains, a first deformation phase (mainly Oligocene and Early Miocene) indicates SSE–NNW to SE–NW shortening by folding and thrusting of about 8 km, and a second phase is at the origin of 6 km of thrusting from the ESE or E to WNW or W (mainly Miocene and Pliocene).

RÉSUMÉ

L'analyse tectonique en plan et en coupe permet la reconstitution des domaines paléogéographiques anté-orogéniques en avant de la courbure alpine, au passage des Alpes centrales aux Alpes occidentales (Suisse occidentale et France): Chaînes subalpines (massifs des Aravis et des Bornes), Bassin molassique et Jura. Les problèmes majeurs qui se posent pour cette reconstitution sont liés aux faits suivants: (1) les changements des directions de transport au cours de la déformation tectonique; (2) le manque d'informations concernant la géométrie des accidents coulissants (et des limites latérales des unités chevauchantes) et l'ampleur de la déformation le long de ces accidents; (3) le manque d'informations concernant l'architecture interne des grandes structures anticlinales du Jura et des Chaînes subalpines.

Le raccourcissement N–S de la couverture du Jura tabulaire se limite à quelques chevauchements mineurs. Le Jura des Plateaux chevauche le bassin tertiaire de la Bresse avec une flèche SE–NW à E–W qui est en moyenne de 8 km; la déformation interne par transpression le long des faisceaux est faible. Dans le Jura plissé, la Haute-Chaîne du Jura central montre des chevauchements S–N et des plissements qui sont à l'ori-

¹⁾ Projet FNRS n° 20-26218.89

²⁾ Département de Géologie et Paléontologie, 13 rue des Maraîchers, 1211 Genève 4

³⁾ EAWAG/ETH, Ueberlandstrasse, 8600 Dübendorf

gine de raccourcissements de 20 km au maximum, alors que le Jura méridional ne montre que des raccourcissements internes de l'ordre de 6 à 8 km. Cette différence est amortie le long de l'accident décrochant Vuache-Forens-Les Bouchoux, qui est relié au front alpin au S par l'accident Vuache-Annecy et la structure d'Alby. Dans l'ensemble du Jura, les microstructures indiquent un changement des directions des contraintes et de transport du secteur N-S au secteur E-W, du Miocène inférieur à l'Actuel. Dans le Massif des Bornes (Chaînes subalpines), une première phase tectonique (principalement de l'Oligocène et du Miocène ancien) est à l'origine d'un raccourcissement par plissement et chevauchement de 8 km, de direction SSW-NNW à SE-NW, et une deuxième phase (Miocène et Pliocène) est responsable d'un chevauchement de 6 km de l'ESE ou E vers le WNW ou W.

1. Introduction

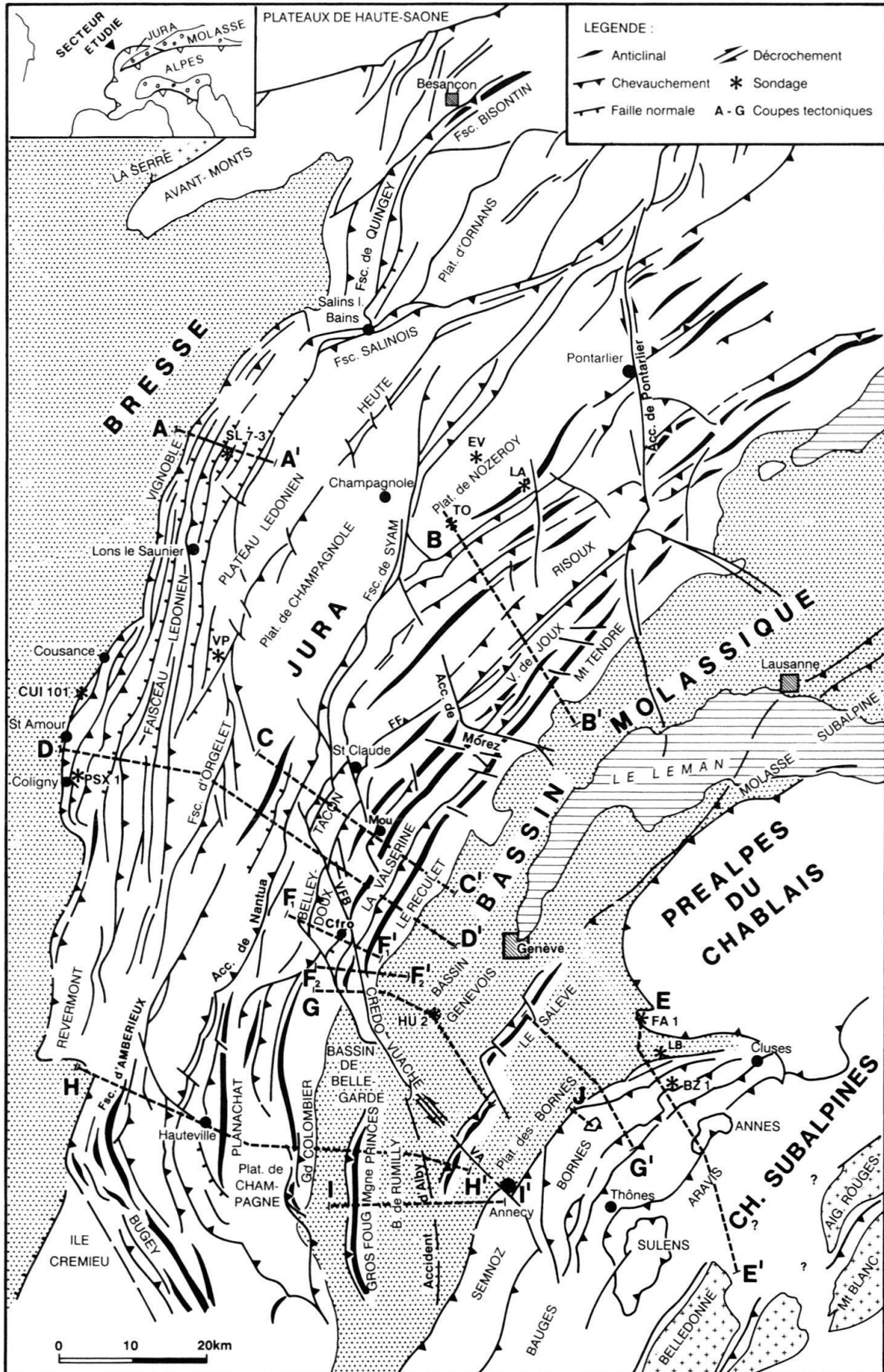
Dans le cadre d'un projet de recherches consacré à l'étude de la plate-forme européenne au cours du Mésozoïque (Wildi et al. 1989; Loup 1991), des reconstitutions palinostastiques pour les périodes antérieures aux phases orogéniques et pour les premières déformations sont tentées ici, et des trajectoires de déplacement sont proposées pour les déformations alpines (figs. 2, 3). Cette reconstitution concerne la région située à l'extérieur des massifs cristallins du Mont Blanc et de Belledonne, à hauteur du passage des Alpes centrales aux Alpes occidentales, en englobant les Chaînes subalpines du nord, le bassin d'avant-pays de la Molasse et le Jura.

Cette recherche complétera les reconstitutions déjà proposées par d'autres auteurs pour le Jura oriental et central (Laubscher 1965; Mugnier & Vialon 1986), le Jura méridional (Butler 1987; Guellec et al. 1990b), le domaine helvétique (Trümpy 1969, 1980; Ferrazzini & Schuler 1979; Burkhard 1988, 1990; Wildi et al. 1989 *cum biblio.*, etc.) et le domaine dauphinois (Mugnier et al. 1987; Gratier et al. 1989). Par rapport à ces travaux elle apportera notamment une analyse de la déformation à la fois en plan et en section, en tenant compte des problèmes posés par la virgation alpine, et elle discute le rapport possible entre tectonique de socle et déformation de couverture.

L'étude part d'une analyse des structures tectoniques répertoriées sur les cartes géologiques et des données de subsurface qui se trouvent dans le domaine public. Une carte et des coupes tectoniques sériées à l'échelle 1:100000 ont été compilées afin de produire une image en trois dimensions. La déformation totale a été étudiée séparément pour chaque compartiment limité par des contacts tectoniques (décrochements, rampes latérales, chevauchements).

Concernant la construction des coupes, un équilibrage en trois dimensions serait en fait nécessaire, afin de tenir compte des changements de direction de transport au cours de la déformation et de l'effet des failles décrochantes. Néanmoins, dans le secteur considéré, cet équilibrage ne peut être fait de façon satisfaisante, et ceci essentiellement pour les raisons suivantes: (1) manque de données de terrain concernant les changements des directions de contrainte et de transport au cours de la déformation alpine; (2) manque d'informations concernant la géométrie des accidents coulissants et transpressifs et des limites latérales des unités chevauchantes, ainsi que de l'ampleur des déplacements le long de ces accidents; (3) manque d'informations concernant l'architecture

Fig. 1. Carte des principales structures tectoniques des Chaînes subalpines à la Bresse; position des coupes tectoniques planche 1. Abréviations: Cfro: Champfromier, FF: Frénois Forêt, Mou: Moussières, VA: accident Vuache-Annecy, VFB: accident Vuache-Forens-Les Bouchoux. Sondages: BZ1: Brizon, CUI 101: Coussance, EV: Essavilly, FA1: Faucigny, HU2: Humilly2, LA: Laveron, LB: La Balme, PSX: Poisoux, SL 7-3: St. Lothain, TO: Toillon, VP: Valempoulières. (D'autres sondages voir planche 1).



du socle et des grandes structures anticlinales du Jura et des Chaînes subalpines. Nous avons en conséquence préféré donner des coupes qui reflètent cette incertitude (planche 1). Pour la reconstitution palinspastique (fig. 2b) on a choisi comme *pine-line* une ligne reliant l'extrémité N de l'Ile Crémieu à la Serre, considérés comme autochtones (figs. 1 et 2). Les niveaux stratigraphiques déroulés sont essentiellement les formations compétentes du Dogger et du Malm dans le Jura, et celles du Crétacé inférieur dans les Chaînes subalpines.

La cinématique des déformations alpines a été déduite selon les critères classiques, d'ordre stratigraphique et structural. Pour le Jura, l'expérience montre néanmoins que les stylolithes et fracturations se limitent souvent aux abords des zones de forte déformation et ne donnent qu'une image imparfaite concernant les directions des contraintes à l'échelle de la chaîne. La reconstitution des trajectoires (fig. 2b) repose malgré tout sur ces arguments structuraux concernant la succession des phases de déformation, et sur des considérations géométriques basées sur les cartes et les coupes (chevauchements, plissements, décrochements), concernant l'ampleur et la direction des translations.

2. Reconstitution du Jura

2.1. Le Jura tabulaire:

Le Jura tabulaire (au N du faisceau bisontin, figs. 1 et 2a) fait partie de la zone transformante Rhin-Saône (Angelier et Bergerat 1983). Il comporte de petits chevauchements (faille de l'Ognon) dont on n'a pas tenu compte dans la reconstitution de la fig. 2b.

L'analyse structurale (Lacombe et al. 1990) met en évidence quatre états de contraintes successifs: 1) une extension N-S (resp. N 20°) attribuée au Mésozoïque tardif, 2) une compression «pyrénéenne» S-N, 3) la phase d'extension de l'Oligocène, liée à l'ouverture des fossés du Rhin et de la Bresse, de direction N 130°, et 4) une compression «alpine» N 110°.

2.2. Jura des Plateaux:

Le faisceau bisontin (fig. 1) est constitué par une étroite zone de déformation, indiquant un jeu transpressif pluriphase. Le raccourcissement S-N est d'ordre kilométrique (voir p. ex. Chauve et al. 1980b, fig. 36). Dans le faisceau de Quingey, d'orientation SW-NE, des chevauchements de faible flèche à vergence W se succèdent (Chauve et al. 1983; Martin et al. 1986). Le plateau d'Ornans est recoupé par la faille de Mamirolle d'orientation E-W et par la fracturation régionale SSW-NNE liée à l'ouverture Rhin-Bresse.

C'est le long du faisceau salinois (fig. 1) que s'est faite la translation du Jura plissé vers l'W. Martin et al. (1986, fig. 1) proposent une genèse en trois phases, dont la résultante correspondrait à un déplacement transpressif de l'ordre de 8 km en direction de l'WNW (voir aussi Chauve et al. 1980a, p. 104-105). Cette translation reflète le chevauchement du faisceau lédonien sur la Bresse (fig. 2b).

Chevauchement du Vignoble, faisceau lédonien: En partant du nord (fig. 1; planche 1 coupe A), le sondage St. Lothain 7-3 (JR 110) a traversé le chevauchement du Jura à 5 km de distance du front chevauchant du Jura sur la Bresse. Selon Kerrien

(1982), un chevauchement minimal de l'ordre de 7 km peut être admis dans ce profil. A hauteur de Lons le Saunier, Mugnier & Vialon (1986) interprètent cependant ce chevauchement comme la conséquence d'un glissement gravitaire des séries jurassiennes sur le fossé bressan. Cette hypothèse est contestée par Sequeiros et al. (1986), puis par Chauve et al. (1988), qui, tout en tenant compte des structures distensives, arrivent à un raccourcissement de la couverture sédimentaire de 3 km au moins. En admettant que le point de décollement de la couverture jurassienne a dû se trouver largement à l'E de l'actuelle bordure bressane, les auteurs postulent un déplacement maximal de 12 km.

Dans le secteur du promontoire de Cousance-St. Amour-Coligny les structures compressives dominent sur les structures distensives. On a projeté dans la coupe D (planche 1) le forage PSX 1 et l'interprétation sismique du profil ECORS (Guellec et al. 1990b). Selon cette construction, le raccourcissement E-W de la couverture serait de 8 km. Sur la transversale de St. Rambert (planche 1 coupe H, Chauve et al. 1980a, fig. 4) un chevauchement frontal de plus de 3 km (probablement 5 km au moins) est indiqué pour le faisceau d'Ambérieux par les forages By 101 et 102.

Les plateaux de Lons-le Saunier (ou plateaux lédoniens), de Champagnole et de Nozeroy (fig. 1) sont affectés par des anticlinaux et synclinaux de faible amplitude et des fractures d'un rejet individuel faible. La chaîne de l'Heute varie latéralement d'un accident simple à un graben avec un flanc SE chevauchant (Mathis 1974). Il doit sa genèse à un jeu transpressif.

Les plateaux de Lons-le Saunier et de Champagnole passent en continuité vers le S aux zones de plus forte déformation que sont les faisceaux d'Ambérieux et d'Orgelet. La largeur palinspastique E-W de ce domaine (fig. 2b) correspond à la reconstitution proposée par Guellec et al. (1990b) pour le profil ECORS.

L'accident de Nantua (ou de Neyrolles ou d'Oynnax) et le faisceau de Syam constituent un linéament tectonique SW-NE de plus de 80 km, caractérisé par un léger chevauchement de la couverture sédimentaire vers l'intérieur de la chaîne. L'existence d'une faille normale de socle a été postulée par plusieurs auteurs pour le faisceau de Syam (Mugnier & Vialon 1986, *cum biblio*). Selon Guellec et al. (1990b) l'accident d'Oynnax se situerait sur le flanc occidental d'un haut du socle dont la limite orientale se trouve sous le Crédo. Les auteurs (op. cit. fig. 9a) proposent de lier la genèse du rétrocharriage de la couverture sédimentaire à un jeu compressif tardif d'une faille inverse du socle, mais envisagent également la possibilité d'une structure distensive du socle à regard vers l'W.

2.3. La Haute-Chaîne du Jura central:

Les secteurs des coupes B, C et D (planche 1) concernant la Haute-Chaîne montrent une interprétation tectonique à partir des informations de surface, et une construction de la position possible du socle anté-mésozoïque, basée sur la cartographie de la profondeur du socle magnétique par Klingelé & Müller (1987), sur les informations sismiques fournies par Bitterli (1972) pour le Risoux et sur une interpolation entre les forages pétroliers Humilly, Champoulière, Essavilly, Taillon, Laveron et Risoux. Des «volumes cachés» importants apparaissent dans cette construction entre la surface du socle paléozoïque et la couverture sédimentaire visible en surface. Sous la chaîne du Risoux, les données de forage (Winnock 1961) et de sismique (Bitterli 1972) ont été

interprétées par la plupart des auteurs comme des arguments pour un redoublement systématique par des chevauchements et écaillages de la couverture sédimentaire :

- * pour Rigassi (1962), deux unités chevauchantes, dont l'une à déversement vers le N et l'autre vers le S, s'affronteraient dans la Vallée de Joux (pour une révision voir Rigassi in: Matter et al. 1980);

- * Laubscher (1965) dessine deux unités se chevauchant du S vers le N. L'unité septentrionale surmonterait à son tour le Jura des Plateaux (voir aussi Mugnier & Vialon 1986);

- * pour Aubert (1971), la structure observée en forage et à l'affleurement peut s'expliquer par l'existence d'une seule grande nappe de charriage, la Vallée de Joux correspondant alors à une zone synclinale au sein de cette «nappe du Risoux».

- * Rappelons enfin l'interprétation de Chauve et al. (1980b, fig. 34), qui proposent une hypothèse moins allochtoniste que les auteurs précédents.

La structure de la Vallée de Joux est coupée vers l'W par l'accident de Morez, puis se retrouve en tant que structure synclinale simple à l'W de cet accident, pour s'amortir rapidement (fig. 1). En revanche, le front chevauchant au N du Risoux passe l'accident de Morez sans décalage. Rien ne permet donc de croire, ni à l'existence d'une séparation tectonique profonde dans la Vallée de Joux, ni à un changement important dans la direction de l'axe des structures, de part et d'autre de l'accident de Morez.

Sous la chaîne méridionale de la transversale du Risoux (Mt. Tendre), Rigassi (1957), puis Guellec et al. (1990a) proposent la présence d'un haut de socle. Cette hypothèse nous semble cependant peu probable :

- * d'une part, nous considérons que le haut de socle constaté sous le Crédo (Guellec et al. 1990b, fig. 10) se prolonge en direction du NE en longeant l'accident de Nantua et qu'il ne se retrouve en conséquence pas sous la chaîne méridionale du Jura central,

- * d'autre part, l'hypothèse se trouve en contradiction avec les données concernant la profondeur du socle magnétique (Klingele & Müller 1987).

A l'W de l'accident de Morez, plusieurs nouvelles structures se développent dans la couverture (fig. 1):

- * le synclinal de la Valserine, passant en chevauchement en direction de l'W (planche 1, coupes C, D);

- * l'accident des Moussières, relayé latéralement par un synclinal;

- * le chevauchement du Tacon, limité à l'W par l'accident Forens-Les Bouchoux, et à l'E par le décrochement de St. Claude;

- * le chevauchement de la Frénois Forêt.

Le chevauchement de la Valserine superpose la chaîne du Reculet à celle du Crêt du Merle et du Crêt Chalam par l'intermédiaire d'un plan de cisaillement qui doit partir des évaporites du Keuper. Pour le chevauchement du Tacon, un décollement au niveau du Trias est possible, alors que les autres structures semblent plus superficielles.

La figure 2b indique l'extension maximale du secteur qui peut être recouvert par la «nappe du Risoux» de la Haute-Chaîne entre l'accident de Pontarlier à l'E et l'accident Vuache-Forens-Les Bouchoux à l'W, en admettant un redoublement des séries sédimentaires par un chevauchement S-N; sa largeur maximale N-S serait de l'ordre de 16 km, et le raccourcissement interne par plissement et écaillage serait de l'ordre de 3-4 km.

2.4. *Le Jura méridional:*

Dans le Jura méridional (coupe H, planche 1), la construction en fonction des affleurements de surface fait apparaître sous les trois chaînes du Planachat, du Grand Colombier et de la chaîne du Grand Foug-Montagne des Princes des volumes de matériaux importants qu'il est difficile de remplir autrement qu'en admettant l'existence de chevauchements. On est en outre amené à postuler, soit l'existence de failles normales, soit de flexures crustales sous chacune des structures anticlinales majeures. D'après nos constructions, le raccourcissement interne du Jura méridional en arrière du chevauchement frontal sur la Bresse serait de 6–8 km (fig. 2b).

2.5. *Éléments microstructuraux concernant le Jura plissé:*

Dans le Jura plissé, les mesures de stylolithes (Plessmann 1972) mettent en évidence une première compression d'orientation méridienne, suivie d'une compression d'orientation SE–NW à E–W (voir aussi Tschanz 1990 pour le Jura central). La prédominance des stylolithes E–W dans le secteur du Jura situé à l'W de l'accident Vuache-Forens-Les Bouchoux semble indiquer une limitation de la première compression S–N au Jura central.

2.6. *Résumé concernant les raccourcissements déduits pour le Jura:*

Dans le Jura des Plateau, un raccourcissement S–N de l'ordre du km peut être déduit pour le faisceau bisontin, alors qu'un déplacement total d'environ 8 km de direction WNW est enregistré par le faisceau salinois, correspondant en gros à l'ampleur de la dislocation du Jura sur la Bresse dans la partie septentrionale du chevauchement. Plus au S, ce chevauchement se réduit à quelques 3–5 km. Dans la Haute-Chaîne du Jura central, des chevauchements et plissements ont conduit à un raccourcissement total de direction S–N, qui est au maximum de 20 km. A l'W et au S de l'accident coulissant Vuache-Forens-Les Bouchoux, le raccourcissement interne E–W du Jura méridional dû aux structures anticlinales est estimé à 6–8 km.

2.7. *Relations entre tectonique de socle et tectonique de couverture dans le Jura plissé:*

Sous la Haute-Chaîne du Jura central et la partie interne du Jura méridional, les accidents de socle semblent abaisser les compartiments internes au S et SE par rapport aux compartiments externes au N et NW:

– La partie occidentale du Bassin genevois se trouve abaissée de 500 m environ par rapport au bassin de Bellegarde par le biais d'un accident qui suit le tracé de l'accident du Vuache (Blondel et al. 1988, Wildi et al. 1991). C'est probablement ce même accident qui a été reconnu sous la structure du Crédo par Guellec et al. (1990b, fig. 10). Il peut être interprété selon ces auteurs soit comme structure compressive, soit en tant que faille normale, hypothèse adoptée ici (planche 1, coupe G), en tenant compte de la sismicité actuelle de l'accident (Sambeth & Pavoni 1988). Dans les deux cas l'accident peut avoir servi de rampe pour l'initiation du chevauchement transpressif de la montagne du Vuache. Le décalage vertical par cet accident s'amortirait rapidement en direction du S.

– Les coupes tectoniques indiquent l'existence d'un accident abaissant le bassin de Bellegarde à l'E par rapport au plateau de Champagne en Valromey à l'W (planche 1,

coupe F, H). Une rampe tectonique observée dans les séries du Malm du flanc oriental de l'anticlinal du Colombier a pu être initiée par cet accident (voir aussi Butler 1987).

Des accidents de socle compressifs sont indiqués sous les deux chaînes méridionales de la Haute chaîne du Jura Central par Rigassi (1957), Bitterli (1972) et Guellec et al. (1990a). Leur existence et leur géométrie restent néanmoins incertaines, et ces accidents pourraient aussi bien correspondre à des failles normales à regard interne ou externe (planche 1, coupes B et C).

Dans le Jura méridional, le synclinal de Hauteville coïncide avec une légère dépression suivant les contours d'un bassin varisque (Debeglia & Gable 1984). La limite orientale de cette dépression correspond à la faille de socle démontrée à hauteur de l'accident d'Oynax plus au N (Truffet et al. 1990, fig. 4c). Il s'agit d'une structure qui se situe dans la logique de la Bresse, où des failles à jeu normal montrent une tendance à un abaissement du socle vers l'W. Ces failles ont joué une première fois dès l'Oligocène et se sont réactivées au cours du Miocène tardif (Rat 1978).

2.8. La zone de décrochement entre Jura central et Jura méridional: liaisons possibles avec le front alpin et problèmes palinspastiques posés par les accidents coulissants:

C'est le long de l'accident décrochant et transformant senestre Vuache-Forens-Les Bouchoux et au sein du faisceau de Champfromier que doit s'amortir la différence de raccourcissement de la couverture entre la Haute-Chaîne du Jura central et le Jura méridional (Wildi et al. 1991).

Le long de la faille du Vuache Blondel et al. (1988) décrivent la succession suivante de phases de déformations: 1) Un premier bombement avant le dépôt de la Molasse oligocène est indiqué par les paléopendages du Sidérolithique; 2) une distension E–W est déduite à partir des remplissages de karst par des sédiments de l'Oligocène inférieur; 3) une compression NE–SW est attribuée au Miocène ancien; 4) un mouvement transpressif du Miocène tardif-Pliocène correspondrait à la phase chevauchante du Jura sur la Bresse; 5) une distension SW–NE est indiquée par la sismicité actuelle (Sambeth & Pavoni 1988); le foyer de cette dernière se situe cependant dans le socle et ne reflète pas forcément le champ des contraintes dans la couverture.

Entre le Jura et les Alpes, le linéament Forens-Vuache se scinde en deux:

a) l'accident Vuache-Anncy se suit en direction du SSE dans la région d'Anncy, où sa trace coïncide avec la limite latérale de Bornes et la terminaison NE de l'unité présuabpine du Semnoz (Clavel et al. 1987). L'accident est à l'origine d'un décrochement senestre de 2 km de l'axe de la chaîne du Salève;

b) la structure d'Alby (fig. 1; planche 1, coupe I; Michel & Caillon 1960) de direction N–S, passe à la terminaison occidentale de la chaîne du Salève et se suit jusqu'au contact chevauchant du Semnoz sur la Molasse du bassin de Rumilly. Elle est constituée par un anticlinal cisailé et chevauchant, correspondant à une structure transpressive («*flower structure*»). Dans le bassin de Rumilly, elle sépare un domaine comportant une série épaisse de Molasse marine supérieure (OMM) d'âge burdigalien (tardif?) à l'W, d'un domaine où cette Molasse est absente à l'E. Dans la vallée du Fier, la Molasse marine montre de fortes discordances angulaires à proximité de l'accident. Elles indiquent la présence d'un relief important au Burdigalien, et en conséquence un jeu tectonique contemporain. Du côté des Chaînes subalpines, la structure d'Alby est chevauchée

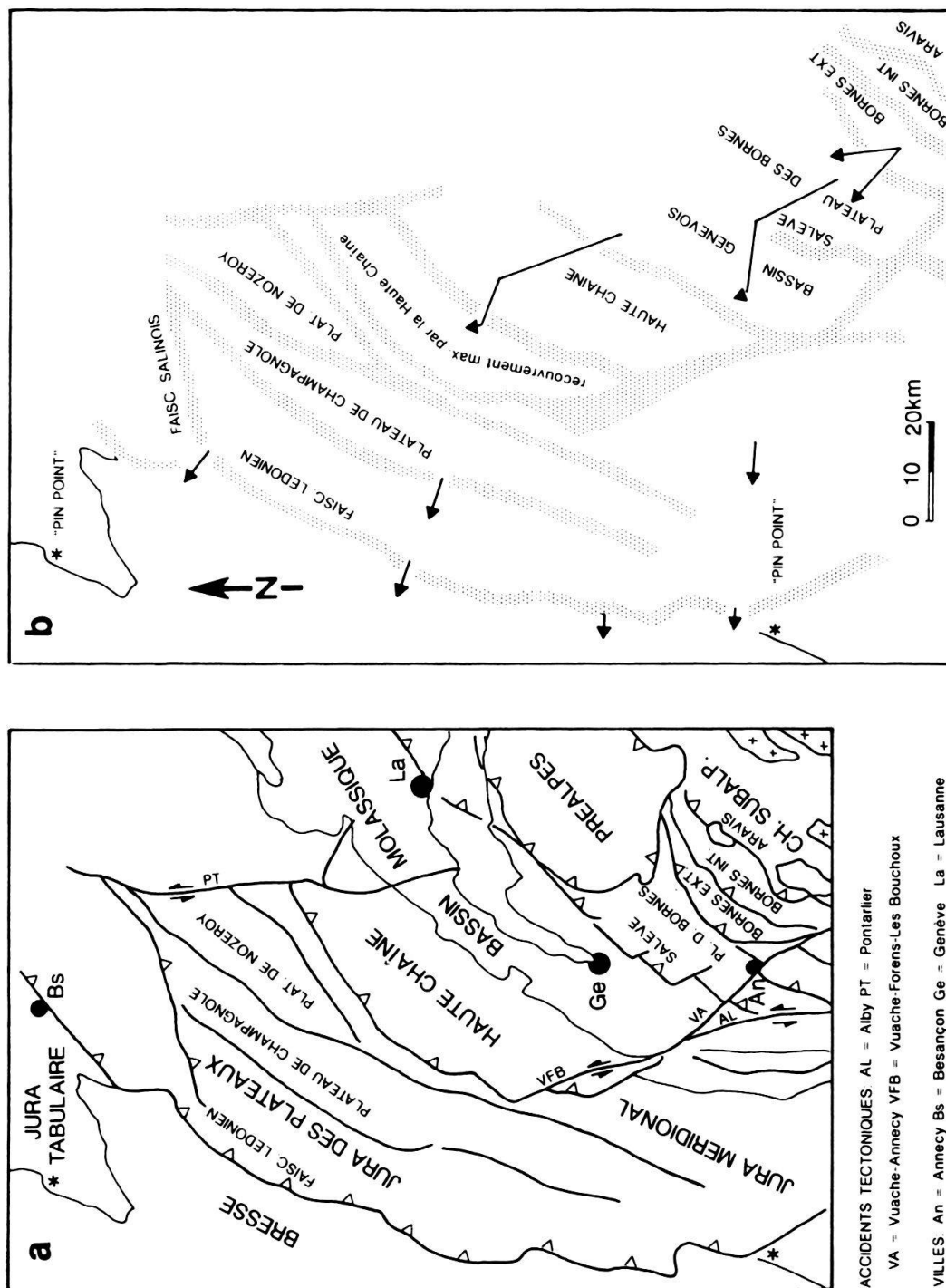


Fig. 2. Reconstitution de la plate-forme européenne: a) situation actuelle, unités géologiques principales représentées sur la reconstitution fig. 2b); b) reconstitution paléozoïque avant les déformations et trajectoires des déformations alpines: Selon cette hypothèse, la limite occidentale de la Haute-Chaîné du Jura central se prolongerait en direction du sud dans la structure d'Alby, et se reliait au front chevauchant du Semnoz.

par le front du Semnoz. Pour compenser, entre le Jura et les Alpes, la différence de raccourcissement entre la Haute-Chaîne du Jura central et le Jura méridional, deux solutions sont à envisager:

a) L'accident décrochant Vuache-Annecy serait essentiellement responsable de l'amortissement. Néanmoins, le changement d'orientation entre cet accident et l'accident Vuache-Forens-Les Bouchoux, ainsi que le décalage par décrochement de 2 km seulement, observé à hauteur de la chaîne du Salève (fig. 1) sont des arguments en défaveur de cette hypothèse.

b) La structure d'Alby, dans la prolongation méridionale de l'accident Vuache-Forens-Les Bouchoux, pourrait être responsable d'un amortissement plus substantiel. Cette hypothèse, satisfaisante du point de vue de la géométrie des accidents, souffre néanmoins de l'incertitude concernant l'ampleur des mouvements le long de la structure d'Alby qui n'a fait l'objet d'aucune recherche récente. C'est néanmoins elle qui a été retenue figs. 2b et 3.

3. Reconstitution du Bassin molassique: Bassin genevois, Salève et Plateau des Bornes

Les sédiments de la partie occidentale du Bassin genevois se sont comportés au cours de la déformation alpine de façon rigide (coupe G, planche 1). Des décrochements mineurs SW-NE et des structures légèrement anticlinales ou synclinales affectent néanmoins le bassin (Gorin & Amberger 1990). L'anticlinal chevauchant du Salève (Guellec et al. 1990b) est responsable d'un raccourcissement de la couverture sédimentaire de 2.5 à 3 km. Le décollement des séries du Jurassique et du Crétacé se situe dans le toit ou légèrement au SE d'une faille normale du socle à regard vers le NE. Selon les données sismiques (Gorin & Amberger 1990) cette faille, remobilisée au cours du Tertiaire, semble avoir joué une première fois à la fin du Paléozoïque, en tant que faille bordière du bassin varisque situé sous le Bassin genevois.

4. Reconstitution des Chaînes subalpines (Bornes et Aravis)

Les coupes E, G et J (planche 1) présentent une hypothèse possible concernant l'architecture des chaînes des Bornes et des Aravis, telle qu'elle ressort de l'analyse des affleurements de surface, des résultats du forage Brizon 1 (Charollais & Jamet 1990), des premières informations publiques au sujet du sondage de La Balme et de la réinterprétation des données sismiques de la vallée du Borne (Huggenberger & Wildi 1991). Cette ligne sismique ne fait apparaître aucun écaillage du socle; un découplage tectonique complet avec la couverture doit de ce fait être postulé. En outre, la dépression de socle dessinée par Guellec et al. (1989) sous la vallée du Fier, au SE de l'écaillage de Brizon, n'apparaît pas ici; il pourrait alors s'agir d'un phénomène d'extension longitudinal par rapport à la chaîne, et non pas d'une structure cylindrique et parallèle à la chaîne. Au front des Bornes, des chevauchements plats prennent naissance dans les niveaux triasiques à l'aplomb d'un accident abaissant le socle au N (plateau des Bornes) par rapport au S (massif des Bornes). Cet accident marque en même temps la limite méridionale d'un bassin varisque mis en évidence par le sondage de Faucigny 1 (planche 1, coupe E, Huggenberger & Wildi 1991). Les accidents bordiers de ce bassin ont pu jouer en distension dès l'Oligocène à l'image de ce qui a été observé sous le Bassin molassique (Pfiffner 1986).

Dans la couverture sédimentaire des Bornes, deux étages tectoniques peuvent être distingués: (1) un étage tectonique supérieur, à chevauchements, failles et plis d'un style cassant; il comprend les formations du Crétacé et du Tertiaire; (2) un étage inférieur d'un style plus ductile, avec des plis à flancs normaux et flancs inverses, constitués par les formations du Jurassique. Les décollements majeurs se situent dans les marnes du Crétacé basal et dans les évaporites du Trias (Guellec et al. 1989, Huggenberger & Wildi 1991).

La déformation des séries sédimentaires des Bornes s'est faite principalement lors de deux phases tectoniques qui se distinguent par la nature et la direction des structures créées:

(1) Au début de la déformation, des failles et des chevauchements ont été initiés à la base des séries du Crétacé, pour être partiellement amortis en remontant à la surface, par des plis cassants et des kinks. La direction du raccourcissement maximal de cette première phase tectonique est du SE ou du SSE vers le NW ou le NNW, et le raccourcissement mesuré et estimé dans les structures plicatives des formations du Crétacé est de l'ordre de 8 km (Huggenberger & Wildi 1991).

(2) Une seconde phase est à l'origine d'un chevauchement d'une flèche de 6 km qui recouvre des plis de la première phase dans la fenêtre d'Usillon (planche 1, coupe J), dans la partie occidentale du massif. Un changement des directions vers le WNW ou l'W est indiqué par les microstructures. Pour les deux phases, un raccourcissement total de l'ordre de 14 km peut être postulé.

Les Aravis surmontent les Bornes au sens strict par l'intermédiaire d'un chevauchement d'ordre kilométrique (Villars 1986), ou jusqu'à 5 km (Tardy & Doudoux 1984; Chaplet 1992), suivant la transversale considérée. Aucun modèle tectonique n'explique actuellement les rapports entre la déformation observée au niveau du Crétacé (Villars 1986; Chaplet 1992) et la déformation au niveau du Jurassique (Rosset 1957).

Les structures des Chaînes subalpines des Bornes et des Aravis ne peuvent pas être corrélées de façon cylindrique avec le massif des Bauges au S (Clavel et al. 1987; Detraz & Steinhauser 1988). Le pli frontal du Semnoz montre un plongement axial du SW vers le NE, de façon à faire disparaître cette unité sous le chevauchement des chaînes frontales des Bornes à hauteur du lac d'Annecy. Au front des Bornes, dans la vallée du Fier, Guellec et al. (1989) admettent la présence d'une écaille correspondant à la prolongation vers le NE de l'unité du Semnoz. Sur la transversale de la vallée du Borne cette écaille n'existe plus. Au NE du lac d'Annecy, des accidents tectoniques entre les Bornes internes et externes et au sein même de ces unités peuvent être interprétés, soit en tant que décrochements, soit en tant que limites latérales de chevauchements (Balthassat 1987; Doudoux 1973). Une telle rampe latérale d'orientation NW-SE limite également le chevauchement des Aravis vers le SW.

5. Reconstitution des trajectoires et éléments de datation des déformations alpines

Le but de ce chapitre est de retracer les trajectoires suivies par les différentes unités tectoniques au cours des déformations alpines. A cet effet trois types d'arguments sont principalement utilisés:

a) Orientation des marqueurs microstructuraux des directions des contraintes. Ces marqueurs donnent une approximation valable des contraintes régionales et de

leurs changements au cours de la déformation. Dans la zone étudiée la densité de ces données reste néanmoins faible;

b) Géométrie et ampleur des chevauchements, direction des décrochements et autres accidents, hiérarchie des intersections observées;

c) Age et géométrie des sédiments, des bassins sédimentaires et des zones d'érosion; rapports avec les accidents tectoniques. Dans la partie interne (SE) de la zone étudiée, aucun sédiment n'a été daté dans la fourchette d'âge du Miocène moyen au Pliocène. C'est néanmoins pendant cette période que se situent les déplacements les plus importants.

En appliquant ces arguments et en tenant compte des principaux changements d'ampleur et de direction des raccourcissement, quatre épisodes tectoniques sont distingués (figs. 2b et 3):

- (1) Episode des mouvements précurseurs, sans effets de raccourcissement notables,
- (2) épisode des raccourcissements S–N à SE–NW,
- (3) épisode des translations E–W,
- (4) épisode des raccourcissements finaux S–N et distensions E–W.

(1) Episode des mouvements précurseurs, sans effets de raccourcissement notables (fig. 3a):

Dès la fin du Crétacé tardif, l'avant-pays alpin est affecté par les effets des premiers événements orogéniques. Il s'agit d'abord d'une émergence due à une contrainte d'orientation SSW–NNE (Bergerat 1985). Dans les Chaînes subalpines, des dépôts fluviaux et la transgression de l'Eocène tardif arrivent en discordance sur des terrains déformés auparavant par des accidents orientés SW–NE à W–E (Pairis 1975; Lateltin & Müller 1987). Au début de l'Oligocène ancien, le dépôt des grès andésitiques de Taveyannaz dans le domaine des Aravis se fait dans un bassin étroit, marqué par une subsidence forte (fig. 3a) due à la surcharge des nappes alpines (Lateltin 1988), ou à une phase distensive brève (Caron et al. 1989; Bergerat 1985). Les nappes penniques des Préalpes recouvrent la partie méridionale de la plate-forme helvétique au Rupélien (zone de Blow P 20), pour alimenter le bassin de Val d'Iliez (fig. 3b, Lateltin 1988).

(2) épisode des raccourcissements S–N à SE–NW :

* Chaînes subalpines: Etant donné que des grès de type Val d'Iliez constituent dans les Bornes le dépôt le plus jeune, on est en droit de postuler que les domaines des Bornes et des Aravis subissent dès l'Oligocène inférieur à moyen la première phase de plissement décrite au chapitre 4, induisant un raccourcissement interne de direction SSE–NNW ou SE–NW, correspondant au premier secteur des trajectoires fig. 2b.

* Bassin molassique: Dès l'Oligocène moyen le centre de dépôt migre vers le N et la Molasse marine inférieure (Grès de Bonneville), puis la Molasse d'eau douce inférieure se déposent, d'abord sur le plateau des Bornes, puis également dans les parties plus périphériques de l'avant-pays alpin (fig. 3c). Ceci semble indiquer la progression de la flexure crustale du front alpin vers l'avant-pays européen (Homewood et al. 1986).

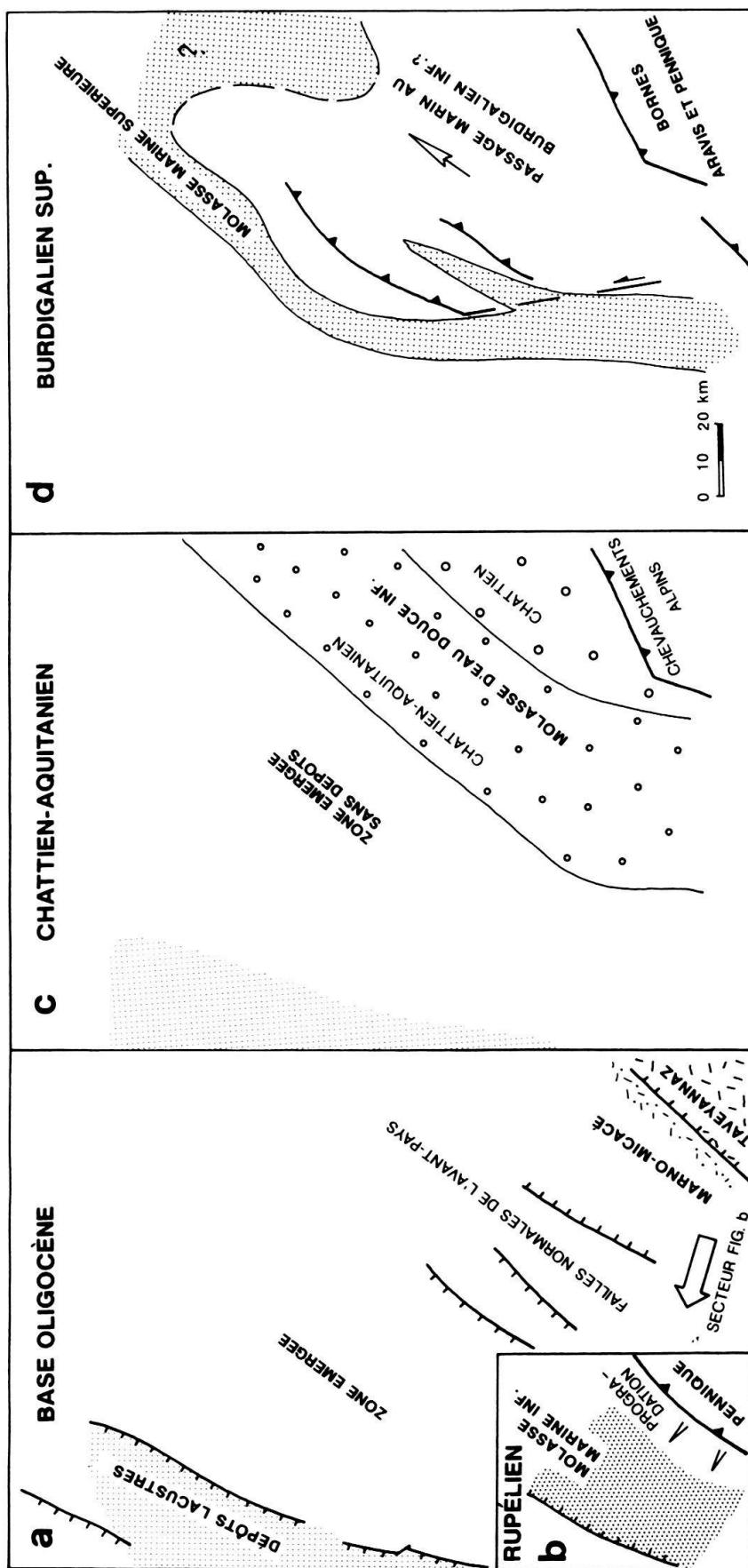


Fig. 3. Hypothèses concernant la paléogéographie de la plate-forme européenne des Chaînes subalpines à la Bresse lors des premiers mouvements (même cadre que fig. 2b); a) base de l'Oligocène, b) Rupélien (secteur des Chaînes subalpines seulement), c) Chattien-Aquitainien, d) Burdigalien tardif.

* Jura: Au Burdigalien, la transgression marine passe par les bassins de Rumilly et de Bellegarde pour atteindre (au Burdigalien tardif) la région de la future Haute-Chaîne du Jura plissé et du Jura des Plateaux, où ces dépôts sont conservés dans les synclinaux (Rigassi 1957; Guillaume et al. 1972; Pharissat & Rangheard 1986). Les sédiments de la Molasse marine supérieure sont en revanche absents dans le Bassin genevois et sur le plateau des Bornes, soit par non-dépôt, soit par érosion après dépôt. Cette dernière hypothèse est représentée fig. 3d, qui propose que ces dépôts ont pu être érodés dans le domaine du plateau des Bornes et du Bassin genevois au cours des premiers mouvements d'inversion dès le Burdigalien tardif et les premières déformations dans le Jura central. La présence de faciès estuariens dans le bassin de Bellegarde (observations non publiées), l'existence de discordances à la base de la OMM des synclinaux du Jura (Pharissat & Rangheard 1986), la présence de discordances angulaires fortes dans la OMM de la gorge du Fier et l'orientation des premières contraintes mises en évidence par Plessmann (1972) sont autant d'arguments pour cette hypothèse. La structure la plus importante due à cet épisode est probablement le chevauchement du Risoux. Selon leur orientation, l'accident d'Alby et l'accident du Vuache sont susceptibles d'avoir amortis ce raccourcissement entre Alpes et Jura, sans qu'il soit possible de déterminer avec précision la part de chacun de ces décrochements. Si le début de cet épisode est relativement bien fixé au Miocène inférieur, la datation de sa fin pose en revanche problème.

(3) *épisode des translations E-W :*

* Chaînes subalpines: La seconde phase de déformation interne des Bornes, avec un chevauchement d'une flèche de 6 km de direction ESE-WNW à E-W, correspond à cet épisode de translations.

* Jura: la phase principale de chevauchement E-W sur la Bresse est datée du Miocène tardif-Pliocène (Ricour 1956; Rat 1978). Les trajectoires (fig. 2b) traduisent cette translation sur le bassin bressan ainsi que le raccourcissement du Jura méridional par plissements et chevauchements internes.

Cet épisode pose le problème du rapport entre l'existence probable ou démontrée de failles du socle sous certaines des structures majeures de la couverture du Jura et la genèse de ces structures. Il est en effet peu probable que la couverture du Jura ait été charriée sur plusieurs kilomètres par dessus ces failles de socle; celles-ci se seraient donc très probablement formées en même temps que les dernières structures compressives et transpressives de la couverture.

6. Discussion et conclusions

Les données actuelles permettent d'une part la reconstitution de la plate-forme européenne à l'extérieur de l'arc alpin avant l'orogénèse, et d'autre part la reconstitution de la cinématique des déformations alpines. Au cours de ces déformations, un changement des champs de contrainte et des directions de raccourcissement est indiqué par les structures à toutes les échelles. De l'Oligocène au Pliocène on passe ainsi de directions globalement S-N à SE-NW à une contrainte maximale et un raccourcissement SE-NW à E-W. Dans le raccourcissement de la couverture, les translations

semblent plus importantes que les rotations; elles expliquent notamment la forme arquée du Jura.

Les premiers raccourcissements S–N à SE–NW observés à l'Oligocène et au Miocène ancien se font au cours de la progression du bâti pennique sur le domaine helvétique et dauphinois. En revanche, les raccourcissements de la couverture sédimentaire de direction SE–NW à E–W au cours du Miocène tardif et du Pliocène ont probablement leur origine dans un avancement des massifs externes sur l'avant-pays européen, avec un chevauchement d'une flèche totale de l'ordre de 25 km, induisant une substitution de couverture dans l'ensemble de l'avant-pays (Burkhard 1990).

Il reste alors à trouver la raison du changement des directions de transport mentionné ci-dessus. Deux hypothèses sont envisagées actuellement:

a) les chevauchements des nappes penniques et des massifs externes (Aar et Aiguilles Rouges) suivaient d'abord une trajectoire en gros S–N, pour changer ensuite à une direction proche de SE–NW à E–W (Mont Blanc et Belledonne);

b) les trajectoires entre socles et couvertures sont déconnectées. Les contraintes et la direction de transport finale vers le NW à W correspondant alors à la résultante entre la contrainte interne des socles chevauchants et l'effet gravitaire de la couverture sédimentaire sur les flancs externes des socles chevauchants de Belledonne et des Aiguilles rouges (Platt et al. 1989).

Dans les deux cas, le problème reste entier de savoir où trouver les structures distensives E–W dans le Jura interne et le Bassin molassique (Rigassi 1977, discussion de Burkhard 1990).

Remerciements

De nombreuses discussions avec nos collègues travaillant sur les problèmes paléogéographiques à la hauteur de la courbure alpine et jurassienne sont à l'origine de cet essai de reprendre les données existantes, bien pauvres en ce qui concerne la subsurface et les arguments microstructuraux, en vue d'une reconstitution de cet espace paléogéographique. Monsieur J. Metzger a effectué le dessin de la fig. 1 et de la planche. Deux collègues anonymes ont durement critiqué, et pour cause, une première version de ce manuscrit; qu'ils en soient remerciés ici. Cette étude a bénéficié d'une subvention par le Fonds national suisse de la recherche scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGELIER, J. & BERGERAT, F. 1983: Systèmes de contrainte et extension intracontinentale. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine* 7/1, 137–147.
- AUBERT, D. 1971: Le Risoux, un charriage jurassien de grandes dimensions. *Eclogae geol. Helv.* 64, 151–156.
- BALTHASSAT, J.M. 1987: Synthèse géologique du massif de la Tournette, partie SW du Massif des Bornes (Haute-Savoie, France). Dipl. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève, inédit.
- BERGERAT, F. 1985: Déformations cassantes et champs de contrainte tertiaires dans la plate-forme européenne. *Mém. Sci. Terre* 85-07, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris.
- BITTERLI, P. 1972: Erdölgeologische Forschungen im Jura. *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 39/95, 13–28.
- 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. Sci. nat.* 79, 65–91.
- BURKHARD, M. 1988: L'Helvétique de la bordure occidentale du massif de l'Aar (évolution tectonique et métamorphique). *Eclogae geol. Helv.* 81, 63–114.
- 1990: Aspects of the large-scale Miocene deformation in the most external part of the Swiss Alps (Subalpine Molasse to Jura fold belt). *Eclogae geol. Helv.* 83, 559–583.
- BUTLER, R. W. H. 1987: Field excursion guide; External Western Alpine thrust belt. Tectonic studies group.

- CARON, C., HOMEWOOD, P. & WILDI, W. 1989: The original Swiss Flysch: a reappraisal of the type deposits in the Swiss Prealps. *Earth-Sci. Rev.* 26, 1–45.
- CHAPLET, M. 1992: Relations stratigraphiques et tectoniques entre nappe des Aravis et Bornes dans le synclinal de nappes de Thônes (Massif subalpin des Bornes – Haute-Savoie France). *Eclogae geol. Helv.* 85, 23–43.
- CHAROLLAIS, J. & JAMET, M. 1990: Principaux résultats géologiques du forage Brizon 1 (BZN 1), Haute-Savoie, France. *Mém. Soc. géol. Suisse* 1, 185–202.
- CHAUVE, P., ENAY, R., CAMPY, Y., CONTINI, D., LAUBSCHER, H.P., MANGOLD, C., MARTIN, J. & MUDRY, J. 1980a: Jura Franco-Suisse, Excursion 024 A, Congr. géol. int. Paris. *Ann. sci. Univ. Besançon, Géol.* 4ème Sér., Fasc. 1, 81–114.
- CHAUVE, P., ENAY, R., FLÜCK, P. & SITTNER, C. 1980b: L'Est de la France (Vosges, Fossé Rhénan, Bresse, Jura). *Ann. sci. Univ. Besançon, Géol.* 4ème Sér., Fasc. 1, 1–80.
- CHAUVE, P., MARTIN, J., PETITJEAN, E. & SEQUEIROS, F. 1988: Le chevauchement du Jura sur la Bresse. Données nouvelles et réinterprétation des sondages. *Bull. Soc. géol. France* (8), 4/5, 861–870.
- CHAUVE, P., MARTIN, J., SEQUEIROS, F. & VALDIVIA, M. 1983: Définition et évolution géodynamique du faisceau de Quingey (Jura externe). *C.R. Acad. Sci. (Paris)* 297, 619–623.
- CLAVEL, B., CHAROLLAIS, J. & BUSNARDO, R. 1987: Données biostratigraphiques nouvelles sur l'apparition des faciès urgoniens du Jura au Vercors. *Eclogae geol. Helv.* 80, 59–68.
- DEBEGLIA, N. & GABLE, R. 1984: Socle, écorché anté-triasique. In: *Synthèse géologique du Sud-Est de la France, carte G3.* (Ed. par DEBRAND-PASSARD, J. & COURBOULEIX, S.). *Mém. Bur. Rech. géol. min.* 126/2.
- DETRAZ, H. & STEINHAUSER, N. 1988: Le bassin delphino-helvétique savoyard et sa marge jurassienne sous contrôle tectonique entre le Kimméridgien et le Valanginien. *Eclogae geol. Helv.* 81, 125–154.
- DOUDOUX, B. 1973: Nouvelles données tectoniques sur le massif des Bornes (Savoie). *Ann. Cent. Univ. Savoie* 1, sci. nat., 125–139.
- FERRAZZINI, B. & SCHULER, P. 1979: Eine Abwicklungskarte des Helvetikums zwischen Rhone und Reuss. *Eclogae geol. Helv.* 72, 439–454.
- GORIN, G. & AMBERGER, G. 1990: Apport de la sismique réflexion à l'étude de la géologie profonde de la cuvette genevoise entre Jura et front alpin. *Abstr. 106e Assem. gén. Soc. géol. Suisse, Genève.*
- GRATIER, J.P., MÉNARD, G. & ARPIN, R. 1989: Strain – displacement compatibility and restoration of the Chaînes Subalpines of the Western Alps. In: *Alpine tectonics.* (Ed. par: M.P. COWARD, D. DIETRICH & R.G. PARKS). *Geol. Soc. spec. Publ.* 45, 65–81.
- GUELLEC, S., LAJAT, D., MASCLE, A., ROURE, F. & TARDY, M. 1990a: Deep seismic profiling and petroleum potential in the Western Alps: Constraints with ECORS data, balanced cross sections and hydrocarbon modeling (extended abstract). In: *The potential of deep seismic profiling for hydrocarbon exploration.* (Ed. par: B. PINET & C. BOIS). *Ed. Technip, Paris*, 425–437.
- GUELLEC, S., MUGNIER, J.L., TARDY, M. & ROURE, F. 1990b: Neogene evolution of the western alpine foreland in the light of ECORS-data and balanced cross-sections. *Mém. Soc. géol. Suisse* 1, 165–184.
- GUELLEC, S., TARDY, M., ROURE, F. & MUGNIER, J.L. 1989: Une interprétation tectonique nouvelle du massif subalpin des Bornes (Alpes occidentales): apport des données de la géologie et de la géophysique profonde. *C.R. Acad. Sci. (Paris)* II, 309, 913–920.
- GUILLAUME, A., GUILLAUME, S., LLAC, F. & MEURISSE, M. 1972: Carte géologique de la France 1:50 000, feuille St-Claude, notice explicative. *Bur. rech. géol. min. (Orléans).*
- HOMEWOOD, P., ALLEN, P.A. & WILLIAMS, G.D. 1986: Dynamics of the Molasse Basin of western Switzerland. *Spec. Publ. int. Assoc. Sedimentologists* 8, 199–217.
- HUGGENBERGER, P. & WILDI, W. 1991: La tectonique du massif des Bornes (Chaînes subalpines, Haute-Savoie, France). *Eclogae geol. Helv.* 84, 125–149.
- KERRIEN, Y. 1982: Notice explicative de la feuille Poligny, 1:50 000. *Bur. Rech. géol. min. (Orléans).*
- KLINGELE, E. & MÜLLER, ST. 1987: La cartographie du soubassement magnétique du bassin molassique et du Jura suisse. *Eclogae geol. Helv.* 80, 17–36.
- LACOMBE, O., ANGELIER, J., BERGERAT, F. & LAURENT, PH. 1990: Tectoniques superposées et perturbations de contrainte dans la zone transformante Rhin-Saône: apport de l'analyse des failles et des macles de la calcite. *Bull. Soc. géol. France* (8), 6/5, 853–863.
- LATELTIN, O. 1988: Les dépôts turbiditiques oligocènes d'avant-pays entre Annecy (Haute-Savoie) et le Sa-netsch (Suisse). *Thèse Univ. Fribourg* 949.
- LATELTIN, O. & MÜLLER, D. 1987: Evolution paléogéographique du bassin des Grès de Taveyannaz dans les Aravis (Haute-Savoie) à la fin du Paléogène. *Eclogae géol. Helv.* 80, 127–140.

- LAUBSCHER, H. P. 1965: Ein kinematisches Modell der Juraufaltung. *Eclogae geol. Helv.* 58, 232–318.
- LOUP, B. 1992: Evolution de la partie septentrionale du domaine helvétique en Suisse occidentale au Trias et au Lias: contrôle par subsidence thermique et variations du niveau marin. *Publ. Dépt. Géol. Paléont., Univ. Genève* 12.
- MARTIN, J., CHAUVE, P. & SEQUEIROS, S. F. 1986: Le contexte polyphasé du faisceau salinois. *Ann. sci. Univ. Besançon, Géol. 4ème Sér., Fasc. 7*, 43–47.
- MATHIS, M. 1974: La Chaîne de l'Heute (Jura). *Ann. sci. Univ. Besançon, Géol. 3ème Sér., Fasc. 22*, 65–68.
- MATTER, A., HOMEWOOD, P., CARON, CH., RIGASSI, D., STUIJVENBERG, J., WEIDMANN, M. & WINKLER, W. 1980: Flysch and Molasse of Western and Central Switzerland. In: *Geology of Switzerland: a guide-book. Part B: Geological excursions, excursion IV*, 261–293. Ed. Comm. géol. Suisse, Wepf, Basel.
- MICHEL, P. & CAILLON, G. 1960: Quelques précisions apportées par les récents travaux de la Régie autonome des pétroles en Savoie. *C.R. Soc. géol. France* 3, 53–54.
- MUGNIER, J. L., ARPIN, R. & THOUVENOT, F. 1987: La construction de coupes équilibrées: méthodes et applications au nord du massif subalpin de la Chartreuse. *Geodin. Acta* 4, 125–137.
- MUGNIER, J. L. & VIALON, P. 1986: Deformation and displacement of the Jura cover on its basement. *J. struct. Geol.* 8, 373–387.
- PAIRIS, B. 1975: Contribution à l'étude stratigraphique, tectonique et métamorphisme du massif du Platé. Thèse Univ. Grenoble.
- PIFFNER, O. A. 1986: Evolution of the north alpine foreland basin in the Central Alps. *Int. Assoc. Sedimentologists spec. Publ.* 8, 219–228.
- PHARISAT, A. & RANGHEARD, Y. 1986: Analyse granulométrique de sédiments du Miocène inférieur de la Haute-Chaîne jurassienne. *Ann. sci. Univ. Besançon, Géol. 4ème Sér., Fasc. 7*, 3–33.
- PLATT, J. P., BEHRMANN, J. H., CUNNINGHAM, P. C., DEWEY, J. F., HELMAN, M., PARISH, M., SHEPLEY, M. G., WALLIS, S. & WESTON, P. J. 1989: Kinematics of the Alpine arc and the motion history of Adria. *Nature* 337, 158–161.
- PLESSMANN, W. 1972: Horizontal-Stylolithen im französisch-schweizerischen Tafel- und Faltenjura und ihre Einpassung in den regionalen Rahmen. *Geol. Rdsch.* 61, 332–347.
- RAT, P. 1978: Les phases tectoniques au Tertiaire dans le Nord du fossé bressan et ses marges bourguignonnes en regard des systèmes d'érosion et de sédimentation. *C.R. Soc. géol. France* 5, 231–234.
- RICOUR, J. 1956: Le chevauchement de la bordure occidentale du Jura sur la Bresse dans le région de Lons le Saunier. *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 23/64, 57–70.
- RIGASSI, D. 1957: Le Tertiaire de la région genevoise et savoissienne. *Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 24/66, 19–34.
- 1962: A propos de la tectonique du Risoux (Jura vaudois et francomtois). *Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 29/76, 39–50.
- 1977: Genèse tectonique du Jura: Une nouvelle hypothèse. *Palaeolab News (Genève)* 2.
- ROSSET, J. 1957: Description géologique de la Chaîne des Aravis entre Cluses et Col des Aravis (Haute-Savoie). Thèse Fac. Sci. Univ. Grenoble, Librairie Polytech. Ch. Béranger, Paris/Liège.
- SAMBETH, U. & PAVONI, N. 1988: A seismotectonic investigation in the Geneva Basin, southern Jura Mountains. *Eclogae geol. Helv.* 81, 433–440.
- SEQUEIROS, F., CHAUVE, P., MARTIN, J. & PETIT-JEAN, E. 1986: Une coupe du faisceau Lédonien au Sud de Lons le Saunier, de Messia à Pully. *Ann. sci. Univ. Besançon, Géol. 4ème Sér., Fasc. 7*, 49–53.
- TARDY, M. & DOUDOUX, B. 1984: Un trait nouveau de la structure du synclinal de nappes de Thônes (Massif des Bornes, Haute-Savoie): le chevauchement cisailant de la montagne de Cotagne. *Géol. alp. (Grenoble)* 60, 77–84.
- TRUFFET, C., BURG, J. P., CAZES, M., BAYER, R., DAMOTTE, B. & REY, D. 1990: Structures crustales sous le Jura et la Bresse: contraintes sismiques et gravimétriques le long des profils ECORS Bresse-Jura et Alpes II. *Mém. Soc. géol. Suisse* 1, 157–164.
- TRÜMPY, R. 1969: Die helvetischen Decken der Ostschweiz: ein Versuch einer palinspastischen Korrelation und Ansätze zu einer kinematischen Analyse. *Eclogae geol. Helv.* 62, 105–142.
- TRÜMPY, R. 1980: *Geology of Switzerland; a guide book.* Wepf, Basel.
- TSCHANZ, X. 1990: Analyse de la déformation du Jura central entre Neuchâtel (Suisse) et Besançon (France). *Eclogae geol. Helv.* 83, 543–558.
- VILLARS, F. 1986: Structure et cinématique des déformations dans la chaîne des Aravis (zone delphino-helvétique, Haute-Savoie, France): implications régionales. *Géol. alp. (Grenoble)* 62, 107–116.

- WILDI, W., BLONDEL, T., CHAROLLAIS, J., JAQUET, J. M. & WERNLI, W. 1991: Tectonique en rampe latérale à la terminaison occidentale de la Haute-Chaîne du Jura. *Eclogae geol. Helv.* 84, 265–277.
- WILDI, W., FUNK, H., LOUP, B., AMATO, E. & HUGGENBERGER, P. 1989: Mesozoic subsidence history of the European marginal shelves and basins of the alpine Tethys (Helvetic realm, Swiss Plateau and Jura). *Eclogae geol. Helv.* 82, 817–840.
- WINNOCK, E. 1961: Résultats géologiques du forage du Risoux 1. *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 28/74, 17–26.

Manuscrit reçu le 2 avril 1991

Révision acceptée le 2 novembre 1992

Planche 1

Coupes tectoniques des Chaînes subalpines à la Bresse. A: Kerrien (1982), B: position du socle selon Bitterli (1972), D: horst de Poisoux selon Guellec et al. (1990b), E: simplifié selon Huggenberger et Wildi (1991), F: d'après Wildi et al. (1991), G: bassin genevois et Salève selon Guellec et al. (1990b), modifié, Bornes selon Huggenberger et Wildi (1991), H: Faisceau d'Ambérieux selon Chauve et al. (1980b), I: Coupe de Michel et Caillon (1960), J: Huggenberger et Wildi (1991).

COUPES TECTONICOSES DES CHAINES SUBALPINES AU FOSSE BRESSAN

par Walter WILDI et Peter HUGGENBERGER

