Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 84 (1991)
Heft: 3: [Emile Argand 1879-1940]

Artikel: Géologie structurale dans les Préalpes médianes (Suisse)
Autor: Mosar, Jon
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-166793

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: 12.07.2025

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

Eclogae geol. Helv. 84/3: 689–725 (1991)

0012-9402/91/030689-37 $ 1.50 + 0.20/0
Birkhäuser Verlag, Basel

Géologie structurale dans les Préalpes médianes (Suisse)[2])

Par JON MOSAR[1])

Scribitur ad narrandum, non ad probandum
(Quintillien, Instit. orat., X,1,31)

Mots-clefs: Préalpes médianes romandes, Médianes plastiques, Médianes rigides, plis-failles, chevauchements, écailles imbriquées, décrochements, déformation diachrone, déformation précoce.

RÉSUMÉ

La partie frontale (septentrionale) des Préalpes médianes romandes (en Suisse) est formée par une succession de plis-failles, essentiellement du type fault-propagation fold, orientés E-W dans la partie orientale et NNE-SSW, voire N-S dans la partie occidentale. Les plis et les chevauchements, génétiquement liés, ont une extension latérale limitée et se relayent au niveau de structures en échelons. L'arrière de la nappe est formée par une, voire deux ou même trois écailles tectoniques imbriquées, inclinées vers le N/NW. Ces écailles se sont développées sur des rampes et plats en adoptant une géométrie du type fault-bend fold. Deux directions de transport S-N et SE-NW vers l'avant pays alpin ont pu être mises en évidence. La géométrie des structures des Préalpes médianes, leur relations avec les unités encaissantes et l'âge des sédiments les plus jeunes dans les différentes unités préalpines permettent de proposer un nouveau modèle du développement structural des Préalpes médianes. Cette structuration tectono-métamorphique se fait de manière diachrone depuis l'arrière de la nappe (Sud) vers l'avant (Nord) et avant l'arrivée des Préalpes médianes sur le front septentrional de l'Helvétique.

ABSTRACT

The Préalpes médianes plastiques romandes (Switzerland) consist of a succession of large scale fault related folds, mainly of fault-propagation fold type, oriented E-W in the oriental part of the nappe to NNE-SSW and even N-S in the occidental part of the nappe. Folds and their genetically linked thrustplanes die out laterally and are relayed by other folds, thus forming "en échelon" structures. The trailing part of the nappe (Préalpes médianes rigides) is formed by one major, in some places one or two minor, imbricated thrust slices dipping to the N/NW. These imbrications have developed on ramp and flat structures and acquired a fault-bend fold geometry. Two major transport directions, S-N and SE-NW, towards the alpine foreland have been determined. Information on the fold geometry in the Préalpes médianes, their relation with neighboring units and the age of the youngest sediments in the different prealpine units have made it possible to propose a new model for the structural evolution of the Préalpes médianes. Thus the large and small scale tectono-metamorphic events proceed continuously and diachronically from S (trailing edge of the nappe) to N (frontal part of the nappe). The structures being achieved before the Préalpes médianes reach the northern border of the Helvetic domain.

[1]) Musée Géologique, Université de Lausanne-BFSH2, CH–1015 Lausanne, Switzerland.

[2]) Extrait d'un travail de thèse réalisé à l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel.

1. Introduction

1.1 Les unités préalpines

Par Préalpes on entend les deux arcs de montagnes entre les vallées de l'Arve, du Rhône et de l'Aar et qui se trouvent au front NW des Hautes Alpes calcaires. En fait il s'agit d'un empilement de plusieurs unités provenant de la marge continentale européenne (Sub-briançonnais, Briançonnais, Piémontais), du domaine valaisan, du domaine océanique téthysien (Liguro-Piémontais) et de la marge continentale apulo-adriatique (Austro-alpin) (voir Caron 1972, 1973; Caron et al. 1980a, b; Trümpy 1980; Boillot et al. 1984, Stampfli & Marthaler 1990). A leur front elles reposent sur la Molasse autochtone et la Molasse subalpine par l'intermédiaire d'un Wildflysch et de l'Ultrahelvétique. Ce dernier est considéré ici comme ne faisant pas directement partie de l'ensemble des unités tectoniques des Préalpes à proprement dire. De même en direction des Hautes Alpes Calcaires elles reposent sur les nappes Helvétiques par l'intermédiaire de l'Ultrahelvétique. Les klippes en Suisse centrale et orientale (Stanserhorn et Mythen entre autres, voir aussi Felber 1984) et en France (Annes et Sulens) constituent des équivalents latéraux des Préalpes (fig. 1). Parmi les nappes préalpines on distingue tectoniquement du haut vers le bas (fig. 1): [i] la Nappe Supérieure,

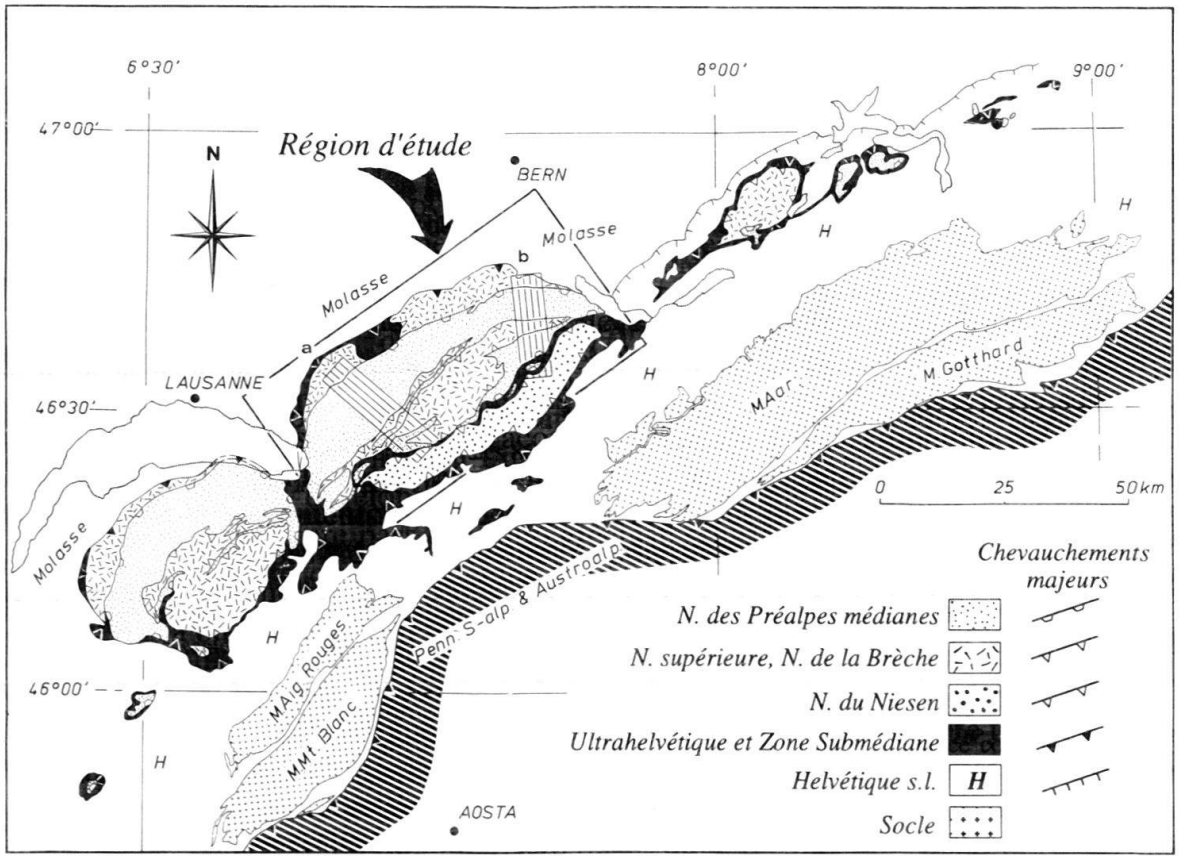


Fig. 1. Carte structurale simplifiée montrant les Préalpes, les Klippes et leur position par rapport au structures alpines majeures. La zone submédiane qui sépare la N. du Niesen et les Préalpes médianes est regroupée avec le même figuré que les terrains de l'Ultrahelvétique. Les aires désignés par les lettres a, b, indiquent les secteurs pris en considération pour construire les coupes de la figure 2 (modifié d'après Spicher 1980).

elle-même subdivisée en quatre unités: la nappe des Gets, la nappe de la Simme, la nappe des Dranses et la nappe du Gurnigel (à laquelle on associe aussi la nappe de la Sarine; CARON 1972; TRÜMPY 1980); [ii] la nappe de la Brèche; [iii] la nappe des Préalpes médianes et [iv] la nappe du Niesen, qui existe uniquement dans les Préalpes romandes, constitue l'unité actuellement la plus méridionale (CARON 1972, 1973; BERNOULLI et al. 1979; MATTER et al. 1980; ACKERMANN 1986; CARON et al. 1989). Il est à noter que les Préalpes médianes sont séparées de la nappe du Niesen par une unité désignée de «Zone Submédiane» (voir WEIDMANN et al. 1976) et dont l'origine paléogéographique se situe entre le domaine valaisan et le domaine briançonnais.

Depuis qu'on s'est attaché à leur étude, les Préalpes ont été le lieu de découvertes telles que le caractère chevauchant des Préalpes par SCHARDT (1898) et LUGEON (1902), la tectonique de gravité (LUGEON & GAGNEBIN 1941) et la diverticulation (LUGEON 1943). Depuis cette époque les travaux d'analyse tectonique appliquant les méthodes qualitatives et quantitatives de la géologie structurale restent peu nombreux dans les Préalpes (BADOUX & MERCANTON 1962; BAUD & MASSON 1976; PLANCHEREL 1976, 1979; MASSON et al. 1980; DORTMANN 1982; MÜLLER & PLANCHEREL 1982). Un aperçu historique de l'évolution des travaux de recherche menés dans les Préalpes est donné par MASSON (1976).

Nous allons ici tenter d'analyser l'histoire structurale des Préalpes médianes en nous appuyant sur les résultats obtenus par l'analyse structurale de données de terrain recueillies nouvellement et disponibles dans la littérature. Ensuite, nous allons proposer une histoire cinématique des Préalpes médianes dans le contexte des autres unités préalpines. Les résultats d'études sur le métamorphisme transporté et la déformation interne sont discutés ailleurs (MOSAR 1988b, 1989) et ne seront que brièvements résumés ici.

1.2 Géologie générale des Préalpes médianes

Les Préalpes médianes forment la plus importante des nappes préalpines. D'origine briançonnaise et sub-briançonnaise on la subdivise en Médianes plastiques au NW, formant la partie frontale de la nappe, et en Médianes rigides au SE et à l'E, formant la partie arrière de la nappe (LUGEON & GAGNEBIN 1941). Dans l'arc romand on distingue en plus les chaînes ou zones des Gastlosen avec des caractères intermédiaires (fig. 2). Son attribution aux Médianes rigides ou plastiques reste discutée (LUGEON & GAGNEBIN 1941; BAUD 1972; PLANCHEREL 1979, p. 155).

On ne peut parler des Préalpes médianes sans évoquer leur patrie. Les travaux de ELLENBERGER (1953), plus récemment ceux de BAUD & SEPTFONTAINE (1980), de SARTORI (1987, 1988a, b) et d'ESCHER (1988), montrent les correspondances entre les diverses parties des Préalpes médianes et les séries observées dans la nappe de Siviez-Mischabel. Alors que les Préalpes médianes se sont détachées de leur substratum et ont subi une tectonique tégumentaire, leur homologue oriental est resté solidaire de son socle anté-triasique et a subi une déformation plastique avec celui-ci. Avant d'atteindre leurs position actuelle au Nord des unités helvétiques, les Préalpes ont été transportées sur plus de 100 km (MASSON 1976).

Les Préalpes médianes sont formées de séries carbonatées, dolomies, calcaires, marno-calcaires, argiles et marnes en alternance ou en bancs massifs allant du Trias

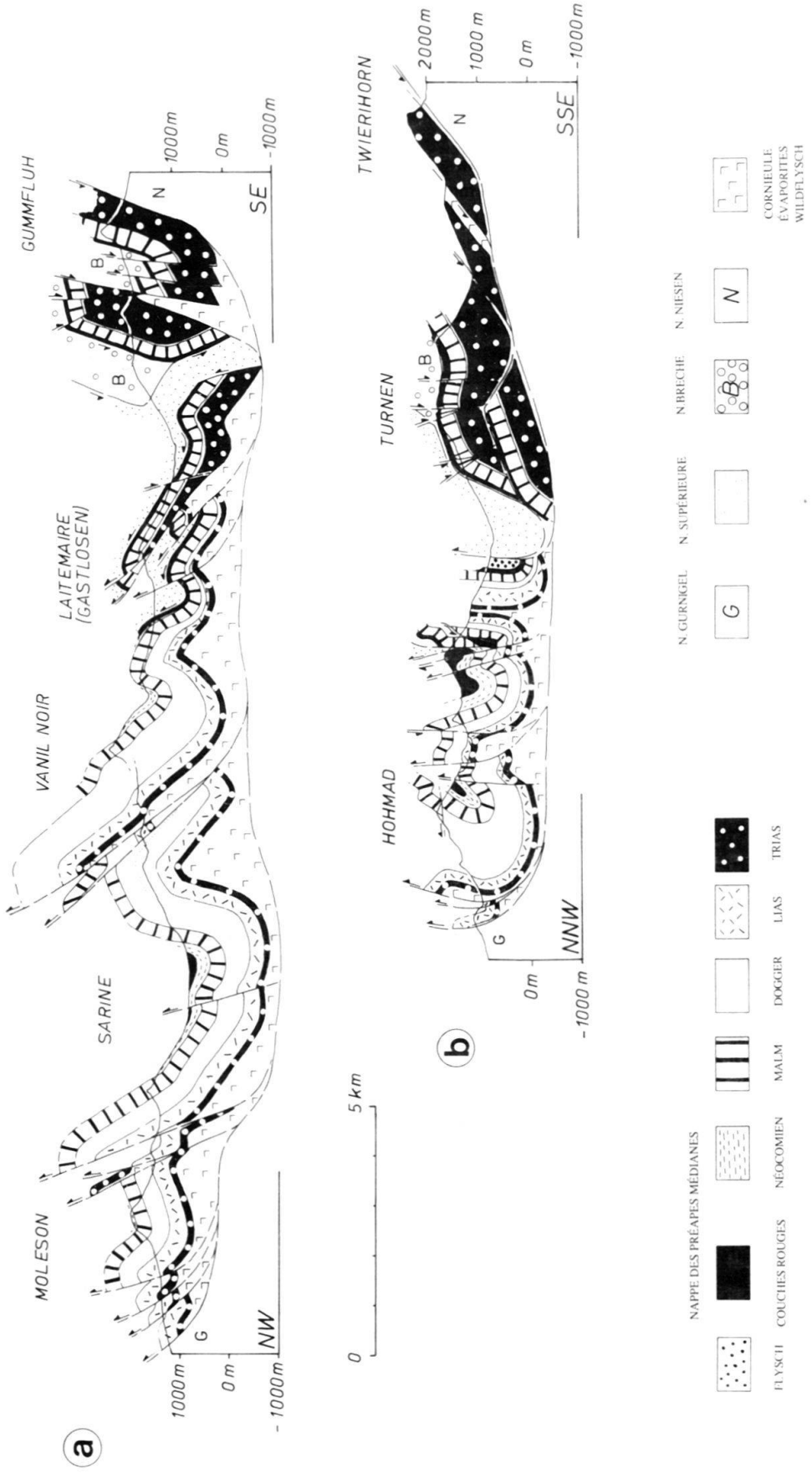


Fig. 2. Profils tectoniques synthétiques. Le chevauchement basal des Préalpes se fait sur des niveaux fortement tectonisés de l'Ultrahelvétique accompagnés des gypses et cornieules des Préalpes. Notez que les terrains de la zone Submédiane, séparant les Préalpes médianes de la Nappe du Niesen, et les terrains ultrahelvétiques sont regroupés indifféremment dans le même figuré de *cornieule, évaporites, wildflysch*. Localisation voir fig. 1.

jusqu'au Tertiaire. Des descriptions synthétiques des successions lithologiques et de la stratigraphie sont données par: BADOUX & MERCANTON (1962), PLANCHEREL (1979, 1990), BAUD & SEPTFONTAINE (1980), TRÜMPY (1980) et BAUD et al. (1989).

Dans les Médianes plastiques la série stratigraphique commence par les formations argilo-dolomitiques du Trias supérieur. Elle est complète jusqu'au Crétacé supérieur et se termine par des flyschs schisto-gréseux et des wildflyschs tertiaires. Dans les Médianes rigides, en revanche, la série commence avec le Trias moyen, mais est lacunaire dans le Trias supérieur, le Lias, le Dogger et le Crétacé inférieur. La colonne stratigraphique se termine là aussi avec des flyschs schisto-gréseux tertiaires. Le lecteur trouvera des descriptions de ces séries dans BAUD (1972, 1987) pour le Trias, METTRAUX (1988) et THÜRY (1973, inédit) pour le Lias, SEPTFONTAINE (1976, 1979), FURRER & SEPTFONTAINE (1977) et FURRER (1979) pour le Dogger, WEISS (1949), ISENSCHMID (1983), HEINZ (1985) et HEINZ & ISENSCHMID (1988) pour le Malm, BOLLER (1963) pour le Néocomien et GUILLAUME (1986), CARON & DUPASQUIER (1989) ainsi que PYTHON-DUPASQUIER (1990) pour le Crétacé.

Associé aux chevauchements dans les niveaux du Trias on rencontre d'importantes masses de cornieule (BAUD 1972, MASSON 1972, JEANBOURQUIN 1988). Leur épaisseur, voire leur volume total reste discutable, mais peut atteindre 1000 m dans nos coupes (fig. 2). Il ne s'agit la probablement pas uniquement de cornieules et d'évaporites, mais d'un «mélange tectonique» dans lequel sont incorporés des blocs d'Ultrahelvétique (BADOUX & NORBERT 1952). Pour la construction des coupes, nous avons attribué des épaisseurs moyennes mais variables pour les différents niveaux.

1.3 Métamorphisme transporté et déformation interne

L'évolution de la paragenèse des minéraux argileux et de la cristallinité de l'illite, dans des roches du Trias moyen, du Malm et du Crétacé sup.-Tertiaire, fait ressortir une augmentation progressive de l'intensité métamorphique depuis la diagenèse au front de la nappe (Médianes plastiques), jusqu'à l'épizone à l'arrière de la nappe (Médianes rigides; pour des références complètes voir MOSAR 1988a). Afin d'expliquer les températures dépassant les 300 °C dans les Médianes rigides, et dans l'hypothèse d'un gradient géothermique de 30 °C/km, il faut admettre l'existence d'une surcharge d'enfouissement d'environ 10 km à un moment donné de l'histoire géologique des Préalpes médianes. La nappe de la Brèche, qui n'existe que sur le dos des Médianes rigides, est dans l'anchizone à sa base et dans la diagenèse au sommet. La Nappe supérieure, dans l'ensemble des Préalpes, ne dépasse pas la diagenèse profonde. On observe un gradient métamorphique horizontal du front des Préalpes médianes vers l'arrière en passant de la diagenèse à l'épizone. Dans la partie méridionale des Préalpes on note de plus un gradient vertical du sommet vers la base, depuis la diagenèse (N. supérieure) par l'anchizone (base de la N. de la Brèche et le sommet des Médianes rigides) jusqu'à l'épizone (base des Médianes rigides).

L'étude de l'évolution de la cristallinité de l'illite dans un profil vertical à l'arrière des Médianes rigides montre un métamorphisme progressif de l'anchizone profonde, dans les Couches Rouges du sommet, jusqu'à l'épizone près du chevauchement basal des Médianes rigides. On retombe ensuite dans la diagenèse dès que l'on passe dans la nappe du Niesen. Ce saut dans l'intensité du métamorphisme entre les Médianes

rigides et les unités sous-jacentes s'explique si on l'admet *transporté* dans les Préalpes médianes et acquis avant que celles-ci ne se mettent en place sur la nappe du Niesen.

La déformation interne a été étudiée en utilisant la distorsion de pellets et le maclage de grains de calcite sparitique (Mosar 1989). A l'avant des Préalpes médianes plastiques, où la déformation est faible, ce sont surtout les mécanismes de déformation transgranulaires, principalement la dissolution-cristallisation, qui prédominent. L'intensité de déformation augmente lorsqu'on va vers l'arrière, dans les Médianes rigides, où prédominent les mécanismes de déformation intragranulaires tels que le maclage de la calcite accompagnés d'une recristallisation dynamique. L'extension finie calculée est parallèle à la direction générale de transport vers le NW à proximité des plans de chevauchements. Ailleurs dans la nappe, l'extension plonge avec un fort angle par rapport aux plans de chevauchements.

Dans les Médianes plastiques, la déformation est associée au plissement. Elle s'est faite après la mise en place de la Nappe supérieure sur les Médianes plastiques, car le chevauchement basal de la Nappe supérieure est replissé avec les plis des Médianes plastiques. Dans les Médianes rigides, la déformation est associée aux chevauchement basal au mur des écailles et au chevauchement de la nappe de la Brèche au toit des écailles. L'intime association entre la déformation interne et le métamorphisme ainsi que le fait que ce dernier est transporté (Mosar 1988b), nous amène à dire que la *déformation est précoce,* c'est-à-dire antérieure au transport des Préalpes médianes par dessus les nappes Helvétiques.

2. Géologie structurale des Préalpes médianes

Nous allons traiter dans ce chapitre les différents aspects macro- et mésoscopiques de la géologie structurale des Préalpes médianes et tenter de les intégrer dans un schéma global de la cinématique des chevauchements. Les documents cartographiques, les résultats de nombreuses études publiées et non publiées et les données recueillies sur le terrain nous ont permis de construire deux coupes dans les Préalpes médianes romandes (fig. 2).

La réalisation de ces coupes s'inspire de techniques de construction de *coupes équilibrées.* Ces techniques se fondent sur la *loi de conservation de volume* (Goguel 1952, Laubscher 1962, 1965, Dahlstrom 1969, 1990) et la *méthode des kink* ou *parallel folding* (Coates 1945, Faill 1973, Suppe 1983, 1985, Suppe & Medwedeff

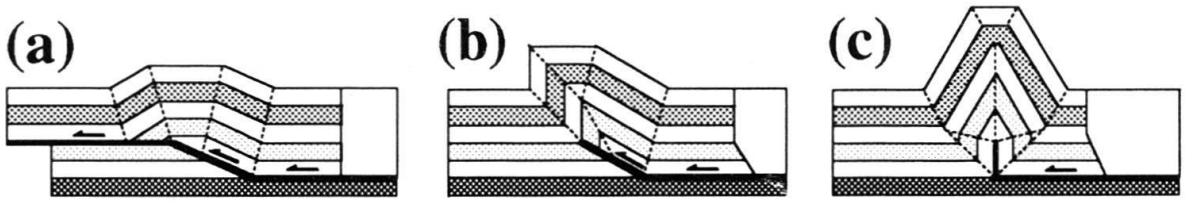


Fig. 3. Modèles de plis rétrodéformables. (a) *Fault-bend fold,* modèle avec simple rampe et sans cisaillement; (b) *fault-propagation fold,* modèle avec simple rampe et cisaillement dans les niveaux inférieurs; (c) pli de décollement *(detachment-* ou *lift-off fold),* modèle symétrique avec cisaillement dans les niveaux inférieurs. Les lignes en pointillé – tireté marquent les surfaces axiales, les flèches indiquent le sens de mouvement sur les surfaces de chevauchement.

1991). Elles sont appliquées à des structures où plis et failles sont génétiquement reliés (Boyer & Elliott 1982; Butler 1982; Diegel 1986; Jamison 1987; Mitra & Namson 1989; Mitra 1990; Mosar 1991). Les structures rencontrées le plus fréquemment dans les Préalpes médianes sont des types suivants: «fault-bend folding», «fault-propagation folding» et «detachment» ou «lift-off folding» (fig. 3). Comme les roches des Préalpes médianes n'ont subi que peu de déformation, sous des conditions de métamorphisme faible uniquement – corollaire des méthodes évoquées – l'utilisation des-dites techniques se justifie.

2.1 Plis: allure et orientation

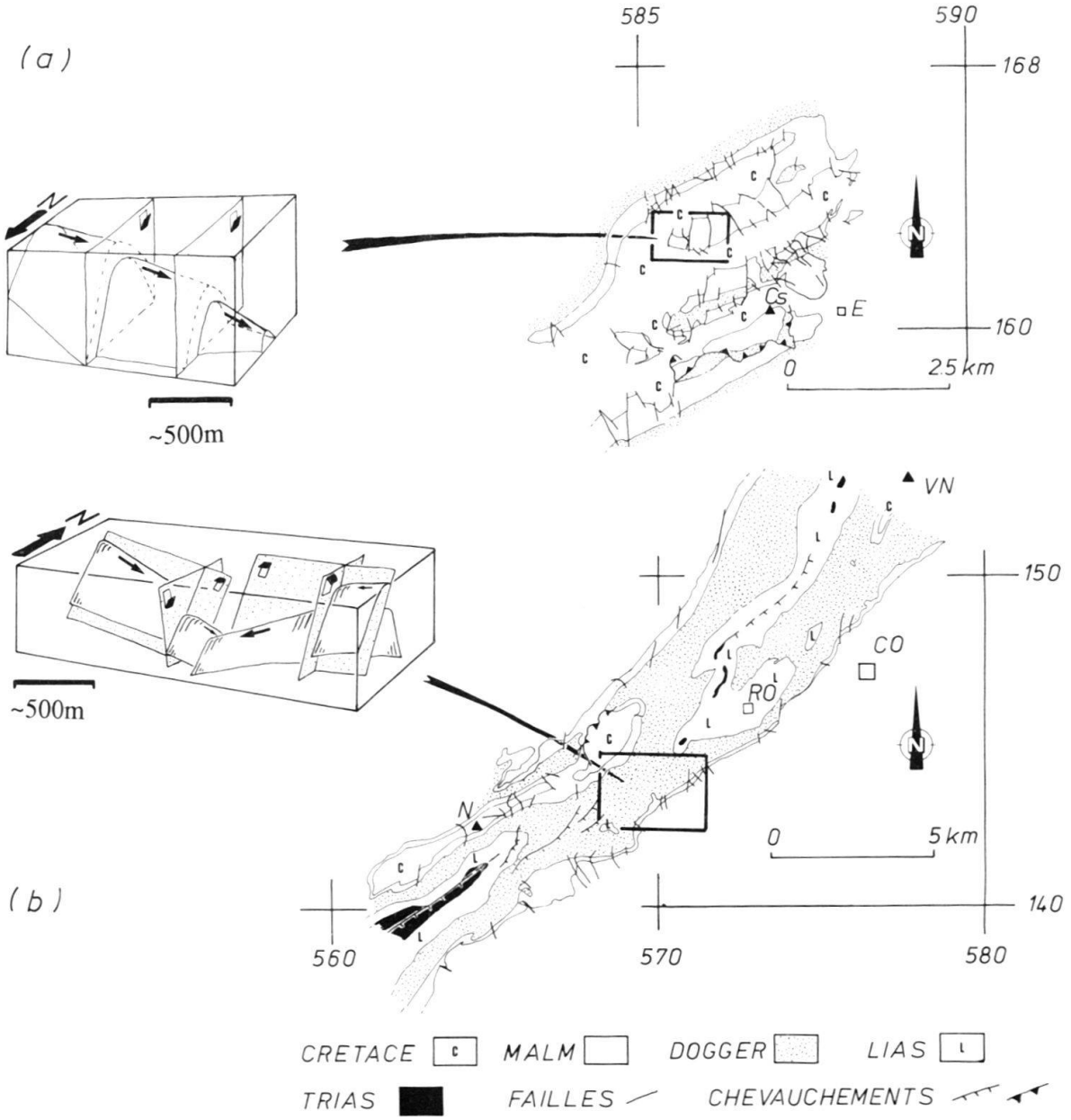


Fig. 4. Ecorchés tectoniques et cartes simplifiées. (a) Région à l'W du décrochement Bellegarde-Lac Noir; (b) Anticlinal de Tinière-Rossinière-Vanil Noir. Co = Château d'Oex; Cs = Chörblispitz; E = Euschelpass; N = Rochers de Naye; RO = Rossinière; VN = Vanil Noir.

Plis à grande échelle

La description des plis à grande échelle a été entreprise dès les premières études géologiques dans les Préalpes. Parmi les nombreux auteurs, citons plus particulièrement ceux qui se sont attachés à l'étude de l'allure des plis: SCHARDT (1884), JEANNET (1922), BIERI (1925), UMIKER (1952), NICOL (1956), PLANCHEREL & WEIDMANN (1972), PLANCHEREL (1976, 1979), MÜLLER & PLANCHEREL (1982).

Les ***Médianes plastiques*** sont formées d'une succession de synclinaux et anticlinaux de grande envergure (longueur d'onde kilométrique, fig. 2). Les plans axiaux sont redressés et inclinés vers le SE à ESE dans la partie ouest des Préalpes médianes, verticaux et à pendage vers la N-NW dans la partie E (région du Hohmad-Stockhorn).

C'est la puissante barre de calcaires du Malm (environ 200 m) qui forme l'ossature des Médianes plastiques avec des plis d'envergure hectométrique à kilométrique (fig. 2). Ces plis sont disposés en échelon et se relayent latéralement au niveau de terminaisons périclinales où le plongement axial peut atteindre 40°. L'anticlinal de Rossinière-la Tinière, décrit par PLANCHEREL & WEIDMANN (1972) et PLANCHEREL (1979), illustre ces structures en relais, fréquentes dans les Médianes plastiques (fig. 4b). D'autres exemples sont l'anticlinal au S du Vanil Noir, et le synclinal perché du Moléson.

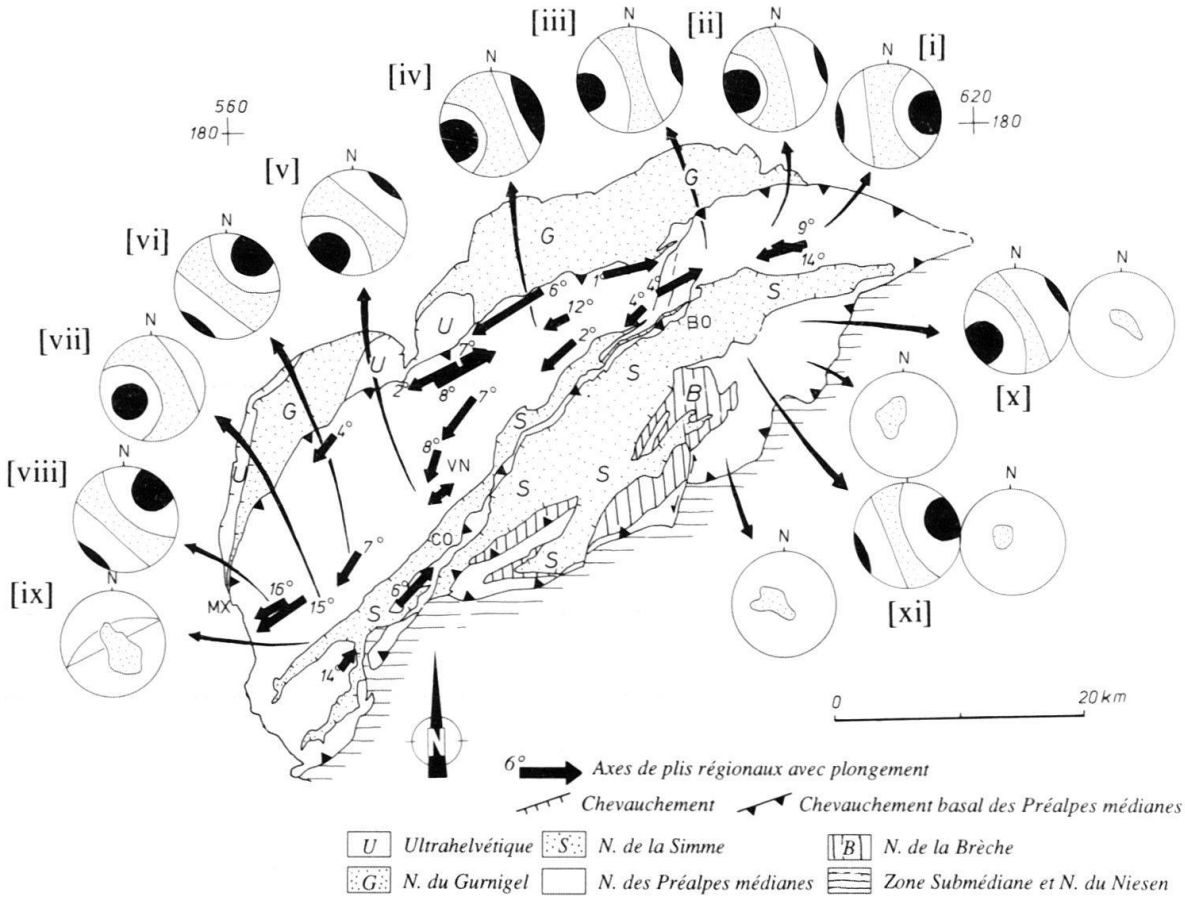


Fig. 5. Carte simplifiée des Préalpes avec stéréogrammes synthétiques et axes de plis régionaux. Les chiffres des canevas réfèrent à la fig. 11. Les stéréogrammes sans numérotation correspondent à la fig. 9 (Canevas de Wulff, hémisphère supérieure).

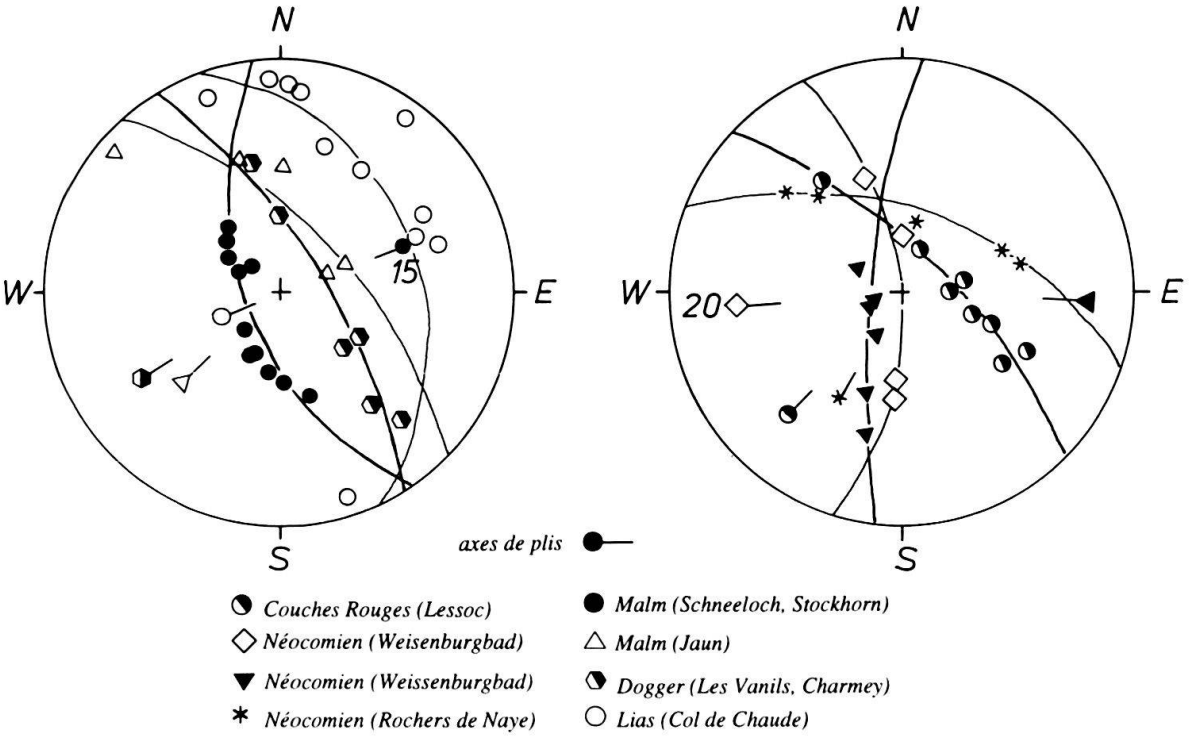


Fig. 6. Géométrie (allure des grands cercles) de quelques plis à petite et grande échelle des Préalpes médianes en projection stéréographique. Les chiffres à côté des axes de plis indiquent le demi-angle d'ouverture du cône pour les plis coniques (Canevas de Wulff, hémisphère supérieure).

Bieri (1925, p. 95) illustre dans un bloc diagramme l'allure en échelon de ces plis dans la région du Gantrisch. L'inclinaison régionale des axes de plis (mesure de l'inclinaison entre deux affleurements de terminaison périclinale d'une même structure) est cependant modérée, entre 0° et 16° (fig. 5). Leur orientation varie entre E-W et ENE-WSW dans la partie orientale et SW-NE à SSW-NNE dans la partie occidentale. Généralement de forme cylindrique (fig. 6: Lias, Col de Chaude et Malm, Jaun), ces plis évoluent vers des formes coniques dans les terminaisons périclinales (fig. 6: Malm, Schneeloch-Stockhorn).

A l'ensemble de ces structures sont associées des failles plus ou moins perpendiculaires à l'axe du pli. Elles ont pour effet de créer des compartiments et peuvent contribuer à accentuer le plongement axial des zones périclinales (fig. 4a). De plus, il existe des failles chevauchantes parallèles à l'axe du pli (fig. 2, 4b). Ces chevauchements peuvent disparaître latéralement et sont relayés par des plis (voire p.ex. l'anticlinal du Stockhorn dans les Médianes plastiques de l'Est, fig. 7).

L'étroite association entre anticlinaux, failles, chevauchements qui viennent mourir latéralement, et terminaisons périclinales, correspond à la description d'un *fault-propagation fold* (fig. 3b). En effet, dans ce type de plis, un anticlinal se développe au-dessus et en avant d'un chevauchement aveugle, en réponse à la propagation de ce dernier. L'aspect de ces plis est cependant altéré dans les Médianes plastiques par le fait que bon nombre de failles se propagent ultérieurement jusqu'en surface (fig. 2a, plis-failles autour du Moléson, voir aussi Suppe & Medwedeff 1991). Lorsque ces plis ne

sont pas faillés, ils peuvent prendre l'allure de *plis de détachement* ou *lift-off folds* (fig. 3c; Laubscher 1977; Mitra & Namson 1989), dont un exemple serait l'anticlinal sur la rive SE de la Sarine (fig. 2a).

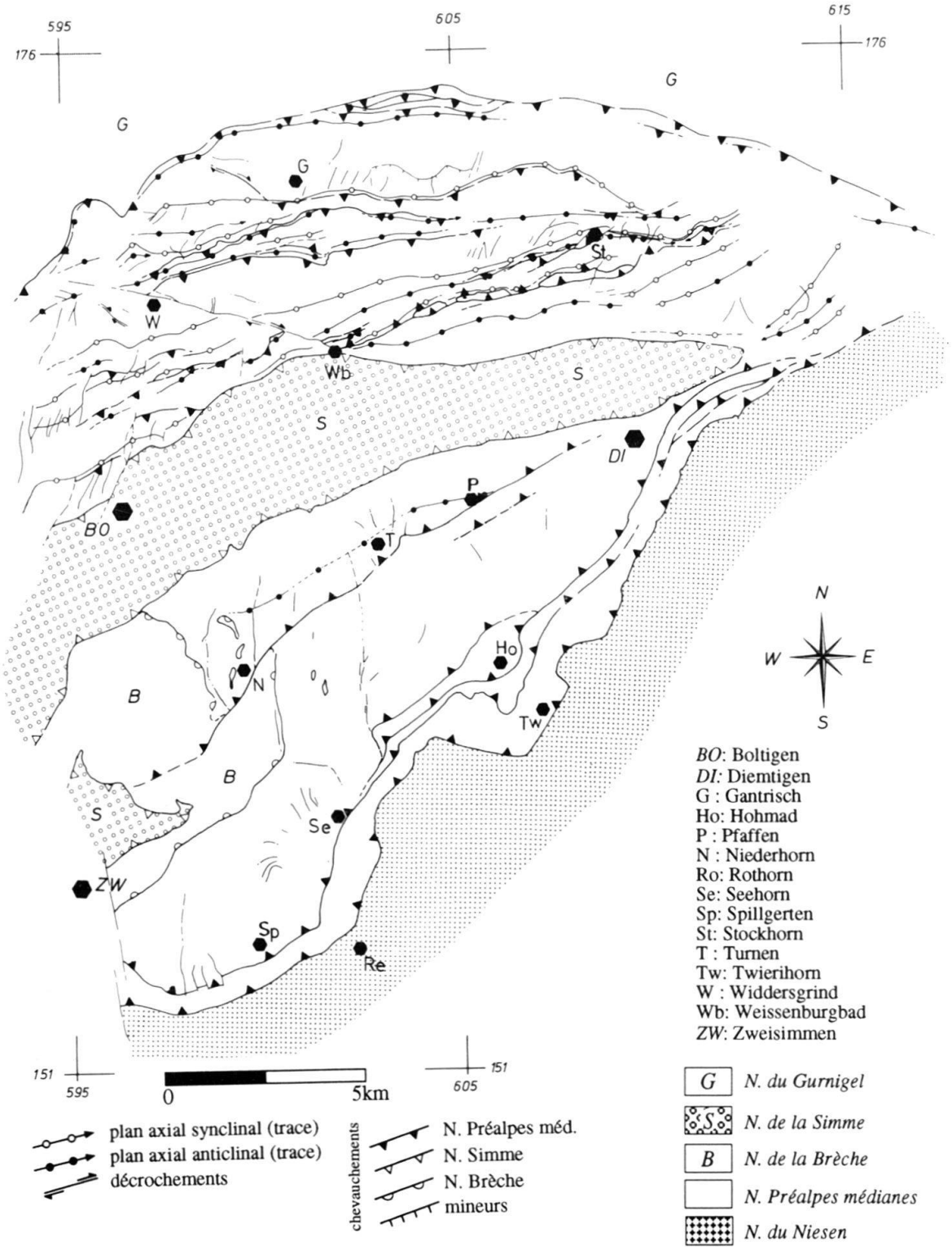


Fig. 7. Carte tectonique des Préalpes médianes orientales (voir aussi Rabowski 1912, Beck & Gerber 1925, Tercier & Bieri 1961).

Dans les ***Médianes rigides*** les structures sont en forme d'écailles monoclinales. L'écaille la plus importante, en volume (écaille principale), est fortement inclinée au NW dans sa partie septentrionale, moins inclinée dans sa partie méridionale où elle est séparée en deux segments par un, voire plusieurs, grands accidents. Ces failles verticales, orientées NE-SW, affaissent le bloc Sud de quelques 200 à 400 mètres (fig. 2b, 8; JACCARD 1904; RABOWSKI 1912).

Suivant le secteur étudié, l'orientation et le pendage de la stratification montrent des différences notables, comme p.ex. entre l'écaille du Tierlaufhorn (fig. 9, Trias a) et du Twierihorn (fig. 9, Trias b). Les Médianes rigides ne forment donc pas une structure uniformément inclinée vers le NW, mais un ensemble de blocs à pendages variables vers le N, NW, W, voire SW. Ces différents fragments sont séparés les uns des autres par des accidents cassants essentiellement subverticaux. La discordance angulaire, sédimentaire entre le Trias et le Malm des Médianes rigides (GENGE 1958; BAUD 1972) contribue a créer des différences d'orientation locales.

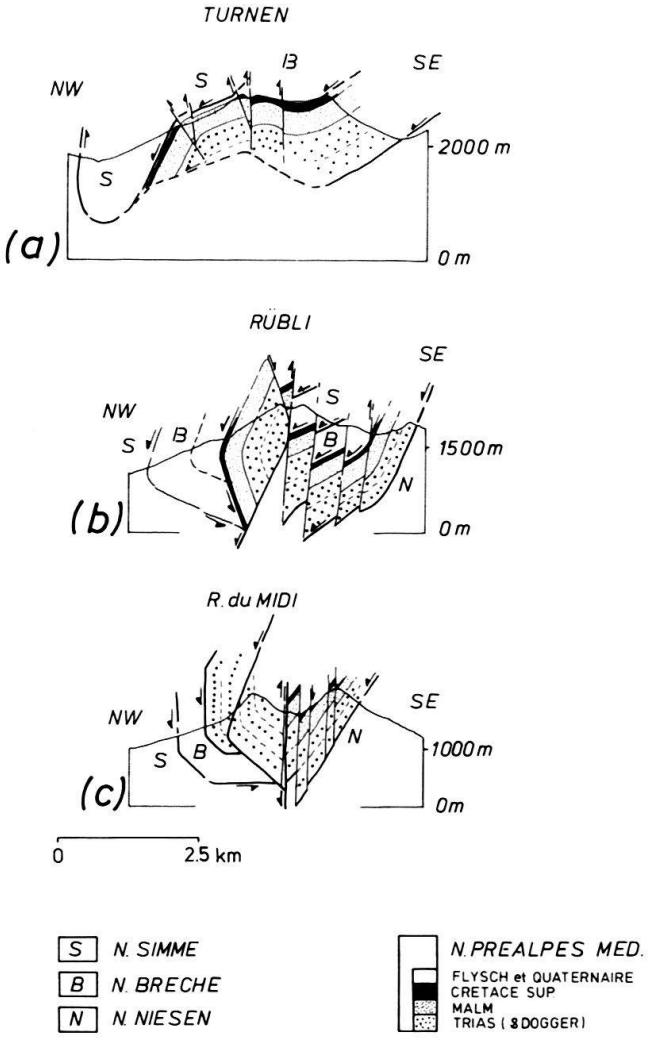


Fig. 8. Coupes tectoniques simplifiées (a) dans les Médianes rigides orientales (vallée de Diemtigen) et (b, c) dans les Médianes rigides occidentales (au S de Château d'Oex).

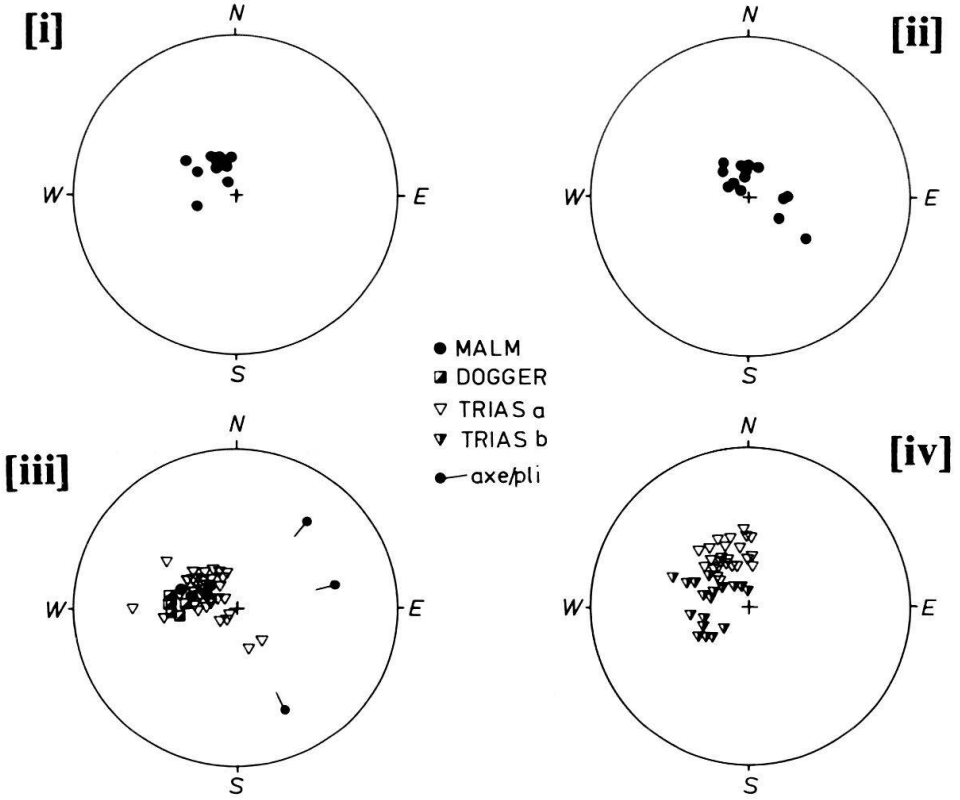


Fig. 9. Stéréogrammes figurant les pôles des plans de stratification (Canevas Wulff, hémisphère supérieure). [i] Niederhorn; [ii] Turnen-Pfaffen; [iii] Rothorn-Fromatt; [iv] Tierlaufhorn-Twierihorn. (I) stratification; (II) axes de pli; (III) linéation d'intersection entre la stratification et la clivage schisteux. Trias a: Trias du Tierlaufhorn; Trias b: Trias du Twierihorn-Filderich.

L'ensemble des observations et l'analyse cartographique dans les Médianes rigides nous permet de mettre en évidence des structures chevauchantes en rampes et paliers (structures chevauchantes imbriquées; fig. 2, 7, 8). En association avec l'allure des chevauchements, nous parlerons de *fault-bend folds* (fig. 3a).

Plis à petite échelle

Dans les niveaux peu compétents, à alternances décimétriques et centimétriques de bancs marneux et calcaires du Crétacé-Tertiaire et du Dogger, sont développés *des plis métriques et décimétriques disharmoniques, de deuxième ordre* par rapport aux plis majeurs décrits précédemment (fig. 2, 10). Ce sont en majorité des plis en forme de genou et des plis coffrés aussi bien cylindriques (fig. 6: Dogger, Charmey; Néocomien, Weissenburg et Rochers de Naye; Couches Rouges, Lessoc) que faiblement coniques.

Quoique fortement dispersés les zones définies par les pôles de stratification permettent de définir des axes de plis dont la direction et le sens de plongement diffèrent selon la région (fig. 11). Des stéréogrammes synthétiques – définis en regroupant la majorité des pôles de la stratification et des axes de plis en plages (fig. 11, lignes en traitillé sur les canevas) – permettent de mettre en évidence des tendances régionales (fig. 5). Ces variations de l'orientation des plis mésoscopiques reflètent, à une autre échelle, la *structure en échelon* des plis à grande échelle.

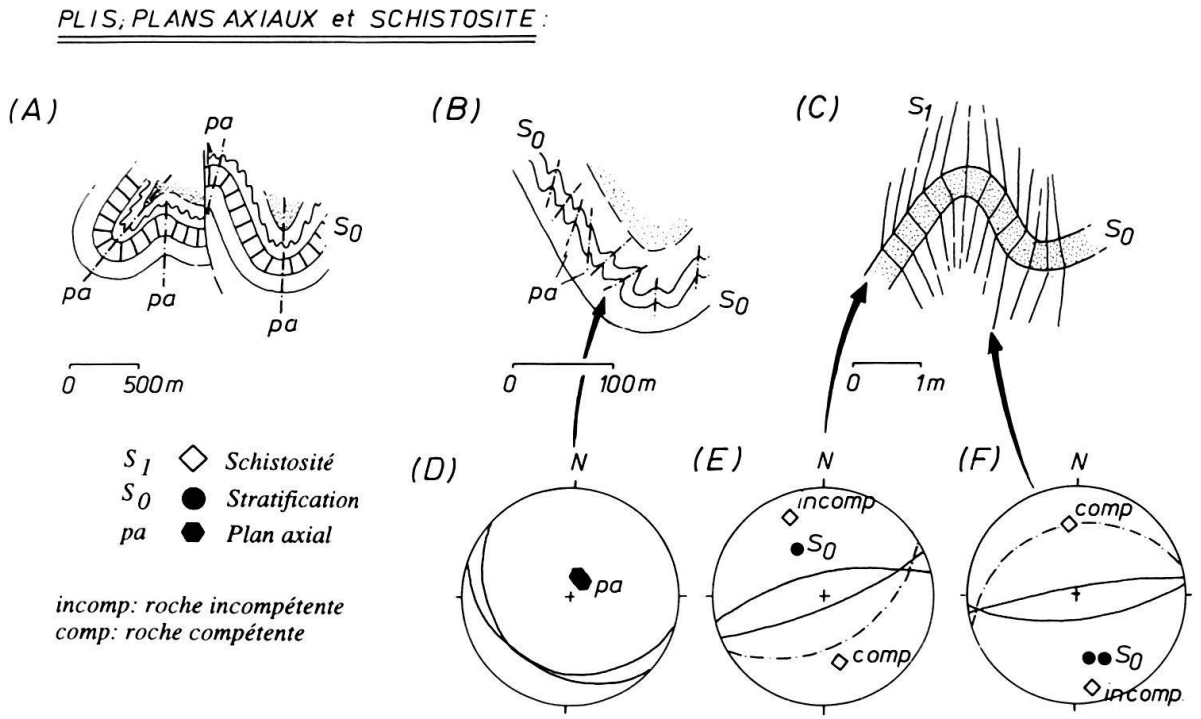
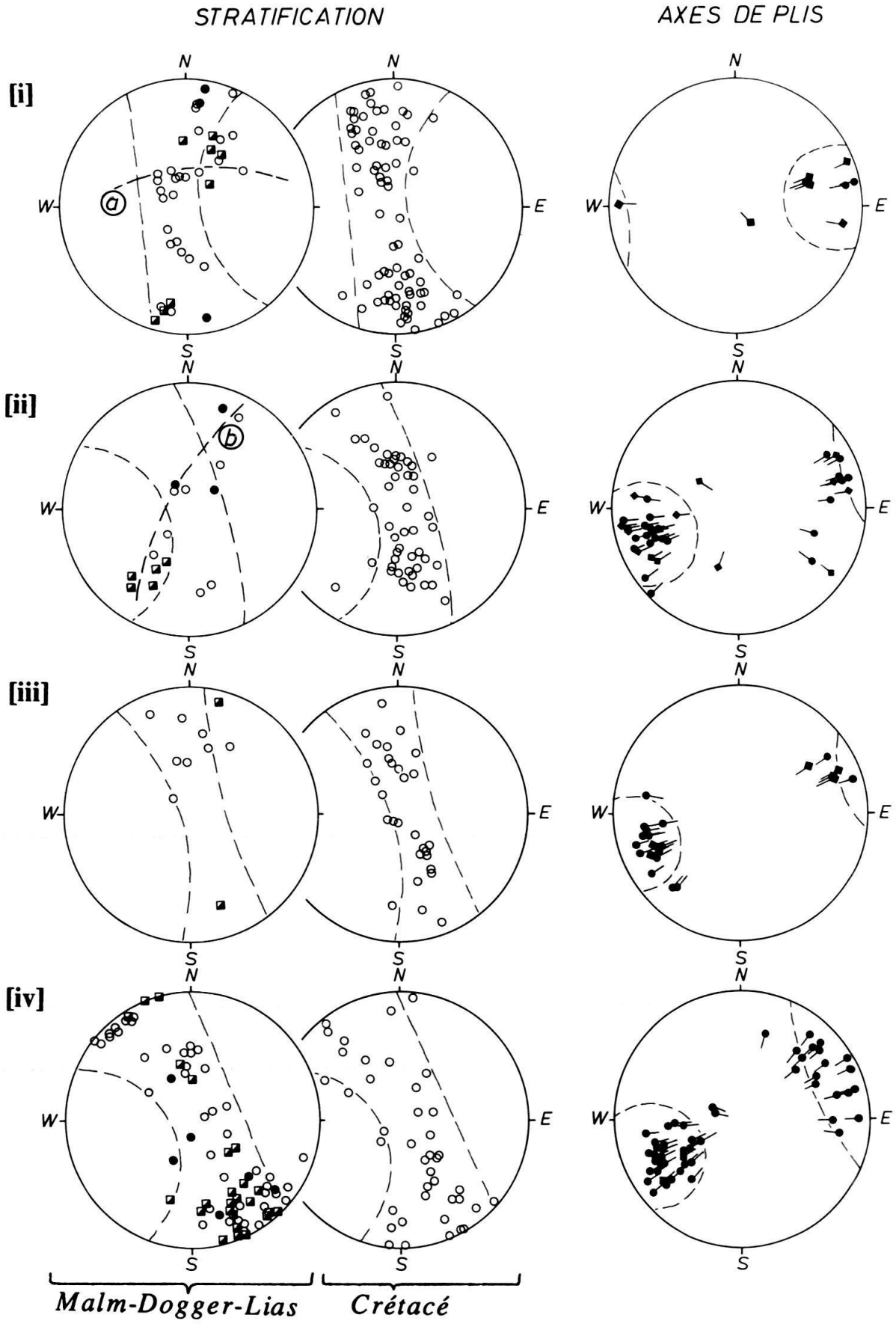


Fig. 10. Cadre structural des plans axiaux de plis et du clivage schisteux. (A) Position des plans axiaux dans les plis de grande envergure (schéma simplifié). (B) Orientation des plans axiaux des plis métriques disharmoniques par rapport à la grande structure (schéma simplifié). (C) Réfraction du clivage schisteux dans des niveaux compétents des plis métriques disharmoniques (schéma simplifié). (D) Orientation de deux plans axiaux dans les niveaux du Néocomien au Widdersgrind (Préalpes médianes plastiques, Boltigen). (E) et (F) Exemples d'orientations de clivages schisteux, réfractées dans des niveaux de Couches Rouges entre Weissenburgbad et Beret (Préalpes médianes plastiques, Boltigen).

Dans les ***Médianes plastiques,*** l'orientation des axes des plis métriques change progressivement d'un direction ENE-WSW à une direction NE-SW, en allant de l'Est vers l'Ouest (fig. 5). Régionalement les axes plongent soit vers le NE, soit vers le SW, localement avec un plongement jusqu'à 40° (fig. 11). Dans la région du Stockhorn-Hohmad-Erlenbach par ex. (fig. 11 [i]) le plongement axial régional se fait vers l'WSW, alors que dans la région voisine de Weissenburg-Hohmad (fig. 11 [ii]), il se fait vers l'ENE. Dans le cas de l'anticlinal de la Tinière-Rossinière entre les régions du Vanil Noir-Sarine, Rossinière-Col des Gaules et le Col de Chaude, l'axe régional plonge d'abord vers le NE, ensuite vers le SW et puis de nouveau vers le NE (fig. 11 [v, vi, vii], fig. 5). Dans la région de Malatraix, seuls les axes de plis du Dogger ont une orientation constante NNE-SSW. Les plis des niveaux du Crétacé-Tertiaire de la partie S de la crête de Malatraix (flanc S de l'anticlinal de Tinière) ont des directions moins constantes et semblent être arrangés sur un grand cercle de direction N65 et incliné de 50° vers les SE (fig. 11 [ix], grand cercle désigné par la lettre «d»). Soit il s'agit d'un cas particulièrement «tourmenté» de dispersion des axes de plis due aux structures en échelon des plis régionaux, soit c'est une conséquence des mouvements induits par la proximité du plan de chevauchement de la Nappe supérieure. En effet, le Crétacé-Tertiaire est, dans cette région, très proche de ce chevauchement, dont le plan basal est plus ou moins parallèle au plan représenté par le grand cercle sur lequel sont disposés les axes de plis.


STRATIFICATION
AXES DE PLIS
[i]
[ii]
[iii]
[iv]
N
S
W
E
a
b
Malm-Dogger-Lias
Crétacé

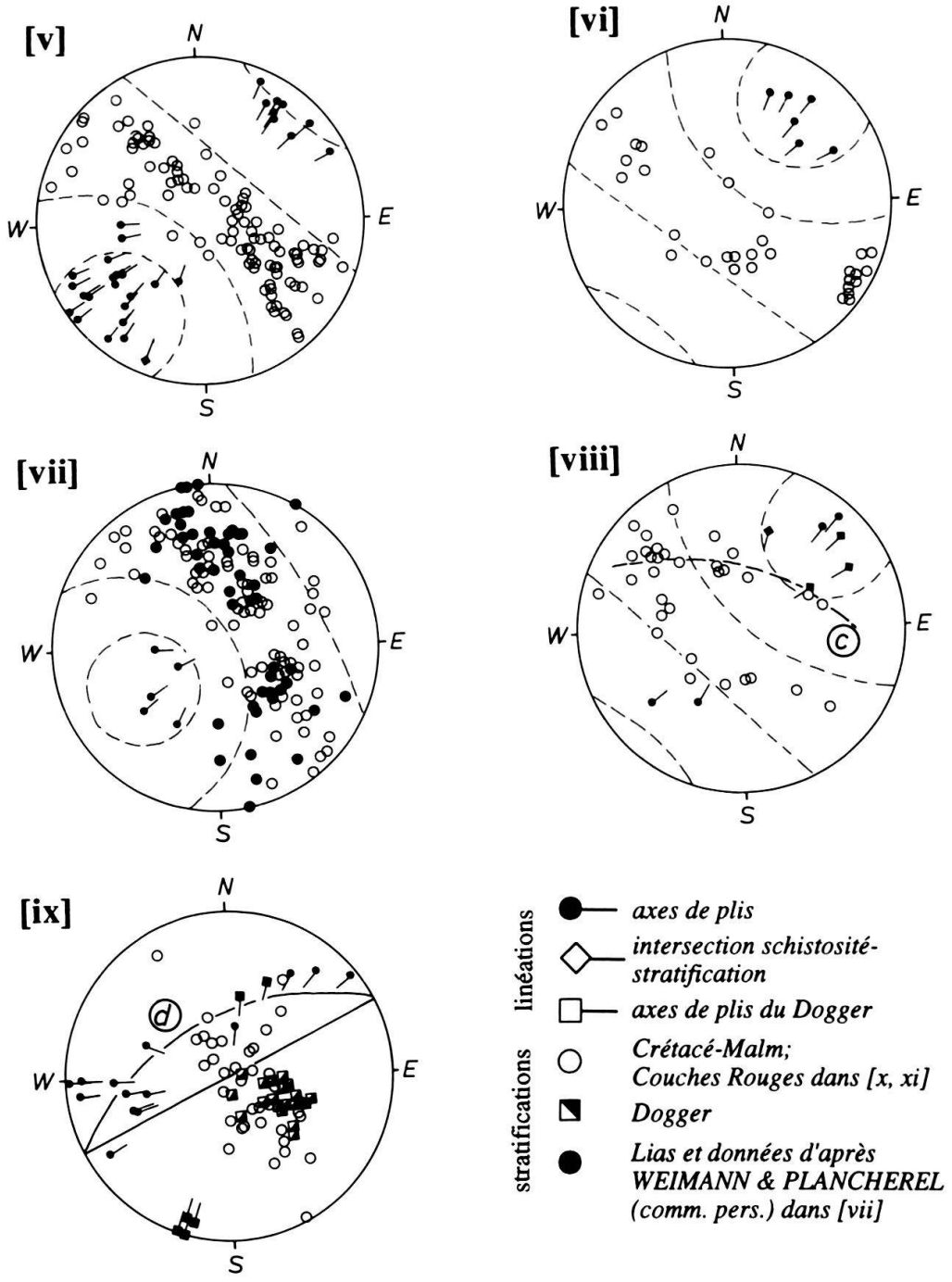
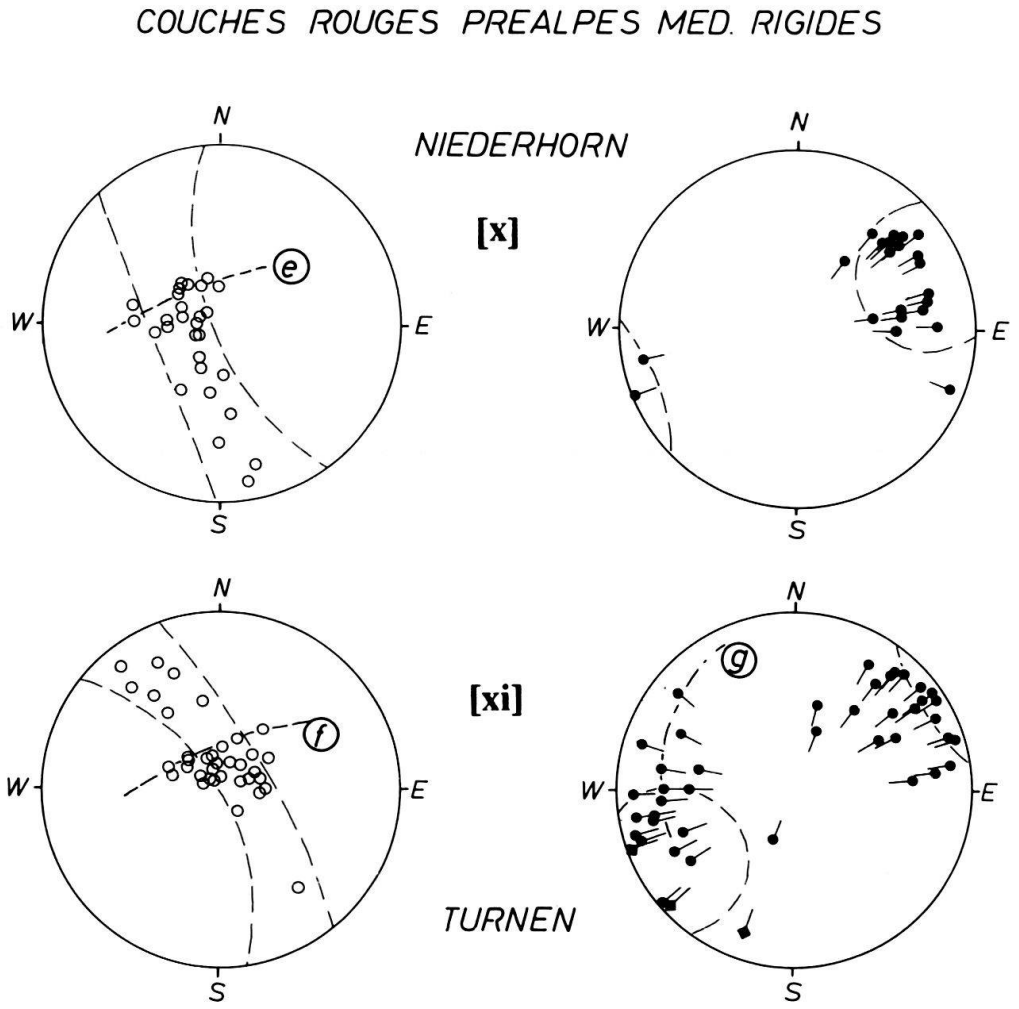


Fig. 11. Stéréogrammes figurant les pôles des plans de stratification, les axes de plis, ainsi que les limites des plages définissant les stéréogrammes synthétiques (Canevas Wulff, hémisphère supérieure). a, b, c, d, e et f: orientation anormales, détails voir texte. Localités [i] Stockhorn-Hohmad-Erlenbach; [ii] Weissenburg-Hohmad;



[iii] Widdersgrind; [iv] Charmey-Jaun; [v] Vanil Noir-Sarine; [vi] Rossinière-Col des Gaules; [vii] Col de Chaude; [viii] Rochers de Naye; [ix] Col de Chaude-Malatraix; [x] Niederhorn; [xi] Turnen-Pfaffen.

Dans la partie orientale des Préalpes romandes de la région de Zweisimmen-Diemtigtal, les seuls plis qu'on peut observer dans les ***Médianes rigides*** se trouvent dans les niveaux incompétents des Couches Rouges (Crétacé sup.-Tertiaire). Dans la région de Pfaffen et de Turnen ils sont orientés NE-SW avec un plongement axial vers le NE, et dans la région occidentale (Niederhorn-Spillgerten) ils sont orientés ENE-WSW avec un plongement vers le SW (fig. 11 [x, xi]). Les accidents cassants qui affectent toutes les couches des Médianes rigides sont localement responsables de la forte dispersion des axes de plis.

2.2 Chevauchements, failles et structures associées

Chevauchements

L'ensemble des nappes préalpines a été transporté depuis son origine vers sa position actuelle sur un coussin de wildflysch à blocs d'ultrahelvétique (fig. 1, 2). Ce chevauchement passe par dessus les nappes Helvétiques et se rattache aux unités penni-

ques de la rive gauche du Rhône. Le chevauchement basal et le chevauchement lié à la Zone Submédiane se forment dans des niveaux de décollements associés à des cornieules, gypses et wildflyschs emballant des olistholithes de provenances diverses. Les blocs incorporés dans la Zone Submédiane trouveraient leur origine dans un domaine paléogéographique nord-pennique entre l'aire d'origine de la nappe du Niesen et celle des Médianes plastiques (Weidmann et al. 1976).

Médianes rigides: Rappelons que l'écaille principale des Médianes rigides est plus fortement inclinée dans sa partie frontale que dans sa partie arrière. Les falaises de Malm et de Trias des Spillgerten-Seehorn-Abendberg constituent, dans la région du Diemtigtal-Zweisimmen, l'arrière de l'écaille principale (fig. 2, 7, 8). Sous cette écaille, le Trias de la falaise du Rothorn-Tierlaufhorn-Twierihorn forme une importante écaille imbriquée. A l'est, le Trias de la montagne du Hohmad forme une écaille imbriquée supplémentaire moins importante (fig. 7; Baud 1972). Elle est limitée du côté ouest par une faille verticale (décrochante?) orientée N-S à NNW-SSE. Dans cette région du Diemtigtal-Zweisimmen, l'ensemble des écailles est faiblement incliné vers le N-NW, alors que dans la région du Rübli-Gummfluh (Préalpes médianes de l'ouest) l'écaille principale est redressée et plonge fortement vers le NW. Dans sa partie septentrionale l'écaille du Rübli-Gummfluh est dédoublée par une écaille de Trias d'extension latérale d'environ 3000 m qui peut être interprétée comme une lentille tectonique imbriquée. Au Mont d'Or, à l'W de la Gummfluh, la situation est en cela particulière que l'écaille principale, où ne subsiste que le Trias, est «détachée» du reste des Médianes rigides et est en position renversée (Dousse 1965; Lonfat 1965; Lombard 1975).

Dans les Médianes rigides les pendages de la stratification sont généralement subparallèles aux divers plans de chevauchements. Ces décollements ne sont pas plans et peuvent avoir différentes orientations. Plus au nord, le chevauchement basal de l'écaille principale devient subhorizontal, ensuite du côté septentrional d'une importante faille verticale (faille au S de la falaise du Niederhorn) il reprend à peu près le même pendage vers le N/NW que dans le secteur méridional (fig. 8). Nous pensons qu'il s'agit là de deux paliers de décollement séparés par une rampe tectonique.

Chaîne des Gastlosen: Dans a partie méridionale elle forme une structure monoclinale inclinée vers le S-SE, alors que la partie nord se présente sous forme d'une tête de pli à flanc N faillé (fig. 2a). Le chevauchement basal de cette écaille plonge vers le SE. Nous nous associons à l'idée de Plancherel (1979; voir aussi Jaccard 1908; Lugeon 1943) d'une écaille intermédiaire indépendante entre les Médianes plastiques et Rigides.

Médianes plastiques: Dans l'anticlinal le plus méridional des Médianes plastiques de la région au S du Stockhorn («Heitigewölbe» de Nicol 1956), le Malm du flanc septentrional («Walper-Schuppenzone» de Nicol 1956) se présente sous forme d'une puissante barre verticale caractérisée par une suite de lentilles d'extension latérale limitée, qui dédoublent la succession lithologique normale (fig. 7, 12c). Il s'agit en fait de lentilles tectoniques imbriquées, présentant la particularité d'être actuellement dans une position subverticale, plongeant vers le N (fig. 12a). On retrouve des structures semblables dans le flanc N de l'anticlinal des Tours d'Aï (Trümpy 1960; Badoux 1965). La discontinuité latérale de ces flancs de plis peut avoir des raisons tectoniques (décrochements?), mais il semble probable que ces horizons étaient déjà discontinus pour des raisons sédimentologiques.

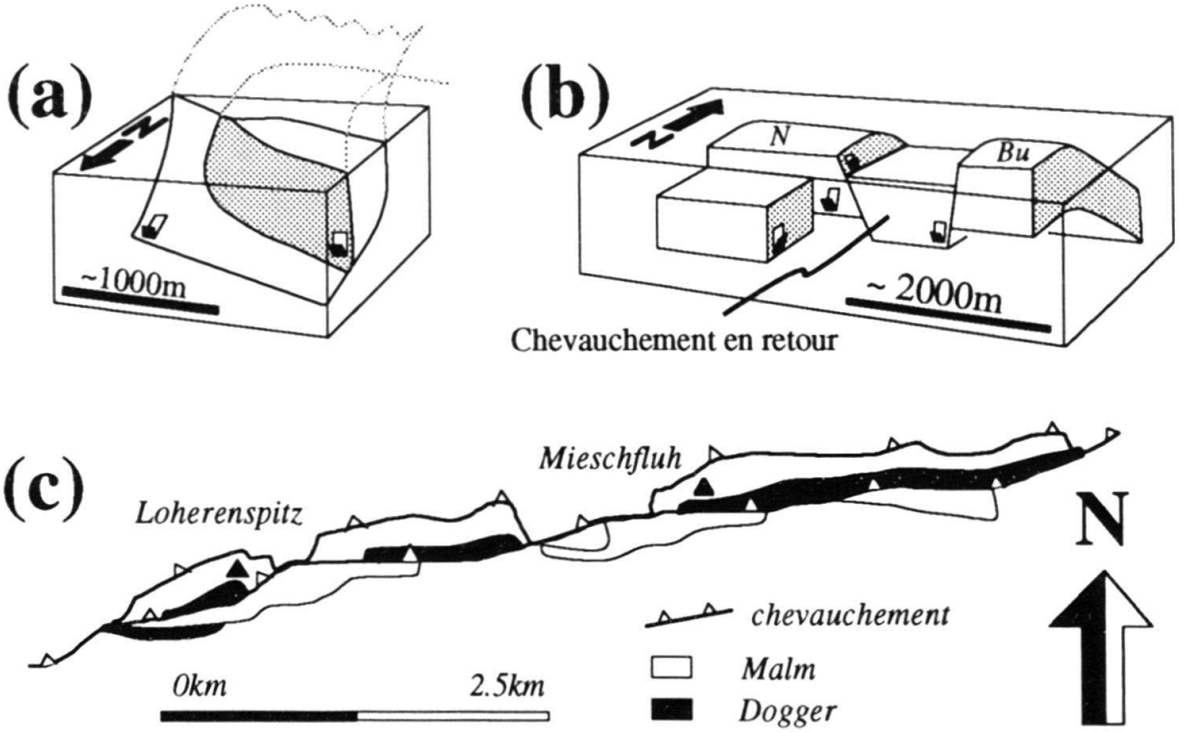


Fig. 12. Schémas simplifiés de différentes structures tectoniques (a et b sont des blocs diagrammes simplifiés de situations réelles): (a) structure en «horse» plongeant. (b) chevauchement en retour et failles N-S, région du Niederhorn (N), Buntelgabel (Bu) Médianes rigides. (c) carte de la structure en «horse» de l'anticlinal méridional des Médianes plastiques de l'Est, région du Stockenflueh.

La partie septentrionale des Médianes plastiques, depuis le Stockhorn à l'est jusqu'aux Rochers de Naye à l'ouest, est formée par une suite de plis-faillés (fig. 2). Ce sont des failles inverses chevauchantes affectant souvent le flanc N/NW des anticlinaux. Elles sont fortement redressées et parallèles aux axes de plis avec une vergence vers le N/NW. Parfois, comme dans la région du Hohmad-Stockhorn, les plans de chevauchements sont subverticaux, voire avec un pendage vers le N (fig. 2b). Leur extension latérale est généralement limitée. Ils sont résorbés et relayés par les charnières des plis qu'ils affectent (fig. 4b).

Dans la partie frontale des Médianes plastiques se trouve une succession d'écailles imbriquées avec des plans de chevauchements vers le S à SE comme par exemple les écailles de Lias et Trias dans la région des Paccots au N de Montreux ou encore au N du Hohmad à l'W de Thoune.

Orientation des chevauchements, direction de transport

La direction générale des plans de chevauchements dans les ***Médianes plastiques,*** et de nombreux auteurs l'ont déjà constaté (voir p.ex. Plancherel 1979), varie d'une extrémité des Préalpes médianes à l'autre. Dans la région au nord du Simmental elle est E-W, alors que dans les vallées de la Sarine et de l'Hongrin elle est NE-SW, voire N-S dans les écailles au nord de Montreux. La direction de mouvement sur les plans de chevauchements peut être déterminée à l'aide d'axes de plis réorientés sur des plans de

mouvements comme des marqueurs linéaires passifs (fig. 13 A, B). Sur ces plans et des plans associés, les stries de glissements indiquent la direction de mouvement.

Dans les ***Médianes rigides*** orientales, à la base de l'écaille inférieure, au contact avec la nappe du Niesen (localité du col du Grimi, en dessous du Rothorn, SE de Zweisimmen), nous avons observé dans les niveaux du Trias plusieurs plis avec des directions variant de NNW-SSE, à E-W et jusqu'à SW-NE. Reportés sur des canevas stéréographiques, on note qu'ils sont distribués sur un grand cercle (fig. 13 C). Le plan de mouvement reflété par ce grand cercle, et les stries observées sur des plans de failles parallèles, indiquent une direction de mouvement qui est NW-SE à cet endroit.

Des relevés analogues ont pu être faits dans les ***Médianes plastiques*** (fig. 13). Pour l'ensemble des Préalpes médianes, deux populations de plans s'individualisent: l'une inclinée vers l'W et le NW, l'autre vers le SE avec des directions de mouvements respectivement NW-SE et N-S (fig. 13 D). Ainsi, dans la région de Diemtigtal-Zweisimmen, les directions des chevauchements de la partie méridionale de l'écaille principale et de l'écaille imbriquée du Rothorn-Twierihorn (fig. 7) varient entre NE-SW et E-W, avec des pendages entre 16° et 31° vers le N/NW (fig. 13 E; données obtenues par construction d'isohypses de la surface de chevauchement).

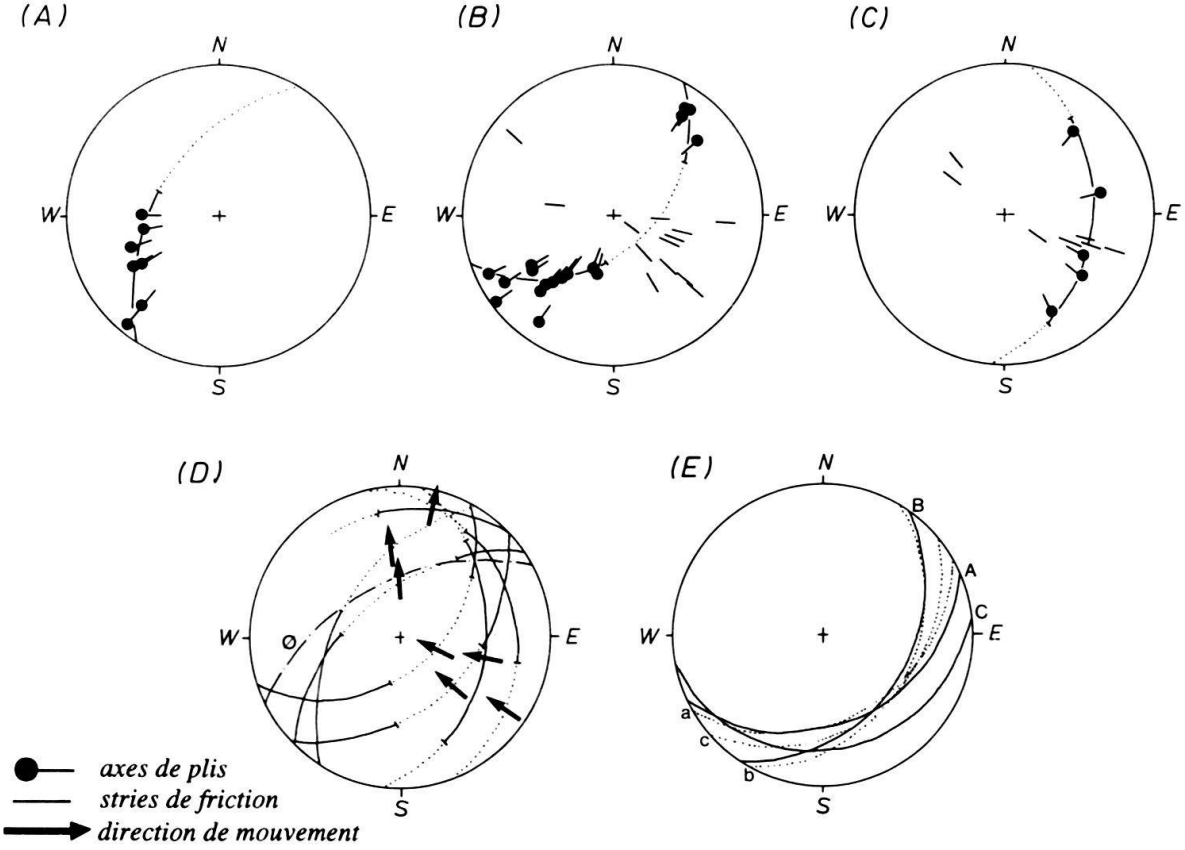


Fig. 13. Chevauchements, plans de mouvements et direcitons de transport. (A) vallée de la Sarine, Médianes plastiques; (B) Vanil Noir, Médianes plastiques; (C) Rothorn, Col du Grimi, Médianes rigides; (D) ensemble des données; (E) orientations des chevauchements au SE de Zweisimmen, dans les Médianes rigides. Constructions faites à partir d'isohypses. Les lignes pleines représentent le chevauchement basal de l'écaille principale (A, B, C), les lignes en pointillé l'écaille sous-jacente (a, b, c). Les stries de friction sont sans indication de sens de mouvement, la direction de mouvements sur les plans associés est donnée par la répartition des populations de stries.

Failles normales et inverses

Dans les ***Médianes plastiques*** on observe, associé aux plis, un ensemble d'accidents cassants englobant des failles transverses, voire perpendiculaires aux axes de plis (fig. 4a). Ces failles provoquent un découpement des grands plis. La succession de plusieurs failles normales peut considérablement accentuer le plongement axial régional d'un pli, comme dans le cas de l'anticlinal au Sud du Vanil Noir. Dans d'autres cas, la composante décrochante des failles transverses prévaut sur la composante normale ou inverse ce qui peut alors changer l'orientation de la stratification. Par exemple, dans la région des Rochers de Naye, au lieu dit Naye d'en Haut, un ensemble de failles décrochantes dextres de direction N90 à N110, subverticales nous semble être à l'origine d'un changement d'orientation de la stratification dans les niveaux du Néocomien d'une direction N40 vers une direction N160 (fig. 11 [viii] grand cercle désigné par la lettre «a»).

Dans les ***Médianes rigides,*** déjà Jaccard (1904, 1908) attire l'attention sur deux grandes failles verticales orientées NE-SW, dont une dans les Médianes rigides de l'est, l'autre dans les Médianes rigides de l'ouest. Elles découpent les Médianes rigides en deux compartiments: une partie nord, surélevée de 200 à 400 m par rapport à une partie sud affaissée (fig. 8, 12b). Dans la région du Diemtigtal-Zweisimmen, cette faille passe au sud du Turnen, puis au pied de la falaise du Niederhorn et file ensuite à l'ouest vers Zweisimmen. Dans l'écaille de la Rübli-Gummfluh elle passe au Sud du Rübli, puis par Videmanette pour se perdre au SW du Col de Base (au S du Rocher du Midi). Il est probable que dans les deux cas il s'agisse de la même faille à laquelle est associé une série de failles parallèles. L'ensemble de ces failles affecte à la fois les Médianes rigides, la nappe de la Simme et la nappe de la Brèche (fig. 2, 8). Si l'écaille principale est représentée dans une position originelle, c'est-à-dire avec ses paliers de décollement subhorizontaux, nous nous apercevons qu'il s'agit en réalité de failles inverses localisées au-dessus de ce que nous avons décrit précédemment comme rampe tectonique. Nous interprétons ces failles comme chevauchements en retour associés à la rampe tectonique. Le fait qu'elles affectent aussi la nappe de la Brèche et la nappe de la Simme indique que ces nappes étaient déjà en place lors de la formation de l'écaille principale des Médianes rigides.

Une étude détaillée de la faille en retour principale, au Sud du Turnen-Niederhorn (Médianes rigides de l'est), révèle une zone de 50–100 cm de largeur de roche fortement cataclasée, avec de nombreux plis centimétriques. Les axes de ces plissottements sont subhorizontaux et/ou fortement inclinés. La direction E-W de leurs plans axiaux est légèrement oblique à la direction de la faille (fig. 14c). L'asymétrie des plissottements à axes faiblement inclinés indique un affaissement du bloc S par rapport au bloc N. Par contre les plis à axes plus raides semblent indiquer une composante décrochante sénestre (fig. 14c).

Les effets de ces failles sur les Couches Rouges situées au SE du Pfaffen (région du Turnen) s'expriment dans une crénulation de la stratification ou du clivage schisteux. Les plans de crénulation sont subverticaux avec des directions E-W légèrement obliques à la faille en retour. De plus, l'action de la faille en retour provoque la formation de failles inverses (antithétiques) de direction NE-SW avec des pendages vers le SE et de failles inverses (synthétiques) de directions E-W à pendages vers le N (grands cer-

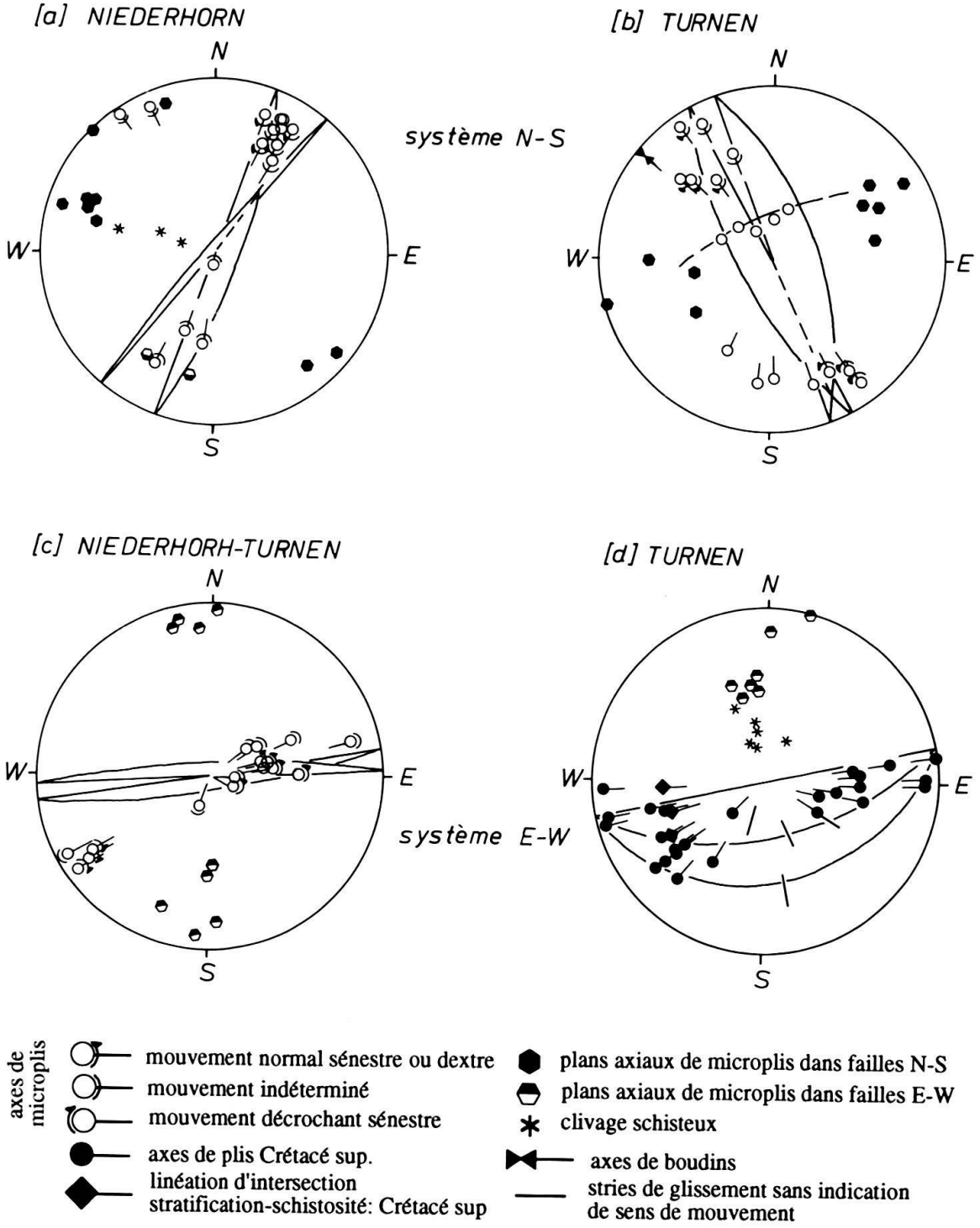


Fig. 14. Stéréogrammes des plis, plissottements, crénulations et plans axiaux associés aux différents systèmes de failles (canevas de Wulff, hémisphère supérieure). Les grands cercles représentent l'orientation et le pendage des systèmes de failles dominants. Dans le stéréogramme (b) les cercles et la ligne en traitillé montrent la réorientation de la stratification par crénulation (Sud du Pfaffen). Le stéréogramme (d) montre l'influence de la grande faille en retour du stéréogramme (c) sur les niveaux du Crétacé supérieur 200–500 m plus au Sud de la faille.

cles sur la fig. 14d). Les mouvements sur ces dernières sont probablement responsables de la rotation des plans axiaux d'une position verticale vers une position à pendage faible, subparallèle aux failles (fig. 14d). En même temps, les axes des plis se réorientent et sont distribués sur des plans de mouvements (grand cercles) assimilables aux plans des failles synthétiques (fig. 14d; voir aussi la dispersion des axes dans la fig. 11 [xi] le long de la ligne indiquée par la lettre *«g»*).

De plus on rencontre des failles verticales de directions NNE-SSW à NNW-SSE (fig. 8). Surtout bien développées dans la région du Niederhorn-Turnen (Médianes rigides de l'Est, fig. 7) elles créent à grande échelle des compartiments en position effondrée et blocs surélevés (fig. 12b). Ces structures en «touches de piano» existent aussi à une échelle plus petite comme par ex. au NW du Fromattgrat et du Seehorn (région du Diemtigtal, voir Moser 1980). Associée à ces failles on trouve une cataclasite où sont développés des plis centimétriques à axes parallèles aux failles (fig. 14a, b). L'asymétrie des plis à axes faiblement inclinés indique des mouvements normaux et inverses. Leurs plans axiaux sont subparallèles aux systèmes de failles, dans les couches adjacentes desquelles, on note des réorientations de la stratification, comme l'indiquent les grand cercles *«a, b, c, e, f»* fig. 11 [i, ii, xiii, x, xi].

Décrochements

Déjà évoqués dans le paragraphe précédent, ils sont amplement décrits et étudiés par Plancherel (1976, 1979). Rappelons qu'ils forment un groupe de failles qu'on retrouve dans l'ensemble des Préalpes médianes. Deux directions sont prédominantes: une direction N-S à NNE-SSW regroupant les grands décrochements sénestres, qui découpent les Préalpes médianes en plusieurs parties comme, par ex., les décrochements de Bellegarde-Lac Noir et de Gantrisch-Boltigen-Zweisimmen (fig. 7), et une direction W-E à NW-SE avec des mouvements dextres comme dans le cas du décrochement de Weissenburgbad (Borel 1991).

Le même type de cataclasite et d'indicateurs cinématiques que ceux décrits précédemment pour les autres types de failles se trouve le long des décrochements. Ensemble, les chevauchements et les décrochements sont responsables de la formation de structures aussi disloquées que celles qui sont situées autour du Stockhorn dans les Médianes plastiques (fig. 7).

2.3 Clivage schisteux et joints stylolithiques

Dans les ***Médianes plastiques,*** le développement du clivage schisteux est lié à la nature lithologique de la roche et a généralement un pendage très raide (fig. 15), alors que dans les niveaux calcaires très épais et compétents, comme le Malm, le Lias et le Trias, il est absent. Par contre, dans les niveaux à alternances de bancs calcaires (10 à 50 cm d'épaisseur) et de bancs marneux et argileux se développe un clivage schisteux peu pénétratif et espacé, surtout dans les niveaux marneux et marno-calcaires (à l'affleurement les microlithons sont espacés d'environs 0,5 cm). Le clivage schisteux dans les plis mésoscopiques des Médianes plastiques est généralement subparallèle au plan axial (fig. 10C). L'orientation des plans axiaux de ces plis peut être très différente de celle du plan axial du pli à grande échelle (fig. 10A-C). Dans un pli à grand rayon de

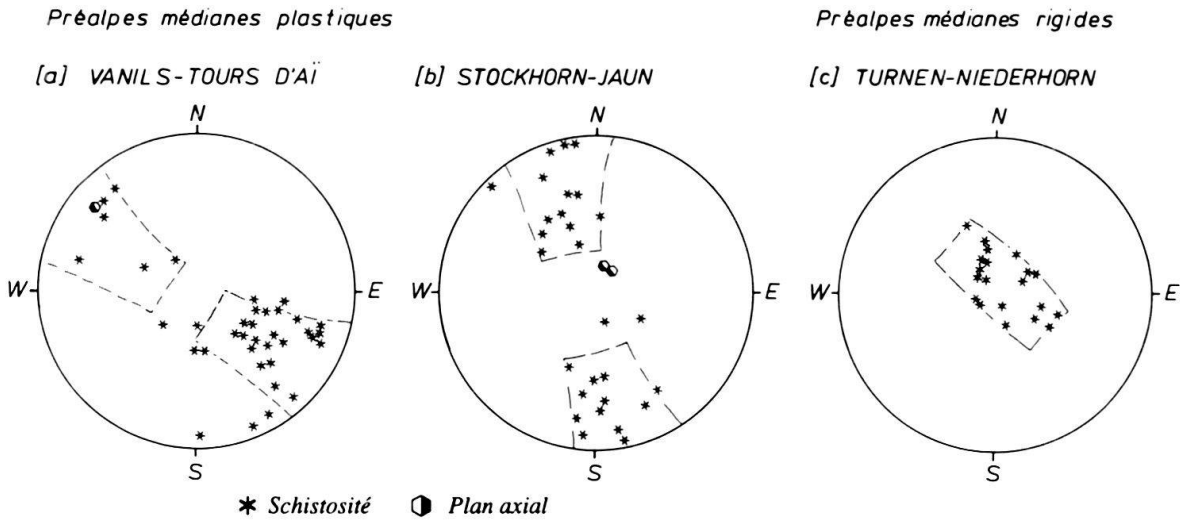


Fig. 15. Stéréogrammes avec orientation du clivage schisteux (1) et quelques plans axiaux de plis (2) dans les Préalpes médianes (Canevas de Wulff, hémisphère supérieure).

courbure (premier ordre) et à plan axial subvertical, des plis métriques à plans axiaux presque subhorizontaux peuvent être observés, comme dans les niveaux du Néocomien dans la falaise Est du Widdersgrind (Médianes plastiques, au N de Boltigen; fig. 10B, D). Cette variabilité des orientations des plans axiaux est, entre autre, responsable du fort éventail observé sur le pendage de la schistosité (fig. 15a, b). Il s'ajoute à cette observation une forte réfraction de la schistosité entre les niveaux marneux et les niveaux plus calcaires, comme dans les niveaux de Couches Rouges entre Weissenburgbad et le lieu dit Beret (Médianes plastiques au N de Weissenburg; fig. 10C, E, F).

Un changement dans la direction du clivage schisteux s'opère entre les Médianes plastiques de l'Est (entre Stockhorn et Jaun), avec une orientation ENE-WSW (fig. 15b), et les Médianes plastiques de l'Ouest (entre Vanil-Noir et Tours d'Aï), avec des orientations NW-SW à NNE-SSW (fig. 15a).

Dans les ***Médianes rigides,*** le clivage schisteux ne s'observe que dans les Couches Rouges peu épaisses qui forment le toit de cette partie de la nappe. D'une manière générale le clivage schisteux est très faiblement incliné, voire subhorizontal (fig. 15c). Il se développe plus ou moins parallèlement au pendage général de la stratification dans les niveaux sousjacents du Malm et au plan de chevauchement de la nappe de la Brèche sur les Médianes rigides, subparallèles entre eux. Localement, *deux clivages schisteux* S_1 et S_2 d'orientation différentes peuvent être observés, comme dans la région du Seebergsee (Niederhorn), où on peut mesurer un S_1 avec un azimuth et pendage de 251,47 qui est repris par un S_2 orienté 142,15.

En plus du clivage schisteux on peut voir des *joints stylolithiques* dans les Préalpes médianes (voir Mosar 1989). Deux sous-groupes de joints peuvent être mis en évidence: (i) ceux parallèles au plan de la stratification qui peuvent être rattachés à une origine diagénétique précoce, et (ii) ceux perpendiculaires à la stratification, parfois disposés en éventail dans les plis métriques, dont on peut dire qu'ils sont post-diagénétiques et reliés à une tectonique précoce (Vidal & Soulas 1978; Droxler & Schaer 1979).

2.4 Interprétation

Les changements du style tectonique dans les Préalpes médianes se font non seulement depuis les Médianes plastiques au front (N/NW) vers les Médianes rigides à l'arrière de la nappe (S/SE), mais aussi transversalement par rapport à la chaîne, c'est-à-dire entre le Lac de Thoune à l'Est et le Léman à l'Ouest. De manière générale, le chevauchement basal des Préalpes médianes ne dépasse guère −1000 mètres de profondeur (fig. 2). Il apparaît très plane, subhorizontal sous les Médianes plastiques, incliné sous les Médianes rigides ainsi qu'au front septentrional au contact avec la nappe du Gurnigel (fig. 2). Nous observons dans les Préalpes médianes essentiellement deux types de chevauchements, tout les deux intimement liés à la formation des plis:

1) à l'arrière de la nappe (Médianes rigides), ce sont des chevauchements à paliers et rampes (fault-bend folds) qui affectent les épaisses séries calcaires du Malm et Trias moyen et qui donnent son allure en écaille «rigide» à cette partie de la nappe. Le chevauchement basal est incliné en gros vers le N/NW, si on fait toutefois abstraction des variations locales. Des écailles imbriquées et des structures en «horse» (Diegel 1986) sont associées à l'écaille principale.

2) la partie avant de la nappe (Médianes plastiques) est, quand à elle, constituée d'une succession de plis-failles (failles chevauchantes, fault-propagation et detachment folds) avec des plans de faille très redressés et en général inclinés vers le S/SE. La partie la plus septentrionale est formée par plusieurs écailles imbriquées. Deux directions de mouvements ont pu être mises en évidence en relation avec les chevauchements dans les Préalpes médianes: l'une N-S, l'autre NW-SE (fig. 13D).

Avec les chevauchements, on observe de nombreuses failles verticales transverses aux directions axiales. Dans les Médianes rigides c'est une importante faille (chevauchement) en retour qui forme l'élément tectonique le plus remarquable. A proximité des failles, la roche est intensément broyée (cataclasite) et forme de nombreux microplis dont l'asymétrie renseigne sur le sens de mouvement des failles. Les décrochements, surtout N-S, forment un autre groupe d'accidents important, qui est à l'origine d'une séparation des Préalpes médianes en plusieurs segments. Contrairement à Plancherel (1976, 1979) qui suggère que ces accidents affectent l'ensemble des nappes préalpines, nous pensons qu'ils sont un attribut lié aux seules Préalpes médianes et aux nappes qui les chevauchent, c'est-à-dire la nappe de la Brèche et la Nappe supérieure. Cela n'exclut pas que, par ex., dans la nappe du Niesen des décrochements semblables puissent exister, mais à notre avis indépendemment de ceux des Préalpes médianes.

D'est en ouest les éléments structuraux dans les écailles des ***Médianes rigides*** des régions de Zweisimmen-Diemtigen (E) jusqu'au Rübli-Gummfluh (W) ont une direction plus ou moins constante. Ces écailles sont fortement inclinées vers l'avant pays alpin, au Rübli-Gummfluh, voire renversées comme au Mont d'Or, alors que dans la région E aux Spillgerten-Niederhorn-Turnen leur inclinaison est moins prononcée (fig. 2, 8).

Une différence E-W remarquable s'observe dans l'écaille intermédiaire de ***Gastlosen-Laitemaire.*** Dans la région Laitemaire-Dent de Ruth-Gastlosen l'écaille se présente sous sa forme type de pli-faillé, avec une faille chevauchante inclinée vers le SE. A l'E de Boltigen, le chaînon des Gastlosen disparaît totalement. Nous avançons l'hy-

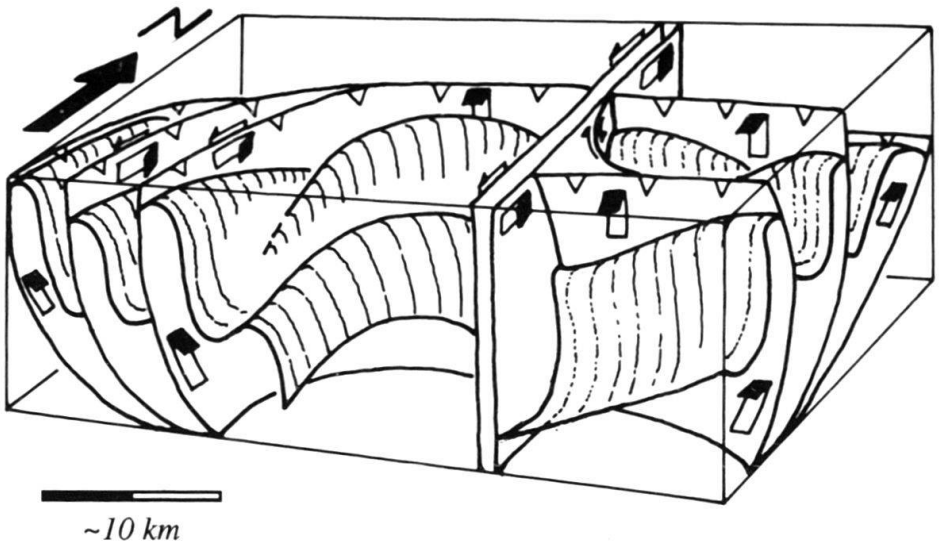


Fig. 16. Bloc diagramme simplifié montrant le changement de direction des plis et plis-faillés dans les Médianes plastiques entre le domaine oriental (partie droite du schéma, environs entre Charmey et Stockhorn, le décrochement pourrait par ex. correspondre à celui de Bellegarde-Lac Noir) et le domaine Ouest (partie gauche du schéma, région du Vanil Noir-Montreux).

pothèse que cette écaille est restée en retrait, cachée sous la partie frontale de l'écaille principale des Médianes rigides du Turnen-Spillgerten (fig. 2b).

Dans les ***Médianes plastiques,*** c'est la direction des structures qui change. Dans la partie est des Préalpes, entre Charmey et Thoune, mais surtout dans la région du Gantrisch-Stockhorn, les plis-chevauchants sont orientés E-W. Dans la vallée de la Sarine, par contre, ils ont une direction NE-SW, voire N-S dans les écailles externes au Nord de Montreux (fig. 16). Si les décrochements N-S sont nettement sécants sur les structures en pli-faille dans la région orientale, dans la partie occidentale les plans de décrochements et de chevauchements semblent se confondre (fig. 16; Plancherel 1976, 1979; Mettraux & Mosar 1989). Dans les Médianes plastiques de l'est on a des mouvements chevauchants et décrochants sénestres N-S, mais sur des plans de mouvements distincts, alors qu'à l'W on a des mouvements chevauchants vers le NW, voire l'W, et des mouvements décrochants sénestres NE-SW à N-S sur la même surface (fig. 16).

Dans les Médianes plastiques, le développement du clivage schisteux est en relation avec le plissement – chevauchement de la partie frontale de la nappe. Les joints stylolithiques perpendiculaires à la stratification témoignent d'une déformation précoce lors d'un raccourcissement des strates. Ils préfigurent le développement d'un clivage schisteux précoce lié à la formation des plis, clivage qui s'affirme avec la formation et, ultérieurement, l'applatissement de ces plis. Dans les Médianes rigides, l'existence de deux clivages schisteux sécants s'explique par le fait que: [i] l'arrivée de la nappe de la Brèche, supportant la Nappe supérieure, sur les Médianes rigides donne naissance à un clivage schisteux S_1 grossièrement subparallèle au plan de charriage; [ii] le passage ultérieur des Médianes rigides sur une rampe tectonique expliquerait la formation d'un clivage schisteux S_2 faisant un faible angle avec la stratification.

3. Chronologie générale

Nous passons brièvement en revue les données essentielles qui nous sont apparues indispensables, afin de reconstituer une chronologie relative des événements tectono-métamorphiques qui ont affectés les Préalpes médianes.

3.1 Paléogéographie des nappes préalpines et âge des sédiments

L'ensemble des nappes préalpines est d'origine paléogéographique des marges continentales européenne et apulo-adriatique (voir Flück 1973; Homewood 1977, 1983; Bernoulli et al. 1979; Baud & Septfontaine 1980; Caron et al. 1980a, b, 1989; Homewood et al. 1980; Trümpy 1980; Homewood & Caron 1982; Lemoine & Trümpy 1987; Wildi 1985; Lemoine 1988; Stampfli & Marthaler 1990). La nappe du Niesen, en position valaisane, au S de l'Ultrahelvétique, était originellement l'unité la plus septentrionale (Ackermann 1986). Plus au S, dans le Briançonnais et le Subbriançonnais, se situent les Préalpes médianes. Au N de cette unité se trouverait le domaine des dépôts qui constituent actuellement la zone submédiane (Weidmann et al. 1976). La nappe de la Brèche est située au sud des Médianes rigides dans le domaine Prépiémontais. Les unités de la Nappe supérieure sont d'origine ultrabriançonnaise et proviennent des domaines liguro-piémontais (nappes de la Simme, des Gets, des Dranses et de la Sarine; Caron 1972, 1976; Caron et al. 1980b; Wildi 1985) (fig. 17).

L'âge des sédiments les plus récents observés sur le terrain permet de dater le recouvrement possible de ces sédiments par des unités allochtones chevauchantes. Ceci peut se justifier puisque les sédiments les plus jeunes dans les différentes unités préalpines sont des flyschs, et que dans le domaine alpin les flyschs sont alimentés par des sources orogéniques actives (Homewood & Caron 1982; Homewood & Lateltin 1988; Lateltin 1980; Caron et al. 1989).

Disposant de ces informations, établir un schéma spatio-temporel de la position des différentes nappes est possible (fig. 17):

– Les flyschs les plus jeunes des nappes des Gets et de la Simme sont probablement d'âge Santonien (environ 83 Ma; Wicht 1984). Dans la nappe des Dranses, les sédiments les plus jeunes datent du Maestrichtien (environ 70 Ma; Caron et al. 1980b). Un début de structuration tectonique et un décollement de ces unités vers 83 à 70 Ma est donc envisageable (fig. 17; voir Caron 1965, 1966, 1972).

– On peut situer l'arrivée de la Nappe supérieure sur la nappe de la Brèche et les Préalpes médianes au Lutétien-Bartonien vers 42 Ma, âge donné aux sédiments les plus récents de la nappe de la Brèche (Caron 1966, 1972; Caron et al. 1980b).

– Le décollement de la nappe de la Brèche, qui porte sur son dos la Nappe supérieure et qui vient chevaucher les Préalpes médianes peut se faire dès le Bartonien (41–40 Ma; Flück 1973).

– Le recouvrement de la nappe du Niesen par les unités préalpines plus méridionales peut se faire à partir de la fin du Lutétien (Ackermann 1986).

– L'arrivée des Préalpes sur l'Ultrahelvétique est possible dès la fin du Bartonien, début Lutétien (environ 39 Ma; Homewood 1974).

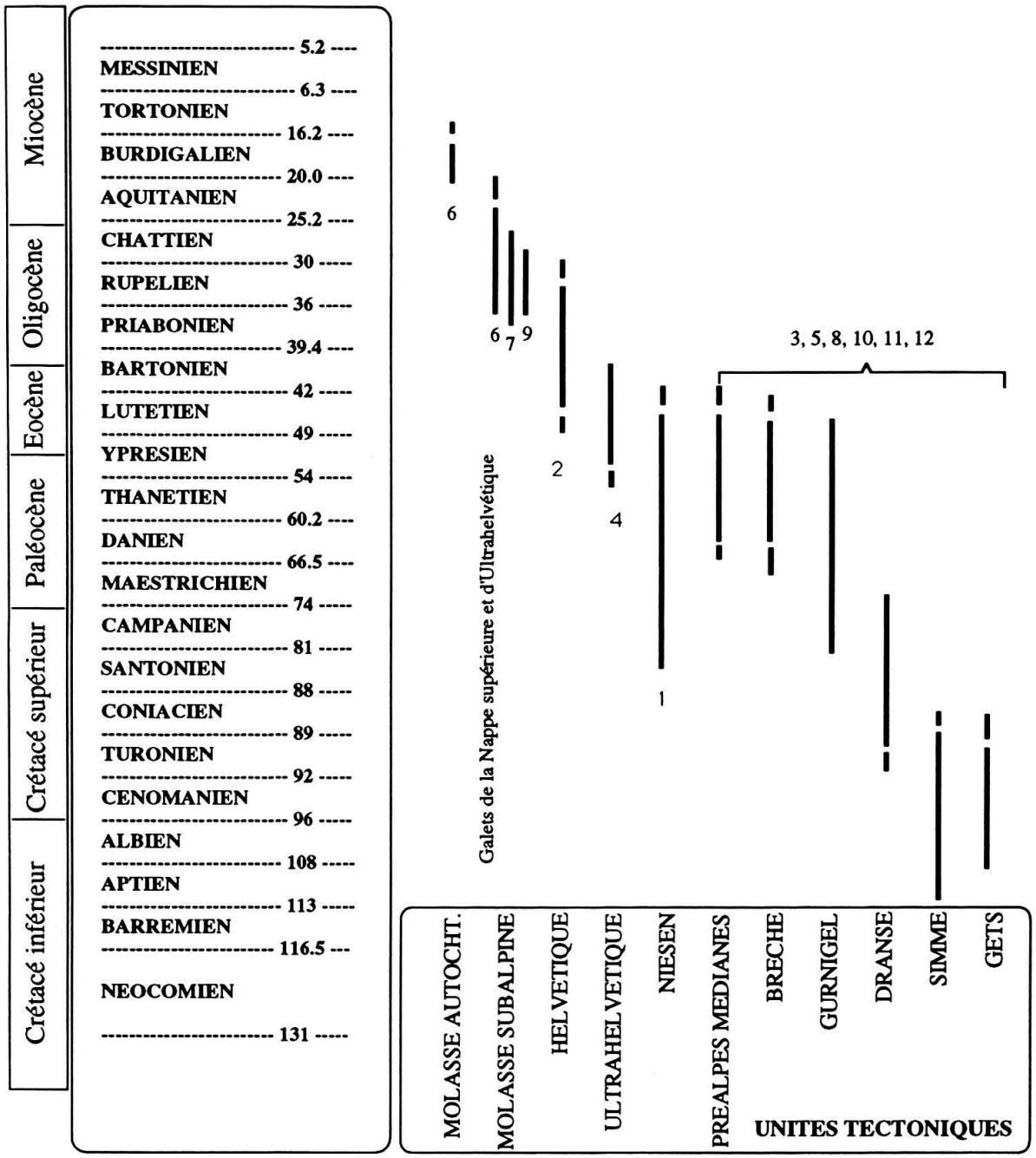


Fig. 17. Schéma simplifié des âges des flyschs et de leurs positions paléogéographiques. 1) Ackermann (1986); 2) Burkhard (1986); 3) Caron et al. (1980); 4) Homewood (1974); 5) Homewood (1983); 6) Schmid (1970); 7) Trümpy & Bersier (1954); 8) Wildi (1985); 9) Lateltin (1988); 10) Caron et al. (1989); 11) Wicht (1986); 12) de Kaenel et al. (1989). Information complémentaires dans Bernouilli et al. (1979) et Boillot et al. (1984). Echelle et âges stratigraphiques d'après Haq et al. (1987).

– Reste ensuite à transporter l'ensemble des Préalpes et de l'Ultrahelvétique par dessus les unités Helvétiques jusque sur la molasse parautochtone au front N des Alpes. A la base de la Molasse (flysch subalpin) les galets en provenance des différentes unités de la Nappe supérieure, permettent de situer l'arrivée des Préalpes sur la bord septentrional de la marge helvétique à l'Oligocène inférieur – moyen (Lateltin

1988). Ce transport peut donc se faire depuis le Priabonien (39 Ma) et se poursuivre jusqu'au Burdigalien (environ 18 Ma; PFIFFNER 1986, BURCKHARD 1988).

3.2 Chronologie à partir de recoupements d'éléments tectoniques

– Les paléofailles sont comptées parmi les éléments structuraux les plus anciens dans les Préalpes médianes. L'analyse de paléofailles et de failles alpines a permis de mettre en évidence plusieurs étapes dans l'évolution temporelle des contraintes (BADOUX & MERCANTON 1962; BAUD & MASSON 1975; METTRAUX & MOSAR 1989). Du Lias au Dogger, voire jusqu'au Malm on aurait une extension NW-SE. Au Crétacé supérieur une extension NNE-SSW annonçe la fermeture du bassin de sédimentation. Enfin, dès le début du plissement des Préalpes intervient une compression SE-NW.

– Les plans de chevauchement de la Nappe supérieure (CARON 1966, 1972) et de la nappe de la Brèche sont replissés par les plis, chevauchements et failles en retour des Préalpes médianes. Leur mise en place précède ou accompagne la formation des écailles et donc le chevauchement des Préalpes médianes. Cependant, comme le note CARON (1972 p. 64) dans les Médianes plastiques: *«... la Nappe des Dranses ... ne s'enfonce pas dans les synclinaux les plus étroits ...»* au contraire de la Nappe du Gurnigel (Sarine) sousjacente. Il en conclut que la Nappe du Gurnigel s'est mise en place avant les unités plus hautes de la Nappe supérieure.

– Les parties frontales des Médianes plastiques recouvrent vers le NW la nappe du Gurnigel qui, localement, est renversée (DE KAENEL et al. 1989). Or cette dernière est une unité de la Nappe supérieure, qui elle se trouve en position chevauchante sur les Préalpes médianes. La mise en place de la Nappe supérieure sur et en avant du front des Préalpes médianes a donc précédé le chevauchement et la formation des plis-failles des Médianes plastiques.

– Le chevauchement basal des Médianes rigides décapite localement les structures de la nappe du Niesen, qui a par conséquence acquis sa structuration tectonique avant d'être chevauchée par la nappe des Préalpes médianes.

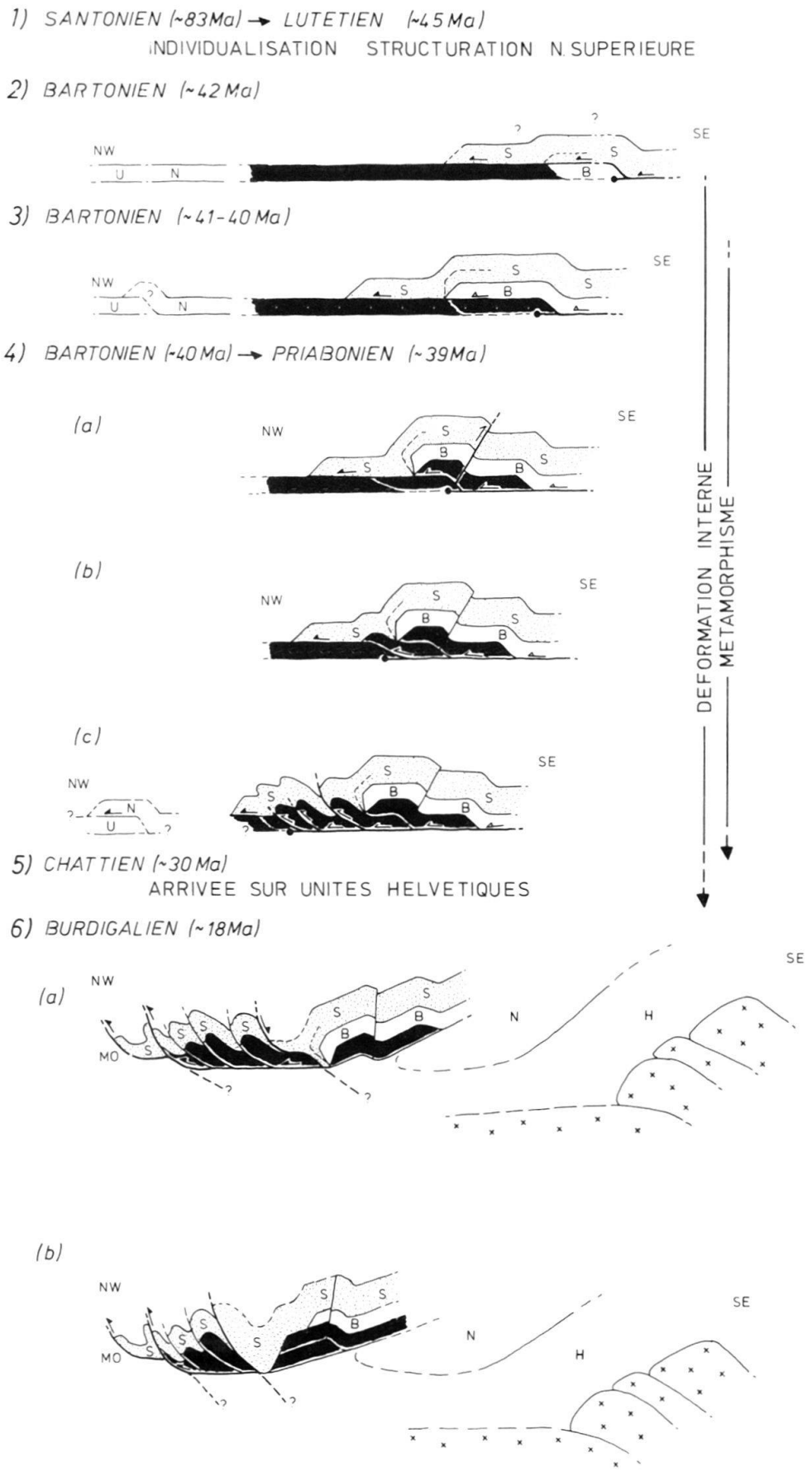
– Dans les Médianes plastiques, le clivage schisteux est localement crénulé par des décrochements sénestres N-S ou dextres E-W. Dans les Médianes rigides il est crénulé par des failles N-S et par des chevauchements en retour. Ces accidents sont responsables de la réorientation des axes de plis. Ces accidents sont donc postérieurs à la formation des plis et des clivages schisteux.

3.3 Chronologie et cinématique de la structuration des Préalpes médianes

L'ensemble des données discutées permet de reconstituer les étapes successives de la formation des Préalpes médianes comme suit (fig. 18):

[i] Depuis le Lias, la sédimentation est régie par une paléotectonique en extension NW-SE. Le bassin de sédimentation des Préalpes médianes se ferme dès le Crétacé supérieur en régime d'extension NNE-SSW.

Fig. 18. Schéma de l'évolution tectonique des Préalpes médianes depuis leur patrie jusque dans leur position actuelle (les profils sont sans échelle). B = nappe de la Brèche; H = nappes Helvétiques; MO = molasse; N = nappe du Niesen; S = Nappe supérieure; U = Ultrahelvétique; en noir = Préalpes médianes.


1) SANTONIEN (~83Ma) → LUTETIEN (~45Ma)
INDIVIDUALISATION STRUCTURATION N. SUPERIEURE
2) BARTONIEN (~42Ma)
3) BARTONIEN (~41-40Ma)
4) BARTONIEN (~40Ma) → PRIABONIEN (~39Ma)
(a)
(b)
(c)
5) CHATTIEN (~30Ma)
ARRIVEE SUR UNITES HELVETIQUES
6) BURDIGALIEN (~18Ma)
(a)
(b)
NW
SE
U
N
S
B
MO
H
DEFORMATION INTERNE
METAMORPHISME

[ii] Décollement et structuration des unités de la nappe supérieure dès le Santonien (vers 83 Ma; fig. 18-1; voir aussi CARON 1966, 1972; STAMPFLI & MARTHALER 1990). Puis, arrivée de la Nappe supérieure sur la nappe de la Brèche et les Médianes rigides dès 42 Ma (Bartonien; Eocène; fig. 18-2). La structuration de la Nappe supérieure sort du cadre de ce travail et le lecteur peut se réferer entre autres à CARON (1972) et STAMPFLI & MARTHALER (1990). Sous l'ensemble de cette surcharge, le métamorphisme commence à se développer dans les Médianes rigides et la nappe de la Brèche.

[iii] La nappe de la Brèche, supportant la Nappe supérieure, commence à chevaucher les Préalpes médianes à partir de 41–40 Ma (Bartonien; Eocène). La déformation interne et le clivage schisteux S_1 commencent à se développer dans les Médianes rigides. La partie septentrionale de la Nappe supérieure poursuit sa progression sur les Médianes plastiques (fig. 18-3), alors que sa partie méridionale est transportée passivement sur la nappe de la Brèche.

[iv] Le chevauchement de la nappe de la Brèche se bloque. Dans les Médianes rigides se développe une rampe tectonique qui donne naissance à l'écaille principale (fig. 18-4a). La partie méridionale des Médianes rigides se décolle de son substratum. La déformation interne s'affirme et le passage sur la rampe provoque la formation d'un clivage schisteux S_2. La partie frontale de la Nappe supérieure continue à avancer sur les Médianes plastiques sous l'effet du raccourcissement dans les Médianes rigides. Les chevauchements en retour sur la rampe de l'écaille principale affectent les trois nappes. Le clivage schisteux est crénulé, les axes de plis repris. Dans la partie E des Médianes rigides, un scénario particulier aboutit à la formation des écailles basales imbriquées de Trias.

[v] Le chevauchement de l'écaille des Médianes rigides se fige et l'écaille des Gastlosen se forme (fig. 18-4b). Le décollement basal des Préalpes médianes monte des évaporites de la base du Trias moyen vers celles du sommet du Trias moyen. La Nappe supérieure est replissée lors de la formation de cette écaille. Sa partie frontale continue d'avancer sur les Médianes plastiques et la nappe du Gurnigel atteint probablement le front septentrional des Médianes plastiques (?).

[vi] De l'intérieur vers l'avant de la nappe, les différents plis-failles des Médianes plastiques se mettent progressivement en place (fig. 18-4c). Le clivage schisteux et la déformation interne associés au plissement des Médianes plastiques, se développent durant les stades précoces de la formation des plis.

[vii] Le front du chevauchement basal des Préalpes médianes a atteint la partie septentrionale du domaine des Préalpes. L'ensemble va venir chevaucher le domaine de dépôt de la Zone Submédiane. La Nappe supérieure, ensemble avec la nappe de la Brèche et la nappe des Préalpes médianes se met en place sur l'Ultrahelvétique dès la fin Bartonien, début Lutétien (vers 39 Ma). Le métamorphisme a atteint son paroxisme. L'évolution tectonique de la nappe du Niesen semble se faire soit indépendamment et parallèlement à celle des Préalpes médianes, soit «sous» l'influence des unités préalpines les plus septentrionales, mais dans les deux cas, et à cette époque là, au front de l'édifice préalpin. Ce n'est qu'ultérieurement qu'elle se fait rattraper et dépasser par les autres unités préalpines.

[viii] Le transport des Préalpes par-dessus les massifs cristallins vers leur emplacement actuel (fig. 18-6) se fait, à notre avis, de manière plus ou moins passive sur le dos des nappes helvétiques. Il peut se faire dès le Priabonien (39 Ma) jusqu'au Burdigalien

(environ 18 Ma), voire jusqu'à l'actuel. Les Préalpes médianes atteignent le front septentrional du domaine helvétique probablement dès le Chattien (environ 30 Ma; TRÜMPY & BERSIER 1954, LATELTIN 1988). C'est lors de cette phase de mise en place finale que la partie frontale des Préalpes médianes vient chevaucher la nappe du Gurnigel (Préalpes médianes romandes, orientales) et même ces propres écailles (écaille de Locum, Préalpes médianes du Chablais; BADOUX & MERCANTON 1962) et que certains plans axiaux des plis de grande échelle se redressent (région du Gantrisch-Stockhorn). On ne peut pas exclure que ces derniers mouvements soient à mettre au compte de chevauchements ou de bombements dans le soubassement (dans le socle? ou associés aux soulèvements des massif cristallins externes) qui réactivent certains chevauchements en failles inverses (p.ex. la nappe du Gurnigel qui est chevauchée, fig. 18-6b) ou en failles normales (?) (ce qui pourrait expliquer la position très redressée des écailles de la Gummfluh, fig. 18-6a).

Il reste à remarquer, que pour tenir compte de la diachronie entre l'arrivée de la Nappe du Gurnigel des Nappes des Dranses, de la Simme et des Gets (trois unités supérieures de la Nappe supérieure) sur les Médianes plastiques (CARON 1972) il faudrait envisager de former des plis – tout au moins dans la partie la plus méridionale des Médianes plastiques – à un stade précoce (dès les étapes [ii] et [iii]). Notons que les critères structuraux de terrain sont loins d'être clairs et des recherches plus approfondies nous permettrons de préciser ce point.

4. Conclusions

Les nouvelles données sur le métamorphisme, la déformation, l'orientation et la géométrie des éléments structuraux nous permettent d'apporter de nouvelles propositions concernant l'histoire tectono-métamorphique des Préalpes. Si les différences de style tectonique entre les Médianes plastiques et les Médianes rigides, ainsi que les changements de directions des axes de plis et des chevauchements depuis le lac de Thoune jusqu'au Léman ont déjà été mis en évidence dès le début de l'étude des Préalpes par de nombreux auteurs, il nous a été possible de préciser leur géométrie et d'établir des relations de causalité entre les différents types de structures.

[i] Dans les ***Médianes plastiques*** les plis à grande échelle sont associés aux chevauchements d'anticlinaux. Ces plis, qui sont fréquemment recoupés par des failles transverses, se relayent latéralement au niveau de terminaisons périclinales. La courbure de l'axe qui se développe ainsi est probablement en partie responsable d'un étirement parallèle à l'axe. Nous proposons d'expliquer le développement de ces plis par un modèle du type *fault-propagation folding.* Dans les ***Médianes rigides*** la grande structure est formée par une écaille tectonique principale, accompagnée d'écailles imbriquées. L'écaille principale s'est développée sur une rampe tectonique et des paliers de décollements qui s'apparentent à un modèle du type *fault-bend folding.* Sur l'ensemble des Préalpes médianes les plis métriques disharmoniques de second ordre miment, par leur allure régionale, la structure à grande échelle.

Dans la partie frontale de la nappe, le clivage schisteux et la déformation interne sont liés au plissement, alors qu'à l'arrière de la nappe, ils sont en relation avec l'arrivée de la nappe de la Brèche et le passage des Médianes rigides sur une rampe tectonique.

[ii] Les différences entre la partie orientale et occidentale des Préalpes médianes se marquent, dans les ***Médianes plastiques,*** par des changements d'orientation des plis et des chevauchements. Sensiblement E-W à l'est, elles deviennent NE-SW, voire N-S à l'ouest. De plus dans les Préalpes médianes orientales, les chevauchements et les décrochements sénestres se font sur des surfaces distinctes et indiquent tous deux des directions de transport N-S. Dans les régions occidentales, ces deux types de mouvements se font sur des surfaces communes où la direction de chevauchement semble être NW-SE et celle de décrochement N-S.

Absente à l'affleurement à l'Est de Boltigen, l'écaille des Gastlosen se présente sous sa forme type de structure essentiellement monoclinale, entre Boltigen et la vallée de la Sarine. Plus à l'Ouest encore, aux Tours d'Aï, elle prend l'allure d'un vaste pli, plongeant vers le NE, avec un flanc nord redressé et fortement disloqué.

Dans les ***Médianes rigides,*** les différences structurales entre l'est et l'ouest se reflètent surtout par un changement dans l'inclinaison de la structure majeure. A l'est, l'écaille principale est faiblement inclinée vers l'avant pays alpin, alors que dans la partie occidentale des Préalpes, cet inclinaison s'accentue (Rochers de Chateaux d'Oex), et l'écaille peut même être renversée, comme au Mont d'Or.

[iii] Un regard sur la cinématique des Préalpes médianes nous a permis de relever que le métamorphisme transporté et la déformation interne qui forment un même événement tectono-métamorphique continu, ainsi que la majeure partie de la structuration tectonique, se sont faits de manière diachrone depuis l'arrière vers l'avant de la nappe. Ces événements se sont produits entre l'arrivée de la nappe de la Brèche sur les Médianes rigides (dès le Bartonien, vers 41–40 Ma) et la mise en place des Préalpes médianes sur le domaine de l'Helvétique (vers 39–30 Ma). Les Préalpes sont ensuite transportées passivement sur les nappes helvétiques, par-dessus les massifs cristallins externes pour atteindre leur emplacement actuel.

Si dans notre interprétation, la phase principale de structuration tectono-métamorphique des Préalpes médianes se fait avant l'arrivée de celles-ci au front septentrional du domaine helvétique, il faut cependant rappeler que d'autres interprétations, notamment celle de Plancherel (1979), favorisent la thèse d'une structuration tardive. C'est ainsi que pour Plancherel, les structures, du moins celles des Médianes plastiques, se sont développées après l'arrivée des Préalpes dans leur position actuelle, et ceci à la faveur d'un système d'accidents décrochants sénestres subméridiens.

[iv] Il apparaît, et d'autres auteurs l'ont déjà souligné (Badoux & Mercanton 1962; Plancherel 1979; Ricou 1980, 1984; Wildi 1985; Guillaume 1986; Mettraux & Mosar 1989), que les décrochements et chevauchements suivent de près les structures originelles du bassin de sédimentation. Dans la partie occidentale des Préalpes médianes, les surfaces combinant des mouvements décrochants N-S sénestres et chevauchants NW-SE, leur orientation NE-SW, voire N-S, tout comme l'orientation des plis, suggèrent que la déformation, dans cette région des Préalpes médianes romandes, s'est faite en fonction de cette préstructuration. On peut penser que des accidents N-S ont donné lieu à des rampes tectoniques latérales, qui elles permettraient d'expliquer l'orientation subméridienne de certains plis et chevauchements. Comme les Préalpes médianes, dans leur position actuelle, sont entièrement allochtones, et que la majorité de la déformation a été achevée avant la mise en place finale, ces rampes «fossiles» seraient à chercher dans la patrie des Préalpes médianes.

Dans les Médianes plastiques les anticlinaux chevauchants orientés E-W à NE-SW se calquent eux aussi sur des structures préexistantes. En l'occurrence il s'agirait de failles normales synsédimentaires comme celle mise en évidence au Tours d'Aï par METTRAUX & MOSAR (1989) ou encore celle dans les séries du Barrhorn explicitée par SARTORI (1987, 1988a). Comme les plis faillés sont associés à d'importantes quantités de gypses et cornieules, on est tenté de penser que ces masses d'évaporites jouent déjà un rôle dans la configuration du bassin sédimentaire, configuration qui va, plus tard déterminer l'orientation et la localisation des structures tectoniques des Préalpes médianes.

Remerciements

J'aimerais témoigner ma reconnaissance à M.J.P. Schaer, qui est à l'origine de ce travail, MM. A. Baud, M. Burkhard, B. Kübler, F. Persoz, A. Pfiffner, R. Plancherel, M. Sartori, M. Septfontaine et J. Suppe pour leur aide et leurs nombreux conseils. Merci à C. et G. Borel d'avoir amélioré et corrigé mon français. Je remercie les correcteurs qui sont MM. A. Escher et W. Wildi pour leur lecture attentive et leurs suggestions et discussions. Cet article reprend de larges extraits de mon travail de thèse fait à l'Université de Neuchâtel. Sa réalisation à été rendue possible grâce au soutien financier de l'Université de Neuchâtel, du Fonds national Suisse (requêtes n° 2.837-0.85, 21-29011.90) et du Programme R & D du Gouvernement du Luxembourg (requête n° BFR/89012-A1).

BIBLIOGRAPHIE

ACKERMANN, T. 1986: Le flysch de la nappe du Niesen. Eclogae geol. Helv. 79, 641–684.

BADOUX, H. 1965: Feuille Montreux, 47, et notice explicative, Atlas Géol. Suisse au 1:25 000, avec notice. Comm. Géol. Suisse, Bâle.

BADOUX, H. & MERCANTON, C.H. 1962: Essai sur l'évolution tectonique des Préalpes médianes du Chablais. Eclogae geol. Helv. 55, 135–188.

BADOUX, H. & NORBERT, J. 1952: Une fenêtre d'Ultrahelvétique dans les Préalpes médianes du Chablais (région de Vacheresse). Bull. Lab. géol. Lausanne 104, 1–5.

BAUD, A. 1972: Observations et hypothèses sur la géologie de la partie radicale des Préalpes médianes. Eclogae géol. Helv. 65, 43–55.

— 1987: Stratigraphie et sédimentologie des calcaires de Saint-Triphon (Trias, Préalpes, Suisse et France). Mém. géol. Lausanne 1.

BAUD, A. & MASSON, H. 1975: Preuves d'une tectonique de distension dans le domaine briançonnais: failles conjugées et paléokarst à Saint-Triphon (Préalpes médianes, Suisse). Eclogae geol. Helv. 68, 131–145.

— 1976: Déformation ductile et bréchification le long du plan de chevauchement de l'écaille de la Gummfluh (Médianes Rigides, Suisse)-Résumé. Eclogae geol. Helv. 69, 471–472.

BAUD, A. & SEPTFONTAINE, M. 1980: Présentation d'un profil palinspastique de la nappe des Préalpes médianes en Suisse occidentale. Eclogae géol. Helv. 73, 651–660.

BAUD, A., HEINZ, R. & SEPTFONTAINE, M. 1989: Compte rendu de l'excursion de la Société Géologique Suisse dans les Préalpes, du 2 au 4 octobre 1988. Eclogae geol. Helv. 81, 359–377.

BECK, P. & GERBER, E. 1925: Geologische Karte Thun-Stockhorn, 1:25 000 (Spezialkarte 96). Ed. Geol. Kom. schweiz. natf. Ges.

BERNOULLI, D., CARON, CH., HOMEWOOD, P., KÄLIN, O. & STUIJVENBERG, J. 1979: Evolution of continental margins in the Alps. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 59, 165–170.

BIERI, P. 1925: Der Bau der Klippendecke zwischen Gantrisch und Simmental (Berner Oberland). Jb. phil. Fak. II Univ. Bern 5, 89–109.

BOILLOT, G., MONTADERT, L., LEMOINE, M. & BIJU-DUVAL, B. 1984: Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France. Masson, Paris.

BOLLER, K. 1963: Stratigraphische und Mikropaläontologische Untersuchungen im Neocom der Klippendecke (östlich der Rhône). Eclogae geol. Helv. 56, 16–102.

BOREL, G. 1991: Etudes géologiques et minéralogiques de la région du Widdersgrind (Préalpes romandes). Dipl. Univ. Neuchâtel.

Boyer, S.E. & Elliott, D. 1982: Thrust systems. Am. Assoc. Petroleum Geol. Bull. 66, 1196–1230.

Burkhard, M. 1988: L'Helvétique de la bordure occidentale du Massif de l'Aar (évolution tectonique et métamorphique). Eclogae geol. Helv. 81, 63–114.

Butler, R.W.H. 1982: The terminology of structures in thrust belts. J. Struct. Geol. 4, 239–245.

Caron, Ch. 1965: L'appartenance tectonique des flyschs du Kalberhöni (Préalpes romandes, Suisse); Considérations sur la nappe de la Simme. Soc. géol. France, Bull. 7. série, t. VII, 921–928.

— 1966: Sédimentation et tectonique dans les Préalpes: flysch à lentilles et autres complexes chaotiques. Eclogae geol. Helv. 59, 950–957.

— 1972: La nappe supérieure de Préalpes: subdivisions et principaux caractères du sommet de l'édifice préalpin. Eclogae geol. Helv. 65, 47–73.

— 1973: Survol géologique des Alpes occidentales. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 62, 73–81.

— 1976: La nappe du Gurnigel dans les Préalpes. Eclogae geol. Helv. 69, 297–308.

Caron, M. & Dupasquier, Ch. 1989: Litho- et biostratigraphie des dépôts du Crétacé moyen dans les Préalpes médianes. Geobios, Mém. spéc. 11, 49–58.

Caron, Ch., Homewood, P., Morel, R. & Stuijvenberg, J. 1980a: Témoins de la nappe du Gurnigel sur les Préalpes médianes: une confirmation de son origine ultrabriançonnaise. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 69, 64–79.

Caron, Ch., Homewood, P. & Stuijvenberg, J. 1980b: Les flyschs Préalpins. In: Sédimentation détritique, 3ième cycle romand en Sc. de la Terre, documents complémentaires (Ed. by P. Homewood).

Coates, J. 1945: The construction of geological sections. Quat. J. Geol. Min. Metall. Soc. India 17, 1–11.

Dahlstrom, C.D.A. 1969: Balanced cross sections. Can. J. Earth Sci. 6, 743–757.

— 1990: Geometric constraints derived from the law of conservation of volume and applied to evolutionary models for detachment folding. Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull. 74, 336–344.

de Kaenel, E., Perch-Nielsen, K. & Lindinger, M. 1989: The Cretaceous/Tertiary boundary in the Gurnigel flysch (Switzerland). Eclogae geol. Helv. 82, 555–581.

Diegel, F.A. 1986: Topological constrains on imbricate thrust networks, examples from the Mountain City window, Tennessee, U.S.A. J. Struct. Geol. 8, 269–279.

Dortmann, T. 1982: Ein Querprofil durch die Niesendecke. Sedimente, Tektonik, Metamorphose und ihre Bedeutung für die Gebirgsbildung. Dipl. Univ. Bonn, inédit.

Dousse, B. 1965: Géologie des Rochers de Château d'Oex. Mat. Carte géol. Suisse, N.S. 119.

Droxler, A. & Schaer, J.P. 1979: Déformation cataclastique plastique lors du plissement sous faible couverture de strates calcaires. Eclogae geol. Helv. 72, 551–570.

Ellenberger, F. 1953: Sur l'extension des faciès briançonnais en Suisse, dans les Préalpes médianes et les Pennides. Eclogae geol. Helv. 45, 285–286.

Escher, A. 1988: Rapport du Serv. hydrol. géol. Suisse No. 2 et Mém. Géol. Lausanne No. 2.

Faill, R.T. 1973: Kink-band folding, Valley and Ridge Province, Pennsylvania. Geol. Soc. Amer. Bull. 84, 1289–1341.

Felber, P.J. 1984: Der Dogger der Zentralschweizer Klippen. Diss. ETH Zürich 7506.

Flück, W. 1973: Die Flysche der prealpinen Decken im Simmental und Saanenland. Mat. carte géol. Suisse, N.S. 146.

Furrer, U. 1979: Stratigraphie des Doggers der östlichen Préalpes (Bern). Eclogae geol. Helv. 72, 623–672.

Furrer, U. & Septfontaine, M. 1977: Nouvelles données biostratigraphiques dans le Dogger à faciès briançonnais des Préalpes médianes romandes (Suisse). Eclogae geol. Helv. 70, 717–737.

Genge, E. 1958: Ein Beitrag zur Stratigraphie der südlichen Klippendecke im Gebiet Spillgerten-Seehorn. Eclogae geol. Helv. 51, 151–211.

Goguel, J. 1952: Tectonics. Ed. H. Freemann and Co. (translated from french 1962).

Guillaume, M. 1986: Révision stratigraphique des Couches Rouges de la nappe des Préalpes. Thèse, Univ. Fribourg 910.

Haq, B.U., Hardenbol, J. & Vail, P.R. 1987: Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science 235, 1156–1166.

Heinz, R. 1985: Mikrofazielle Untersuchungen des Massivkalkes (Malm) der Préalpes médianes im Querschnitt Moléson-Rübli/Gummfluh. Inauguraldiss. Univ. Bern.

Heinz, R. & Isenschmid, Ch. 1988: Mikrofazielle und stratigrafische Untersuchungen im Massivkalk (Malm) der Préalpes Médianes. Eclogae geol. Helv. 81, 1–62.

Homewood, P. 1974: Le flysch du Meilleret (Préalpes Romandes) et ses relations avec les unités l'encadrant. Eclogae geol. Helv. 67, 349–401.

— 1977: Ultrahelvetic and North-Penninic flysch of the Prealps: a general account. Eclogae geol. Helv. 70, 627–641.

— 1983: Paleogeography of Alpine flysch. Paleogeogr. paleoclim. paleoecol. 44, 169–184.

Homewood, P. & Caron, Ch. 1982: Flysch of the Western Alps. In Mountain building processes, Ed. by K.J. Hsü, 157–168, Academic Press.

Homewood, P. & Lateltin, O. 1988: Classic Swiss clastics. Flysch and Molasse. The Alpine connection. Acta Geodynamica 2, 1–11.

Homewood, P., Gosso, G., Escher, A. & Milnes, A. 1980: Cretaceous and tertiary evolution along the Besançon-Biella traverse (W Alps). Eclogae geol. Helv. 73, 635–649.

Isenschmid, Ch. 1983: Der Malm im Mittelabschnitt der Préalpes médianes zwischen Thuner- und Genfersee. Diss. Univ. Bern, inédit.

Jaccard, F. 1904: La région de la Brèche de la Hornfluh (Préalpes Bernoises). Bull. Lab. geol. geograph. phys., mineral. paleant. Univ. Lausanne 5.

— 1908: La région Rübli-Gummfluh (Préalpes médianes, Suisse). Bull. Soc. vaud. Sc. nat. vol. 43/161.

Jamison, W.R. 1987: Geometric analysis of fold development in overthrust terranes. J. Struct. Geol. 9, 207–219.

Jeanbourquin, P. 1988: Nouvelles observations sur les cornieules en Suisse occidentale. Eclogae geol. Helv. 81, 511–538.

Jeannet, A. 1922: Das romanische Deckengebirge, Préalpes und Klippen. In: Heim, A.: Geologie der Schweiz, Bd. II/2, 589–676, ed. Tauschniz, Leipzig.

Lateltin, O. 1988: Les dépôts turbiditiques oligocènes d'avant-pays entre Annecy (Haute-Savoie) et Sanetsch (Suisse). Thèse, Université de Fribourg 949.

Laubscher, H.P. 1962: Die Zweiphasenhypothese der Jurafaltung. Eclogae geol. Helv. 55, 1–22.

— 1965: Ein kinematisches Modell der Jurafaltung. Eclogae geol. Helv. 58, 231–318.

— 1977: Fold development in the Jura. Tectonophysics 37, 337–362.

Lemoine, M. 1988: Des nappes embryonnaires aux blocs basculés: Evolution des idées et des modèles sur l'histoire mésozoïque des Alpes occidentales. Bull. Soc. géol. France (8), t.IV, 787–797.

Lemoine, M. & Trümpy, R. 1987: Pre-oceanic rifting in the Alps. Tectonophysics 133, 305–320.

Lombard, A. 1975: Feuille Mosses, 64, Atlas géol. Suisse 1:25 000. Comm. géol. Suisse.

Lonfat, F. 1965: Géologie de la partie centrale des Rochers de Château d'Oex: Rübli-Gummfluh. Mat. carte géol. Suisse, NS120.

Lugeon, M. 1902: Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. Bull. Soc. géol. France (4), 1, 723–825.

— 1943: Une nouvelle hypothèse tectonique: la diverticulation. Bull. Soc. vaud, Sc. Nat. 62, 301–303.

Lugeon, M. & Gagnebin, E. 1941: Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes. Bull. lab. géol. minéral. géophys. Univ. Lausanne 72.

Masson, H. 1972: Sur l'origine de la cornieule par fracturation hydraulique. Eclogae geol. Helv. 65, 27–41.

— 1976: Un siècle de géologie dans les Préalpes: de la découverte des nappes à la recherche de leur dynamique. Eclogae geol. Helv. 69, 527–575.

Masson, H., Baud, A., Escher, A., Gabus, J. & Marthaler, M. 1980: Compte rendu de l'excursion de la Société Géologique Suisse: coupe Préalpes-Helvétique-Pennique en Suisse occidentale. Eclogae geol. Helv. 73, 331–349.

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. Ed. Schweiz. Geol. Kommission, 261–293.

Mettraux, M. 1988: Sédimentologie, paléotectonique et paléoocéanographie des Préalpes Médianes (Suisse romande) du Rhétien au Toarcien. Thèse, Univ. Fribourg 947.

Mettraux, M. & Mosar, J. 1989: Tectonique alpine et paléotectonique liasique dans les Préalpes Médianes en rive droite du Rhône. Eclogae geol. Helv. 82, 517–540.

Mitra, S. 1990: Fault-propagation folds: geometry, kinematic evolution, and hydrocarbon traps. Amer. Ass. Petrol. Geol. 74, 921–945.

Mitra, S. & Namson, J. 1989: Equal-area-balancing. Amer. J. Sci. 289, 563–599.

Mosar, J. 1988a: Structures, déformation et métamorphisme dans les Préalpes romandes. Thèse de doctorat, Univ. Neuchâtel, inédit.

— 1988b: Métamorphisme transporté dans les Préalpes. Bull. Soc. Suisse Minéral. pétrogr. 68, 77–94.

— 1989: Déformation interne dans les Préalpes Médianes (Suisse). Eclogae geol. Helv. 82, 765–793.

— 1991: Role of shear in fault-propagation folding. Special Proceedings of Thrust Tectonics, London (in press).

MOSER, H.J. 1980: Geologie der Spillgerten (östlich Zweisimmen). Liz. Univ. Bern.

MÜLLER, I. & PLANCHEREL, R. 1982: Contribution à l'étude de l'hydrogéologie karstique du massif du Vanil Noir et de la chaîne des Gastlosen (Préalpes fribourgeoises, Suisse). Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 71, 102–132.

NICOL, G. 1956: Geologie der östlichen Stockhorn-Kette (Berner Oberland). Mitt. natf. Ges. Bern N.F. 13, 153–243.

PFIFFNER, O.A. 1986: Evolution of the northalpine foreland basin in the Central Alps. Spec. Publ. IAS 8, 309–318.

PLANCHEREL, R. 1976: Essai d'interprétation de la dislocation transversale de Bellegarde-Lac Noir (Préalpes médianes Fribourgeoises). Eclogae geol. Helv. 65, 461–469.

— 1979: Aspects de la déformation en grand dans les Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Arve. Eclogae geol. Helv. 72, 145–214.

— 1990: Les Préalpes du Chablais – Présentation générale. In: Suisse Lémaniquer, pays de Genève et Chablais, Col. guides géol. rég. ed. Guide Masson.

PLANCHEREL, R. & WEIDMANN, M. 1972: La zone anticlinale de la Tinière (Préalpes médianes vaudoises). Eclogae geol. Helv. 65, 75–91.

PYTHON-DUPASQUIER, CH. 1990: La formation de l'Intyamon (Crétacé moyen) des Préalpes médianes romandes. Thèse, Univ. Fribourg 978.

RABOWSKI, F. 1912: Feuille Simmental et Diemtigtal, carte spéc. N° 69, 1:50 000.

— 1920: Les Préalpes entre le Simmental et le Diemtigtal. Mat. carte Géol. Suisse, NS35.

RICOU, L.E. 1980: Sub-briançonnais; un ample décrochement sénestre subméridien. C.R. Acad. Sci. Paris, t.290/13 serie D, 835–838.

— 1984: Les Alpes occidentales: chaîne de décrochement. Bull. Soc. géol. France (7), t.XXVI/5, 861–874.

SANDERSON, D.J. 1982: Models of strain variation in nappes and thrust sheets: a review. Tectonophysics 88, 201–233.

SARTORI, M. 1987: Blocs basculés briançonnais en relation avec leur socle originel dans la nappe de Siviez-Mischabel (Valais, Suisse). C.R. Acad. Sc., Paris, t.305, Série II, 999–1005.

— 1988a: L'unité du Barrhorn (zone pennique, Valais, Suisse). Un lien entre les Médianes Rigides et leur socle paléozoïque. Thèse Univ. Lausanne, inédit.

— 1988b: Structure de la zone du Combin entre les Diablons et Zermatt (Valais). Eclogae geol. Helv. 80, 789–814.

SAUDAN, F. 1986: Etude des nappes de la Brèche et des Préalpes médianes rigides: région de la Videmanette. Dipl. Univ. Lausanne, inédit.

SCHARDT, H. 1884: Etudes géologiques sur le Pays-d'Enhaut Vaudois. Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 20/90.

— 1898: Les régions exotiques du versant N des Alpes suisses. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 34, 114–219.

SCHMID, G. 1970: Geologie der Gegend von Guggisberg und der angrenzenden subalpinen Molasse. Beitr. geol. Karte Schweiz, N.S. 139.

SEPTFONTAINE, M. 1976: Microfaciès et diagenèse de quelques niveaux jurassiques des Préalpes médianes du Chablais occidental (Haute-Savoie, France). Eclogae geol. Helv. 61, 39–61.

— 1979: Interprétation paléotectonique de la bordure septentrionale du domaine Briançonnais (Préalpes médianes) au Jurassique d'après des nouvelles données bio- et lithostratigraphiques- note préliminaire. Notes Lab. paléant. Univ. Geneve 3, 25–35.

SPICHER, A. 1980: Carte tectonique de la Suisse 1:500 000. Commission Géol. Suisse.

STAMPFLI, G.M. & MARTHALER, M. 1990: Divergent and convergent margins in the north-western Alps, confrontation to actualistic models. Geodyn. Acta 4, 159–184.

SUPPE, J. 1983: Geometry and kinematics of fault bend folding. Amer J. Sci. 283, 648–721.

— 1985: Principles of structural Geology. Ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

SUPPE, J. & MEDWEDEFF, D.A. 1991: Geometry and kinematics of fault-propagation folding. Eclogae geol. Helv. 83, 409–454 (Laubscher volume).

TERCIER, J. & BIERI, P. 1961: Feuille Gurnigel, 36, Atlas Géol. Suisse 1:25 000. Comm. géol. Suisse.

THÜRY, M. 1973: Der Lias der östlichen Préalpes médianes zwischen Boltigen und Spiez (inédit).

TRÜMPY, R. 1960: Paleotectonic evolution of the Central and Western Alps. Geol. Soc. Amer. Bull. 71, 843–908.

— 1980: Geology of Switzerland: a guide-book, part A. Ed.: Schweiz. Geol. Kommission.

TRÜMPY, R. & BERSIER, A. 1954: Les éléments des conglomérats oligocènes du Mont-Pélerin. Pétrographie, statistique, origine. Eclogae geol. Helv. 141, 119–166.

UMIKER, R. 1952: Geologie der westlichen Stockhornkette (Berner Oberland). Diss. Univ. Bern.

VIDAL, J.L. & SOULAS, J.C. 1978: Rôle et signification de stylolithes dans un processus de plissement. C.R. Acad. Sci. Paris série D, 286, 667–670.

WEIDMANN, M., HOMEWOOD, P., CARON, C. & BAUD, A. 1976: Réhabilitation de la «Zone Submédiane» des préalpes. Eclogae geol. Helv. 69, 265–277.

WEISS, H. 1949: Stratigraphie und Mikrofauna des Klippenmalm. Diss. Univ. Bern.

WICHT, J.M. 1984: Les flysch de la nappe de la Simme dans les Préalpes romandes. Thèse, Univ. Fribourg, n° 877.

WILDI, W. 1985: Heavy mineral distribution and dispersal pattern in penninic and ligurian flysch basins (Alps, northern Apennines). Giorn. Geol. Bologna, ser. 3, 47, 77–99.

Manuscrit reçu le 5 décembre 1990
Révision acceptée le 3 juillet 1991