

STRUCTURE ET CINEMATIQUE DES DEFORMATIONS DANS LA CHAÎNE DES ARAVIS
(ZONE DELPHINO-HELVETIQUE, HAUTE-SAVOIE, FRANCE):
IMPLICATIONS REGIONALES.

François VILLARS *

RESUME.- La structure de la partie N des Aravis résulte de l'empilement de trois unités chevauchantes vers le NW. Le front de la chaîne est écaillé et chevauche l'anticlinal du Rocher de Cluses. Les deux plans de cisaillement principaux I et II montent, suivant une géométrie en "ramp-flat", depuis l'arrière (SE) vers l'avant (NW) de la chaîne. Ils s'amortissent latéralement en direction du SW alors qu'ils se poursuivent et se développent, tout comme les plis, au NE dans le massif de Platé. Ces structures se sont formées durant trois étapes de déformation. Les premières contraintes anté-nummulitiques ont fracturé le domaine suivant une direction N50. Par la suite les plis N60, la schistosité régionale et les chevauchements se sont formés à l'occasion d'un serrage SE-NW. Finalement, ces structures sont reprises dans une compression E-W qui engendre de petits plis N10-20. Le style structural reconnu dans la chaîne des Aravis se caractérise par un amortissement des chevauchements et des plis en direction du SW.

ABSTRACT.- The Aravis mountain range is the result of the piling up of three tectonic units. The main shear planes show a "ramp-flat geometry" rising up from the rear (SE) to the frontal part (NW) of the range which overthrusts the Bargy-Rocher de Cluses anticline structure. The present structure is due to three phases of tectonic deformation: the basement was first fractured according to a N50 trend before tertiary sedimentation took place; then a SE-NW compression induced N60 orientated folds, regional schistosity and overthrusting; finally an E-W compression generated small folds orientated N10-20 while also affecting the previous structures. The structured feature recognized in the Aravis range is marked by the damping of the overthrusts and folds towards the SW.

* F. VILLARS Département de Géologie et Paléontologie, Université de Genève, 13 rue des Maraîchers CH-1211 Genève 4.

1. INTRODUCTION: Cadre géologique et historique des recherches.

La chaîne des Aravis (fig.1), d'orientation SW-NE, s'étend entre la vallée de l'Arve et le col des Aravis. Elle forme le bord subalpin au SE du massif des Bornes et son versant NW constitue le flanc sud-oriental du synclinal de Thônes où apparaissent les klippes préalpines des Annes et de Sulens. La série stratigraphique des Aravis (ROSSET 1957, DETRAZ et al. 1986) (fig.2) est typique de la zone delphino-helvétique et présente au-dessus du Dogger une alternance de formations marneuses et marno-calcaires. Deux puissantes falaises calcaires (formations des calcaires tithoniques et urgoniens) s'y intercalent et constituent l'ossature structurale des massifs subalpins septentrionaux.

HAUG (1895) puis RITTER (1897) donnent les premières descriptions des structures du massif. Ce dernier décrit une suite de plis déversés vers le NW et considère les massifs des Aravis et de Platé comme une couverture autochtone légèrement glissée vers le NW. Pour LUGEON (1914), suivi de PAREJAS (1921, 1922a,b, 1925) et MORET (1934), les massifs subalpins de Platé et des Aravis représentent la terminaison sud de la nappe helvétique de Morcles issue du "synclinal de Chamonix". ROSSET (1957) étudie les déformations dans la chaîne des Aravis et conclut à une position parautochtone. Le raccourcissement important du Dogger, réalisé par la superposition de plis couchés, est rattrapé par une série de failles plates dans les niveaux supérieurs de la couverture. Ce présent travail décrit une tectonique essentiellement cisailante dans la chaîne des Aravis et conclut à un amortissement des chevauchements et des plis en direction du SW.

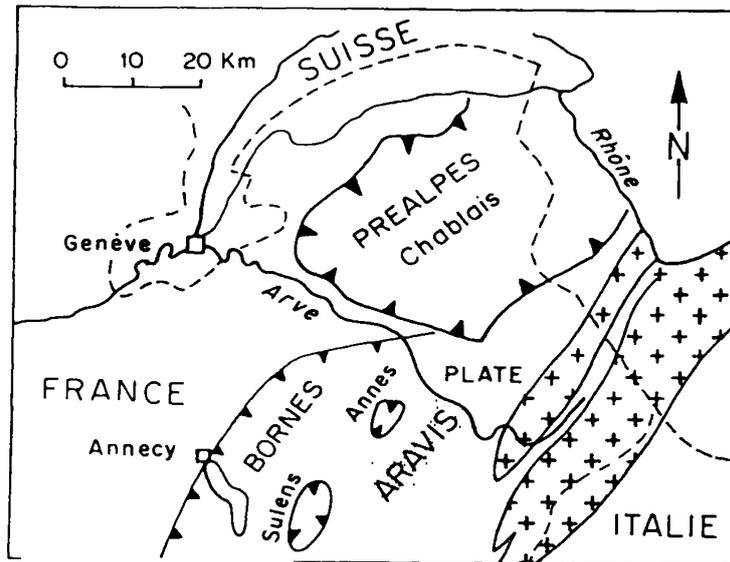


Fig. 1: Situation géographique et géologique de la chaîne des Aravis.

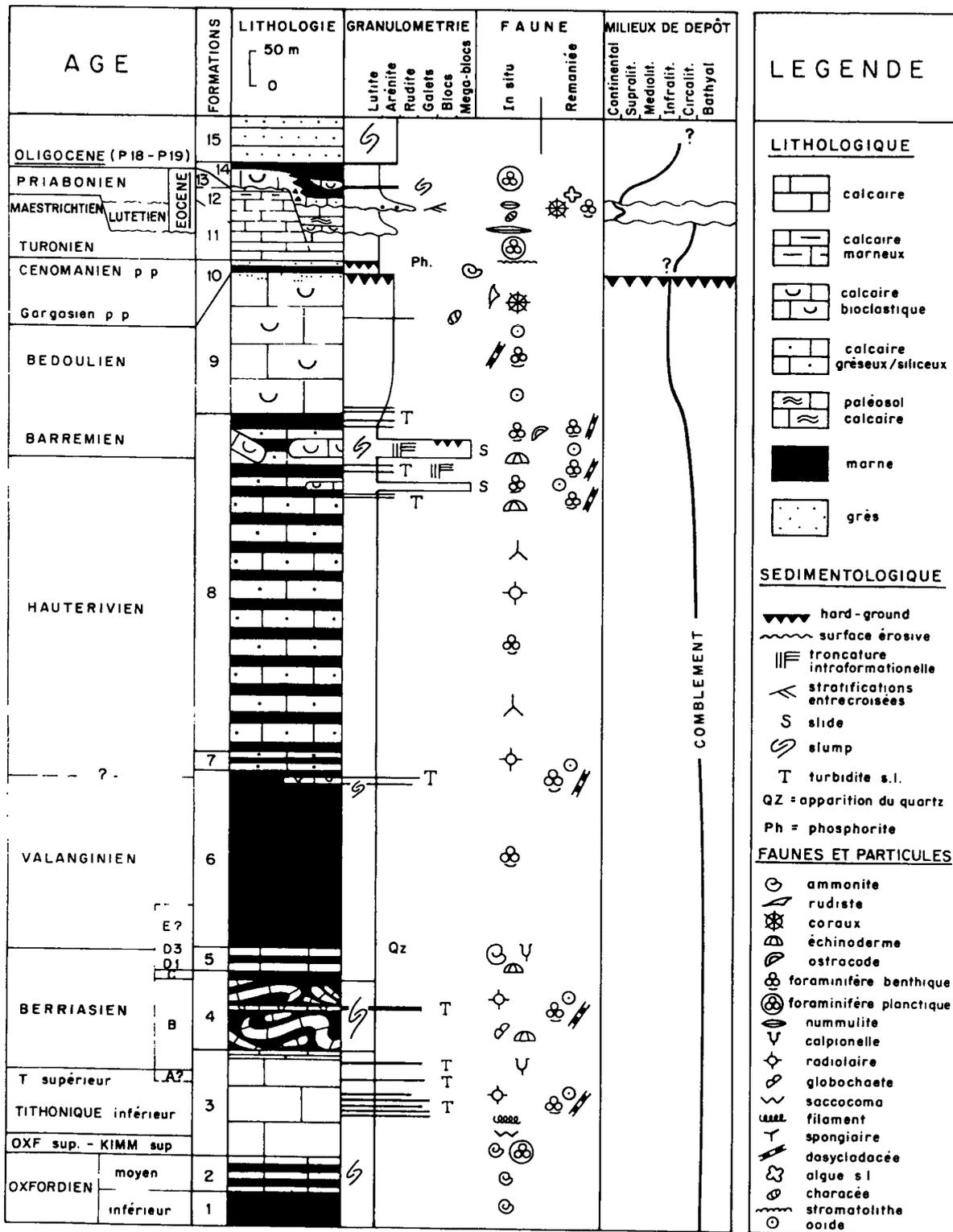
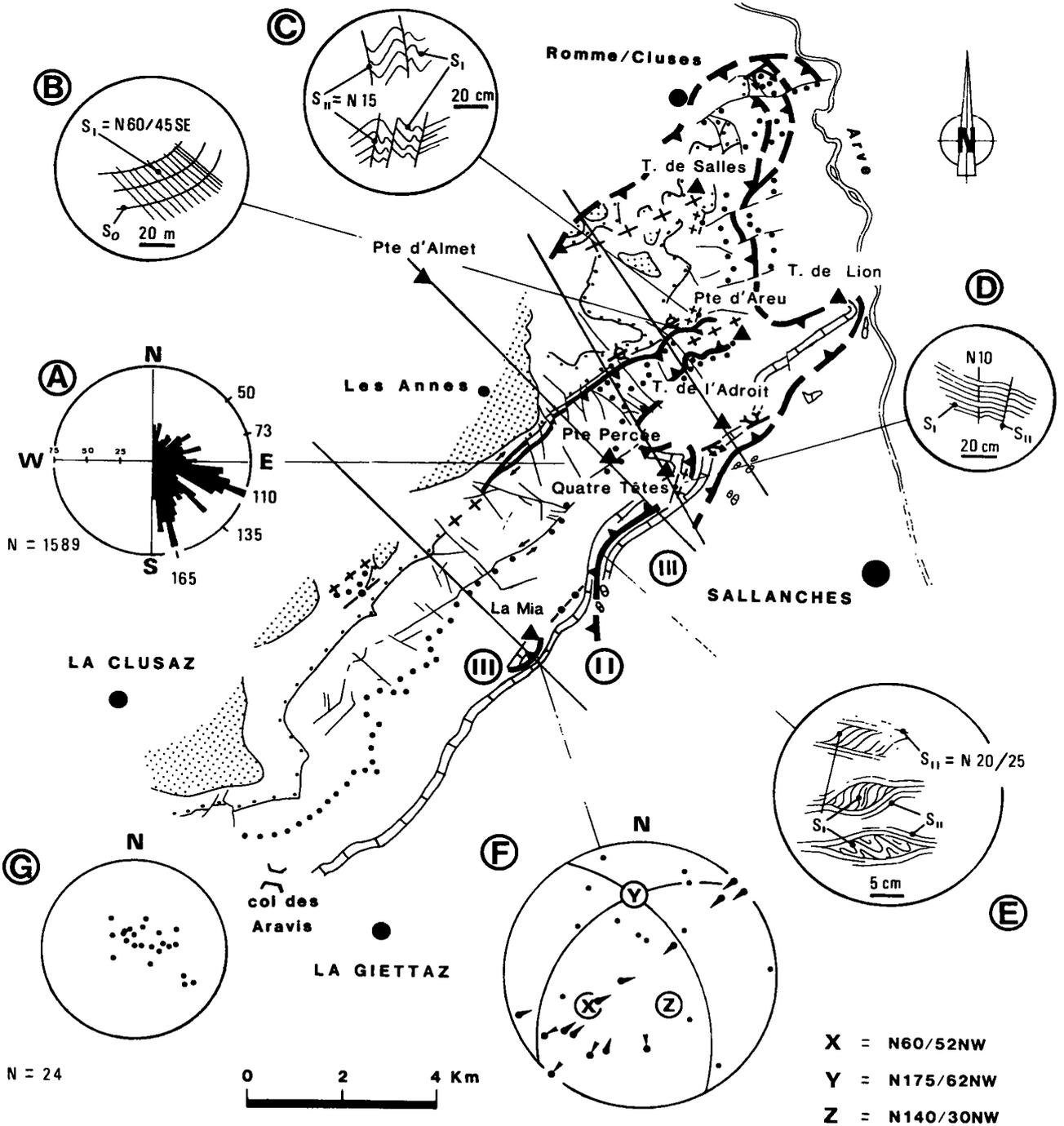
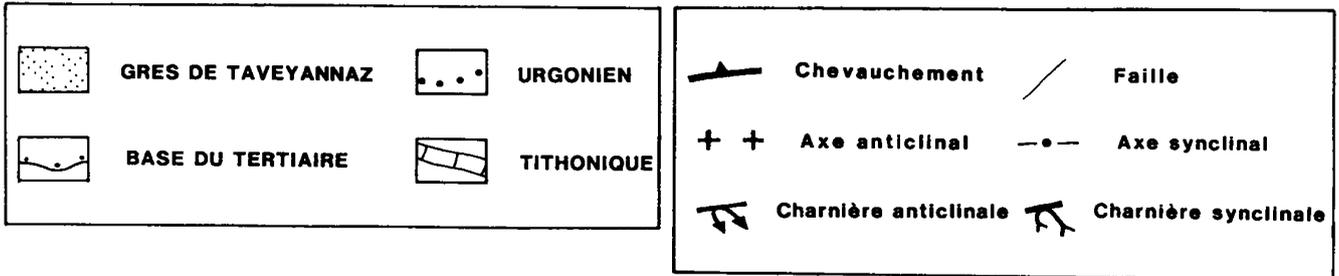


Fig. 2: Colonne stratigraphique synthétique de la chaîne des Aravis. (DETRAZ et al., 1986)



2. STRUCTURE DE LA PARTIE NORD DE LA CHAÎNE DES ARAVIS.

Deux plans de chevauchement principaux I et II (fig. 3) sont décrits; ils sont associés à de larges plis d'axe N 60 bien visibles dans les calcaires tithoniques et urgoniens: double pli de la Tête de l'Adroit et anticlinaux de la Pointe D'Areu et de la Tête de la Sallaz (fig.3).

Le chevauchement basal I (fig. 3, 4) est déduit d'un ensemble d'observations de terrain. Une barre de calcaire tithonique en position normale affleure en quatre points (Tournieux, Plan du Saut, torrent de Diara et village d'Oex) au pied du versant sud de la chaîne des Aravis et témoigne du dédoublement du Tithonique dans cette région (alignement du Tournieux village d'Oex et falaise tithonique inférieure des Quatre Têtes). La série inférieure n'avait pas échappé à l'observation de ROSSET (1957) qui voyait là le flanc renversé d'un synclinal. Le Jurassique supérieur serait ensuite, selon cet auteur, plissé en anticlinal dont la charnière serait visible à la Tête de Lion (profils 7, 8, 9, pl. VIII, ROSSET, 1957). La cartographie au 1:100000 (DETRAZ et al. 1984) nous a montré que ce double pli déversé n'existe pas: la falaise tithonique de la Tête de Lion est subhorizontale et limitée au NW par une faille verticale (fig. 3, 4). Par conséquent, nous interprétons le dédoublement du Tithonique dans ce secteur comme un cisaillement à plat.

Nous proposons de corréliser ce cisaillement vers le NE avec celui qui a permis la superposition anormale de deux falaises urgoniennes (fig. 3) et concluons dès lors à l'existence d'un chevauchement basal des Aravis. Il se poursuit dans la région de Romme/Cluses où il se divise en deux branches (LARRAZ 1986), ce dispositif en "imbricate fan" de BOYER et ELLIOTT (1982) écaïlle le front des Aravis qui chevauche l'anticlinal du Rocher de Cluses.

Fig. 3: Schéma structural de la chaîne des Aravis. Remarquer la tectonique essentiellement cisailante (chevauchements I-III).

A: Rosace des directions de fracturations mesurées sur le lapiaz urgonien de la Pointe Percée. N = nombre de mesures.

B: Schistosité S1 en plan axial des plis N60. N = nombres de mesures.

C & D: Plis N10-20 et schistosité de fracture fruste. Ces structures sont réalisées à la faveur du serrage E-W.

E: Développement de la schistosité liée au serrage E-W. Elle se localise près du chevauchement II.

F: Détermination graphique des directions principales de la déformation effectuée sur le plan de cisaillement de la Mia. (X,Y,Z = directions principales d'allongement, intermédiaire, de raccourcissement)

G: Projection stéréographique (hémisphère inférieur) des schistosités S1. Noter la dispersion des mesures qui résulte de la reprise des structures durant le serrage E-W.

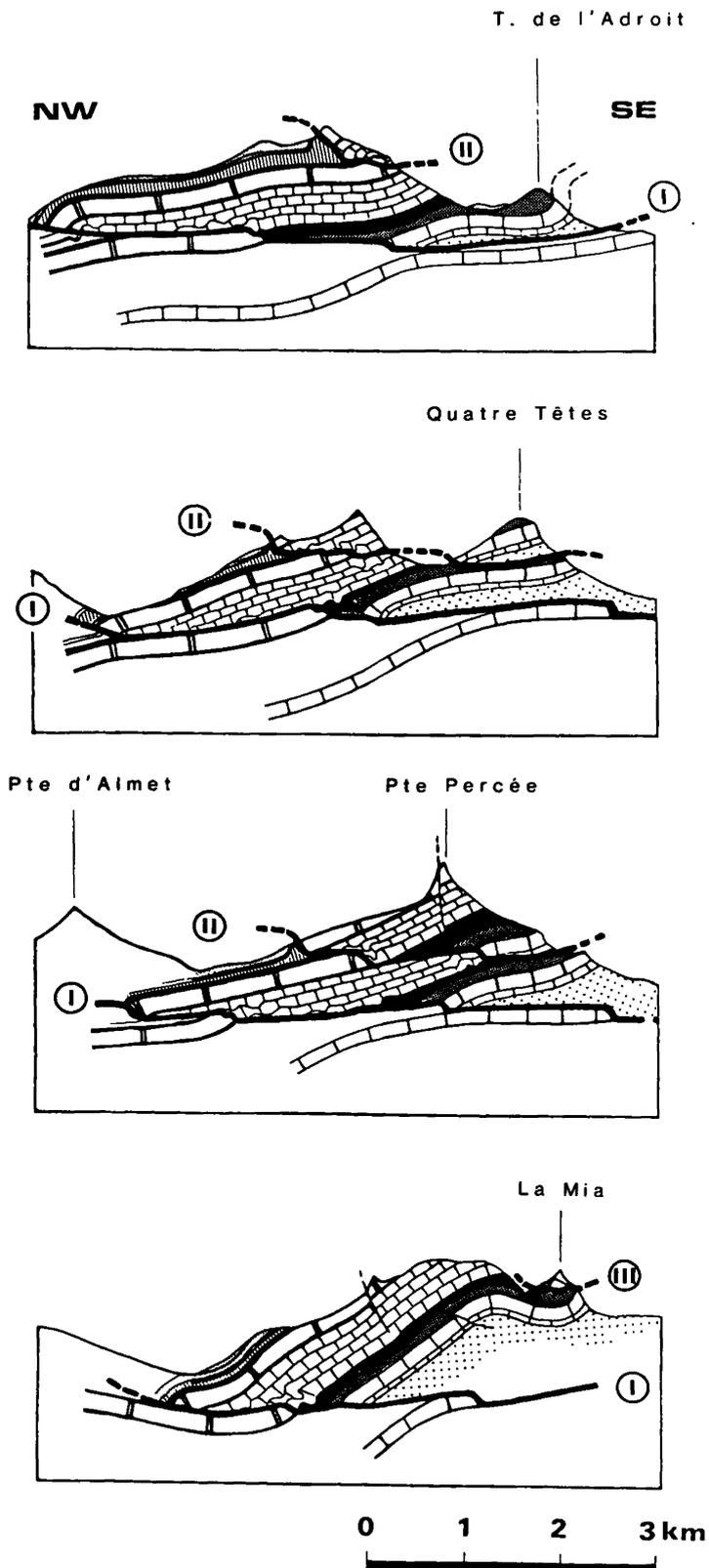
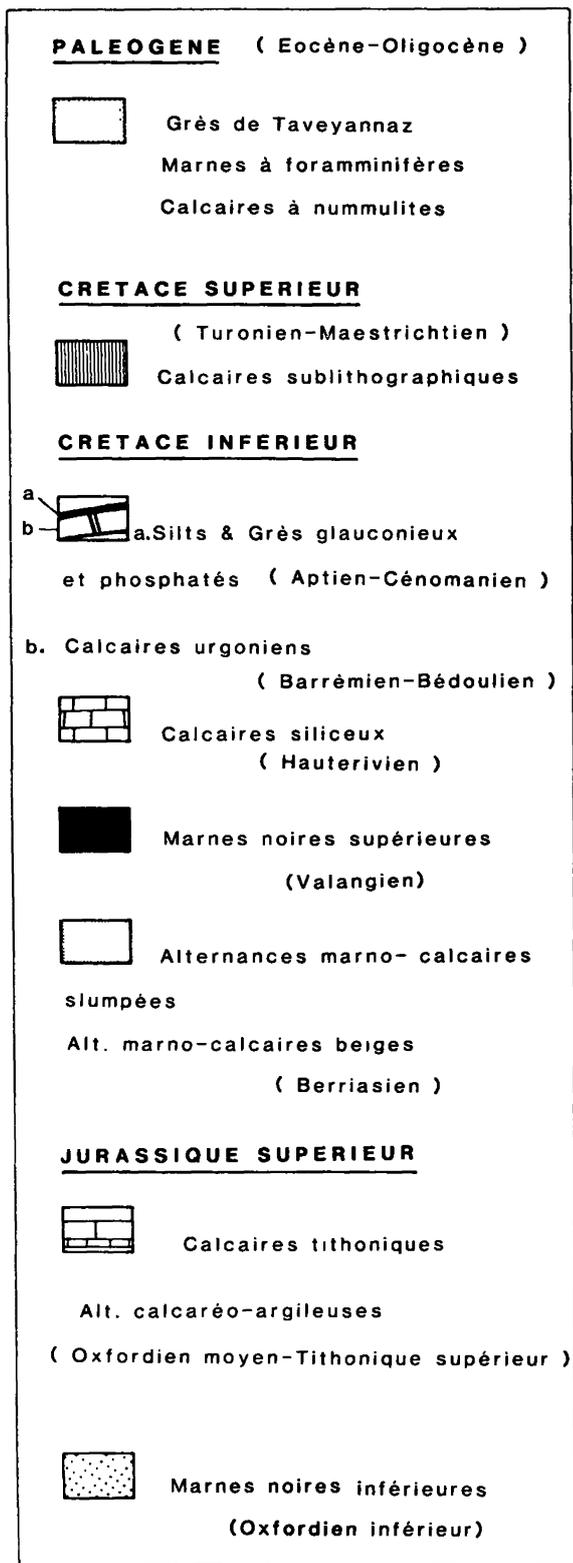


Fig. 4: Profils géologiques en série dans la chaîne des Aravis. Ils montrent l'amortissement des chevauchements en directions du SW.

Le chevauchement II est responsable du dédoublement de la falaise tithonique aux Quatre Têtes où les marnes noires inférieures d'âge Oxfordien surmontent les marno-calcaires slumpés d'âge Berriasien (fig.4). Il est également responsable de la structure de la Pointe D'Areu qui chevauche de 800 mètres vers le NW. Des lentilles de calcaires tithoniques et urgoniens jallonnent ce plan de chevauchement. Il est important de noter que le chevauchement s'amortit latéralement en direction du SW puis disparaît au col de L'Oulette (région du col des Annes, fig.3).

Le chevauchement III (la Mia) (fig.3,4), est une petite structure qui voit la falaise tithonique se dédoubler pour former le sommet de la Mia. La flèche de chevauchement est de 500 mètres avec un déplacement du compartiment supérieur vers le NW.

La géométrie des plans de chevauchement est en étroite relation avec la lithologie; ils sont subverticaux dans les calcaires tithoniques et urgoniens: "faille" de la Tête de Lion et "faille" de la Pointe D'Areu, alors qu'ils sont subhorizontaux dans les formations incompetentes (fig.4); ils montent progressivement dans la couverture sédimentaire du SE vers le NW de la chaîne. L'érosion dans le sillon subalpin révèle la disparition successive, en direction du SW, des deux falaises tithoniques inférieures. Un amortissement latéral des chevauchements I et II est seul capable d'expliquer ces disparitions en relai étant donné le parallélisme des structures avec la ligne d'érosion. Cet amortissement latéral est également visible sur le "ramp" frontal du chevauchement II qui disparaît au col de L'Oulette. Cette géométrie est illustrée sur la figure 4; la flèche totale de chevauchement est égale à quatre kilomètres sur les profils de la Pointe d'Areu et des Quatre Têtes alors qu'elle n'est plus que deux kilomètres sur celui de la Mia.

3. CINEMATIQUE DES DEFORMATIONS

Une analyse détaillée des éléments structuraux a été effectuée afin de déchiffrer l'histoire des déformations. Nous avons étudié principalement les microplissements, les schistosités, les linéations d'intersection et d'allongement relevées sur les ammonites déformées ainsi que la fracturation. L'étude générale de la fracturation a été complétée par une analyse statistique (CLARK, 1977) des fractures du lapiaz urgonien de la Pointe Percée (1,5 km²). Dans cette étude plus de 1500 failles et diaclases ont été mesurées à partir d'une photo aérienne (IGN F 80 300 3530 3630 n° 59) agrandie à l'échelle 1:7700⁰. Cinq directions de fracturation ont été reconnues: N50 représentant 26% de l'effectif total, N73: 4%, N110: 27%, N135: 7% et N165: 36% (fig.3A). Trois phases tectoniques successives peuvent être mises en évidence. Les premières contraintes ont fracturé le substrat suivant une direction N50. Cette tectonique est anté-nummulitique puisqu'elle a influencé la répartition et les faciès des dépôts nummulitiques (DETRAZ et al., 1986); (LATELTIN et MULLER, en préparation). Les relations géométriques observées sur le terrain montrent que certaines de ces failles (faille de la Pointe D'Areu par exemple) sont antérieures à tous les autres systèmes de fractures et qu'elles se poursuivent au NE dans le massif de Platé où elles ont également contrôlé la sédimentation tertiaire (PAIRIS et PAIRIS, 1974; PAIRIS, 1975). Cette phase présente un caractère régional puisqu'elle affecte tout le domaine subalpin (DONDEY 1961; CHAROLLAIS et al., 1977).

La deuxième étape de déformation détermine l'architecture actuelle de la chaîne. Elle procéderait (PAIRIS, 1975) de la réactivation des failles anté-nummulitiques à partir desquelles se développent les chevauchements I-III. Les grands plis de direction axiale N60 (fig.3,4) affectent les formations calcaires et de nombreux plis d'entraînement disharmoniques se forment dans les séries incompetentes, principalement au voisinage des plans de chevauchement (fig. 4). Cette déformation est accompagnée d'une schistosité régionale S1 de direction N60 et à pendage SE (fig.3B). La direction de la compression maximale serait donc orientée N 140. Cette direction est confirmée par l'étude microtectonique effectuée sur le plan de chevauchement III de la Mia. Les facettes constitutives de ce plan de chevauchement sont liées génétiquement au cisaillement; elles sont donc analysées comme une population de failles et permettent de définir les directions principales de la déformation selon la méthode d'ARTHAUD (1963) (fig.3F). L'allongement X, de direction N60, obtenu par cette méthode est matérialisé sur le terrain par des ammonites déformées qui montrent une linéation d'allongement parallèle aux plis synschisteux (N60). Le facteur d'aplatissement calculé selon TAN (1973) a une valeur minimale de 0.35 et une valeur moyenne proche de 0.5. Les directions de fracturations N110 et N165 les plus largement représentées statistiquement, peuvent être interprétées, d'un point de vue théorique, comme un système conjugué associé à cette étape de la déformation (fig.3A).

La troisième phase avec laquelle s'achève la structuration du massif est caractérisée par de petits plis d'axe N20-25 à plans axiaux subverticaux (fig.3,3C,3D). Un système de fractures conjuguées N73 dextres / N135 sénestres observé sur le terrain et reconnu statistiquement lui serait associé (fig.3A), il s'accorde bien avec une direction de la compression maximale orientée N95-100. Sous l'effet de cette contrainte E-W, les plans de chevauchement ont rejoué et des traces de mouvements décrochants sont observables dans leurs parties verticales (fig.3). Ces rejeux créent des structures d'interférences au voisinage des plans de chevauchement où une schistosité S2 subverticale de direction N20-25 apparaît localement (fig.3C,3D,3E). Certains plis originellement N60 sont réorientés à l'azimut N30-35, les schistosités S1 (fig.3G) ainsi que les linéations d'intersection (S0/S1) et d'allongement (ammonites déformées) subissent également une rotation anti-horaire.

4. CONCLUSIONS

Les Aravis résultent de l'empilement de trois unités tectoniques qui sont séparées par deux plans de chevauchement principaux I et II. Les chevauchements montent dans la couverture sédimentaire depuis le sillon subalpin jusqu'au front de la chaîne; ils décrivent une géométrie en "ramp-flat" guidée par la compétence des formations cisailées. La flèche totale de chevauchement décroît significativement entre la vallée de l'Arve et le col des Aravis, les chevauchements s'amortissent progressivement en direction du SW.

L'amplification des structures observée entre le SW et le NE de la chaîne des Aravis se poursuit dans le massif de Platé. Ainsi le double pli de la Tête de L'Adroit encore ouvert se développe en double pli isoclinal à la cascade d'Arpennaz; le front écaillé des Aravis est l'analogue du front écaillé de Platé (LARRAZ, 1986) et le chevauchement II (chevauchement des Quatre Têtes et de la Point D'Areu) se poursuit en rive droite de l'Arve dans celui de Vange - Arbaron (PAIRIS, 1975; PAIRIS et PAIRIS, 1975).

Cette parfaite continuité structurale de part et d'autre de la vallée de l'Arve est caractérisée par un fort plongement axial en direction du NE (environ 10 %). De ce fait, la série inférieure des Aravis, qui apparaît en demi-fenêtre sous le chevauchement I, s'ennoie dans les alluvions de la vallée de l'Arve; elle n'est donc jamais exposée en rive droite de la vallée, excepté près du village de Magland où affleure de l'Urgonien. Nous pouvons donc conclure à l'existence du chevauchement basal I dans le soubassement du massif de Platé.

REMERCIEMENTS

Je remercie M. le Professeur J. CHAROLLAIS qui m'a permis de mener à bien ce travail, M. le Professeur H. MASSON pour ces conseils théoriques et son aide sur le terrain ainsi que M. le Professeur W. WILDI pour la lecture critique du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- ARTHAUD F. (1969). Méthode de détermination graphique des directions de raccourcissement, d'allongement, et intermédiaire d'une population de failles. Bull. Soc. géol. France, (7), XI. p. 729-737.
- BOYER S.E., ELLIOTT D. (1982). Thrust Systems. Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. V.66, n°9, p 1196-1230.
- CLARK I. (1977). ROKE, a computer program for non-linear least-squares decompositions of mixture of distribution. Computer and Geosciences 3/2. p. 245-256.
- CHAROLLAIS J., PAIRIS J.L., ROSSET J. (1977). Compte rendu de l'excursion de la Société géologique suisse en Haute-Savoie (France) du 10 au 12 octobre 1976. Eclogae geol. Helv., 70/1 p. 253-285.
- DETRAZ H., MULLER A., MULLER D., VILLARS F. (1984). Etude géologique de la chaîne des Aravis entre L'Arve et le col des Aravis (Haute-Savoie, France). Trav. Dipl. Ing. Géol. inédit, Univ. Genève, 6 vol. (Inédit)
- DETRAZ H., MULLER A., MULLER D., VILLARS F. (1986). Précisions stratigraphiques et sédimentologie de la chaîne des Aravis. Haute-Savoie, France (Domaine delphino-helvétique). Arch. Sci. phys. nat. (Genève) V.39 n°2.
- DONDEY D. (1961). Précision sur la paléogéographie du flanc occidental du synclinal de Thônes au Crétacé moyen et supérieur (Haute-Savoie). Bull. soc. géol. de France (7), III, p.33-39.
- HAUG E. (1895). Etudes sur la tectonique des Hautes Chaînes calcaires de Savoie. Bull. Serv. Carte géol. France, t.VII, no 47.
- LARRAZ C. (1986). Etude géologique de la partie septentrionale de la chaîne des Aravis. Trav. Dipl. Ing. Géol. inédit Université Genève.

- LATELTIN O., MULLER D. (en préparation). Evolution paléogéographique du bassin des Grès de Taveyannaz dans les Aravis (Haute-Savoie, France) au cours du Paléogène.
- LUGEON M. (1914). Sur l'ampleur de la nappe de Morcles. C.R. Ac. Sc. (29 juin, Paris). p. 2029-2030.
- MORET L. (1934). Géologie du massif des Bornes. Mém. Soc. géol. France n° 22.
- PAIRIS B., PAIRIS J.L. (1974). Mise en évidence d'un important système de fractures antérieur aux plis couchés dans la partie amont de la cluse de L'Arve (Région de Sallanches, Haute-Savoie). C.R. Ac. Sc. Paris, 279. p. 1416-1420.
- PAIRIS B. (1985). Contribution à l'étude stratigraphique, tectonique et métamorphique du massif de Platé. Thèse III^e cycle. Grenoble, 151 p., 49 fig.
- PAIRIS B., PAIRIS J.L. (1975). Précisions nouvelles sur le Tertiaires du massif de Platé (Haute-Savoie, France). Géologie Alpine, t.51. p. 83-127.
- PAIRIS B., PAIRIS J.L. (1975). Le pli Arbaroon-Sixt, clé de la continuité structurale entre les massifs des Bornes-Aravis et du Haut-Giffre (Haute-Savoie). Ann. Centre Univ. Savoie, t.2 p. 121-129.
- PAREJAS E. (1921). Sur la tectonique du Mont Joly et des régions voisines. C.R. Soc. Phys. Hist. Nat., Genève, vol.38, n° 3, p.98-93.
- PAREJAS E. (1922a). La structure de l'extrémité SW du Mont Blanc. C.R. Soc. Phys. Hist. Nat., Genève, vol.39, p.38-39.
- PAREJAS E. (1922b). Géologie de la Zone de Chamonix comprise entre le Mont Blanc et les Aiguilles Rouges. Mém. Soc. Phys. Hist. Nat., Genève, vol.39, Fasc.7, p.373-441.
- PAREJAS E. (1925). La tectonique du Mont Joly (Haute-Savoie). Eclog. Geol. Helv. 19/2, p.420-503.
- RITTER E. (1897). La bordure sud-ouest du Mont-Blanc, les plis couchés du Mont-Joly et ses attaches. Bull. Serv. Carte géol. France, t.IX, n° 60.
- ROSSET J. (1957). Description géologique de la Chaîne des Aravis entre le col des Aravis et Cluses. Bull. Serv. Carte géol. France, t.LIIII, n° 247.
- TAN B.K. (1973). Determination of Strain Ellipses from Deformed Ammonoids. Tectonophysics, V,16 n° 1/2. p. 89-102.
- VILLARS F. (1984).: Etude tectonique et microtectonique de la chaîne des Aravis. Vol. 5 in Etude géologique de la chaîne des Aravis entre L'Arve et le col des Aravis. (Haute-Savoie, France). Trav. Dipl. Ing. Géol. Université Genève, 6 vol.(Inédit)