Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 80 (1991)

Heft: 1-2

Artikel: "Ultrahélvetique" et mélanges sur le dos des nappes helvétiques des Diablerets et du Wildhorn

Autor: Jeanbourquin, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308706

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: 14.07.2025

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

«Ultrahelvétique» et mélanges sur le dos des nappes helvétiques des Diablerets et du Wildhorn

par P. JEANBOURQUIN,
1009 Pully, ch. Reine-Berthe 10

1. Introduction

A la suite de HEIM (1921), on désigne couramment par ultrahelvétique les klippes qui reposent sur les nappes helvétiques (s. str.) et s'enracinent directement au sud de la nappe du Wildhorn (2a, fig. 1).

Par extension, les écailles de la zone des cols (HAUG 1894), située directement au nord des nappes helvétiques et sous la nappe du Niesen, ont été désignées comme ultrahelvétiques (1 et 2b, fig. 1). La zone des cols a fait l'objet de nombreux travaux descriptifs qui ont tous montré l'extrême complexité structurale et stratigraphique de ces unités (BADOUX, 1945, 1946, 1963, 1988; BADOUX et al., 1959; BADOUX et al., 1962; FERRAZZINI, 1981; FURRER et al., 1956; LUGEON, 1918; MCCONNELL, 1951; MERCANTON, 1963; MOSER, 1985). La géologie est donc bien connue et il est difficile d'apporter des faits véritablement nouveaux; cependant certaines observations méritent d'être précisées, mises en valeur ou appréciées sous un autre éclairage. Cette démarche peut parfois conduire à des modifications importantes; malheureusement, la brièveté de mon contrat (PROJET FNSRS 2–5–567) ne m'a pas permis de mener à terme la révision systématique de la zone des cols; c'est pourquoi on se limitera à quelques points précis.

En raison de l'ambiguïté du mot ultrahelvétique (JEANBOURQUIN, 1991; JEANBOURQUIN et al., 1992), on propose d'utiliser l'expression descriptive «mélanges suprahelvétiques» (ou supra-Helvétique) dans un sens large du mot mélange. Cette distinction paraît ici un peu formelle, mais elle s'avère très utile dans le contexte régional de la zone des cols (JEANBOURQUIN et al., 1992). Elle est neutre et s'adapte bien à une conception régionale de la structuration de l'Helvétique. De plus, elle évite la confusion fréquente avec le domaine où se sont sédimentées ces roches. Cette confusion a notamment eu des conséquences importantes sur la compréhension de la sédimentation orogénique tertiaire. En effet, l'étiquette «Ultrahelvétique» (fig. 2) a regroupé des flyschs (HOMEWOOD, 1976) dont les affinités, sudhelvétiques

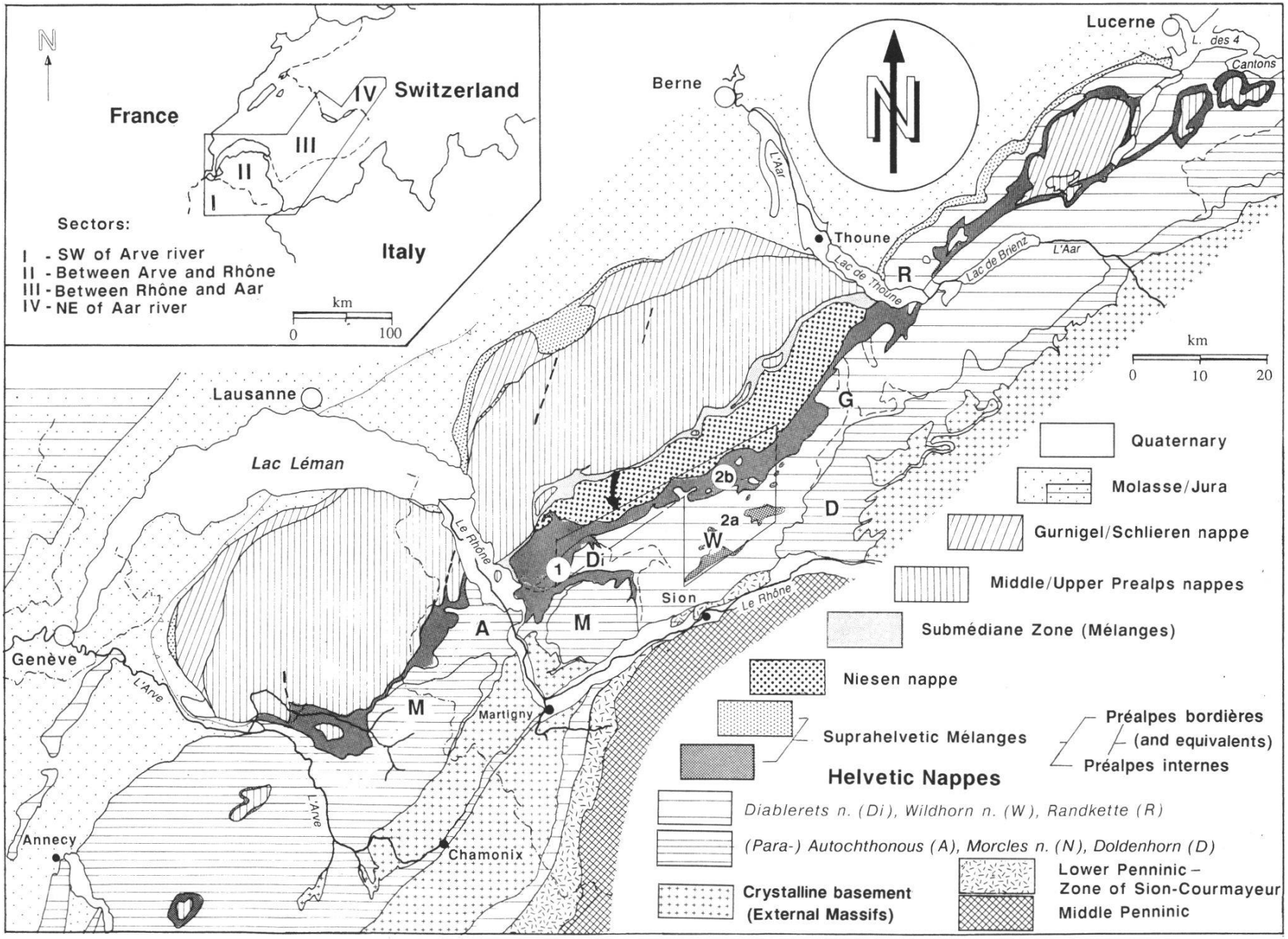

Fig. 1: Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale; (1) – mélanges associés à la nappe des Diablerets; (2) – mélanges associés à la nappe du Wildhorn sur la transversale du Rawil dans la dépression du Rawil (2a) et dans la zone des cols (2b).

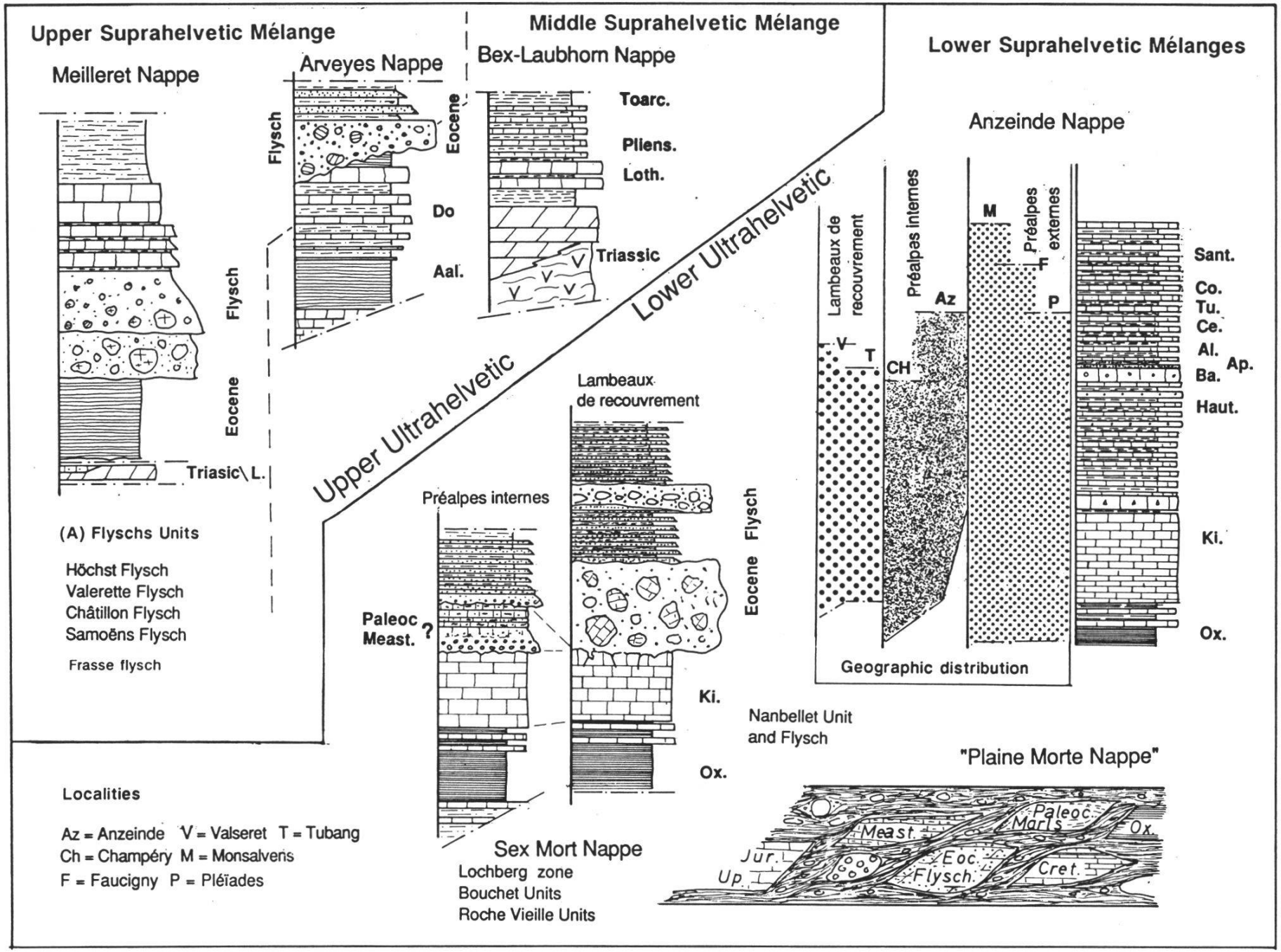

Fig. 2: «Nappes ultrahelvétiques», terminologie et composition des différentes écailles ou diverticules «ultrahelvétiques» d'après BADOUX (1963) et ANATRA (1986). Pour les flyschs, il faut noter la similitude des flyschs du diverticule du Sex-Mort avec ceux de la nappe du Wildhorn; (A) – les flyschs de l'Ultrahelvétique supérieur ont une affinité avec ceux du Valaisan externe (JEANBOURQUIN & BURRI, 1991, fig. 7).

(Wildhorn, Sex-Mort) ou Valaisan externe (Meilleret, Höchst, Valerette) (JEANBOURQUIN & BURRI, 1991; cet article) démontrent un contexte géodynamique très différent.

Dans les Alpes de Suisse occidentale et en Haute-Savoie, on peut grouper les mélanges suprahelvétiques (MSH) en quatre secteurs, caractérisés par des situations géotectoniques différentes (fig. 1):

- Dans le secteur 1, les MSH forment un coussinet entre les klippes de Préalpes médianes et les sédiments d'avant-pays (GT et GVI des massifs subalpins).
- Dans le secteur 2 (entre l'Arve et le Rhône), les MSH séparent la nappe de la Brèche (avec son mélange infra-Brèche) et les Grès du Val d'Illiez parautochtones. Dans cette région, on a pu les subdiviser en trois sous-unités cartographiques (JEANBOURQUIN et al., 1992):
- MSH inférieur qui regroupe les nappes de la Plaine Morte, d'Anzeinde et du Sex Mort;
- MSH moyen qui regroupe les nappes d'Arveyes et de Bex-Laubhorn;
- MSH sup. qui désigne des équivalents probables de la nappe du Niesen et des écailles infra-Niesen.
- Dans le secteur 3, étudié ici, une telle distinction peut être faite, moyennant quelques adaptations dues à des structures typiquement régionales comme le chevauchement de la nappe du Wildhorn sur celle des Diablerets ou des structures qui reprennent ce chevauchement. Ce secteur est également caractérisé par la présence de la nappe du Niesen, des nappes préalpines au complet et d'un développement important du mélange dans les Préalpes bordières (Montsalvens, Pléïades).
- Dans le secteur 4, la Randkette (équivalent très probable de la nappe du Wildhorn) repose sur un mélange tectonique qui la sépare de la Molasse subalpine (Mélange Infra-); au-dessus reposent le flysch de Schlieren/Gurnigel et le mélange de Habkern (BAYER, 1982).

2. Mélanges supra-Diablerets (1, fig. 1, et fig. 3)

Les mélanges associés à la nappe des Diablerets coiffent les sédiments turbiditiques tertiaires de la nappe: les Grès de Taveyanne (GT, LATELTIN, 1988). On peut les observer entre l'Alpe des Chaux (Gryon) et Creux de Champ (les Diablerets). Par rapport aux autres nappes helvétiques, ils sont relativement peu développés et pénètrent très peu dans le synclinal de raccord Diablerets-Wildhorn.

Le mélange supra-Diablerets inférieur regroupe un complexe chaotique (nappe ou flysch de la Plaine-Morte, faciès wildflysch de MERCANTON, 1963)

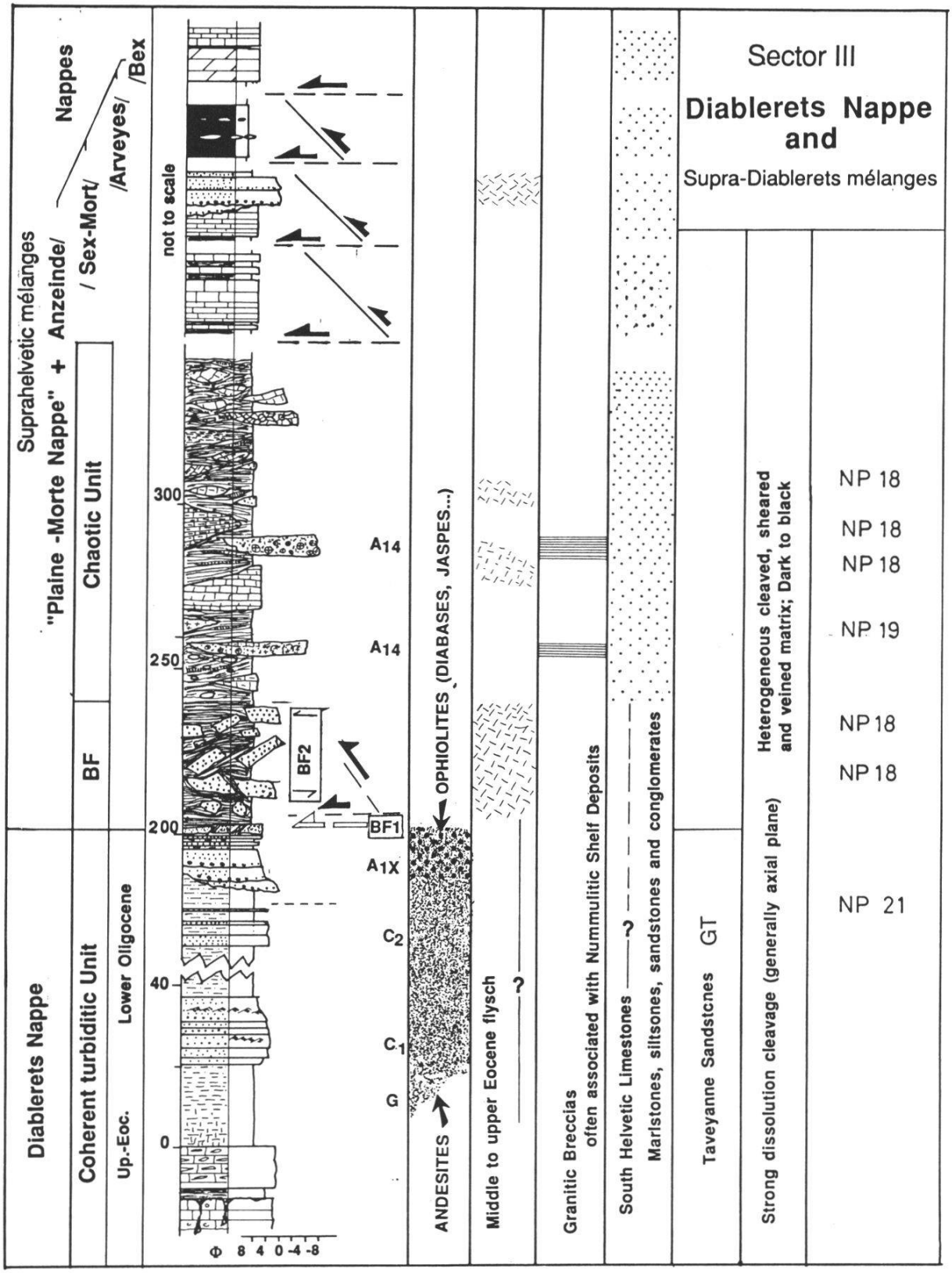

Fig. 3: Coupe lithostratigraphique des sédiments tertiaires de la nappe des Diablerets et des mélanges qui y sont associés avec les différents types de roches remaniées caractéristiques, GT d'après LATELTIN (1988). Classification sédimentologique: A1(1) classe et groupe, (faciès) selon PICKERING et al. (1989). Flèches noires et BF2: chevauchements précoces dans l'«Ultrahelvétique» et «Broken formation» associée; flèches blanches et BF1: chevauchements plus récents et «Broken Formation» associées au toit des GT. Dernière colonne: Bionannozones de MARTINI (1971).

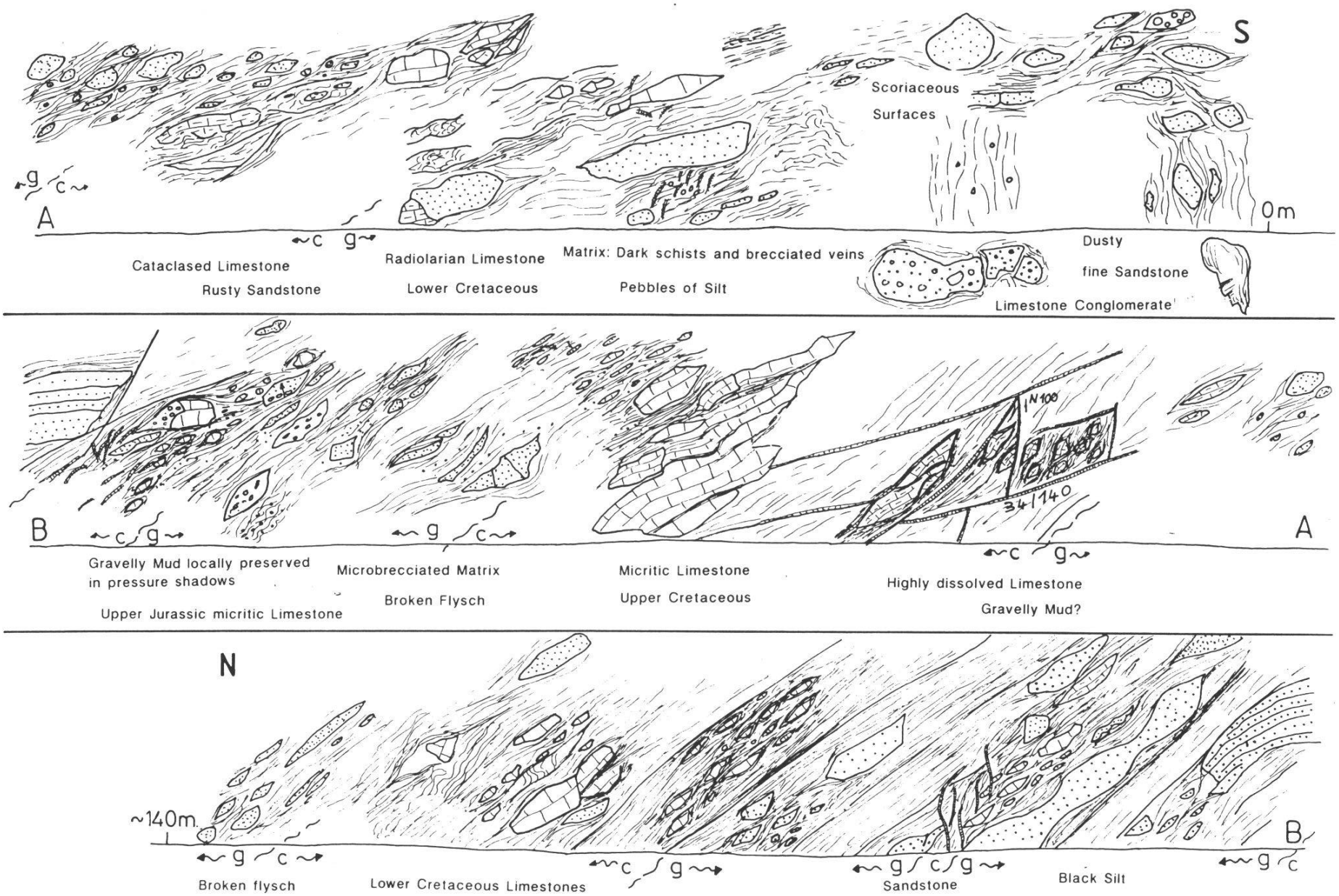

Fig. 4: Section dans le talus amont de la route menant des Chaux à Taveyanne (574600/127500), «nappe de la Plaine-Morte». Levé par M. Septfontaine et révision P. Jeanbourquin. Il faut retenir dans cette coupe les tendances: zones à éléments essentiellement soit gréseux (flysch) soit calcaires. Les détails montrent le découpage des blocs, taille env. 50 cm. N = nord, S = sud.

Fig. 5

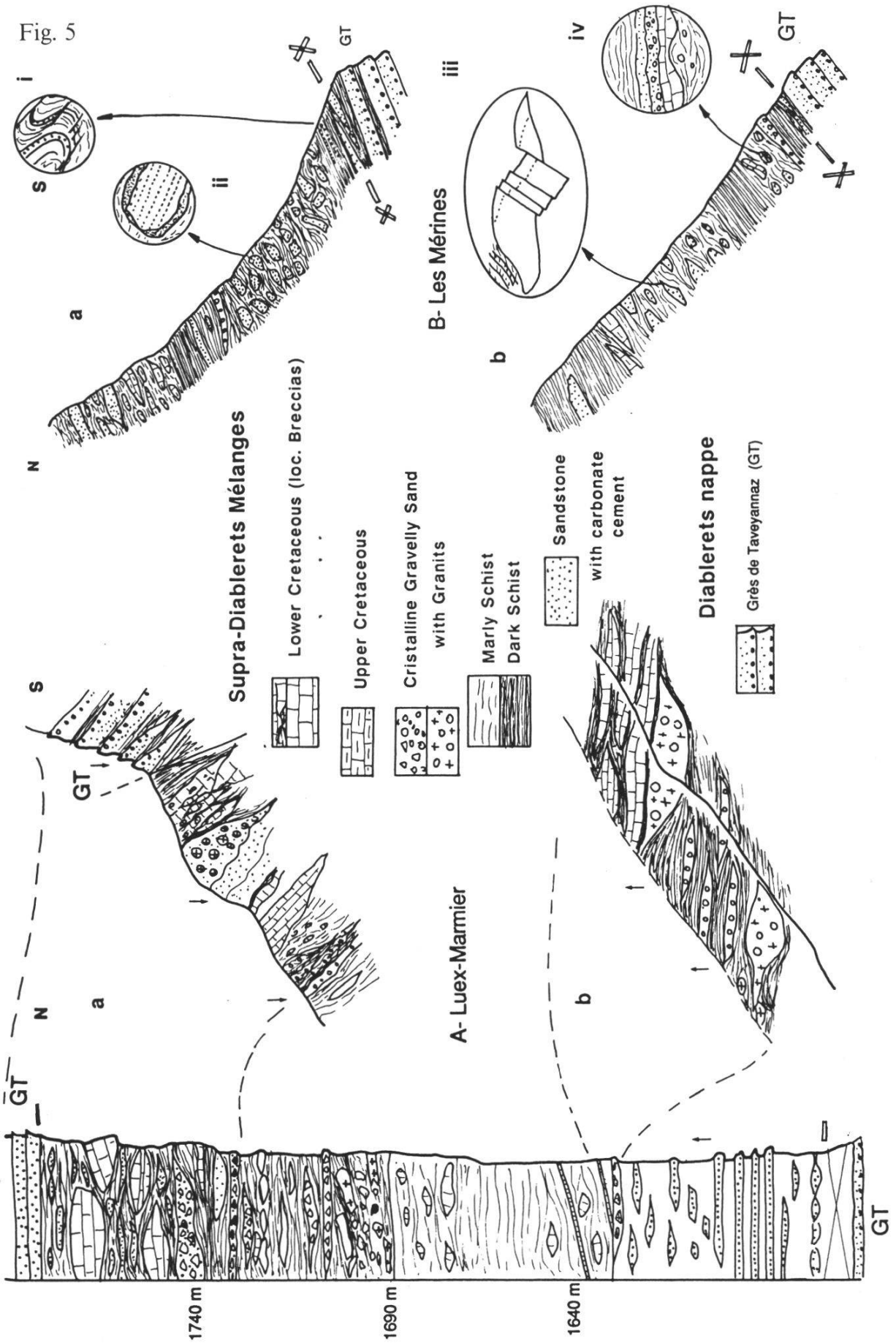
i
ii
S
N
a
GT
B- Les Mérines
iii
iv
b
Supra-Diablerets Mélanges
Lower Cretaceous (loc. Breccias)
Upper Cretaceous
Cristalline Gravelly Sand
with Granits
Marly Schist
Dark Schist
Sandstone
with carbonate
cement
Diablerets nappe
Grès de Taveyannaz (GT)
A- Luex-Marmier
1740 m
1690 m
1640 m

Fig. 5: A: coupe lithostratigraphique synthétique du ravin de Luex-Marmier (679225/129675) par M. Septfontaine. Détails par P. Jeanbourquin dans les zones avec corps chenalisés à matériel cristallin et calcaire. Les flèches indiquent la polarité.
Les schistes carbonatés clairs ont fourni des nannofossiles *(Dictyococcites dictyodus, Cribrocentrum reticulatum, Cyclococcolithus formosus, Reticulofenestra umbilica, Lanthernithus minutus, Chiasmolithus grandis, Chiasmolithus oamaruensis, Sphenolithus moriformis)* de l'Eocène moyen à supérieur (NP 17–18).
Aa: lentille de Calcaire crétacé (?) avec passage progressif à la matrice schisteuse. Ab: zone distinctes au sein du mélange, en bas avec des corps chenalisés à matériel cristallin prédominant, en-haut, grandes lentilles de calcaire crétacé inférieur (?) uniquement, localement remanié avec passage graduel à la matrice de schistes noirs.
Ba: Ravin des Mérines (575125/126800), «Broken Formation» de grès du flysch «ultrahelvétique» contrastant avec les zones polymictes à lentilles de Crétacé supérieur; détail i: clivage associé au cisaillement, détail ii: croûte siliceuse d'altération qui affecte les lentilles de grès.
Bb: Ravins de Poreyres (574825/126800): cf. aussi MERCANTON (1963), p. 18–22 et fig. 5), détail iii: déformation dans le banc de grès de la BF, détail iv: mini bloc composite avec grès sur calcaire crétacé (?).

et des grandes lentilles composites (n. du Sex-Mort); il s'y associe probablement un peu de mélange supra-Diablerets moyen, représenté par des lambeaux de nappe d'Arveyes et de nappe de Bex dans la région Fracherets-Alpe des Chaux (BADOUX et al., 1990), mais l'attribution exacte de ces terrains reste délicate en raison de la couverture quaternaire. D'après la cartographie de MERCANTON (dans BADOUX et al., 1990), la grande masse d'évaporites de la nappe de Bex qui limite au nord les mélanges supra-Diablerets, n'est pas liée à la nappe des Diablerets mais à celle du Wildhorn.

Le travail de MERCANTON (1963) fournit d'excellentes données à partir desquelles, une fois complétées, a été tirée la figure 3. Le profil de la route de la figure 4 a permis de bonnes observations, probablement peu durables. Les coupes de la figure 5 ont été sélectionnées pour leur position au sein de synclinaux; elles permettent de bonnes observations des complexes chaotiques à la base des mélanges.

La classification de PICKERING et al. (1989) en classe, faciès et groupe (A11, A14, B1 C, G), inspirée de MUTTI and RICCI LUCCHI (1975), a été utilisée ici (fig. 3, 7, 8, 9) parce qu'elle est particulièrement adaptée à la description de sédiments grossiers et chaotiques; elle est reportée en face des corps chenalisés.

Discussion des principales caractéristiques des complexes chaotiques dans le mélange supra-Diablerets inférieur

A la base, le sommet des GT est affecté par des cisaillements d'importance variable («Broken Formation» – BF1) comme l'avait déjà montré MERCANTON (1963). Les indices de cisaillement sont parfois très discrets (par exemple la ravine au-dessus des chalets de Creux de Champ, h = 1560 m), mais ils sont omniprésents. Des caractéristiques similaires se retrouvent dans des chevauchements humides soutenus en partie par une forte pression fluide.

Au-dessus, on observe très localement des schistes à blocs polymictes, principalement des roches crétacées et des conglomérats polygéniques cristallins tertiaires, puis une importante formation chaotique monogénique. Les blocs sont des grès à ciment carbonaté, d'âge éocène supérieur (Lutétien-Priabonien?); ils présentent des indices de slumping antérieur au découpage

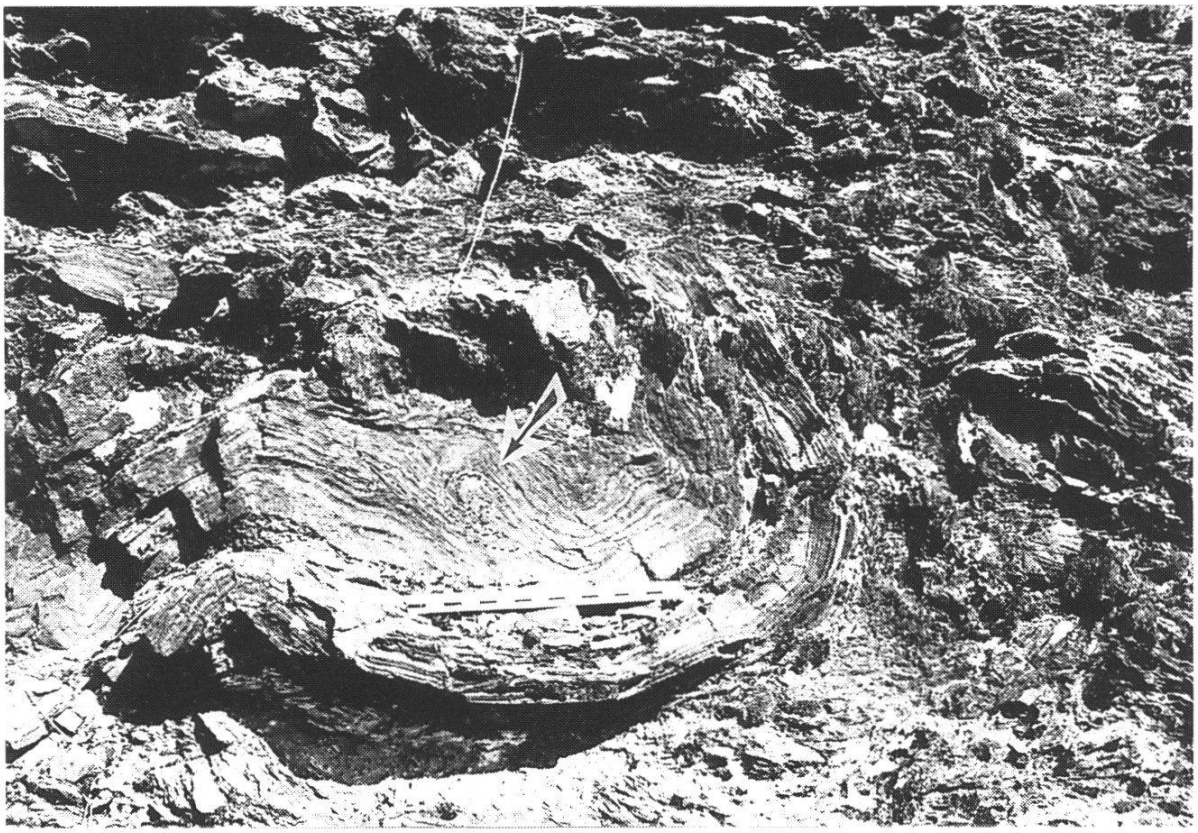

Fig. 6: Bloc de grès dans flysch dissocié à la base du mélange supra-Diablerets inférieur, ravin des Mérines. Des indices de slumping (flèche) au sein du banc précèdent la déformation plus cassante qui découpe les bancs en blocs. (Echelle: 16 cm).

des blocs (fig. 6) et une bordure croûtée diagénétique. La matrice est faite de schistes argileux sombres, localement assez silteux. On peut interpréter cet ensemble (BF2) comme un flysch dissocié (Broken Formation) (fig. 3 et fig. 5B).

L'essentiel de l'ensemble chaotique polymicte (polygénique?) est développé au-dessus. En dehors des blocs jurassiques (sup.) et crétacés (déjà décrits par MERCANTON, 1963), on peut observer divers conglomérats qui témoignent de plusieurs types de coulées boueuses (gravel, muddy gravel, gravelly mud and pebbly sand), donc de plusieurs processus d'écoulement (high concentration turbidity currents and [cohesive] debris flows). En voici quelques exemples:

- Corps chenalisés de conglomérats polymictes à matériel cristallin, souvent désorganisés, parfois organisés (granoclassement normal ou stratifiés). Certains corps chenalisés présentent deux générations de brèche, a- brèche (disorganized gravel) à matériel de plateforme carbonatée d'âge lutétien-priabonien (parfois riche en glauconie), dans lequel sont dispersés des éléments cristallins et granitiques; b- la brèche de seconde génération (disorganized pebbly sand) est formée d'éléments de -a- dans une matrice peu abondante de silt grèso-argileux dans lequel se mélange du matériel de plateforme -a-. Ces corps sont associés aux grès fins du flysch («faciès UH») et à des schistes carbonatés lutétien-priabonien (fig. 5A).
- Des brèches calcaires (disorganized gravel or gravelly mud) à éléments de calcaire jurassique, crétacé inférieur et supérieur, quartz subordonné. Elles sont en général monomictes, par exemple coulées décimétriques à métriques contenant uniquement du Malm dans la combe de Tsamayen au nord de Chaux Ronde. Dans certains endroits, elles semblent passer graduellement à des blocs et semblent d'autre part mêlées à la matrice du complexe chaotique (fig. 5A en-haut). Dans ce cas, on peut les interpréter en éboulis de blocs plus ou moins remobilisés.
- Des boues à galets et blocs (disorganized gravelly mud) de Crétacé et de Jurassique (2–40% de galets) préservées localement de la déformation (fig. 4, comparables à des diamictites). Elles passent graduellement aux schistes noirs de la matrice du complexe chaotique, dont elles pourraient représenter une importante proportion.

La matrice est constituée de schistes noirs finement clivés et broyés (scaly fabric); localement elle a une patine un peu verdâtre. Souvent elle présente un aspect un peu grumeleux, peut-être le seul témoin de la nature originelle de la roche: boue à galets, gravelly mud, diamictite. En effet, les textures «gravelly mud» évidentes décrites ci-dessus, sont progressivement oblitérées par le clivage de dissolution auquel sont souvent associées des bandes de cisaillement.

Age de la matrice: parmi les trente échantillons de matrice peu ou pas déformée, sélectionnés pour les datations, six se sont révélés riches en nannofossiles bien préservés dont l'assemblage permet de les attribuer à la Zone NP18 (un seul en NP19, déterminations C. Müller).
- Il faut encore noter la présence d'un mélange tectonique au contact avec la cornieule (contact mélange supra-Diablerets inférieur et mélange supra-Wildhorn moyen): sur la route de Coufin (575560/129140), on peut observer des lames de gypse dans les schistes noirs (Aalénien sur la carte géologique, BADOUX et al., 1990, mais plus probablement du flysch broyé).

3. Mélanges associés à la nappe du Wildhorn (2, fig. 1, et fig. 7)

On propose une subdivision descriptive des unités de la zone des cols entre Adelboden et Villars en mélanges supra-Wildhorn inférieur, moyen et supérieur.
- *Le mélange supra-Wildhorn inférieur* regroupe une ensemble chaotique («la nappe de la Plaine-Morte») ainsi que de grandes écailles composites (les «nappes du Sex-Mort et d'Anzeinde»); il correspond grossièrement à l'«Ultrahelvétique inférieur».
- *Le mélange supra-Wildhorn moyen* regroupe les «nappes de Bex-Laubhorn et d'Arveyes». Ce sont de grandes écailles composites (Trias à Dogger). La nature rhéologique de leurs composants (schistes du Dogger et évaporites du Trias, avec des niveaux compétents de calcaires du Lias et du Dogger) a conduit à une structure très compliquée en écailles imbriquées qui parfois affecte aussi la nappe du Sex-Mort (BADOUX, 1945; BADOUX et al., 1962). A l'exception de blocs dans les évaporites du Trias, aucun complexe chaotique n'est observé.
- Dans *le mélange supra-Wildhorn supérieur,* on propose de mettre le flysch du Niesen avec les écailles qui jalonnent sa base par exemple à Gschwend, au Tauben et à Lochberg (DE RAAF, 1934), ainsi que les flysch d'Iserin et de Meilleret avec les écailles qui les accompagnent: mélange infra-Niesen.

Bien que relativement proches des concepts d'Ultrahelvétique inférieur/supérieur, ces trois subdivisions ont l'avantage de rester très descriptives tout en regroupant des unités caractéristiques lithologiques et stratigraphiques proches, notamment au niveau des flyschs. Elles seront présentées ci-dessous en deux parties, tout d'abord dans la dépression du Rawil (2a, fig. 1) puis dans la zone des cols (2b, fig. 1).

3.1. Mélanges supra-Wildhorn inférieurs dans la dépression du Rawil (du synclinal du Prabé à l'Ammertengrat)

Sur le dos de la nappe du Wildhorn reposent des écailles composites, préservées de l'érosion (klippes), dont la série stratigraphique est très proche de celle de la nappe du Wildhorn (BADOUX, 1946; FURRER, 1962; BADOUX, 1988; MOSER, 1985). Il faut rappeler que le terme Ultrahelvétique a été utilisé par HEIM (1921) pour les décrire. A la suite des travaux de BADOUX (1946, 1963), on a reconnu trois types d'unités: la nappe de la Plaine-Morte, la nappe d'Anzeinde et la nappe du Sex-Mort.

3.1.1. Nappe ou diverticule de la Plaine-Morte et les relations avec la nappe du Wildhorn (fig. 7)

Le terme «nappe de la Plaine-Morte» est inapproprié (JEANBOURQUIN, 1991). Il décrit en fait un complexe chaotique fait essentiellement de schistes noirs et de grès du flysch avec parfois des blocs de calcaire (Blocks in matrix texture). Dans la région, l'unité chaotique du mélange (ou «nappe de la Plaine-Morte») présente deux types.

1. Au sud du synclinal du Rawil (BADOUX et al., 1962), un liseré de schistes noirs avec quelques lentilles de grès du flysch et de Couches de Wang semble jouer un rôle de semelle de glissement pour les klippes qui le surmontent. Il est très peu épais (voire localement absent), peu chaotique (schistes noirs et un peu de grès, très rares roches mésozoïques représentées essentiellement par des Couches de Wang maestrichtiennes). Il repose en discordance sur les schistes priaboniens de la nappe du Wildhorn au nord et sur les Couches de Wang maestrichtiennes au sud.
2. Au nord du synclinal du Rawil, un complexe chaotique (faciès «wildflysch»), est bien développé à l'Ammertengrat et à l'Ammertenhorn (FURRER, 1962; FURRER et al., 1956).

Les caractéristiques de ce complexe chaotique sont synthétisées dans la figure 7. Quelques remarques s'imposent:

- Les marnes de l'Eocène supérieur de la nappe du Wildhorn (schistes à Globigérines ou schistes à *Pecten)* présentent plusieurs (en général trois principales) coulées (debris flows) contenant principalement deux types d'éléments (matériel carbonaté de plateforme éocène supérieur et roches barrémo-aptiennes du faciès urgonien). Les roches du Crétacé supérieur et celles du Tertiaire inférieur semblent absentes. De plus, les marnes à globigérines transgressent directement sur l'Urgonien au NW de l'Ammertenspitz. Ces coulées correspondent à des apports locaux qui pourraient être liés

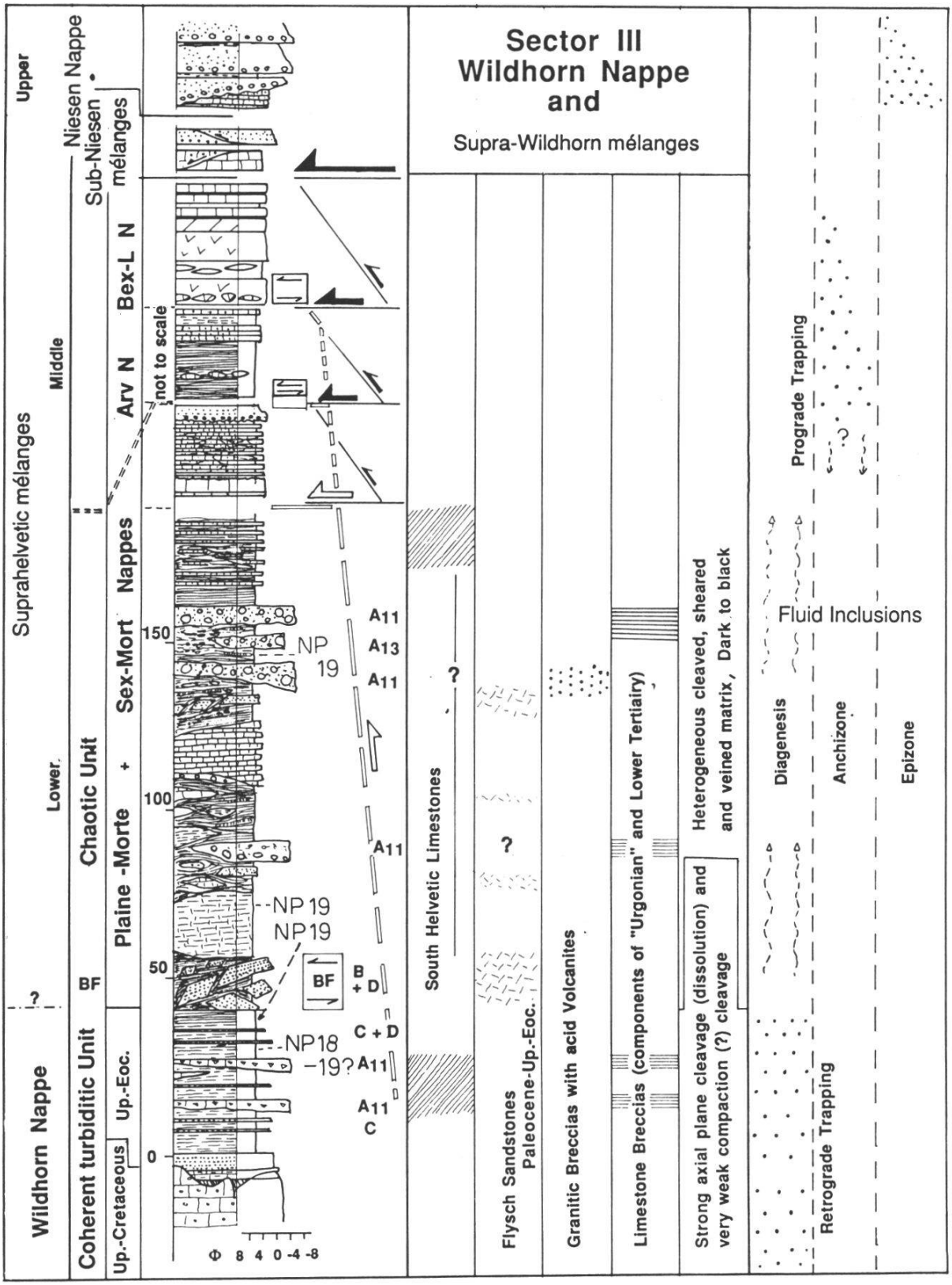

Fig. 7: Coupe lithostratigraphique des sédiments éocènes supérieurs de la nappe du Wildhorn et des mélanges qui y sont associés avec les différents types de roches remaniées caractéristiques; estimation du métamorphisme à partir des inclusions fluides d'après MULLIS (1989). Classification sédimentologique: A1 (1) classe et groupe, (faciès) selon PICKERING et al. (1989). L'échelle ➔

à la combinaison des effets de variations eustatiques et d'une faille active (Hohgant-Rawil-Bruchzone de HERB, 1988).
Cependant, Peter Huggenberger (communication orale) a découvert quelques éléments de roches volcaniques accompagnant du matériel cristallin dans les marnes à globigérines au SW du Mittaghorn (au nord du Rawilpass). Cette observation montre que des apports exogènes en liaison avec le chevauchement des Préalpes sont aussi présents; nous y reviendrons.
– Il n'est pas possible de définir un contact entre la nappe du Wildhorn et l'unité chaotique du mélange supra-Wildhorn inférieur (FURRER, 1962). Un niveau de flysch dissocié (BF, Broken Formation) à blocs de grès carbonatés pourrait représenter une zone importante de cisaillement entre les deux unités.
– L'unité chaotique contient des éléments de roches du Jurassique supérieur au Priabonien (év. quelques éléments de Lias non prouvés, BADOUX, 1946, FURRER, 1962). Il y a une nette prédominance des roches du crétacé supérieur (Turonien-Maestrichtien) et du Tertiaire inférieur (Fleckenmergel et grès plus ou moins grossiers et carbonatés). Tous ces éléments sont bien décrits dans FURRER (1962), BADOUX (1946), FERRAZZINI (1981). Il faut cependant insister sur la présence:
– de matériel volcanique plus au moins acide dans les coulées à matériel cristallin (qui pourraient expliquer la découverte de Peter Huggenberger); ces roches sont soit alpines et proviennent du démantèlement des nappes supérieures, soit hercyniennes comme celles des flyschs du Niesen ou de Meilleret;
– de quelques éléments de roches typiques du Crétacé moyen (Faciès «urgonien») de la nappe du Wildhorn (dans certaines coulées)
– Autour de l'anticlinal de l'Ammertenspitz, l'unité chaotique présente cependant un faible degré d'organisation: à la base, le flysch (plus ou moins dissocié) avec les marnes claires à globigérines, les coulées à matériel cistallin et volcanique toujours au même niveau, et au sommet les Couches de Wang. Les zones à éléments sénoniens sont pauvres en grès du flysch et réciproquement.

indiquée est approximative en raison d'importantes variations d'épaisseurs, elle se réfère à la région de l'Ammertenhorn/Ammertengrat. L'épaisseur des écailles des mélanges moyens et supérieurs peut atteindre plusieurs centaines de mètres. Les flèches noires indiquent des chevauchements précoces, le chevauchement en blanc préserve localement le mélange ultrahelvétique inférieure.

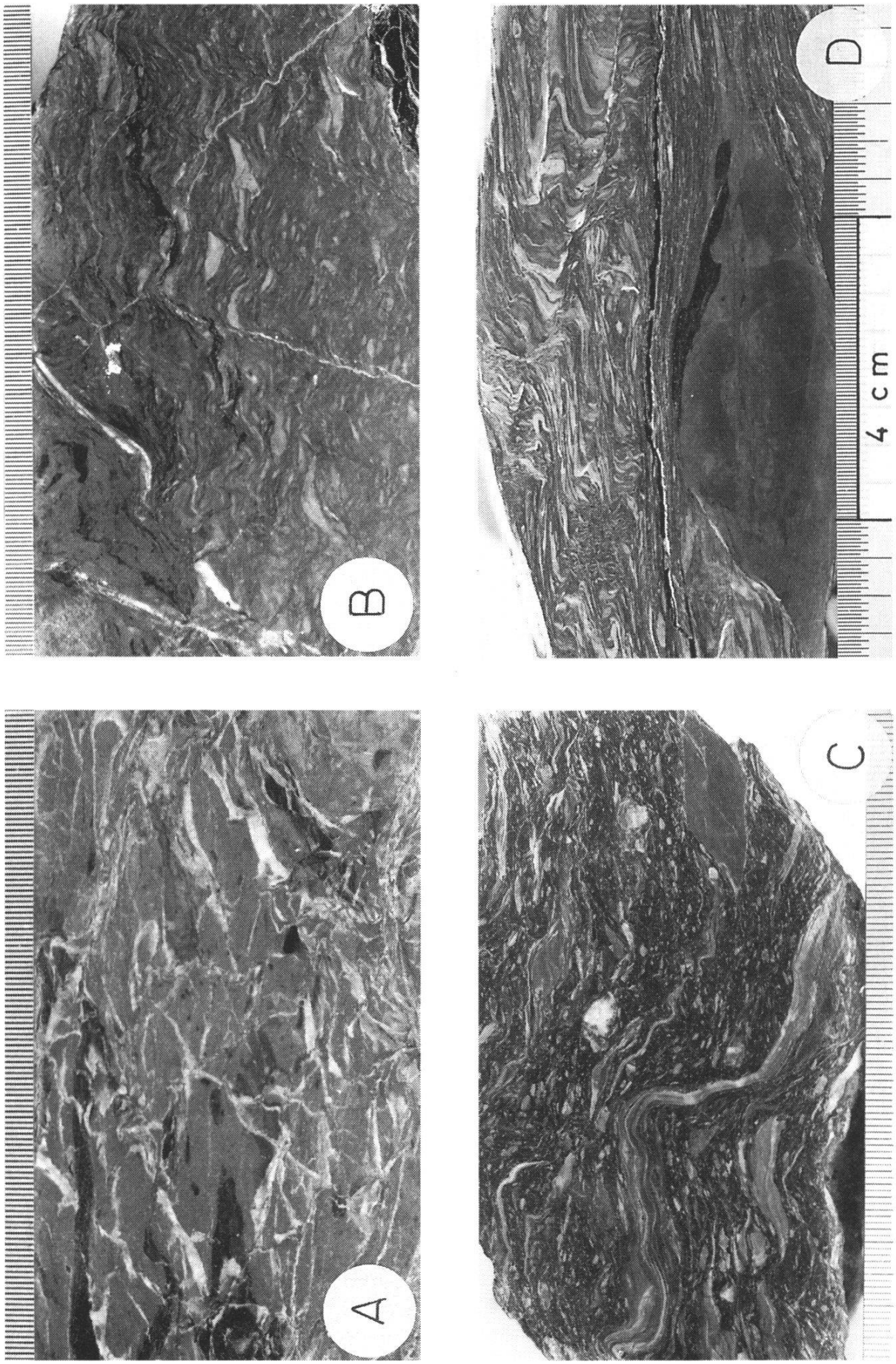
A
B
C
D
4 cm

Planche 1: A – Mélange supra-Wildhorn inférieur dans Aebibach, La Lenk. Marne carbonatée (micrite argileuse avec des passées silteuses, localement glauconie) beige clair à taches noires. L'assemblage des foraminifères planctoniques donne un âge éocène moyen probable (?, détermination R. Wernli). C'est dans ces roches que l'on retrouve les lentilles oxfordiennes de BADOUX (1945).

Le réseau tridimensionnel de veines de calcite (localement fibreuse, veines antitaxiques) témoigne d'une fracturation sous forte pression fluide, voire de «fracturation hydraulique». Echelle: 1 unité = 0,5 mm.

B – Localisation idem. Coulée boueuse à galets orientés (orientated gravelly mud) de matériel fin (marnes carbonatées) d'âge éocène moyen-sup.? (R. Wernli, Genève). Le clivage «helvétique» est subvertical. L'orientation des clastes est originelle, légèrement affectée par la suite par une faible dissolution. Echelle: 1 unité = 0,5 mm.

C – Boue graveleuse (gravelly mud) dans le mélange supra-Diablerets inférieur, rte les Chaux-Taveyanne. Galets de marnes tertiaires plus ou moins indurés dans une matrice légèrement plus gréseuse. Echelle: 1 unité = 1 mm.

D – Coulée boueuse dans le mélange supra-Wildhorn inf. à l'Ammertengrat: zone encore partiellement préservée par la dissolution du clivage associé aux plis helvétiques. Echelle: 1 unité = 0,5 mm.

– La matrice révèle très localement une lithologie originelle de boue à galets (gravelly mud) (planche 1).
– Tous les assemblages de nannofossiles déterminés par C. Müller (5 échantillons) sont Priabonien (NP 19, un NP 18), que ce soit dans les marnes à globigérines de la nappe du Wildhorn ou dans les schistes de la matrice ou des blocs du mélange. On ne peut exclure des remaniements, mais aucun indice ne permet de développer cette voie.

3.1.2. Nappes d'Anzeinde et du Sex-Mort et relations avec la nappe du Wildhorn

Comme le diverticule d'Anzeinde (fig. 2) est dépourvu de flysch, on n'en parlera que brièvement pour rappeler que les lambeaux préservés au sud du col du Rawil (BADOUX, 1946, 1988) sont pour la plupart en position renversée (Plan des Roses, Rohrbachstein et Pte. de Vatseret); ils reposent sur les sédiments tertitaires de la nappe du Wildhorn, soit parfois par l'intermédiaire d'une semelle de schistes noirs, soit directement.

Dans le diverticule du Sex-Mort, le flysch transgresse directement sur les calcaires fins du Jurassique supérieur (figs. 8 et 9) par l'intermédiaire de coulées chaotiques spectaculaires (notamment au Grand Six des Eaux Froides) que BADOUX (1946) compare aux débâcles des torrents alpins. Le contact

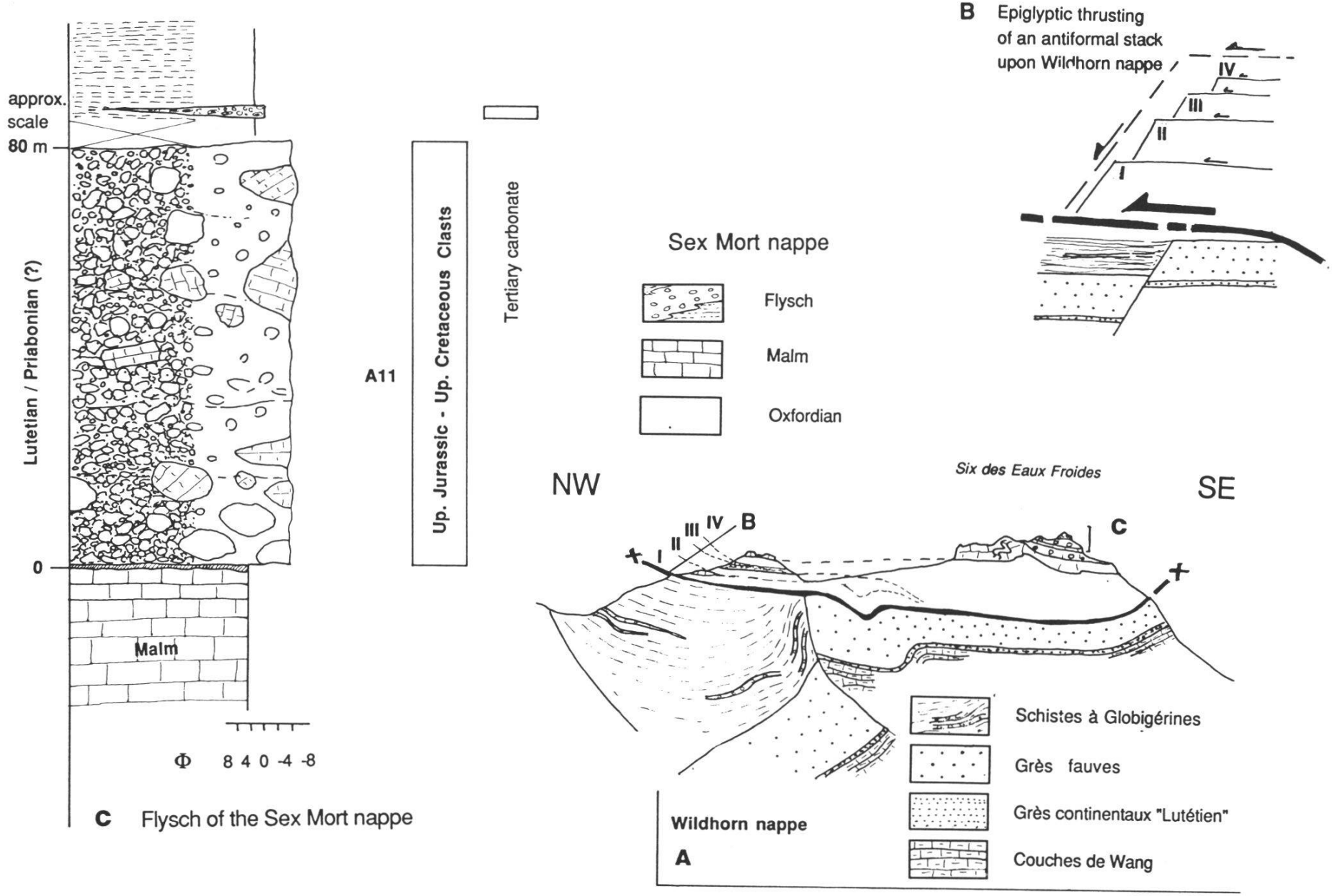

Fig. 8: Nappe du Sex-Mort aux Six des Eaux Froides. A – Face SW d'après BADOUX (1946). Le chevauchement des diverticules Sex-Mort scelle une faille active qui limite au SE les schistes à globigérine de la nappe du Wildhorn. B – Interprétation schématique de la structuration précoce du domaine sudhelvétique. C – Coupe litostratigraphique des dépôts tertiaires au sommet du Grand Six des Eaux Froides. Classification sédimentologique: A1(1) classe et groupe, (faciès) selon PICKERING et al. (1989).

se fait soit par une surface nette avec croûte limonitique et imprégnation dans le Malm (Six des Eaux Froides), soit par un passage graduel; dans ce cas-ci, il est impossible de mettre une limite précise. Il n'est pas exclu que l'érosion des termes mésozoïques de la série soit en partie liée à des événements de la fin du Crétacé, puisque plus au nord les Couches de Wang transgressent aussi sur le Malm (Räzliberg, Regenbolshorn, BADOUX, 1945). Cependant, l'ensemble des brèches est ici bien tertiaire, car on peut observer de petites nummulites déjà à la base, voire dans des infiltrations de la surface de Malm (BADOUX, 1946, p. 34).

Le flysch (s.str.) est composé de matériel fin, marnes et sables gréso-carbonatés fins (classes C et D). Il est entrecoupé par des coulées (gravely sand) de matériel carbonaté (calcaire jurassique supérieur jusqu'à calcarénites de la plateforme tertiaire helvétique, fig. 9).

BADOUX (1946) place ce flysch dans le Priabonien. Les quelques indices récoltés dans ce travail (principalement des foraminifères déterminés par R. Wernli, Genève) confirment cette hypothèse.

Discussion

- BADOUX (1946) compare déjà le flysch de la nappe du Sex-Mort à celui de la nappe du Wildhorn. Cette parenté (par l'âge, le matériel mobilisé et les caractéristiques sédimentaires) est parfaitement confirmée dans ce travail. Il faut bien se garder de l'assimiler aux flyschs «ultrahelvétiques» tels que celui de Meilleret dont les apports, l'âge et aussi la sédimentation sont différents.
- La structuration tectonique précoce des diverticules «Anzeinde/Sex-Mort» est attestée par les lambeaux en position renversée et les empilements (stack antiform) d'écailles de la nappe du Sex-Mort (fig. 8 B). On est contraint d'envisager une poussée à l'arrière de l'édifice.
- Comme l'a déjà montré BADOUX (1946), l'empilement des diverticules s'est mis en place sur le domaine «Wildhorn» alors que celui-ci était affecté de bombements et de failles (fig. 8), probablement sous une faible épaisseur d'eau: chevauchement épiglyptique.

3.2. Mélanges supra-Wildhorn dans la zone des Cols (fig. 7)

3.2.1. Mélange inférieur

A l'Est de la Simme, la subdivision du mélange supra-Wildhorn est délicate, les complications tectoniques mises en évidence par HUBER (1933) et FERRAZZINI (1981) font encore l'objet de révisions. La subdivision est par contre assez évidente à l'ouest.

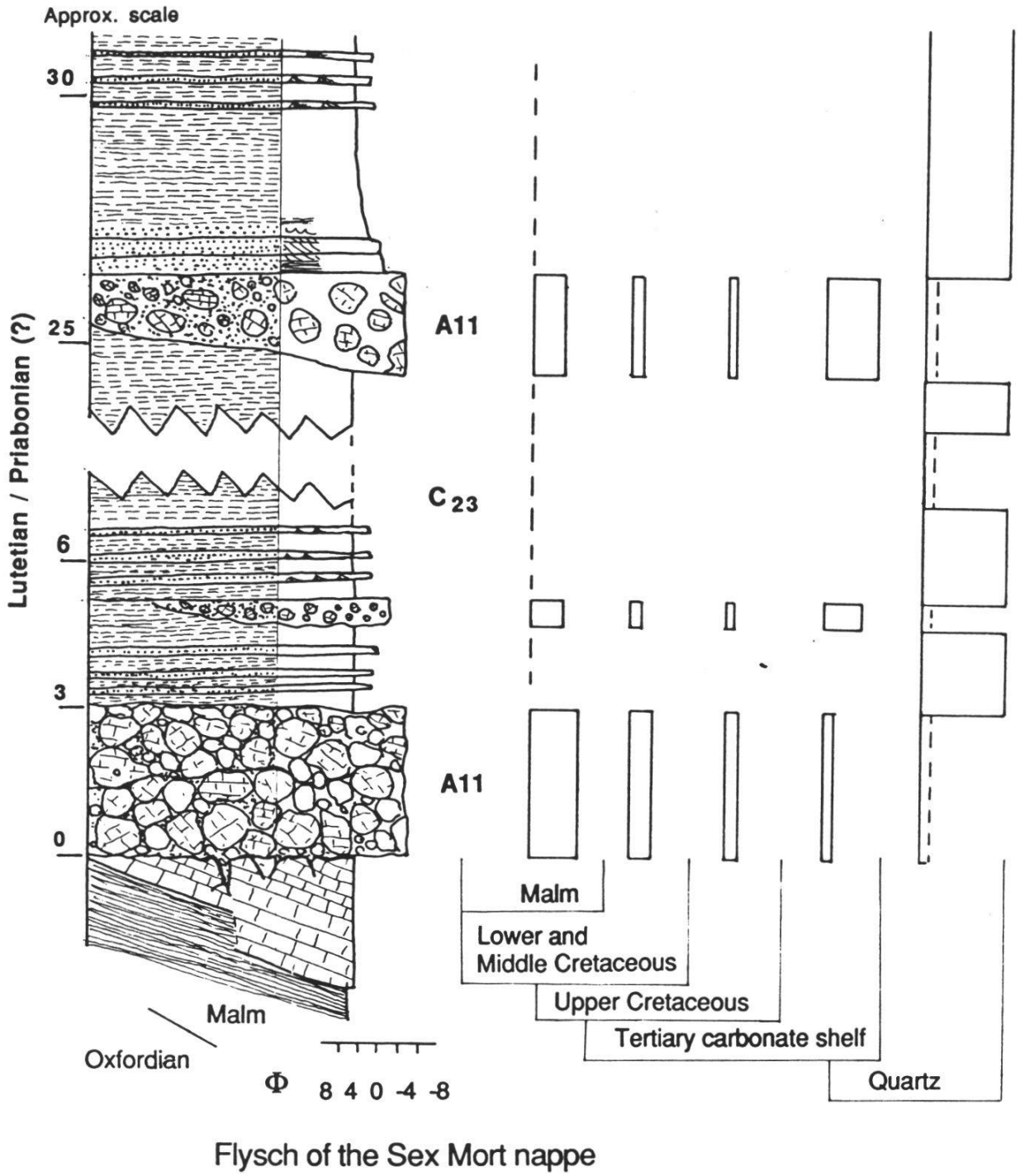

Fig. 9: Coupe lithostratigraphique du flysch du diverticule du Sex-Mort dans la région de la Pointe de la Plaine Morte avec répartition grossière des éléments. Classification sédimentologique: A1(1) classe et groupe, (faciès) selon PICKERING et al. (1989). La proportion relative des éléments est marquée par l'épaisseur des bandes verticales.

Si on consulte BADOUX, (1945, 1962 et 1988), on constate que le mélange inférieur est constitué essentiellement par la nappe du Sex-Mort, cette dernière contenant ici une forte proportion de roches du Jurassique moyen (Aalénien/Bathonien/Oxfordien). Selon ce même auteur, les marnes oxfordiennes (et dans une moindre mesure les schistes aaléniens) ont incorporé tectoniquement des lambeaux de Jurassique et de Crétacé.

Pour tester ceci, la coupe de l'Aebibach a été levée en détail (fig. 10). On y constate bien quelques lambeaux de marnes oxfordiennes (prouvées par des ammonites), mais la matrice principale est faite de marnes tertiaires dont la couleur et la patine miment parfois celles de l'Oxfordien. En effet, cinq échantillons de cette matrice ont fourni dans les lames minces une faune de foraminifères de l'Eocène moyen (éventuellement supérieur). D'une manière générale, la matrice est formée de boues graveleuses chaotiques étirées, cisaillées, fracturées/veinées et affectées par une dissolution variable. On y observe aussi des lentilles plus gréseuses ou parfois très riches en glauconie.

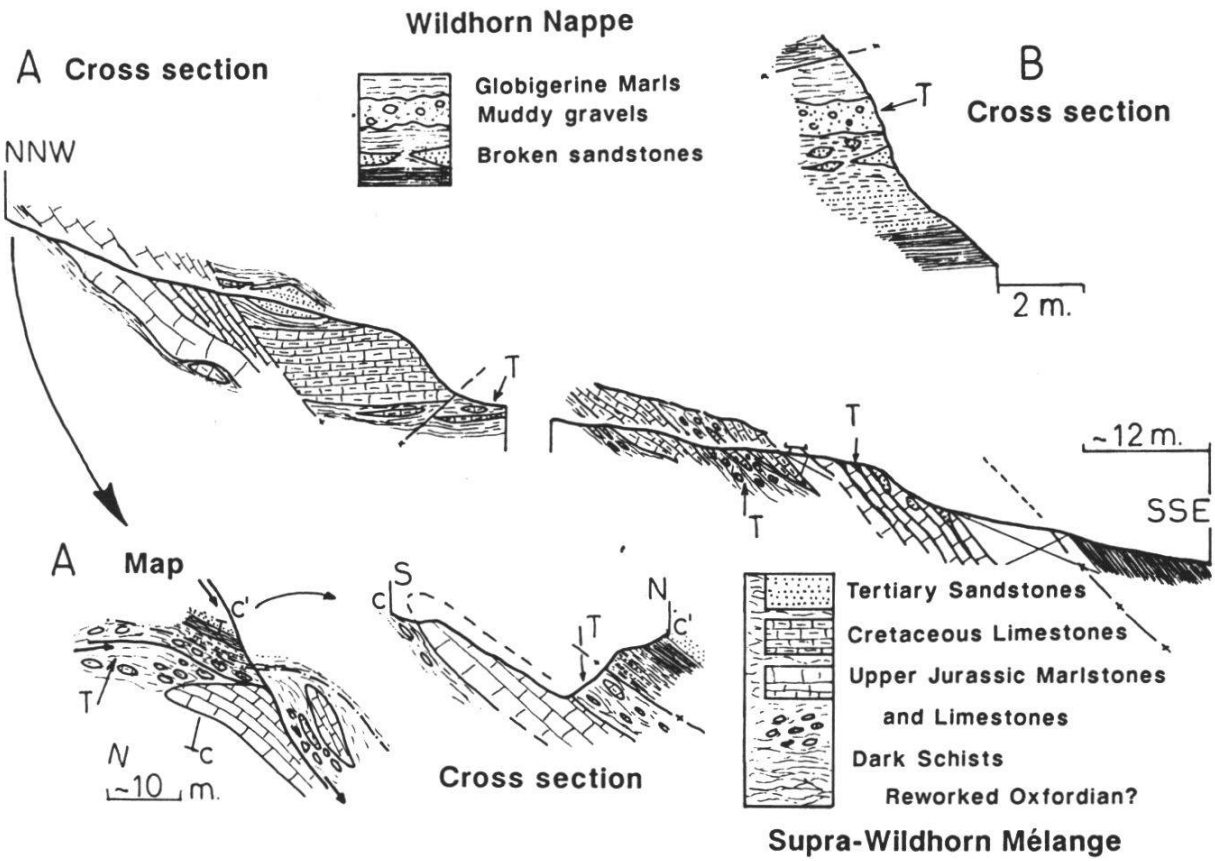

Fig. 10: Coupe du ruisseau de l'Aebibach (598000/140460). A – partie inférieure débutant un peu en aval du pont; B – Contact supérieur avec les marnes à globigérines de la nappe du Wildhorn. Comparer avec fig. 7 p. 29 de BADOUX (1945). Le T avec la flèche localise les échantillons déterminés en Eocène moyen probable (év. sup. pour certains) (Déterminations R. Wernli, Genève).

Ces caractéristiques rappellent, dans une certaine mesure, l'Unité chaotique décrite à l'Ammertengrat.

Il semble néanmoins que la majeure partie de cette matrice résulte ici de phénomènes tectoniques au sein de roches détritiques fines (type Fleckenmergel): fracturation sous forte pression fluide, cisaillement et remobilisation des particules par les fluides.

Si on observe la carte géologique de BADOUX et al. (1962), on constate que cette disposition caractéristique dans l'Aebibach s'étend en fait à toute la région limitée au nord par les évaporites du mélange moyen. Il est donc tout à fait plausible que cette zone résulte de l'intrication tectonique de roches aux caractères rhéologiques proches. Cette complication rend la distinction en mélange inférieur et moyen localement délicate et nécessite une cartographie détaillée (travail en cours).

3.2.2. Mélange moyen

On regroupe dans le MSW moyen les nappes d'Arveyes (roches du Dogger et flysch tertiaire) et de Bex-Laubhorn (roches du Trias et du Lias, fig. 2).

A l'ouest du col du Pillon, les masses d'évaporites sont séparées par une mince bande de flysch à lentilles de Crétacé («un singulier train de Crétacé» de LUGEON, 1938; BADOUX et al., 1990; JEANBOURQUIN, 1986). On peut y rattacher la zone du Rard de MCCONNELL (1951). Ces calcaires fins, pélagiques (mudstone à wackestone) sont en général attribués au «Turonien» (Cénomanien-Santonien). Une détermination précise des foraminifères planctoniques de nos échantillons ainsi que de ceux de Lugeon (déposés à l'Université de Lausanne) révèle cependant que la plupart sont d'âge maestrichtien inférieur (Zone à *Globotruncana aegyptica,* déterminations M. Caron, Fribourg). Or, le microfaciès de ces roches est différent de celui des Couches de Wang, pourtant probablement du même âge, qui se trouvent dans le mélange inférieur ou dans la nappe du Wildhorn.

3.2.3. MSH supérieur

Il contient la nappe du Niesen et le mélange infra-Niesen. Ce dernier regroupe, sous la nappe du Niesen, une zone très complexe qui a continuellement retenu l'attention (DE RAAF, 1934; MCCONNELL, 1951; BADOUX et al., 1962; HOMEWOOD, 1974; BADOUX et al., 1990).

A l'Ouest de la Sarine, la zone de Murgaz-Chamossaire (MCCONNELL, 1951), la zone d'Oudioux (ANDRAU, 1929), les flyschs d'Iserin et de Meilleret constituent le mélange infra-Niesen. Entre Sarine et Simme, on peut y ranger la zone de Gschwend, le flysch du Tauben, la zone de Krinnen, le flysch d'Ochsenweid et la zone du Lochberg de DE RAAF (1934).

Une révision de la coupe du torrent du Lochberg (BADOUX, 1945, fig. 13, de la page 38) a apporté quelques fait nouveaux:
- Niveau 4: les calcaires à pâte bleue (Malm?) sont des conglomérats à galets subjointifs soudés par une matrice très légèrement plus pélitique.
- Niveau 6: les blocs de grès granitoïdes dans les schistes jaune-vert à surface lustrée, nous ont fourni de petites Nummulites.
- Niveau 7: au sommet, les bancs massifs sont des conglomérats dont la matrice s'enrichit progressivement en détritus de grains de quartz.
- Niveau 8: présence de coulées bréchiques (pebblysandstones) à éléments de granite et de calcaire du Malm (?). On retrouve ce type de brèches polygéniques à matériel cristallin et volcanites hercyniennes (?) en transgression sur des calcaires fins à radiolaires (Malm?) à l'est du col de Krinnen (BADOUX, 1945, p. 62).
- A proximité de 11: brèche grossière, déformée, à matrice de schistes gris.

La zone du Lochberg est une unité chaotique dont les caractéristiques lithologiques sont différentes de celles du mélanges supra-Wildhorn inférieur. Suivant approximativement la démarche de DE RAAF (1934) qui considérait cette zone comme un repli basal de la nappe du Niesen, on l'a incorporée dans le mélange Infra-Niesen malgré la petite complication qui fait revenir l'Aalénien au-dessus.

4. Discussion et conclusions

La subdivision des mélanges suprahelvétiques permet d'éviter la confusion très fréquente entre unités tectoniques et zones paléogéographiques. De plus, elle autorise une séparation grossière des unités de la zone des Cols, notamment dans les unités contenant des flyschs.

On peut ainsi apporter quelques limitations dans les faits pour mieux comprendre les processus qui ont généré ces mélanges dans l'orogenèse méso-néoalpine.

4.1. Mélange supra-Wildhorn moyen et supérieur

Les données de MULLIS (1990) (fig. 7) permettent de séparer les mélanges supra-Wildhorn moyen et supérieur (anchizone-épizone avec piégeage dans des conditions métamorphiques progrades) de la nappe du Wildhorn (diagenèse avec piégeage dans des conditions de métamorphisme rétrograde). Elles confirment les résultats obtenus par FREY et al. (1980) pour la nappe du Niesen. Les mélanges supra-Wildhorn moyen et supérieur ont subi une structuration tectonique importante avant leur mise en place sur l'Helvéti-

que. Par conséquent, une genèse gravitaire est pratiquement exclue. Les complexes chaotiques (flysch et rares calcaires maestrichtiens) sont peu représentés: minces bandes qui séparent par exemple des paquets d'évaporites dans le mélange supra-Wildhorn moyen et représentent la trace d'accidents au sein du mélange.

Les flyschs de cette zone présentent des caractères lithologiques et sédimentologiques très semblables. A l'exception de la grande masse du Niesen qui est maestrichtienne, ils sont tous tertiaires, éocènes moyens à supérieurs.

4.2. Les mélanges suprahelvétiques inférieurs (supra-Wildhorn et supra-Diablerets)

Les mélanges suprahelvétiques inférieurs (supra-Wildhorn et supra-Diablerets) semblent être dans la diagenèse du moins selon la minéralogie des micas (tab. 1). Ils ne peuvent être séparés des nappes sous-jacentes par des considérations sur le métamorphisme (tab. 1).

Numéro	Localité	Litho.	Unité	2	2gly	16
87134	Les Chaux	marnes tert.	Diabl.	0.42	0.31	0.21
87470	Ch. Ronde	mar. fy. diss.	Supra-D.	0.7	0.5	0.22
87490	Ch. Ronde	arg. fy.diss	Supra-D.	0.55	0.5	0.22
ST992	Rte. Tavey.	mar. fy. diss.	Supra-D	0.55	0.33	0.27
87410	Ch. Ronde	matrice mél.	Supra-D	0.71	0.47	0.28
87430	Tsamayen	brèche malm	Supra-D	0.67	0.43	0.21
87530	Rte Tavey	mar. fy. diss.	Supra-D	0.82	0.56	0.22
87135	Ch. Ronde	matr. mél.	Supra-D	0.42	0.38	0.45
8761	Geils	matr. mél.inf	Supra-Wi	0.54	0.39	0.22
8764	Geils	mar. fy diss.	Supra-Wi	0.68	0.49	0.4
8765	Geils	matr. mél.inf.	Supra-Wi	0.33	0.33	0.21
8766	Geils	matr. mél.inf	Supra-Wi	0.37	0.30	0.19
8767	Geils	matr. mél.inf	Supra-Wi	1.00	0.42	0.25
8756	Ammerten	matr. mél.inf	Supra-Wi	0.73	0.42	0.50
8757	Ammerten	matr. mél.inf	Supra-Wi	0.61	0.42	0.36
8758	Ammerten	matr. mél.inf	Supra-Wi	0.60	0.46	0.37
8768	Ammerten	mar. fy. diss	Supra-Wi	0.38	0.30	0.19
8769	Ammerten	mar. fy.diss	Supra-wi	0.25	0.27	0.18
8774	Ammerten	matr. mél.inf	Supra-Wi	0.40	0.30	0.30
8777	Ammerten	matr. mél.inf	Supra-Wi	0.52	0.40	0.20

Tab. 1

Sur la nappe des Diablerets, ils reposent sur les Grès de Taveyanne par un contact structural aux caractères localement très discrets mais omniprésents.

De plus, les caractères sédimentologiques des GT ne se poursuivent pas dans les unités chaotiques du mélange inférieur; les grès du flysch y sont différents et les coulées grossières montrent une association granites-plateforme carbonatée.

Les données stratigraphiques, obtenues essentiellement par les nannofossiles, indiquent toutes des âges éocènes supérieurs (?, NP 18–19 sans présomption notable de remaniement) pour les marnes du mélange, alors que LATELTIN (1988) trouve NP21 dans les marnes de GT.

Lié à la nappe du Wildhorn, le MSW inf. repose sur les schistes à globigérines en contact structural net (au sud du Rawil) ou en continuité apparente (au nord du Rawil, coupe de l'Ammertengrat). Cette continuité n'est qu'apparente puisque les coupes de l'Ammertengrat et de l'Aebibach révèlent des indices nets de cisaillement (par exemple le flysch dissocié), une orientation précoce des clastes dont l'âge semble éocène moyen (?), ainsi que des traces de fracturation hydraulique (pl. 1).

Les schistes à globigérines (marnes gréseuses) présentent déjà une sédimentation chaotique, plusieurs coulées de matériel de plateforme carbonatée tertiaire dans lesquelles on retrouve des fragments de Crétacé moyen (Urgonien, calcaires du Crétacé supérieur pratiquement absents); le matériel est essentiellement de la nappe du Wildhorn; il ne présente pas d'orientation précise. On retrouve ces caractères dans le flysch, légèrement plus siliceux, de la nappe du Sex-Mort.

Le complexe chaotique du mélange contient essentiellement des blocs de calcaires de Crétacé supérieur (Cénomanien-Turonien à Maestrichtien, Couches de Wang, év. rare Urgonien), des grès carbonatés (flysch dissocié) et des coulées grossières (matériel cristallin et grès siliceux, rares volcanites). Ces roches volcaniques ont une origine soit alpine (nappes supérieures de Préalpes), soit hercynienne (provenant par exemple du démantèlement de la nappe du Niesen).

Il semble donc qu'il y ait un lien des apports sédimentaires entre les schistes à globigérines de la nappe du Wildhorn et le mélange supra-Wildhorn inf. avec tout d'abord des apports locaux venant du nord, puis une influence du chevauchement des Préalpes.

Les données biostratigraphiques, NP 18 partout, ne permettent pas de distinguer les deux ensembles.

4.3. Olistostrome sommital helvétique?

A la suite de DE LEPINAY (1981), l'interprétation de l'«Ultrahelvétique» en un olistostrome sommital helvétique a eu un certain succès dans les Alpes de Suisse occidentale (WEIDMANN et al., 1982; MAYORAZ et al., 1988). Dans la région étudiée, cette hypothèse n'est pas du tout adaptée pour les mélanges supra-Wildhorn moyen et supérieur, car ils présentent une structuration tectono-métamorphique.

Les choses sont moins claires pour le mélange suprahelvétique inférieur (Diablerets et Wildhorn), où il faut simplement noter une convergence d'arguments (non décisifs individuellement) pour une mise en place principalement structurale sur l'Helvétique:

- indices de cisaillement à toutes les échelles dans l'unité chaotique du mélange suprahelvétique inférieur, fracturation hydraulique;
- légère différence des apports détritiques dans la nappe du Wildhorn, important découplage des sources pour la nappe des Diablerets;
- mêmes remarques pour les données biostratigraphiques par nannoplancton et foraminifères;
- agencement tridimensionnel clairement tectonique au sud du Rawil.

Réciproquement, dans le domaine helvétique, aucun fait ne corrobore l'hypothèse d'une sédimentation continue progressant avec l'avancée des nappes sur l'avant-pays nord alpin, à savoir l'hypothèse de l'olistostrome sommital helvétique. Des traces d'une sédimentation chaotique (olistostromes, coulées boueuses) sont toutefois aussi présentes, localement nettes du MSH inf., mais ces événements sont à relier avec une structuration tertiaire (Eocène) du domaine sudhelvétique, probablement liée à l'avancée des nappes préalpines dans la partie méridionale du bassin helvétique, comme le précise BADOUX (1988).

De plus, en regard de la coupe de l'Aebibach, il est plausible que dans certains endroits l'unité chaotique résulte entièrement de processus tectoniques: cisaillement, fluides sous pression hydrostatique anormalement élevée et écoulement de ceux-ci («dewatering», JEANBOURQUIN, 1992).

On rejoint ainsi les hypothèses émises par BAYER (1982) qui préconise une origine tectonique pour le mélange de Habkern, dans les mêmes unités plus à l'Est. Tous ces phénomènes peuvent se relier à la fermeture du bassin valaisan.

5. Remerciements

M. Caron (Fribourg), R. Wernli (Genève) et C. Müller sont chaleureusement remerciés pour leurs précieuses déterminations. D. Goy m'a fourni les analyses Rx, je lui en sais gré. Je remercie de tout cœur R. Plancherel de Fribourg pour le soutien continu qu'il m'a apporté.

Le Fond national suisse de la recherche scientifique a subventionné ce travail, Projet 2–5–567: «Orogenèse et sédimentation», et l'Université de Fribourg m'a accueilli durant cette période, je les remercie.

6. Résumé – Zusammenfassung – Abstract

Résumé

Pour comprendre la complexité des unités ultrahelvétiques de la zone des cols et de la dépression du Rawil, on propose de rattacher à chaque nappe helvétique un mélange, subdivisé localement en partie inférieure, moyenne et supérieure: mélange supra-Diablerets et mélange supra-Wildhorn (= mélanges supra-helvétiques).

Les mélanges supra-Wildhorn moyen et supérieur montrent clairement une mise en place par des phénomènes tectoniques. Les mélanges inférieurs (supra-Wildhorn et supra-Diablerets) paraissent, au premier abord, intimement associés à la sédimentation tertiaire de l'Helvétique. Cependant, des observations sédimentologiques, biostratigraphiques et structurales détaillées montrent qu'il faut séparer ces unités. De plus, des indices de mouvements antérieurs au plissement helvétique dans le mélange inférieur, et au moins une étape de fracturation/cristallisation, suggèrent un chevauchement associé aux fluides (phénomènes de surpression fluide et d'échappement dans des séries silto-marneuses comme les «Fleckenmergel»). Les phénomènes sédimentaires parfois avancés pour décrire la formation de ces unités chaotiques (interprétées alors en olistostromes) paraissent secondaires (épiphénomènes).

Zusammenfassung

Die ultrahelvetischen Einheiten der «Zone des Cols» und der Rawildepression sind äußerst komplex. Sie bestehen aus Kleindecken (Divertikeln), Schuppen und Blöcken, welche von einer unterschiedlichen Matrix umgeben sind. Zum besseren Verständnis dieser Einheiten wird hier vorgeschlagen, sie in eine Supra-Diablerets-Mélange und eine Supra-Wildhorn-Mélange einzuteilen (beide zählen zu den Suprahelvetischen Mélangen). Lokal kann innerhalb dieser Mélangen eine untere, mittlere und obere Zone definiert werden.

Mittlere und obere Zone der Supra-Wildhorn-Mélange weisen deutlich auf eine tektonische Entstehung hin, während auf den ersten Blick die untere Zone der Supra-Diablerets-Mélange und der Supra-Wildhorn-Mélange eng an die tertiäre Sedimentation des helvetischen Bereichs gebunden zu sein scheint (eozäne und oligozäne Flyschsedimentation). Sedimentologische, biostratigraphische und strukturale Beobachtun-

gen zeigen jedoch einige Besonderheiten. So weisen in den unteren Zonen einige Anzeichen von Bewegungen, welche älter als die Verfaltung des Helvetikums sind, und zusätzlich mindestens eine Frakturations- und Kristallisationsphase auf fluidgebundene Überschiebung hin. Sedimentäre Entstehung (Olistostrome etc.) scheint dabei nur eine sekundäre Rolle gespielt zu haben.

Abstract

The Ultrahelvetic Units of the «Zone des Cols» show a very complex tectonic setting. They are small nappes (diverticules), slices and blocks in a variable, more or less abundant matrix. It is proposed to seprarate these units into a Supra-Diablerets Mélange and a Supra-Wildhorn Mélange (both being Suprahelvetic Mélanges). They can be subdivided into a lower, a middle and an upper part.

Upper and Middle Supra-Wildhorn Mélanges are clearly linked to tectonic processes. At a first sight, the Lower Supra-Wildhorn and the Lower Supra-Diablerets Mélanges seem to be associated with the Tertiary sedimentation of Helvetic flyschs (Eocene and Oligocene). However, the sedimentological, biostratigraphical and structural observations show notable differences. In these Lower Mélanges, some indications of movements older than Helvetic folding and at least one stage of fracturation/crystallisation seem to show fluid-related thrusting. Comparisons may be made with the deformation processes in some recent or old accretionary prisms. Sedimentation seems to be a secondary process for generating these chaotic units.

7. Littérature

ANATRA, S.: Les faciès pélagiques de l'Ultrahelvétique entre Arve et Simme. Thèse Univ. Fribourg n° *884* (1986).

ANDRAU, E.W.K.: La géologie du Pic Chaussy et de ses abords. Bull. Lab. géol. Univ. Lausanne *44* (1929).

BADOUX, H.: La géologie de la Zone des Cols entre la Sarine et le Hahnenmoos. Matér. Carte géol. Suisse N.S. *84* (1945).

– – : L'Ultra-helvétique au Nord du Rhône valaisan. Matér. carte géol. Suisse, livr. *85* (1946).

– – : Les Unités ultrahelvétiques de la Zone des Cols, Eclogae geol. Helv. *56,* 1–13 (1963).

– – : L'Ultrahelvétique inférieur en Suisse occidentale. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. *77,* 143–152 (1988).

– – , BONNARD, E.G., BURRI, M., et VISCHER, A.: Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25 000, feuille *35* St. Léonard (1286), carte et notice. Comm. géol. suisse 1959.

– – , GABUS, J.H., et MERCANTON, C.H.: Atlas géologique de la Suisse, feuille *88* Les Diablerets, carte et notice. Comm. géol. Suisse 1990.

– – , GAGNEBIN, E., LOMBARD, A., MCCONNELL, R.B., DE RAAF, M., SCHAUB, H.P., et VISCHER, A.: Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25 000, feuille *41:* Lenk (1266) avec notice de BADOUX, H., & LOMBARD, A., Comm. géol. Suisse 1962.

BAYER A.A.: Untersuchungen im Habkern-Mélange («Wildflysch») zwischen Aare und Rhein. Mitt. Geol. Inst. ETHZ u. Univ. Zürich N.F. *240* (1982).

FERRAZZINI, B.: Zur Geologie des Ultrahelvetikums zwischen Adelboden und Lenk, Berner Oberland. Diss. Univ. Bern 1981.

FREY, M., TEICHMÜLLER, M., TEICHMÜLLER, R., MULLIS, J., KÜNZI, B., BREITSCHMID, A., GRUNER U., and SCHWIZER, B.: Very low grade metamorphism in external parts of the Central Alps: Illite cristallinity, coal rank and fluid inclusion data. Eclogae geol. Helv. *73,* 173–203 (1980).

FURRER, H.: Geologische Untersuchungen in der Wildstrubelgruppe. Diss. Univ. Bern 1939.

– – : Atlas géologique de la Suisse au 1:25 000, feuille *32* Gemmi (1267), notice. Comm. géol. Suisse 1962.

– – , BADOUX, H., HUBER, K., et TAVEL, H. VON: Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25 000, feuille *32* Gemmi (1267). Comm. géol. Suisse 1956.

HAUG, E.: L'origine des Préalpes Romandes et les zones de sédimentation des Alpes de Suisse et de Savoie. Arch. Sci. Genève, 3e p., t. *32, 8,* 1–20 (1894).

HEIM, ARN.: Das helvetische Deckengebirge. In: HEIM, ALB.: Géologie der Schweiz *II/4,* 259–476. Tauchnitz: Leipzig 1921.

HERB, R.: Eocaene Paläogeographie und Paläotektonik des Helvetikums. Eclogae geol. Helv. *81,* 611–657 (1988).

HOMEWOOD, P.: Le Flysch du Meilleret et ses relations avec les unités l'encadrant. Eclogae geol. Helv. *67,* 349–401 (1974).

– – : Sur les faciès des flyschs ultrahelvétiques dans les Préalpes Internes romandes. Eclogae geol. Helv. *69,* 281–296 (1976).

HUBER, K.: Geologie der Sattelzone bei Adelboden. Diss. Univ. Bern 1933.

JEANBOURQUIN, P.: Les cornieules polymictes des Préalpes internes et de l'Autochtone helvétique en Suisse romande. Thèmes choisis liés aux cornieules en général. Thèse Univ. Lausanne 1986.

– – : L'«Ultrahelvétique» de Derborence (Valais, Suisse). Bull. Soc. Val. Sci. nat. «La Murithienne» *109,* 65–95 (1991).

– – : Les mélanges suprahelvétiques dans le synclinal de Thônes (massifs subalpins, Haute-Savoie, France): une nouvelle hypothèse de travail Arch. Sci. Genève *45 (1)* (1992).

– – , et BURRI, M.: Les métasédiments du Pennique inférieur dans la région de Brigue-Simplon. Lithostratigraphie, structure et contexte géodynamique dans le bassin Valaisan. Eclogae geol. Helv. *84,* 463–481 (1991).

– – , KINDLER, P., et DALL'AGNOLO, S.: Les mélanges des Préalpes internes entre Arve et Rhone (Alpes occidentales franco-suisses). Eclogae geol. Helv. *85,* 59–83 (1992).

LATELTIN, O.: Les dépôts turbiditiques oligocènes d'avant-pays entre Annecy (Haute-Savoie) et le Sanetsch (Suisse) – Grès de Taveyannaz et du Val d'Illiez. Thèse Univ. Fribourg no *949* (1988).

LEPINAY, B.M. DE: Etude géologique de la région des Gets et de Samoëns (Haute-Savoie). Les rapports entre les Préalpes du Chablais (nappe de la Brèche et nappe des Gêts) et les unités delphino-helvétiques. Thèse IIIe cycle, Univ. P.M. Curie, Paris 1981.

LUGEON, M.: Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. Fascicules 1, 2 et 3: Wildhorn, Wildstrubel, Balmhorn, Torrenthorn. Matér. Carte géol. Suisse, N.S., livr. *30* (1918).

– – : Quelques faits nouveaux dans les Préalpes internes vaudoises (Pillon, Aigremont, Chamossaire). Eclogae geol. Helv. *31,* 1–21 (1938).

MARTINI, E.: Standard tertiary and quarternary calcareous nannoplankton zonation. Proc. II. Plankt. Conf. Roma 1970, 749–785 (1971).

MAYORAZ, R., LOUP, B., HOMEWOOD, P., et LATELTIN, O.: Un paléocanyon oligocène dans le parautochtone du Haut Val d'Illiez (Valais, Suisse). Eclogae geol. Helv. *81,* 539–551 (1988).

McCONNELL, R.B.: La nappe du Niesen et ses abords entre les Ormonts et la Sarine. Matér. Carte géol. Suisse N.S. *95* (1951).

MERCANTON, C.H.: La bordure ultra-helvétique du massif des Diablerets. Matér. Carte géol. suisse, livr. *116* (1963).

MOSER, H.J.: Strukturgeologische Untersuchungen in der Rawil-Depression. Diss. Univ. Bern 1985.

MULLIS, J.: Hydrocarbon zonation and evolution in the external part of Central Alps, derived by fluid inclusion studies in fissure quartz. Abstr. Assem. ann. Soc. suisse Minéral. Pétrog. 1989.

MUTTI, E., and RICCI LUCCHI, F.: Turbidite facies and facies associations. In: Examples of turbiditic facies and facies associations from selected formations of the Northern Apennines, field trip guidebook *A11,* 21–36. IX. Int. Congr. Sedimentologists, Nice, France. Int. Assoc. Sedimentologists 1975.

PICKERING, K.T., HISCOTT, R.N., and HEIN, F.J.: Deep marine environments. Clastic sedimentation and tectonics. Unwin Hyman: London 1989.

RAAF, M. DE: La géologie de la nappe du Niesen entre la Sarine et la Simme. Matér. Carte géol. Suisse N.S. *68* (1934).

WEIDMANN, M., HOMEWOOD, P., et FASEL, J.M.: Sur les terrains subalpins et le Wildflysch entre Bulle et Montreux. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. *76,* 151–183 (1982).