

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 82 (1992-1993)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Le pli de Malatraix - fiction ou réalité : une analyse historique et structurale dans les Préalpes médianes plastiques, Vaud, Suisse  
**Autor:** Mosar, Jon / Borel, Gilles  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-280183>

### **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:** 14.04.2026

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



## **Le pli de Malatraix: fiction ou réalité ?**

### **Une analyse historique et structurale dans les Préalpes médianes plastiques, Vaud, Suisse**

*par*

*Jon MOSAR<sup>1</sup> et Gilles BOREL<sup>2</sup>*

*Abstract.*—MOSAR J. et BOREL G., 1993. The fold Malatraix: fiction or reality? A historical and structural analysis in the Préalpes médianes plastiques, Vaud, Switzerland. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 82.4: 319-343.

The region of Malatraix (564.0/138.5, 10 km from Montreux) is located along the rocky ridge which goes from Roche (Rhône valley) to the Pointe d'Aveneyre and gave birth to several studies for more than one century. Many geologists have been amazed by a tectonical complication in a simple structure and they proposed very different interpretations. We present the historical and more important ones and their structural involvings, that give to the structure of Malatraix a very local character only. Based on our investigations we offer a new interpretation, which fits the structure of Malatraix in the geometric and kinematic disposition of the Préalpes médianes plastiques.

The studied stucture forms the western periclinal ending of the large anticline Doréna-Rossinière. The core of the structure shows a doubling of the sedimentary series and is cut by thrusts with top-to-the-NW-movement. They are related to the main thrust generating the Doréna-Rossinière anticline which is interpreted to be a fault-propagation fold. This whole structure is complicated by a lateral ramp situated on sedimentary bevels and by a series of big meridian faults.

<sup>1</sup>Institut de Géologie, Université de Lausanne, BFSH-2, CH-1015 Lausanne

<sup>2</sup>Musée géologique cantonal, UNI-L, BFSH-2, CH-1015 Lausanne

*Résumé.*—MOSAR J. et BOREL G., 1993. Le pli de Malatraix: fiction ou réalité? Une analyse historique et structurale dans les Préalpes médianes plastiques, Vaud, Suisse. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 82.4: 319-343.

La région de Malatraix (564.0/138.5) située le long de l'arête rocheuse qui s'étend de Roche (vallée du Rhône) à la Pointe d'Aveneyre a suscité de nombreux travaux depuis plus d'un siècle. Nombre de géologues ont été intrigués par l'apparition soudaine de complications tectoniques par rapport à la structuration simple du reste de l'arête et ils en ont proposé des interprétations fort diverses. Nous présentons les principales interprétations historiques et leurs implications d'un point de vue structural qui, dans leur ensemble, ne donnent à la structure de Malatraix qu'un caractère très local. Sur la base de nos investigations, nous proposons une nouvelle interprétation qui permet d'intégrer la structure de Malatraix dans l'agencement géométrique et cinématique des Préalpes médianes plastiques.

Il s'agit de la terminaison périclinale occidentale du vaste anticlinal de Doréna-Rossinière. Le cœur de la structure qui se présente plutôt comme un redoublement des séries est découpé par des chevauchements à mouvement vers le NW, en relation avec le chevauchement principal du «*fault-propagation*» *fold* qu'est l'anticlinal de Doréna-Rossinière. Cette structure est compliquée par la présence d'une rampe latérale située à l'aplomb de biseaux sédimentaires et par une suite de grandes failles méridiennes.

*Mots clefs:* paléotectonique, discordances angulaires, association pli-faille, terminaison périclinale, rampe frontale et latérale, direction de transport vers le NW, paléocontraintes.

## 1. INTRODUCTION

Situé sur la Riviera lémanique au SE de Montreux, l'objet de cette étude est localisé au centre de la grande arête rocheuse qui s'étend d'Arvel, en passant par les sommets de Malatraix et de la Pointe d'Aveneyre, au lac de l'Hongrin (fig. 1, 2). Cette arête est formée d'un flanc méridional dont les pentes herbeuses couvrent les niveaux à alternances calcaires et argileuses du Crétacé. Du côté septentrional, des falaises vertigineuses taillées dans les Calcaires massifs du Jurassique supérieur dominant la vallée de la Tinière, sur les pentes de laquelle se développe une forêt dense dans les niveaux à alternances calcaires et marneuses du Jurassique moyen et inférieur. C'est aux alentours du sommet de Malatraix, surtout exposé dans les escarpements du côté nord, que se trouve une structure complexe impliquant ces différentes séries de roches. Celles-ci font partie des Préalpes médianes plastiques qui, avec leurs grands plis et chevauchements, forment la partie frontale des Préalpes médianes, unité tectonique la plus importante de l'ensemble des nappes tectoniques préalpines (CARON 1972, LUGEON et GAGNEBIN 1941).

Nous allons présenter et discuter cet objet géologique, sujet d'interprétations fort différentes depuis plus d'un siècle. A première vue de moindre importance, la structure de Malatraix présente des caractéristiques structurales et paléotectoniques dont l'intérêt est général pour l'ensemble des Préalpes médianes. L'étude détaillée de l'interaction entre structures paléotectoniques et alpines, telles qu'on peut les mettre en évidence à Malatraix, constitue un apport important afin de mieux comprendre et interpréter des structures semblables ailleurs dans les Préalpes médianes.

Notre étude est basée sur des recherches bibliographiques et notre interprétation fondée sur des compléments de recherches de terrain, essentiellement

une analyse structurale. Nous proposons une nouvelle interprétation structurale et cinématique puis discutons la pré-structuration paléotectonique et son influence sur la géométrie actuelle.

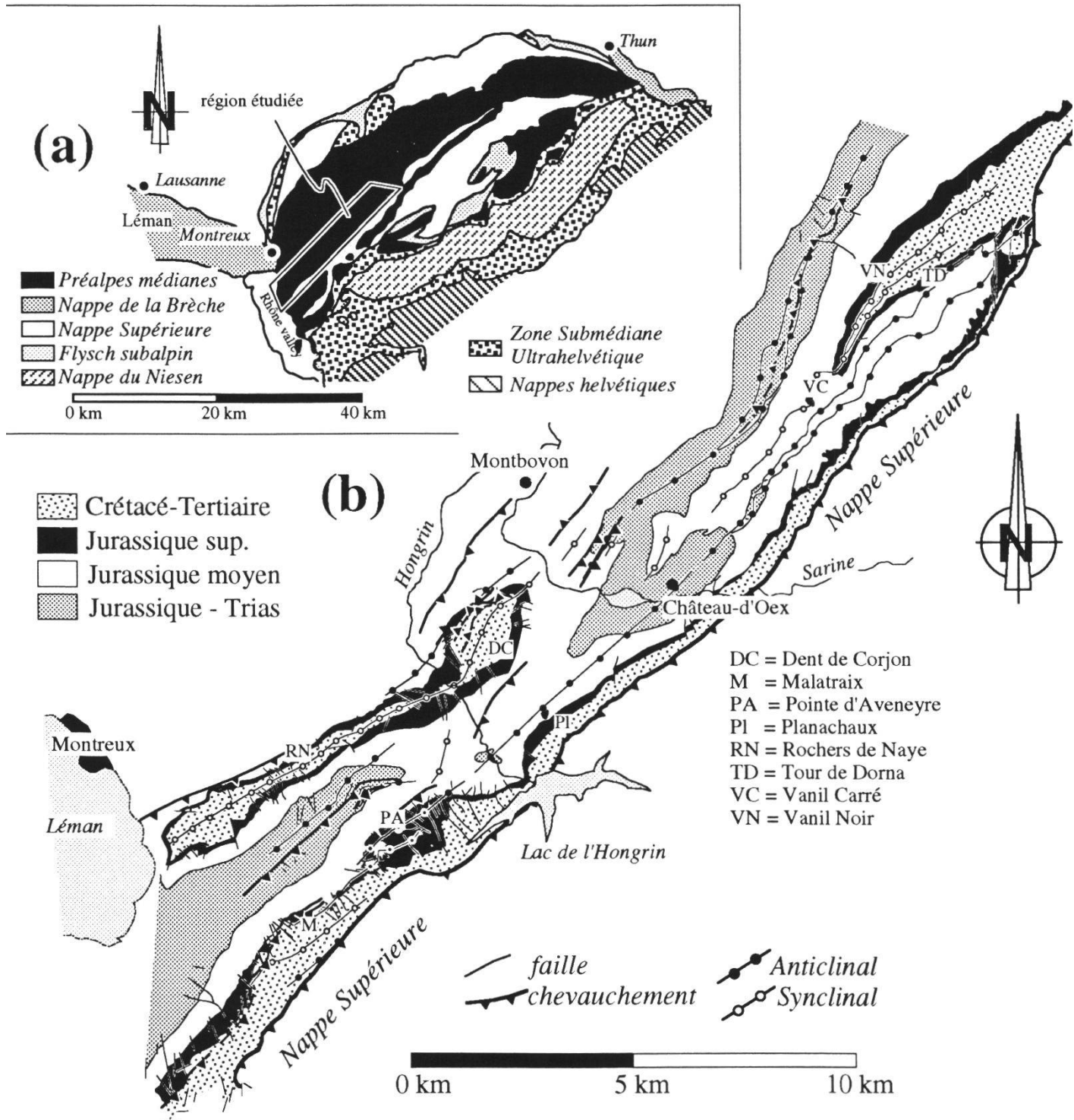


Figure 1.—(a) Carte de localisation de la région étudiée. (b) Carte géologique et structurale simplifiée de la région Rochers de Naye - Malatraix - Vanil Noir.

## 2. CADRE GÉOLOGIQUE DE L'ARÊTE D'ARVEL - MALATRAIX<sup>3</sup> - AVENEYRE

### 2.1. Contexte stratigraphique

Les roches sédimentaires qui forment l'ensemble de l'arête sont datées du Jurassique inférieur au Crétacé - Tertiaire. Ainsi depuis sa base septentrionale jusqu'au pied du versant sud on trouve, superposés en continuité, les niveaux suivants (fig. 2):

- la formation des Couches d'Arvel (calcaires échinodermiques), la formation du Creux de l'Ours constituée d'une alternance de marnes noires et de calcaires argileux noirs et la formation de Rossinière (calcaires échinodermiques) qui sont principalement d'âge liasique (METTRAUX 1989). Une description précise a été faite par PLANCHEREL et WEIDMANN (1972).

- le domaine à *Cancellophycus* du Dogger représenté par la formation du Staldengraben (Toarcien à Bathonien) caractérisée dans cette région par des niveaux à slumps d'envergure métrique bien visibles dans les falaises au S du Col de Chaude, suivie par le membre du Col de Cordon (partie supérieure de la formation des couches à *Mytilus*, Bathonien sup.-Callovien inf.) et enfin par la formation de la Haute-Pointe d'âge Callovien inf. (SEPTFONTAINE 1983).

- l'unité des Calcaires noduleux (Argovien) à laquelle succède vers le haut l'unité des Calcaires massifs (Tithonique). Les falaises dominant la vallée de la Tinière sont taillées dans ces lithologies (HEINZ et ISENSCHMID 1988).

- la formation des Calcaires plaquetés du Néocomien formée d'alternances de calcaires micritiques fins à silex et d'interlits marneux de plus en plus nombreux dans la partie supérieure de la formation (BOLLER 1963).

- la formation de l'Intyamou composée de marnes noires (anciennement «Complexe Schisteux Intermédiaire»), datée de l'Aptien-Turonien (PYTHON-DUPASQUIER 1990).

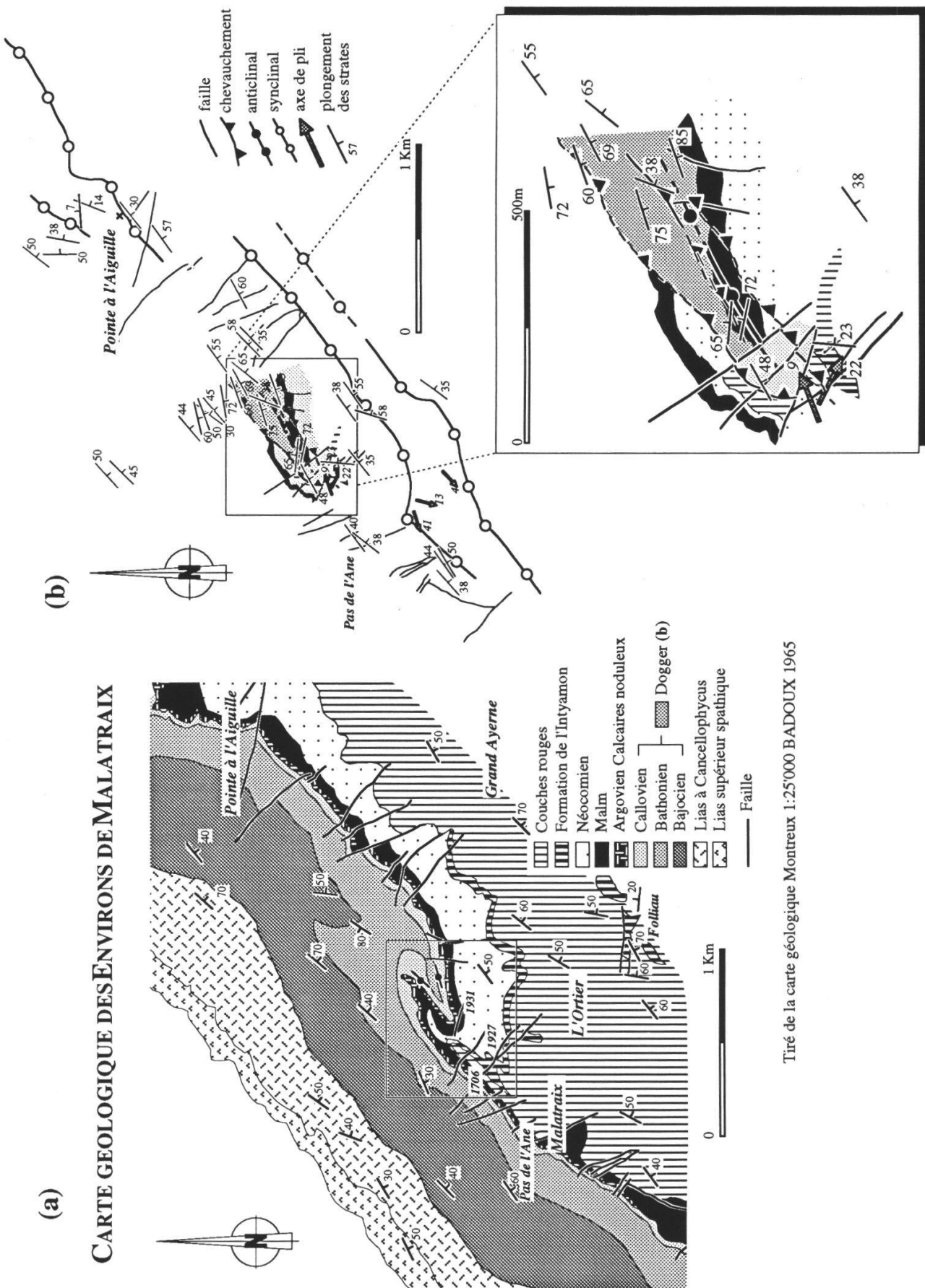
- le groupe des Couches Rouges composé de trois formations (Turonien-Paléogène) argilo-calcaires remarquables dans cette région par la présence de niveaux à brèches (GUILLAUME 1986).

L'ensemble de la série du Crétacé au Paléogène est caractérisé par une alternance de couches d'épaisseur décimétrique qui favorise la formation de nombreux plis d'amplitude métrique, voire décamétrique, disharmoniques par rapport aux structures de plus grande envergure.

Le lecteur pourra se référer entre autres aux travaux de BAUD et SEPTFONTAINE (1980), TRÜMPY (1960, 1980) et PLANCHEREL (1990) pour connaître le contexte stratigraphique et sédimentologique général des Préalpes médianes.

La particularité de la succession discutée ici est, selon l'interprétation classique, le biseautage très accentué des Calcaires plaquetés du Néocomien et de la Formation de l'Intyamou (qui les fait disparaître latéralement, parallèlement à l'arête de Malatraix) au droit de la structure de Malatraix, pour mettre en

<sup>3</sup>Il faut remarquer que jusqu'à Jeannet en 1913, le lieu-dit *Malatraix* correspondait au point actuellement coté 1931m. (fig. 2), depuis il a été déplacé d'environ 900 m. vers le SW. Nous utilisons dans cet article la localisation actuelle et afin d'éviter toute confusion, dans les citations des anciens auteurs, nous avons rajouté (1931 m) lorsque cela s'est avéré nécessaire pour la compréhension.



Tiré de la carte géologique Montreux 1:25'000 BADOUX 1965

Figure 2.—(a) Agrandissement de la carte géologique de BADOUX (1965) dans la région de Malatraix. (b) Nouvelle carte géologique modifiée et complétée (par des mesures de pendages) de la région de Malatraix. Les nouvelles limites et structures ont été construites en se basant sur des études de terrain.

contact, vers le SW, les Couches Rouges avec les Calcaires massifs du Malm. D'après BOLLER (1963) les formations du Néocomien se biseautent par réduction d'épaisseur, voire disparition ou non-dépôt, vers le S avec un bassin situé au nord de l'arête de Malatraix. Depuis les travaux de GUILLAUME (1986) et PYTHON-DUPASQUIER (1990), il est établi que la formation de l'Intyamon est continue jusqu'à Roche et que dans le groupe des Couches Rouges s'opère un relais sédimentaire entre deux formations accompagné d'une réduction d'épaisseur. Un deuxième biseau affecte les Calcaires noduleux (Argovien) à quelques centaines de mètres au SW de Malatraix de même qu'un troisième biseau fait diminuer d'épaisseur le membre du Col de Cordon et la formation de la Haute-Pointe (Bathonien sup.–Callovien inf.), sans oublier que les dépôts du Callovien sup. à l'Oxfordien inf. manquent (SEPTFONTAINE 1983). Nous avons donc affaire à un contexte sédimentaire particulier qui laisse pré-supposer la présence d'une importante structure paléotectonique qui génère ces biseautages.

## 2.2. Contexte tectonique

L'arête étudiée constitue le flanc méridional d'un vaste anticlinal qui s'étend de Malatraix –comme nous allons le discuter– à la Pointe d'Aveneyre puis de Planachaux jusqu'à Doréna (au N de Château-d'Oex) par la sortie E de Rossinière pour disparaître au Gros Mont (fig. 1). L'orientation de cet anticlinal est très régulière de Doréna jusque sous Malatraix. Si l'axe est subhorizontal dans la majeure partie de son extension, il plonge dans la partie occidentale vers le SW comme en témoigne un axe de pli orienté N222, 26SW calculé à partir des pendages de couches d'âge Dogger au Col des Gaules (fig. 3-b). Cette large voûte anticlinale, déjà décrite par SCHARDT (1880-82, 1884) et FAVRE et SCHARDT (1887), se caractérise par sa géométrie avec un flanc S très raide suivi au N par un domaine où les couches sont faiblement inclinées vers le S, voire subhorizontales. Ce «plateau» qui se retrouve tout au long de l'anticlinal est bien marqué entre la Pointe d'Aveneyre et la Pointe à l'Aiguille, à Planachaux ainsi qu'au NE de Château-d'Oex. Cet anticlinal est rattaché au N au synclinal coffré et/ou très pincé du Vanil Noir–Vanil Carré. Ce dernier trouve sa prolongation dans le synclinal coffré de la Dent de Corjon–Rochers de Naye, situées au NW, respectivement de Planachaux et de Malatraix–Pointe d'Aveneyre. Ces synclinaux affichent une orientation constante NE-SW, à l'image de celui des Rochers de Naye avec dans sa partie centrale un axe 054,03 (fig. 3-a). L'extension de l'anticlinal de Doréna-Rossinière a été documentée au moins jusque sous le Col de Chaude (SCHARDT 1880-82, PLANCHEREL et WEIDMANN 1972, METTRAUX et MOSAR 1989, MOSAR 1991, MOSAR et BOREL 1992). Il est ensuite relayé au N par le grand anticlinal de la Tinière qui s'étend jusqu'au rives du Léman. Sa terminaison périclinale orientale se caractérise par une fermeture plongeant à plus de 30° vers le NE comme en témoignent les orientations d'axes de plis déterminés à partir des pendages de couches du Jurassique inférieur et moyen au Col de Chaude (fig. 3-c; PLANCHEREL et WEIDMANN 1972, METTRAUX et MOSAR 1989). L'arête de Malatraix–Pointe d'Aveneyre constitue le flanc méridional de l'anticlinal de Doréna–Rossinière qui vient disparaître à la hauteur du Col de Chaude pour être relayé en échelon par l'anticlinal de la Tinière. L'arête fait donc dans sa partie occidentale figure de flanc S de ce dernier anticlinal.

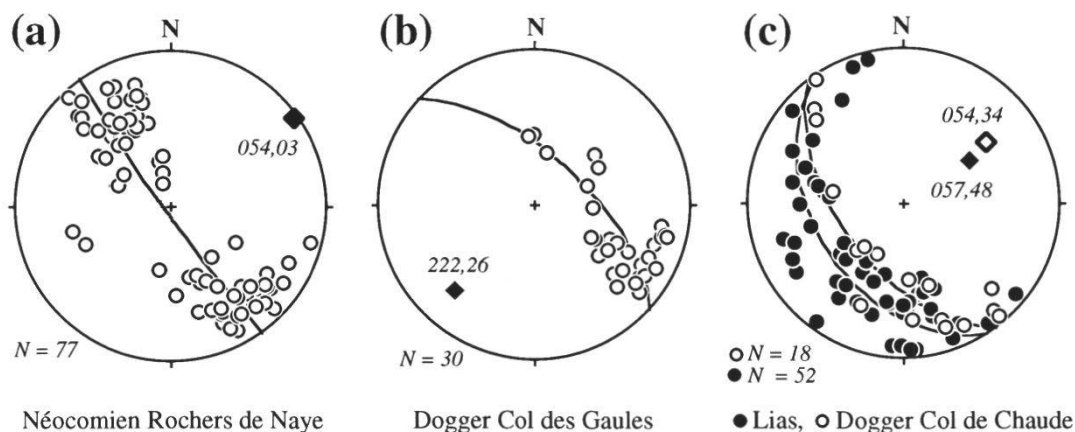


Figure 3.—Représentations stéréographiques des pôles de la stratification et axes de plis correspondant aux meilleurs grands cercles à travers les nuages de points reportés (programme Stereoplot, MANCKTELOW 1989) de la région au N de l'arête de Malatraix–Aveneyre. Données provenant: (a) des Calcaires plaquetés du Néocomien aux alentours des Rochers de Naye et représentant le synclinal perché des Rochers de Naye. (b) des formations du Dogger au Col des Gaules à l'E de l'Hongrin, représentant la fermeture périclinale de la partie occidentale de l'anticlinal de Doréna-Rossinière. (c) des niveaux d'âge Lias et Dogger, montrant la terminaison périclinale orientale avec un plongement axial prononcé de l'anticlinal de la Tinière. A noter la différence de  $14^\circ$  de plongement de l'axe entre les séries liasiques au coeur du pli et celles du Dogger formant l'enveloppe plus externe. (projection de Schmidt, hémisphère inférieur).

### 3. ANALYSE STRUCTURALE DE L'ARÊTE ARVEL - MALATRAIX - AVENEYRE :

Afin de déterminer la géométrie exacte de l'arête étudiée, nous avons entrepris une analyse structurale basée sur des mesures de pendage de la stratification, ainsi que sur l'orientation et le sens de mouvement de failles. Ce type de mesures n'étant que sporadique à cette date dans la région étudiée, nous avons fait des levés de terrain le long de plusieurs traverses dans l'arête, en portant notre attention tout spécialement sur le secteur de Malatraix et des points cotés 1927 m et 1931 m (fig. 2).

#### 3.1. Plis: géométrie et orientation

Le flanc de montagne formé par l'arête de Malatraix ne forme pas une simple structure monoclinale (ici le flanc méridional d'un anticlinal), mais en fait un demi-anticlinal avec une partie de flanc raide inclinée au SE et une partie faiblement inclinée au SE, voire subhorizontale. Cette structuration se reconnaît surtout dans les niveaux datés du Dogger et du Malm au Pertuis d'Aveneyre. Les alternances marno-calcaires crétacées forment des plis disharmoniques. L'orientation générale du demi-anticlinal et des plis disharmoniques déterminée par les mesures de pendage dans les niveaux postérieurs au Dogger est NE-SW avec un axe subhorizontal (fig. 4-b, c, d).

La distribution des orientations des couches à *Cancellophycus* quant à elle définit un axe de pli incliné de  $35^\circ$  vers l'E (fig. 4-a). Nous voyons se déve-

opper entre ces couches et les Calcaires noduleux un biseau dont l'origine est fort probablement sédimentaire et qui a déjà pu être documenté par des courbes structurales établies à l'E du Col de Chaude (MOSAR et BOREL 1992). Ce biseau qui s'amincit en direction du SSE est nettement visible si l'on projette les données de pendage dans des coupes tectoniques (MOSAR travail en cours).

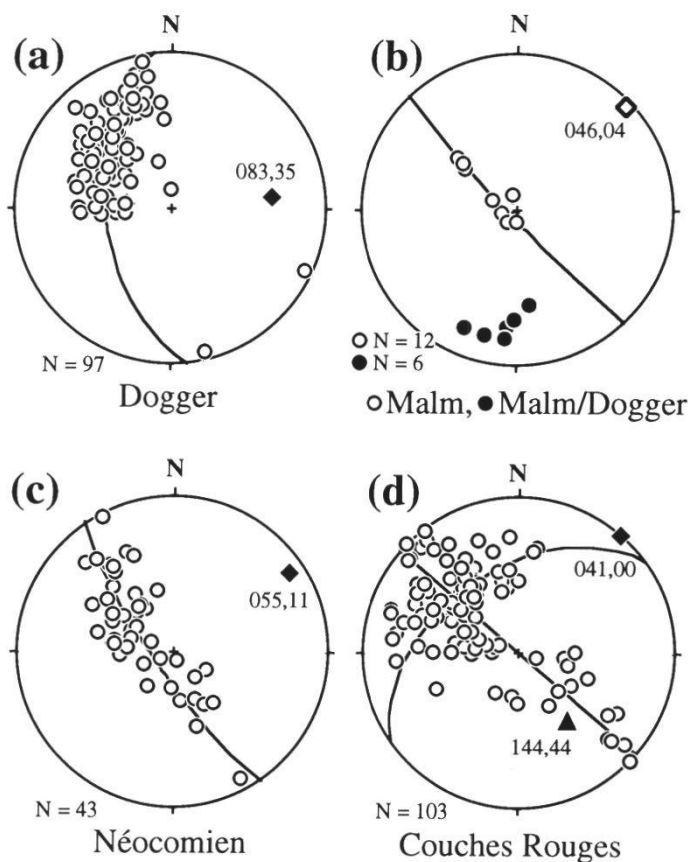


Figure 4.—Stéréogrammes des éléments structuraux analysés le long de la crête Arvel-Malatraix-Aveneyre. (a), (b), (c), (d) pôles de la stratification des formations d'âge respectivement Dogger, Malm, Néocomien et Crétacé sup. (Couches Rouges). Les grands cercles (donnant l'axe de pli moyen) et courbes de densité (incrément de 1% de l'aléatoire) ont été calculés avec le programme Stereoplot (MANCKTELOW 1989). Dans les alternances marno-calcaires du Dogger un axe de pli orienté E-W avec une inclinaison de 35° vers l'E est mis en évidence. Les unités du Malm de la Pointe d'Aveneyre soulignent bien la structure en demi-pli de l'arête de Malatraix - Aveneyre avec un axe NE-SW subhorizontal. Il faut noter que des mesures dans les niveaux au passage Malm - Dogger indiquent une orientation beaucoup plus E-W (coord. 564.08/138.65 - 564.17/138.58). On retrouve une direction NE-SW dans les Calcaires plaquetés du Néocomien entre la Pointe d'Aveneyre et Malatraix. La dispersion dans les niveaux des Couches Rouges est très forte dans les flanc méridionaux des nombreux plis métriques au Folliau.

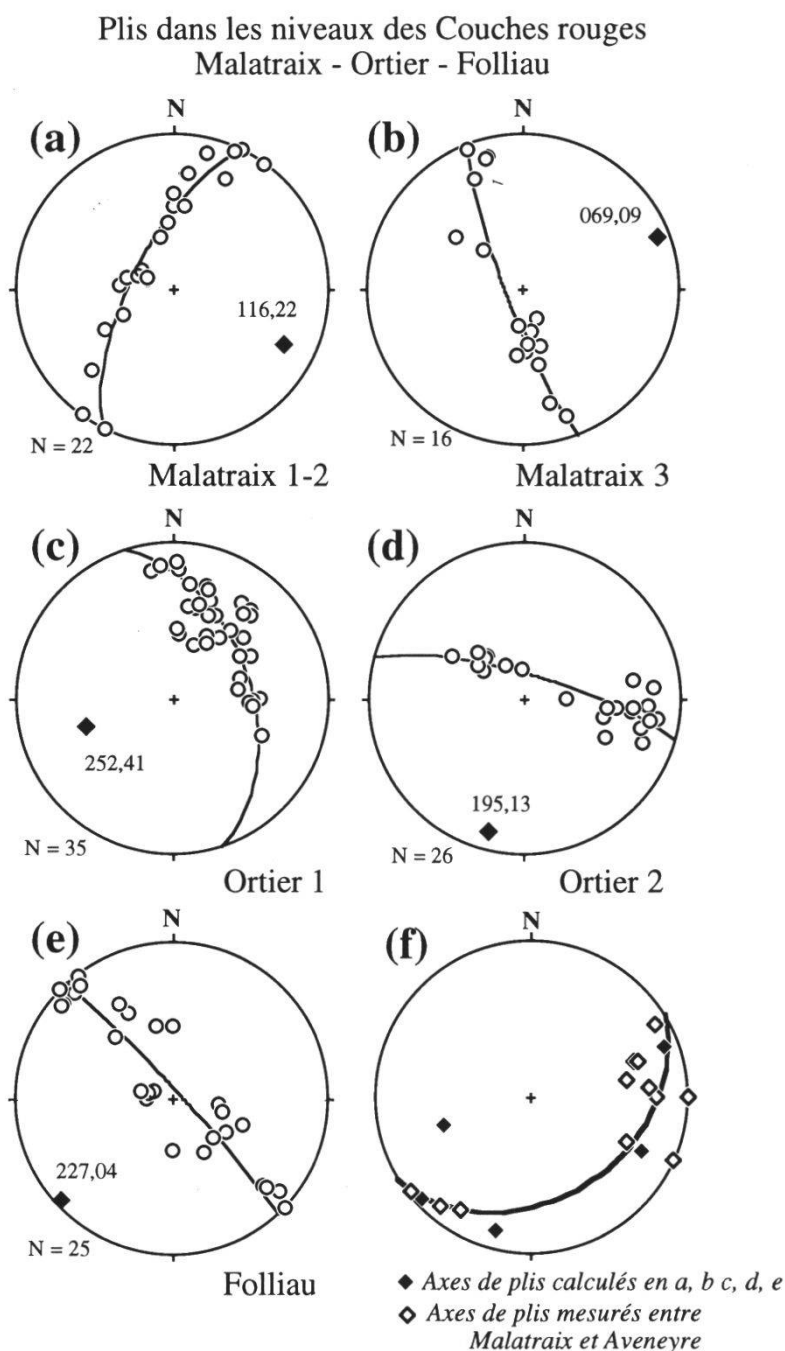


Figure 5.—Succession de plis dans les séries Crétacé supérieur - Tertiaire analysés dans les environs de Malatraix. (a) Plis couchés observés sous le col entre Malatraix et le sommet 1931 m (coord. 564.06/138.36). (b) Même localité que (a) mais situé en-dessous (coord. 564.02/138.38). (c), (d) Plis décamétriques observés le long de la route à l'W de la ferme de l'Ortier (coord. 563.71/137.81, respectivement 563.80/137.73). (e) Pli dans les Couches Rouges au Folliau au S de la structure anticlinale de l'Ortier à proximité du contact avec les niveaux du Néocomien (coord. 564.36-22/137.52). Ce pli reflète l'orientation générale déjà constatée dans la fig. 4-d. On remarquera une rotation horaire de plus de 50° des axes de plis par rapport à la direction générale NE-SW. (f) Axes de plis calculés et mesurés dans les niveaux du Crétacé entre la Pointe d'Aveneyre et Malatraix. Le meilleur grand cercle calculé à partir des axes de plis représente une surface orientée 148,35.

Les niveaux fortement plissés des Calcaires plaquetés néocomiens s'alignent suivant un grand cercle définissant un axe de pli général incliné de  $11^\circ$  vers le NE (fig. 4-c).

Les Couches Rouges produisent un large éventail dans les directions de la stratification inclinée au SW. Deux axes de plis peuvent être construits à partir des grands cercles calculés au moyen des mesures de pendage: le premier corrobore l'orientation subhorizontale NE-SW de l'ensemble des grandes structures régionales, et le second incliné au SE ( $144,44$ ) dont on cherchera l'explication dans l'association avec des accidents tectoniques postérieurs et/ou contemporains du plissement. Le jeu d'un ensemble de failles à mouvements verticaux et décrochants, orientées NNE-SSW et NNW-SSE ne peut être exclu comme cause de cet éventail.

Du côté NE de Malatraix à proximité du point 1931 m s'observe sur le terrain une succession de plis d'allure coffrée. Ces plis couchés ont une surface axiale subhorizontale et une direction d'axe très différente de la direction générale des plis dans ce secteur des Préalpes médianes (fig. 5-a, b). En effet dans la zone proche des sommets 1927 m et 1931 m les plis dans les Couches Rouges passent d'une direction NE-SW à une direction SE-NW. Entre l'Ortier et Folliau en aval sud de Malatraix plusieurs plis métriques et décimétriques montrent une dispersion d'axe tout autant prononcée, allant de NE-SW à N-S (fig. 5-c, d, e). Ces axes de plis réunis sur un stéréogramme avec des axes de plis mesurés dans les niveaux crétacés entre Aveneyre et Malatraix se placent sur un grand cercle (fig. 5-f). Ce grand cercle est interprété (BRYANT et REED 1969, MIES 1991) comme surface de mouvement orientée  $N148$  et inclinée de  $35^\circ$  vers le SE. Nous attribuons la différence d'orientation à la proximité d'un ou de plusieurs chevauchements importants qui provoquent une réorientation des plis (et de leurs axes) dans cette partie des Préalpes médianes. Ce même phénomène est patent dans les niveaux d'âge Dogger-Malm qui affleurent dans les falaises au NW du point 1931 m (points noirs de la fig. 4-b) et qui semblent s'arranger avec un axe de pli orienté plus ou moins E-W.

En descendant le flanc méridional en pente structurale depuis Malatraix l'observateur tombe, à la hauteur de la ferme de l'Ortier, sur une zone formée par une succession de plis dans les Couches Rouges, qui s'étend en contrebas jusqu'à la ferme du Grand Ayerne (fig. 1, 2). Parallèlement à l'arête de Malatraix cette structure forme une sorte de «kink» dont le segment central est souligné par de nombreux plis disharmoniques et s'étend longitudinalement d'Ayerne au NE jusqu'à la Joux verte au SW. Reconnu par FAVRE et SCHARDT (1887) cette structure a été décrite sous le nom d'anticlinal de l'Ortier. Son extension vers la vallée du Rhône est mal définie. Il est cependant raisonnable d'admettre que les plis associés à des chevauchements à mouvement vers le NW, observables dans les Couches Rouges de la carrière de Roche (vallée du Rhône) forment la prolongation ou du moins l'équivalent de ce qui est visible dans la région d'Ayerne.

### 3.2. Failles, chevauchements et décrochements

La lecture de la carte géologique de Montreux (BADOUX 1965) nous permet de découvrir nombre de failles verticales qui hachent l'arête d'Arvel - Malatraix. Orientées NW-SE et N-S, leur faible déplacement apparaît décrochant, dextre ou sénestre, ou encore vertical.

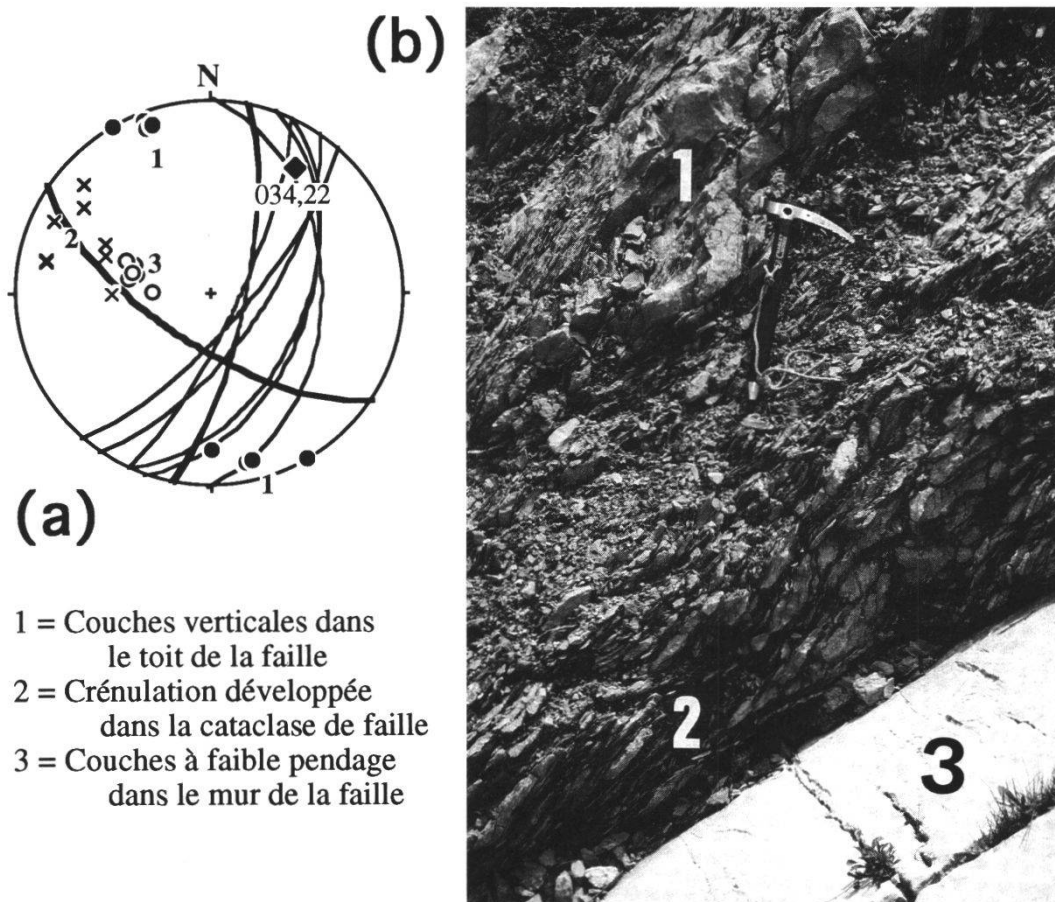


Figure 6.—(a) Eléments structuraux dans la zone de faille sous les falaises du point coté 1931 au NE de Malatraix: 1: points= niveaux subverticaux du Dogger dans le toit de la faille, 2: croix= éléments de couches et foliation très fruste dans la zone de cataclase de la faille, 3: cercles= formation bréchique du Dogger incliné au SE dans le mur de la faille. Les grands cercles correspondent à ces pôles. L'axe 034,22 correspond à l'axe de pli formé par le grand cercle sur lequel sont réparties les foliations de la zone cataclastique.

(b) Photo de la zone de faille avec cataclase dans le cœur anticlinal formé par les formations du Dogger de la structure de Malatraix.

Nos recherches de terrain nous ont permis de découvrir un important chevauchement (coord. 564.47/138.80<sup>4</sup>), à l'endroit où, sur la carte géologique, est dessiné le cœur anticlinal de la structure de Malatraix. En effet les couches subverticales datées du Dogger de la partie méridionale de la falaise viennent reposer en discontinuité tectonique sur des couches du même âge, inclinées de 30°-40° vers le SE (fig. 6). Cette inclinaison est masquée à l'observateur éloigné par une intense et régulière fracturation subverticale confondue avec le pendage, comme indiqué, de façon erronée, sur la carte géologique de BADOUX (1965, fig. 2). Le contact tectonique se fait par l'intermédiaire d'une

<sup>4</sup>Il faut noter que nos recherches nous ont révélé une erreur dans l'indication des altitudes sur les cartes topographiques existantes dans les alentours de ce secteur. Ainsi les pieds de falaises étudiés sont trop bas de quelque 80 m.

cataclasite de faille d'une puissance de 1-1.5 m Un clivage très fruste se développe dans cette zone bréchique et forme des plans d'allure sigmoïde indiquant un mouvement inverse vers le NW (fig. 6). Une faille semblable a pu être observée traversant les falaises de Calcaires massifs en montant d'E en W au-dessus de l'affleurement décrit ci-dessus.

Dans les falaises en dessous des sommets 1927 m et 1931 m nous avons pu mettre en évidence un chevauchement supplémentaire. Il met en contact les Calcaires plaquetés du Néocomien inclinés vers le SE dans la partie septentrionale de la falaise avec les alternances calcaro-marneuses du Dogger surmontées par les calcaires du Malm et inclinés de quelque  $65^\circ$  vers le N dans la partie méridionale (fig. 2, 4-b, 9; coord. 564.12/138.63). Il affecte le cœur de la structure synclinale incorporant les formations du Malm, Néocomien et Crétacé supérieur entre les points 1706 m et 1667 m. En effet les falaises de calcaire d'âge Malm sont, dans notre interprétation, coupées par un chevauchement à la hauteur du point 1667 m. Ces calcaires ne semblent pas, d'après nos observations, s'étendre plus au NE. La structure qui se développe au-dessus de ce chevauchement forme le cœur d'un anticlinal –correspondant à la partie occidentale de l'anticlinal Doréna-Rossinière– exposé ici par des couches d'âge Malm et Dogger inclinées vers le N (fig. 2, 9). Ce cœur anticlinal forme la prolongation du chevauchement décrit plus à l'E.

Au NE de Malatraix, sous le point coté 1927, dans les falaises (coord. 564.02/138.48) formées par les couches du Néocomien, s'observent de nombreux plis associés à des chevauchements vers le NW. L'ampleur estimée de ces plis est métrique à décimétrique. Ce même type de plis-chevauchements s'observe dans les Couches Rouges de la carrière de Roche au contact avec les Calcaires massifs du Malm.

Dans la vaste structure en «kink» d'Ayerne-Ortier, avec ses nombreux replis de Couches Rouges, nous avons pu effectuer deux séries de mesures de failles et stries nous permettant de définir le champ de contrainte local lié à ces structures.

Cette méthode d'analyse (nous avons utilisé le programme Faultkinematics de ALLMENDINGER *et al.* 1989) appelée aussi la méthode des dièdres droits, s'applique aux plans de faille porteurs de stries qui indiquent le sens de mouvement. Ainsi à chaque couple faille-strie est associé un dièdre en compression et un autre en tension. L'analyse de nombre de ces couples permet de restreindre l'espace où se situe la compression ou tension compatible avec les failles analysées. Les axes de tension et de compression généraux sont obtenus par une analyse de densité des dièdres. On obtient ainsi des paléo-directions de contrainte qui permettent de discuter le type de régime tectonique générateur de tels objets (ANGELIER 1975, 1984, 1989, 1990, ANGELIER et MECHLER 1977, LISLE 1987, 1988, PFIFFNER et BURKHARD 1987, MARRET et ALLMENDINGER 1990).

Une première série de mesures a été faite dans une succession de plis métriques à décimétriques à l'W de Folliau (coord. 564.36-22/137.52, fig. 5-e). Les résultats de l'analyse sur les dièdres en compression des failles indiquent un régime de contraintes en compression (chevauchement) avec un raccourcissement subhorizontal NW-SE (fig. 7, 10). L'analyse en tension révèle une forte composante décrochante dextre sur un plan incliné vers le SE avec une extension plongeant de  $58^\circ$  vers le NNE. Alternativement des décrochements sénestres peuvent apparaître le long d'accidents subverticaux, bien documentés ailleurs dans les Préalpes médianes (PLANCHEREL 1979, MOSAR et

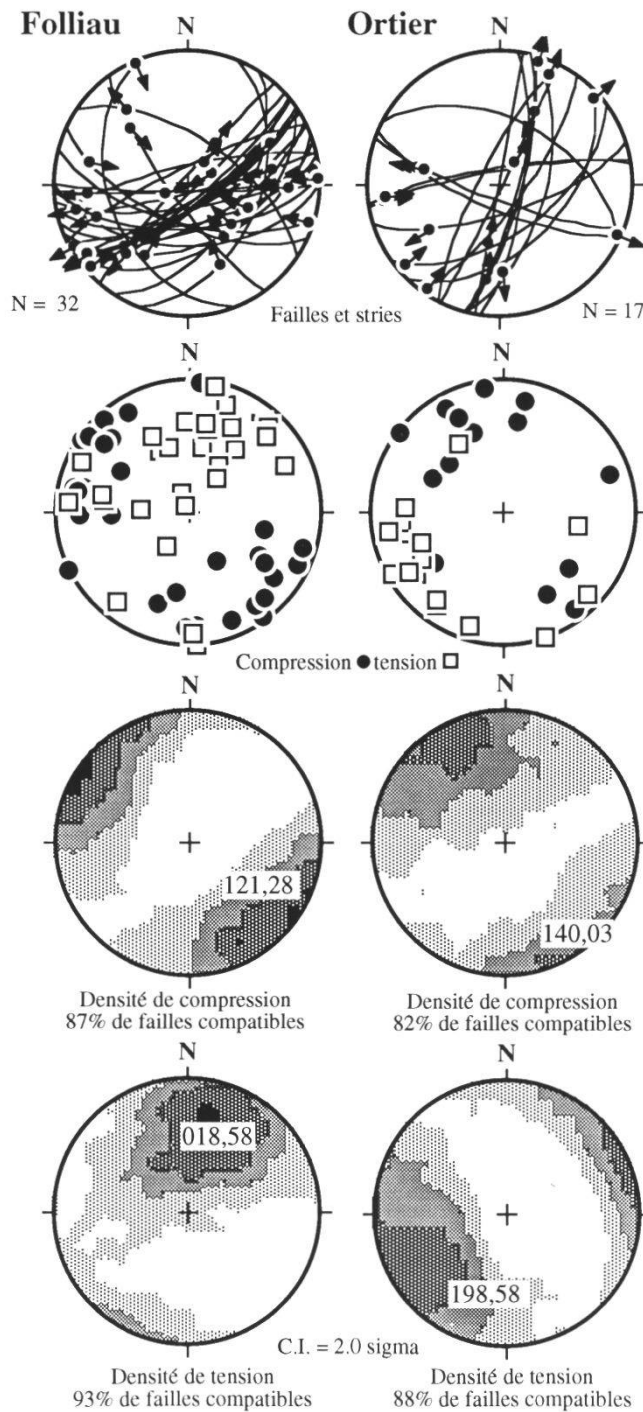


Figure 7.—Analyse des contraintes sur des failles et stries mesurées dans les niveaux des Couches Rouges dans les replis de la région de Folliau au S de la ferme de l’Ortier (colonne de gauche, coord. 564.36-22/137.52) et près de la ferme de l’Ortier (colonne de droite, coord. 563.80/137.76 - 563.97/137.66). (a) failles et stries, les flèches indiquent le sens de mouvement du compartiment supérieur. (b) Axes de compression (cercle) et tension (carré) associés aux dièdres droits obtenus à partir des couples faille-strie. (c), (d) Stéréogrammes de densité montrant les résultats de l’analyse dynamique par dièdre droit (programme Faultkinematics, ALLMENDINGER *et al.* 1989) en compression et tension respectivement. En compression 87% des failles sont compatibles avec un axe moyen pour la compression 121,28. En tension 93% des failles sont compatibles avec un axe de tension orienté 018,58, indication d’un régime en compression avec mouvement décrochant. (N = nombre de failles-stries analysées; C.I. = counting interval d’après la méthode de lissage de Kamb).

BOREL 1992). Plus au N, l'analyse de la deuxième série de failles (coord. 563.80/137.76-563.97/137.66, à l'W de l'Ortier) dans deux plis décimétriques (fig. 5-c, d) donne des résultats semblables, mais avec une composante décrochante moins bien définie autour d'un axe de tension incliné de 58° vers le SSW (fig. 7). Les mouvements décrochants seraient sénestres sur des surfaces d'orientation NNE-SSW à pendage vers l'ESE, ou alternativement dextres le long d'accidents subverticaux WNW-ESE.

En nous référant aux mouvements inverses vers le NW décrits précédemment (failles chevauchantes à Malatraix, plan de mouvement défini par l'agencement des plis dans les niveaux crétacés), nous concluons que l'analyse des contraintes à partir des failles et stries révèle un mouvement chevauchant vers le NW sur un plan incliné vers le SE (fig. 10). De plus nous remarquons l'importance de mouvements décrochants sénestres le long d'accidents NNE-SSW et dextres le long d'une direction WNW-ESE (MOSAR et BOREL 1992).

#### 4. LE POINT DE VUE DES ANCIENS AUTEURS

Nos recherches bibliographiques nous ont permis de documenter les études et l'interprétation structurale et sédimentologique de l'arête de Malatraix de 1880 à nos jours. Nous présentons dans ce qui suit l'aspect structural de même que l'interprétation sédimentologique tels que les ont développés les divers auteurs avant nous.

##### 4.1 L'interprétation tectonique

Deux ensembles de structures tectoniques caractérisent le grand flanc incliné au S formé par l'arête d'Arvel-Malatraix-Pointe d'Aveneyre. Elles ont été décrites et discutées très tôt par différents auteurs (fig. 8).

1.-La structure en demi-pli formant le flanc SE de l'anticlinal de la Tinière est interrompu à sa base par la structure synclinale-anticlinale d'Ortier, reconnue depuis longtemps (SCHARDT 1884, FAVRE et SCHARDT 1887, JEANNET 1912, 1912/13, 1918, BADOUX 1965).

En 1887 FAVRE et SCHARDT notent: «[...] la pointe de Malatrait<sup>5</sup> (1931 m) Les bancs sont presque horizontaux au sommet et plongent ensuite rapidement au SE. vers le col d'Ayerne, [...]

*L'arête des rochers d'Aveneyre-Malatrait [...] De la Pointe de Monteret au Signal d'Aveneyre (2030 m) on constate un élargissement très notable de l'arête culminante; les couches du Malm, au lieu de la couronner avec le même plongement que sur la pente SE, y sont en position presque horizontale, à peine inclinée [...]*

*[...] la Pointe à l'Aiguille (1936 m) les couches du Néocomien, parfaitement horizontales, [...] au SW, elles plongent de nouveau rapidement au SE, suivies de Couches Rouges; elles forment, un peu en dessous du sommet, un pli coudé très visible.*

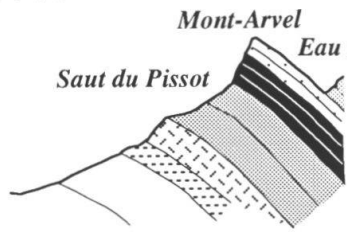
*Au Signal de Malatrait (1931 m) la disposition n'est pas encore très modifiée; elle tend toutefois à changer d'allure. Les bancs du sommet appartiennent*

<sup>5</sup>Cette orthographe a été en vigueur jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle.

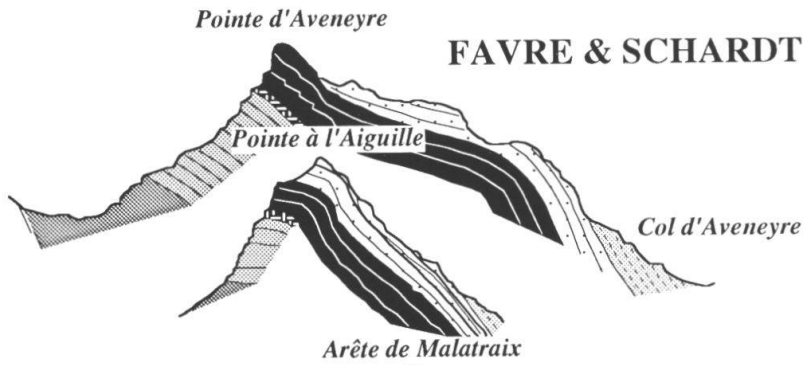
NW

SE

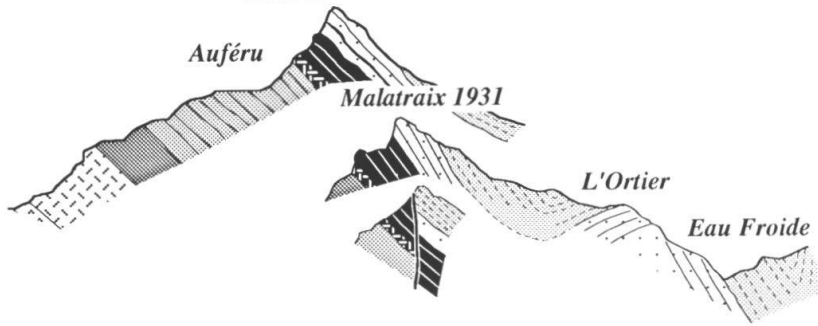
NW



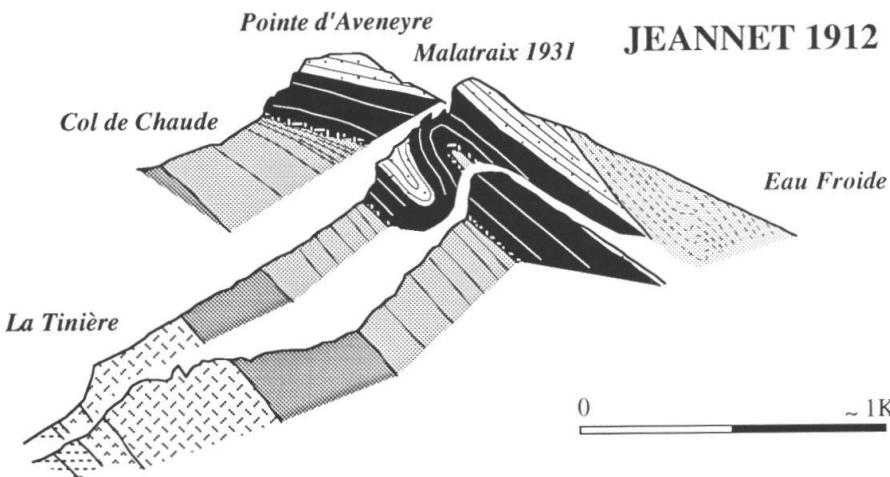
**RENEVIER 1880-90**



**FAVRE & SCHARDT 1887**



**Malatraix 1931**



**JEANNET 1912**

0 ~ 1Km



nent au Néocomien, et plongent de 35-40° au SE. Ils se relient au Néocomien qui forme toute la longueur de l'arête à partir de la Pointe à l'Aiguille. Un peu en dessous du sommet, vers le chalet de Malatrait (1791 m), apparaissent les Couches Rouges qui recouvrent sur toute la longueur le flanc de la montagne à mi-hauteur environ en montant plus ou moins haut. En dessous du chalet du Petit Ayerne, cette nappe de Couches Rouges est interrompue longitudinalement par un repli de Néocomien, qui devient de plus en plus large et finit par former, en dessous du signal de Malatrait, un gradin bien visible, supportant le chalet de l'Ortier et la grange détruite de la Cergnaz. Il existe ainsi sur le flanc de l'arête de Malatrait une synclinale de Couches Rouges, séparée de la zone de ce même terrain qui passe au col d'Ayerne, par une bande de Néocomien formant une voûte aigue.

Un peu plus au SE, cette voûte de Néocomien est coupée obliquement par l'Eau-Froide, phénomène qui est très facile à constater en remontant la vallée à partir de la station forestière où le sentier passe depuis la rive gauche sur la rive droite de l'Eau-Froide.»

De même JEANNET (1918) constate que: «L'anticlinal d'Ortier se prolonge jusque dans la région des lagots à l'W du Petit-Ayerne».

2.—La structure en pli très serré du côté septentrional sous le sommet de l'arête de Malatraix, «apparue» avec les cartes géologiques de JEANNET (1912) et BADOUX (1965) a connu avant et après ces dates des interprétations très différentes. Les premiers documents à notre connaissance sont de RENEVIER (1880 à 1890). Dans les carnets de notes, les esquisses et cartes déposées au Musée géologique cantonal de Lausanne, l'auteur ne remarque rien de «spécial» sous l'arête de Malatraix et sur sa carte géologique la «barre» de Malm est continue. Ceci est reflété dans des profils où le versant de Malatraix apparaît comme structure monoclinale (fig. 8).

FAVRE et SCHARDT (1887), les premiers à observer une «anomalie» dans une structure somme toute monoclinale, remarquent (fig. 8): «En descendant du Signal de Malatrait (1931 m) vers le SW, on rencontre à 50 m environ en dessous du sommet les Couches Rouges crétacées en grande épaisseur, [...] Elles forment l'arête et descendent assez bas du côté de la vallée de la Tinière, tout en recouvrant une bonne partie de flanc de la vallée de l'Eau-Froide. On distingue fort bien ce point du bas de la montagne, grâce à la couleur très frappante du Crétacé rouge. C'est une faille qui a porté les Couches Rouges dans cette singulière position en dessous du Néocomien qui forme le sommet de Malatrait (1931 m). Cette faille est longitudinale et continue sur toute la longueur de l'arête; d'abord tout près de son bord, elle s'abaisse de plus en plus sur le versant de la vallée de l'Eau-Froide et finit par suivre le fond de celle-ci où les Couches Rouges sont constamment en contact avec le Malm sur la rive droite, tandis que sur la rive gauche elles en sont séparées par le Néocomien. Cette disposition se voit encore au Pont-Dégraz où les Couches Rouges sont pincées entre le Malm et le Néocomien. Elles suivent dès lors le pied de la paroi abrupte qui domine le village de Roche; celle-ci renferme plusieurs bandes de couches de couleur rouge et il n'est pas facile d'expliquer sa vraie structure. Le flanc du Mont d'Arvel est couvert de la forêt très étendue de la Joux-verte qui s'étend depuis les Folliaux jusqu'au Pont Dégraz. [...] l'existence d'une faille devient d'autant plus probable que sur plus d'un point il y a discordance de stratification bien évidente entre les deux formations..

JEANNET (1918) quant à lui évoque un «agent perturbateur» qui «se trouve réalisé par un synclinal transversal admirablement visible au NW de Malatraix». Sur sa carte géologique (JEANNET 1912) ainsi que sur une coupe jointe à sa monographie sur les Tours d'Aï (fig. 8), le Crétacé supérieur, le Crétacé inférieur, le Malm et le Dogger sont affectés par cet «agent perturbateur».

Il construit un anticlinal à cœur de Dogger sur la deuxième coupe, pli qu'il est cependant difficile d'intégrer dans le cadre défini par les deux autres coupes.

BADOUX (1965) dans la notice de la carte géologique de Montreux n'évoque pas spécifiquement les plis de Malatraix. Ils sont cependant clairement représentés sur la carte géologique 1:25 000 (fig. 2) et la coupe de la planche II de la notice géologique en donne une interprétation (fig. 8). Dans cette explication les Couches Rouges et les Calcaires plaquetés du Néocomien forment deux synclinaux et deux anticlinaux très serrés sous la pointe de Malatraix. Les Calcaires massifs du Malm ainsi que les séries sous-jacentes ne sont pas impliqués dans ces plis. L'ensemble Crétacé vient buter en discordance angulaire sur le Malm monoclinale incliné vers le SE. Ceci est toutefois en contradiction avec la représentation cartographique, du même auteur, des structures de Malatraix où les séries du Dogger et du Malm sont impliquées dans une structure anticlinale et synclinale. De plus sur sa coupe, Badoux interprète les plis de Malatraix en tant que plis complètement renversés. En effet on y voit les niveaux du Néocomien pris en structure synforme dans ceux du Crétacé supérieur (fig. 8). De ce fait la relation avec l'anticlinal de l'Ortier (plus au S), dessinée comme une structure continue, devient à nos yeux géométriquement incohérente, voire impossible.

PLANCHEREL et WEIDMANN (1972), à la suite de travaux de percement d'une amenée d'eau entre l'Hongrin et le Léman, interprètent les replis de Malatraix (fig. 8) comme la terminaison occidentale de l'anticlinal de Dorena-Rossinière-Aveneyre (appelé chez ces auteurs anticlinal d'Aveneyre): «Plus loin au SW du Col de Chaude le chevauchement - il s'agit du chevauchement associé à l'anticlinal de Dorena-Rossinière-Aveneyre rencontré dans les galeries hydroélectriques entre la vallée de l'Hongrin et le Col de Chaude - s'amortit dans les pentes dominant Petit Tour, alors que nous voyons l'anticlinal d'Aveneyre et le synclinal qui lui est lié se poursuivre vers le SW et dessiner le pli de Pas de l'Ane-Malatraix. Au S de Malatraix, l'anticlinal d'Aveneyre plonge en profondeur aussi brusquement que disparaît l'anticlinal de la Tinière au N de Chaude.

*En résumé, on voit que la zone anticlinale complexe de Tinière-Chaude-Hongrin comporte deux axes anticlinaux en relais: l'anticlinal d'Aveneyre prend de l'extension au fur et à mesure que s'efface celui de Tinière.»*

Nous constatons que l'interprétation des auteurs varie largement. Elle repose sur des données de qualité très variable, mais qui sur l'ensemble ne permettent pas de trancher pour telle ou telle explication. Favre et Schardt de même que Plancherel et Weidmann associent la structure de Malatraix à des failles. Jeannet comme Badoux nous laissent dans l'expectative quant à une intégration des ces plis dans le cadre régional; la structure semble locale sans relation avec ce qu'il y a au voisinage.

#### 4.2. *Interprétation sédimentologique*

Le découpage stratigraphique ayant passablement évolué depuis un siècle, il a fallu, pour pouvoir faire des comparaisons, regrouper les colonnes stratigraphiques. La figure 8 montre, par rapport à une échelle temporelle moderne, les plages de temps que recouvrent les divisions appliquées par chaque auteur. Les limites définies dans les niveaux principalement affectés par le pli de Malatraix, d'âge jurassique supérieur et crétacé ont peu changé. Tous les auteurs ont représenté la disparition des Calcaires plaquetés du Néocomien et le contact direct des Couches Rouges sur les Calcaires massifs du Malm. FAVRE et SCHARDT (1887), afin de rendre compte de cette réalité du terrain, font intervenir une faille pour mettre directement les Couches Rouges sur les Calcaires massifs. Dans leurs coupes, l'ensemble de la pile sédimentaire garde une puissance constante et toutes les strates sont en concordance stratigraphique. Les autres auteurs ont pris le parti du biseau sédimentaire pour faire disparaître les Calcaires plaquetés (fig. 8).

JEANNET (1912-1913) sur ses coupes, figure un éventail sédimentaire ouvert vers le SSE dans les niveaux bathono-calloviens et une discordance angulaire entre les Calcaires plaquetés néocomiens et les Couches Rouges, avec une réduction d'épaisseur vers le SSE. Il est le seul auteur à prendre cette position. Cette seconde discordance est complexe dans le sens où la coupe montre une discordance sous le contact d'environ 15° et une autre au-dessus de 5°, cela implique une phase érosive avec un mouvement de bascule vers le NNW de la pile sédimentaire, puis vers le SSE au milieu du Crétacé avant le dépôt des Couches Rouges (fig. 8).

BADOUX (1965) fait aussi figurer sur ses coupes deux discordances angulaires, qui toutes deux font disparaître les couches d'âge callovien et les Calcaires plaquetés du Néocomien en direction du SSE. Les autres niveaux sont en concordance stratigraphique. Il fait poindre des niveaux appartenant au Crétacé inférieur comme cœur d'anticlinal sur le versant méridional de Malatraix, proche du lit de l'Eau Froide, solution également retenue par FAVRE et SCHARDT (1887).

PLANCHEREL et WEIDMANN (1972) biseautent les Calcaires plaquetés Néocomiens et la formation de l'Intyamon en direction du NNW, ce qui est contraire aux profils palinspastiques actuels (BOLLER 1963, BAUD et SEPTFONTAINE 1980, PYTHON-DUPASQUIER 1990) où le bassin dans lequel se déposent les niveaux crétacés s'ouvre vers le NNW. A l'instar de FAVRE et SCHARDT (1887), ils proposent une faille à Malatraix pour mettre en contact anormal les Calcaires noduleux (Argovien) et les couches d'âge Callovien. Ces dernières conservent, chez ces auteurs, une puissance constante. Il faut encore remarquer qu'ils ne proposent aucun pointement de roches datées du Crétacé inférieur entre Malatraix et l'Eau Froide.

Comme dans le cas de l'interprétation tectonique, les solutions retenues pour accommoder les observations de terrain avec les concepts en vigueur à telle ou telle époque diffèrent dans une large mesure. Si les biseaux sédimentaires se sont imposés depuis JEANNET, leur orientation n'a jamais fait l'unanimité.

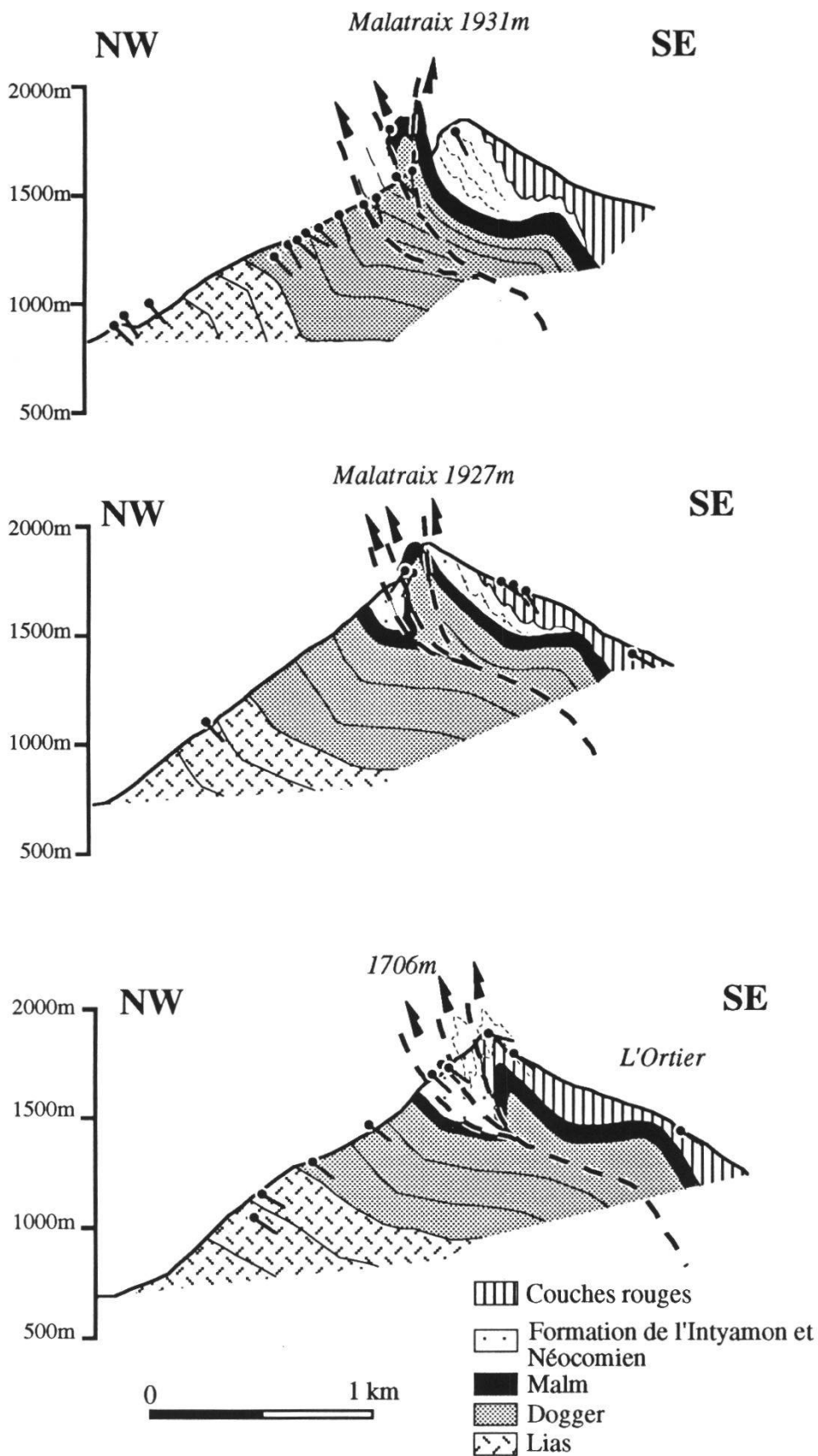


Figure 9.—Nouvelles coupes interprétatives de la structure de Malatraix basées sur l'analyse srtructurale présentée dans cette étude et les relevés de terrains originaux.

## 5. INTERPRÉTATIONS - DISCUSSION

1.–La direction de mouvement dans la région étudiée peut être déterminée à partir de l'analyse cinématique des structures observées (fig. 10). Ainsi les plis métriques associés à des chevauchements dans les formations du Crétacé indiquent, de manière générale, un mouvement de transport vers le NW. Les axes de plis (calculés et mesurés) sont, dans le secteur étudié, alignés sur un grand cercle figurant une surface orientée N148,35. Cette disposition résulte de la réorientation des axes de plis dans les couches du Crétacé, induite par le cisaillement entre le chevauchement associé au pli de Malatraix (terminaison occidentale du *fault-propagation fold* de Doréna-Rossinière) à la base et le chevauchement basal de la nappe Supérieure au toit (fig. 10). La direction de mouvement vers le NNW-NW est déduite de cette disposition des axes de plis (BRYANT et REED 1969, MIES 1991). Les observations faites sur la crénulation sigmoïde dans la cataclasite du chevauchement observée au cœur de la structure de Malatraix indique un mouvement de transport vers le NW-WNW sur des plans orientés NNE-SSW inclinés vers le SE (fig. 6).

L'analyse cinématique de failles et stries indique une tectonique en compression (chevauchements) dirigée approximativement NW-SE. Les mouvements se font vers le NNW à WNW sur des plans ENE-WSW inclinés vers le SE. Vient s'y ajouter une composante non négligeable en décrochement sénestre le long d'accidents NNE-SSW et dextre le long de failles WNW-ESE.

2.–Le fait que nous associons la disposition en zone des axes de plis des couches du Crétacé à l'influence du chevauchement basal de la Nappe Supérieure nous permet d'envisager deux scénarios: dans le premier, ce chevauchement se fait avant la formation des plis et chevauchements dans les Médianes plastiques –en particulier les structures de Tinière et Doréna–Rossinière– et le cisaillement induit par le passage de la Nappe Supérieure provoque la formation et la réorientation des plis dans les niveaux d'âge Crétacé des Médianes plastiques sous-jacentes. Dans un second scénario, le décollement basal de la Nappe Supérieure et les chevauchements associés aux plis (Tinière et Doréna) dans les Médianes plastiques sont contemporains. Dans ce cas il faut envisager que la Nappe Supérieure se déplace plus rapidement que les roches sous-jacentes créant ainsi le cisaillement nécessaire au développement et à la réorientation des plis dans les formations du Crétacé des Médianes plastiques de cette région. Nous avons pu montrer par ailleurs que le chevauchement basal de la Nappe Supérieure est plissé avec les plis des Médianes plastiques, ce qui permet d'exclure un troisième scénario où ce chevauchement postdate le développement des plis-chevauchements des Médianes plastiques.

3.–La découverte de plusieurs surfaces de chevauchement au cœur-même de la structure de Malatraix nous laisse penser qu'il s'agit là de l'extension occidentale du chevauchement associé au pli de Doréna-Rossinière, documenté en galerie au Col de Chaude par les travaux de PLANCHEREL et WEIDMANN (1972). A notre avis, les chevauchements observés dans les carrières de Roche, au contact des formations du Malm et du Crétacé supérieur, en constituent l'extension latérale parallèle à la structure générale.

Cette zone de chevauchement, formée de plusieurs plans de chevauchement superposés, monte latéralement depuis les séries du Lias au Col de Chaude jusque dans les niveaux du Crétacé supérieur à Malatraix et Roche. Ce passa-

ge se fait essentiellement à la hauteur de Malatraix à la faveur d'une rampe latérale. La position de cette rampe est déterminée par l'extrémité du *onlap* des niveaux du Néocomien dans cette région. C'est donc une structure d'origine paléotectonique (BOLLER 1963, BAUD et SEPTFONTAINE 1980) qui prédéfinit la structuration ultérieure lors de la «déformation» alpine.

4.—La structure de Malatraix correspond à un haut (peu de dépôts et de relativement faible profondeur) du Lias au Crétacé (BAUD et SEPTFONTAINE 1980). Au N de l'arête étudiée, un amincissement en direction du SE des formations calcaires et marneuses du Dogger biseautées par les calcaires du Malm est visible (SEPTFONTAINE 1983). Les unités des Calcaires noduleux et massifs du Malm sont elles aussi fortement amincies sur la zone de seuil formée par l'arête Malatraix - Aveneyre (HEINZ et ISENSCHMID 1988). Ce même phénomène s'observe dans les Calcaires plaquetés du Néocomien qui progressent en *onlap* et disparaissent vers le SE (BOLLER 1963). Par conséquent la formation de l'Intyamon vient reposer directement sur les Calcaires massifs au SSE de Malatraix (PYTHON-DUPASQUIER 1990).

Sur le versant méridional de ce seuil des amincissements existent également mais avec un biseautage vers le NW. Les remplissages au S du seuil sont moins importants qu'au N, où l'épaisseur cumulée des formations du Dogger et du Néocomien indiquent un remplissage continu et important. Il est admis que, dans les Préalpes médianes, de telles situations sont liées à l'activité persistante de structures paléotectoniques actives lors de la sédimentation (BOLLER 1963, BAUD et SEPTFONTAINE 1980, METTRAUX et MOSAR 1988).

5.—Lors du resserrage alpin et du développement des plis et chevauchements dans les Préalpes médianes plastiques, les anciennes structures paléotectoniques jouent un rôle important quant à la localisation et à la géométrie future des plis et chevauchements associés qui vont se développer. Ainsi, l'anticlinal de Dorena-Rossinière et plus particulièrement sa terminaison périclinale occidentale à Malatraix se développe à la faveur d'un ancien seuil. La rampe latérale du chevauchement que nous observons à Malatraix montre que la surface de chevauchement passe de la base des séries du Dogger à la base des formations du Crétacé supérieur à l'endroit même où se superposent les biseaux sédimentaires dans les formations du Dogger, du Crétacé et du Tertiaire.

## 6. CONCLUSIONS

1.—L'étude historique des interprétations proposées depuis 1880 montre la diversité des vues sur une même région. De manière générale peu d'observations de terrain sont disponibles. L'interprétation qui, à notre sens, est la plus cohérente, parce qu'intégrant l'ensemble des données disponibles à cette date (carte géologique et données de tunnel), est celle de PLANCHEREL et WEIDMANN (1972). L'interprétation de ces auteurs associe le développement d'un chevauchement (observé à l'E de Malatraix en tunnel) avec la formation des plis de Malatraix. Il s'agirait donc là d'une terminaison latérale (périclinale), d'un pli sur rampe ou d'un pli du type propagation.

2.—A la question: «le pli de Malatraix: fiction ou réalité?», nous pouvons répondre après notre étude: *le pli de Malatraix existe*. Cependant il n'a point l'allure d'un pli «plastique» très serré et de faible envergure, tel que dépeint jusqu'à présent. C'est au contraire une structure tectonique de premier ordre

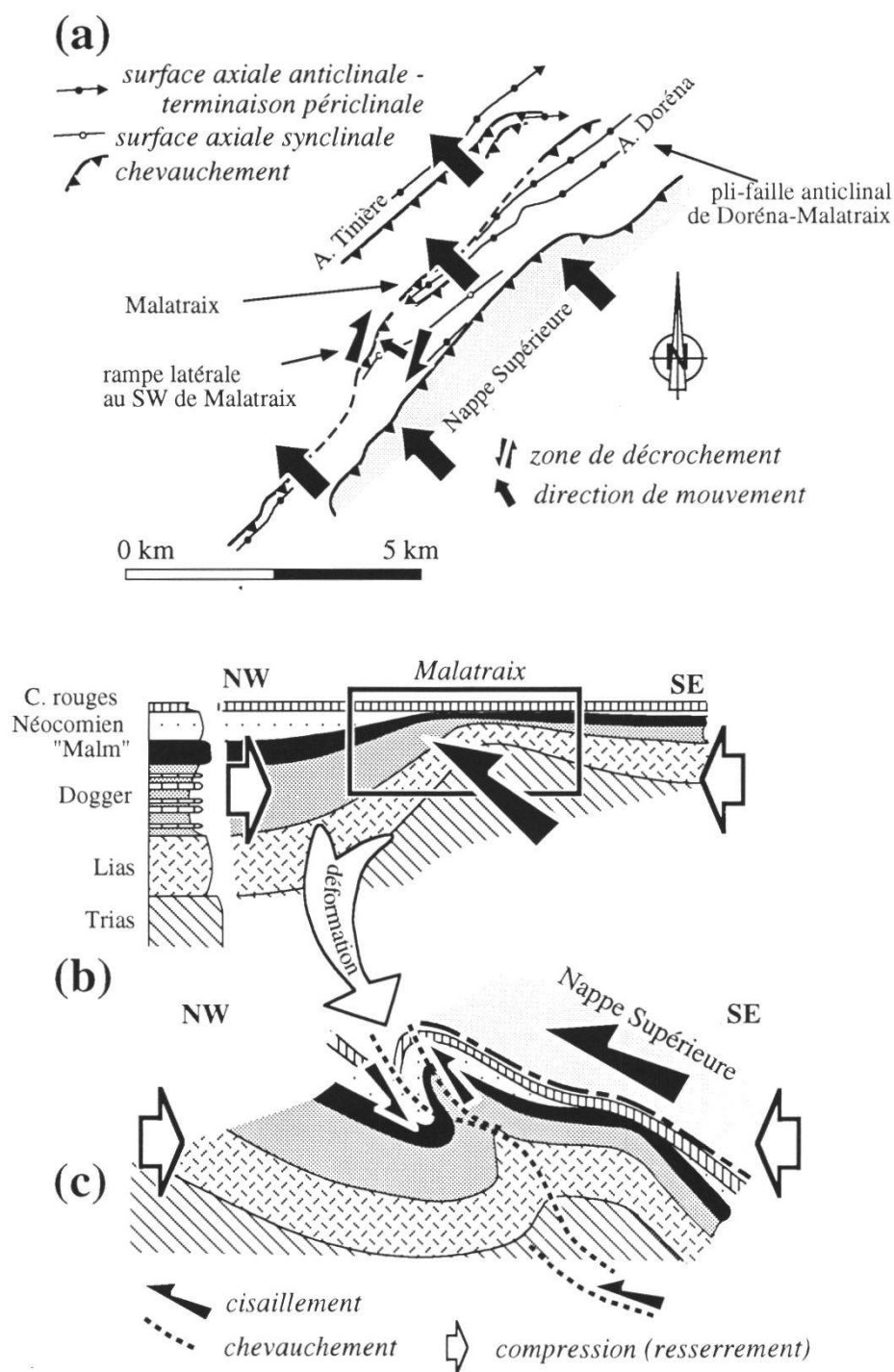


Figure 10.—(a) Carte tectonique simplifiée de la structure de Malatraix et des terrains avoisinants. Il faut noter, au niveau de Malatraix, le chevauchement lié au *fault-propagation fold* de Dorena–Rossinière, avec sa rampe latérale oblique à la direction générale. (b) Modèle simplifié de la structure paléotectonique de Malatraix et son rôle lors de l'inversion tectonique associée au développement des plis et chevauchements des Médiannes plastiques. La position du chevauchement basal de La Nappe Supérieure sur les Médiannes plastiques est aussi illustrée. Le volume de roches, surtout d'âge crétacé, compris entre ces deux surfaces est le lieu de formation de nombreux plis métriques à décamétriques dont les axes de plis s'arrangent sur des surfaces (grand cercle en projection stéréographique) qui définissent la surface et la direction du mouvement général.

qui se présente sous la forme d'un redoublement des séries compliqué par des mouvements verticaux sur des failles perpendiculaires à l'arête. Un important chevauchement orienté NNE-SSW et incliné vers le SE y est associé, auquel peuvent être rattachés d'autres chevauchements observés dans la même région. Il s'agit de fait de la terminaison périclinale occidentale du vaste anticlinal de type *fault-propagation fold* de Doréna–Rossinière.

3.–L'analyse cinématique de failles et stries, de chevauchements (cataclasi- te, axes de plis distribués sur une surface de mouvement) et de plis associés à des chevauchements indique de manière consistante une direction de transport vers le NW sur des surfaces inclinées vers le SE, avec une légère composante en décrochement dextre.

4.–La structure de Malatraix se développe au droit d'une paléostructure qui gouverne la répartition des dépôts dans le bassin de sédimentation. Ainsi, au NW de l'arête se trouve un bassin avec une importante accumulation de sédiments du Lias au Crétacé inférieur. L'arête même correspond, dans la région de Malatraix, à une ancienne zone surélevée où peu de sédiments se sont déposés. Celle-ci s'est développée à la faveur de mouvements tectoniques syn-sédimentaires, en probable relation avec des failles listriques.

Lors de la compression «alpine» cette structure distensive est inversée et la géométrie acquise des corps sédimentaires gouverne l'allure des structures qui vont se développer. Ainsi le cœur de l'anticlinal chevauché de Doréna–Rossinière, en particulier aux environs de Malatraix, correspond au seuil sédimentaire.

L'interaction avec le chevauchement basal de la Nappe Supérieure complique l'image d'ensemble en formant –ou du moins en contribuant à former– des plis arrangés en zone indiquant la direction de mouvement vers le NW.

#### REMERCIEMENTS

Les discussions avec M. Sartori au sujet de Malatraix ont suscité cette étude. A. Baud et M. Septfontaine ont contribué, par leurs critiques et leurs suggestions, à améliorer les premières versions de ce manuscrit. Nous tenons à remercier P. Gex pour avoir relu et corrigé cet article. Ce travail a été subventionné par le Fond National de la Recherche scientifique Suisse (projets n°21-29011.90 et n°20-33450.92). Nous remercions également le Musée géologique cantonal de Lausanne et son directeur A. Baud pour leur soutien financier et logistique.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ALLMENDINGER R.W., MARRETT R.A. et CLADOUHOS T., 1989. Fault kinematics: a program for analyzing fault slip data for Macintosh computer. Cornell University. Non-publié.
- ANGELIER J., 1975. Sur un apport de l'informatique à l'analyse structurale; exemple de la tectonique cassante. *Rev. géogr. phys. géol. dyn.* 17/2: 137-146.
- ANGELIER J., 1984. Tectonic analysis of fault slip data sets. *J. Geophys. Res.* 89/B7: 5835-5848.
- ANGELIER J., 1989. From orientation to magnitudes in paleostress determinations using fault slip data. *J. Struct. Geol.* 11/1-2: 37-50.

- ANGELIER J., 1990. Tectonique cassante et néotectonique. *Ann. Soc. géol. Belgique* 112: 283-307.
- ANGELIER J. et MECHLER P., 1977. Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en sismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. géol. France* 19/6: 1305-1318.
- BADOUX H., 1965. Feuille Montreux, 47, et notice explicative, Atlas Géol. Suisse au 1:25000, avec notice. Comm. Géol. Suisse, Bâle
- BAUD A. et SEPTFONTAINE M., 1980. Présentation d'un profil palinspastique de la nappe des Préalpes médianes en Suisse occidentale. *Eclogae geol. Helv.* 73: 651-660.
- BOLLER K., 1963. Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen im neocom der Klippendecke (östlich der Rhone). *Eclog. geol. Helv.* 56: 15-102.
- BRYANT B. et REED J.C., 1969. Significance of lineation and minor folds near major thrust faults in the southern Appalachians and the British and Norwegian Caledonides. *Geol. Mag.* 106: 412-429.
- CARON C., 1972. La nappe supérieure des Préalpes: subdivisions et principaux caractères du sommet de l'édifice préalpin. *Eclogae geol. Helv.* 65: 47-73.
- FAVRE E. et SCHARDT H., 1887. Description géologique des Préalpes du canton de Vaud et du Chablais jusqu'à la Dranse et de la chaîne des Dents du Midi formant la partie NW de la feuille XVII. *Matér. Carte géol. Suisse* 2.
- GUILLAUME M., 1986. Révision stratigraphique des Couches Rouges de la nappe des Préalpes médianes romandes. Thèse Uni. Fribourg 910, 1153 p. Non-publié.
- HEINZ R. et ISENSCHMID Ch., 1988. Mikrofazielle und stratigrafische Untersuchungen im Massivkalk (Malm) der Préalpes Médianes. *Eclogae geol. Helv.* 81:1-62.
- JEANNET A., 1912. Feuille Tours d'Aï, carte spéc. N°68, 1:25'000, *Comm. géol. Suisse*.
- JEANNET A., 1912-1913. Monographie géologique des Tours d'Aï. 1. Stratigraphie de la nappe rhétique, du Trias et du Lias des Préalpes médianes et de la zone interne. 1<sup>ère</sup> partie. *Mat. carte géol. Suisse, N.S.*, 32/1: 1-466.
- JEANNET A., 1918. Monographie géologique des Tours d'Aï et des régions avoisinantes (Préalpes vaudoises) 2<sup>ème</sup> partie. *Mat. Carte géol. Suisse N.S.* 34/2: 467-701.
- LISLE R.J., 1987. Principal stress orientations from faults: an additional constraint. *Ann. Tectonicae* 1/2: 155-158.
- LISLE R.J., 1988. ROMSA: a basic program for paleostress analyses using fault-striation data. *Computers and Geosciences* 14/2: 255-259.
- LUGEON M. et GAGNEBIN E., 1941. Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes. *Bull. lab. géol. minéral. géophys. Uni. Lausanne* 72, 90 p.
- MANCKTELOW N. 1989. Stereoplot. Programme d'analyse et représentation stéréographique pour ordinateur Apple. ETH, Zurich. Non-publié.
- MARRETT R. et ALLMENDINGER R.W., 1990. Kinematic analysis of fault-slip data. *J. struct. geol.*, 12: 973-986.
- METTRAUX M., 1989. Sédimentologie, paléotectonique et paléoocéanographie des Préalpes médianes (Suisse romande) du Rhétien au Toarcien. Thèse Uni. Fribourg 948, 200 p. Non-publié.
- METTRAUX M. et MOSAR J., 1989. Tectonique alpine et paléotectonique liasique dans les Préalpes Médianes en rive droite du Rhône. *Eclogae geol. Helv.* 82: 517-540.
- MIES J.W., 1991. Planar dispersion of folds in ductile shear zones and kinematic interpretation of fold-hing girdles. *J. struct. geol.* 13: 281-297.
- MOSAR J., 1991. Géologie structurale dans les Préalpes médianes (Suisse). *Eclog. geol. Helv.* 84: 689-725.
- MOSAR J. et BOREL G., 1992. Paleostress from the Préalpes Médianes (Switzerland). *Ann. Tectonicae vol VI/2*: 115-133.
- PFIFFNER O.A. et BURKHARD M., 1987. Determination of paleo-stress axes orientations from fault, twin and earthquake data. *Ann. Tectonicae* 1/1: 48-57.
- PLANCHEREL R., 1979. Aspects de la déformation en grand dans les Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Aar. *Eclogae geol. Helv.* 72: 145-214.

- PLANCHEREL R., 1990. Les Préalpes du Chablais - Présentation générale. In CHAROLLAIS et al. *Suisse Lémanique, pays de Genève et Chablais, Col. guides géol. rég.* ed. Guide Masson.
- PLANCHEREL R. et WEIDMANN M., 1972. La zone anticlinale de la Tinière (Préalpes médianes vaudoises). *Eclogae geol. Helv.* 65: 75-91.
- PHYTHON-DUPASQUIER C., 1990. La formation de l'Intyamou (Crétacé moyen) des Préalpes médianes romandes. Thèse Uni. Fribourg 978, 197 p. Non-publié.
- RENEVIER E., 1880-1890. Carte et coupes inédites déposées au Musée géologique cantonal de Lausanne.
- SCHARDT H., 1880-82. Description géologique du Pays-d'Enhaut vaudois et de quelques parties limitrophes. *Concours de géologie N° 66 à l'Académie de Lausanne.* Non-publié.
- SCHARDT H., 1884. Etudes géologiques sur le Pays-d'Enhaut vaudois. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 20: 1-182.
- SEPTFONTAINE M., 1983. Le Dogger des Préalpes médianes suisses et françaises. *Mémoires Soc. Helv. Sc. Nat.* 97.
- TRÜMPY R., 1960. Paleotectonic evolution of the Central and Western Alps. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 71: 843-908.
- TRÜMPY R., 1980. Geology of Switzerland: a guide-book, part A. Ed. Schweiz. Geol. Kommission, 104 p.

*Manuscrit reçu le 15 septembre 1993*



Planche 1.—(a) Photo du pli coffré, couché développé dans les formations des Couches Rouges sous le col au SW de la pointe de Malatraix (voir stéréogramme (a) de la fig. 5; coord. 564.06/138.36). (b) Vue vers le SW sur la surface de chevauchement (flèche) au cœur de la structure de Malatraix situé à la base des falaises de la pointe de Malatraix (voir détail et stéréogramme fig. 6; coord. 564.47/138.80). 1: couches verticales dans le toit de la faille, 2: couches à faible pendage dans le mur de la faille. (c) Vue vers l'E sur une falaise localisée immédiatement sous le sommet de Malatraix qui est formée des niveaux d'âge Malm (M; calcaires massifs) et Dogger (D; calcaires lités). Cette falaise se situe au cœur de la structure où les couches pendent vers le N (voir stéréogramme (b) fig. 4; coord. 564.08/138.65 - 564.17/138.58).

