

La structure du revers oriental du Massif du Pelvoux : Observations et interprétations nouvelles

par Christian BRAVARD et Maurice GIDON *

RÉSUMÉ. – Au Sud-Est du Lautaret les écailles tectoniques affectant le socle cristallin sont anténummulitiques. Les structures imbriquées qui avaient été considérées comme des écailles postnummulitiques sont en fait attribuables, suivant les points, à des olistholites et/ou aux effets d'une fracturation transverse postérieure au chevauchement des zones internes.

SUMMARY. – South-East of the Lautaret Pass, the tectonic "slices" acting upon the crystalline basement are of prenummulitic age. The imbricated structures hitherto regarded as postnummulitic thrusts are to be explained as olistholites or, in other places, as resulting from cross-fracturing following overthrusting of the inner zones.

Dans le cadre d'une étude structurale de la « zone ultradauphinoise » au Nord du Pelvoux ** et de levers en vue de la rédaction des feuilles au 1/50 000^e Névache et Briançon, nous avons été amenés à réexaminer le Nummulitique, notamment dans ses rapports avec son substratum, dans la région s'étendant des abords du col du Lautaret jusqu'au sud de Monétier-les-Bains (Vallon de l'Eychauda) (fig. 1).

Les données actuelles sur ce secteur sont exprimées par la carte LA GRAVE au 1/50 000^e et la carte BRIANÇON au 1/80 000^e. Ces documents traduisent la conception suivant laquelle la série nummulitique est clivée par un écaillage tectonique, prolongeant vers le Nord (au versant Est du massif du Combeynot) la structure en lames cristallines chevauchantes décrites par Paul GIDON [1] dans la région d'Ailefroide. Cet écaillage serait attesté par la présence d'un chapelet de lames mésozoïques et surtout cristallines

qui sont, du Sud au Nord : les « écailles » de l'Yret, de la Croix de Cibouit, de la Madeleine et de Côte Plaine. Il est remarquable que la présence de cet écaillage postnummulitique constitue une différence notable entre le secteur de la zone ultradauphinoise situé au Sud du Lautaret et celui situé au Nord, où R. BARBIER [2,3] a décrit au contraire le cachetage de structures tangentielles, rapportées à sa « chaîne arvinche », par la série nummulitique.

Nos observations nous permettent de trancher ce dilemme en proposant des interprétations nouvelles des faits de terrain :

1. Observations nouvelles.

Nous les présenterons dans un ordre géographique, du Nord vers le Sud.

* Institut Dolomieu, rue Maurice Gignoux, 38031 Grenoble. Laboratoire de Géologie Alpine, associé au C.N.R.S.

** Travail de thèse en cours par Ch. BRAVARD.

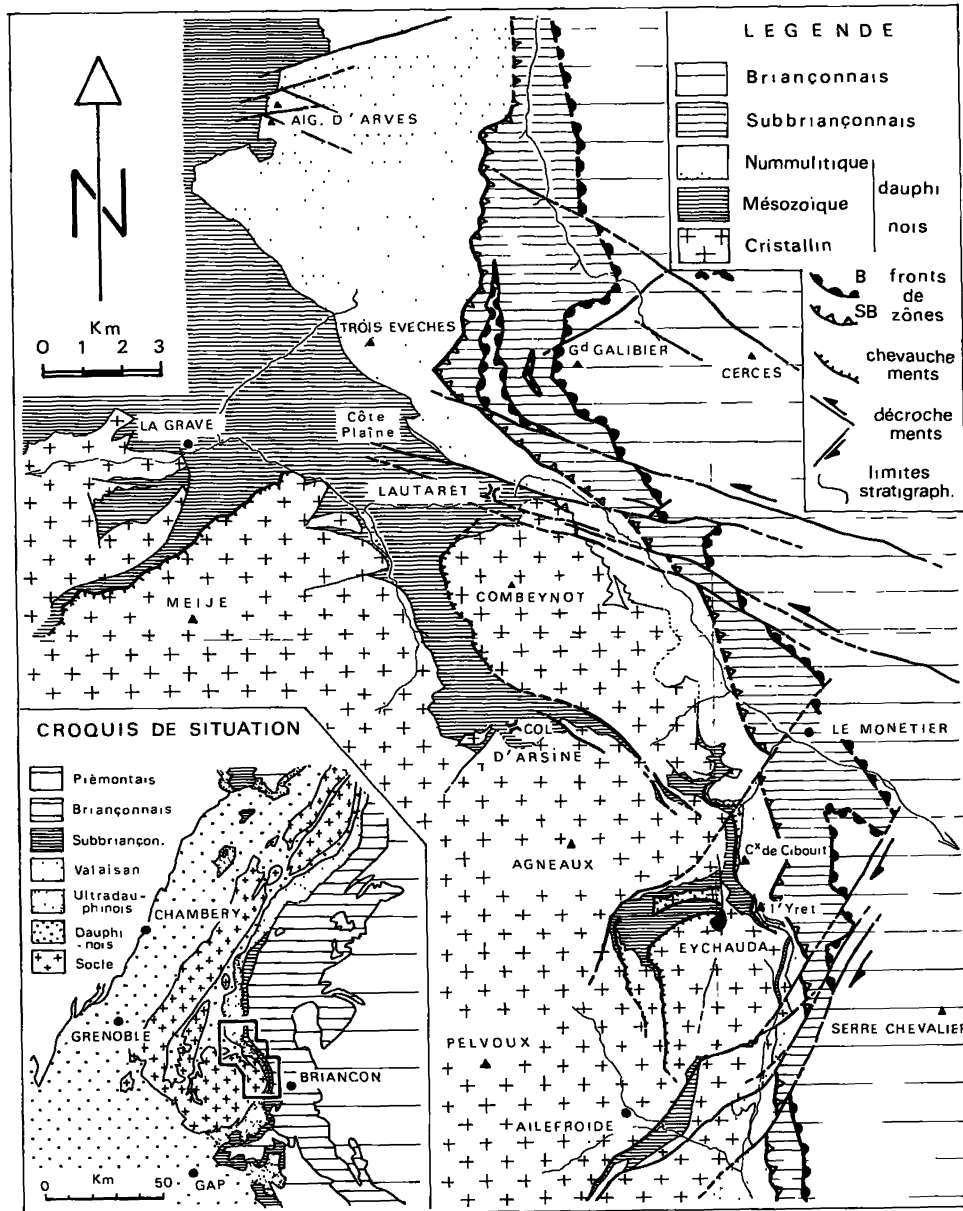


Fig. 1. - Schéma d'ensemble du secteur étudié et de la marge orientale du massif du Pelvoux dans ses rapports avec les zones internes.

a) Les « écailles de Côte Plaine » : un chapelet d'olistholites.

Les affleurements cristallins de Côte Plaine (fig. 2) ont été déjà visités par de nombreux auteurs [4,5]. Ils ont été revus par l'un de nous (C.B.) qui y a observé des faits peu compatibles avec l'interprétation (seule vraisemblable dans le

contexte ancien) adoptée par les précédents auteurs; pour ces derniers il s'agissait des témoins d'une lame chevauchante trainée à la base d'une écaille (par ailleurs constituée pour l'essentiel par le Flysch des Aiguilles d'Arves): or il ne s'agit que de blocs plurimétriques discontinus qui ne forment pas une lame entre

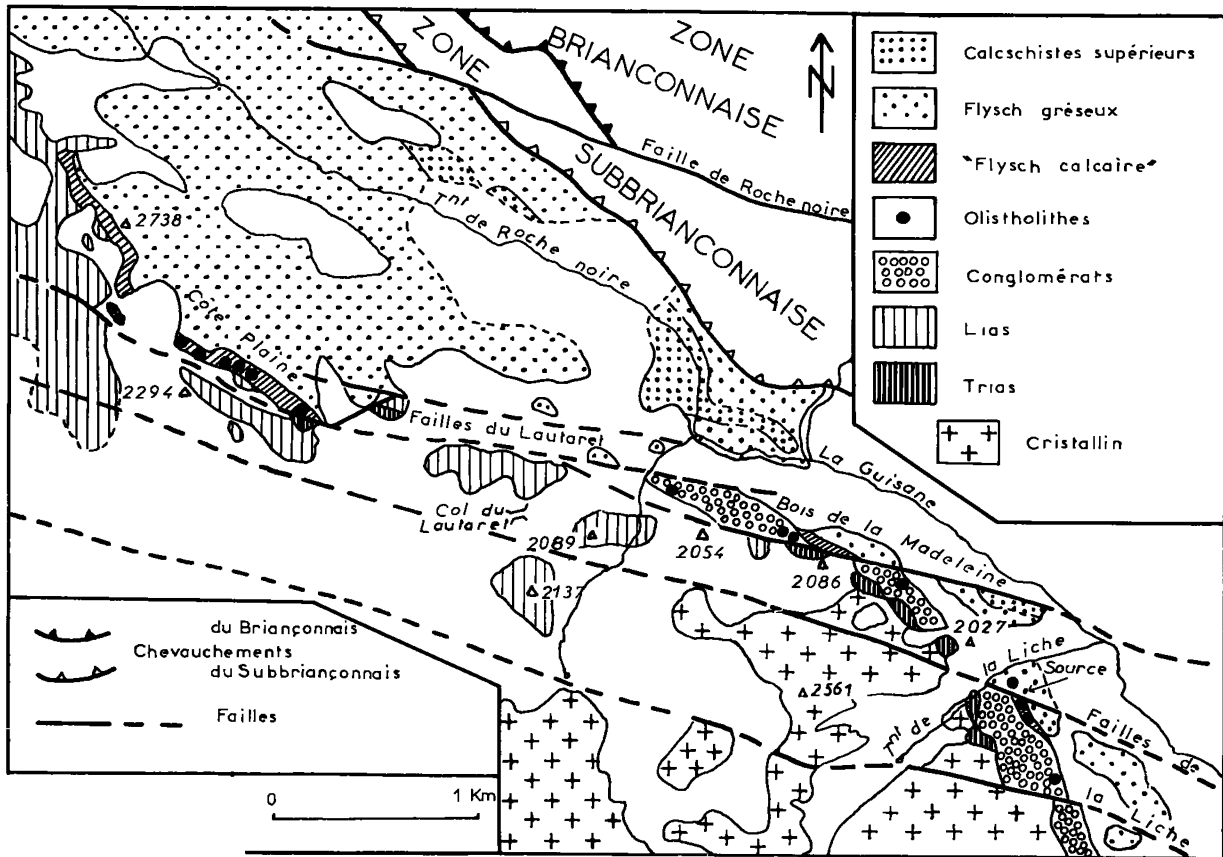


Fig. 2. - Carte géologique des abords du col du Lautaret.

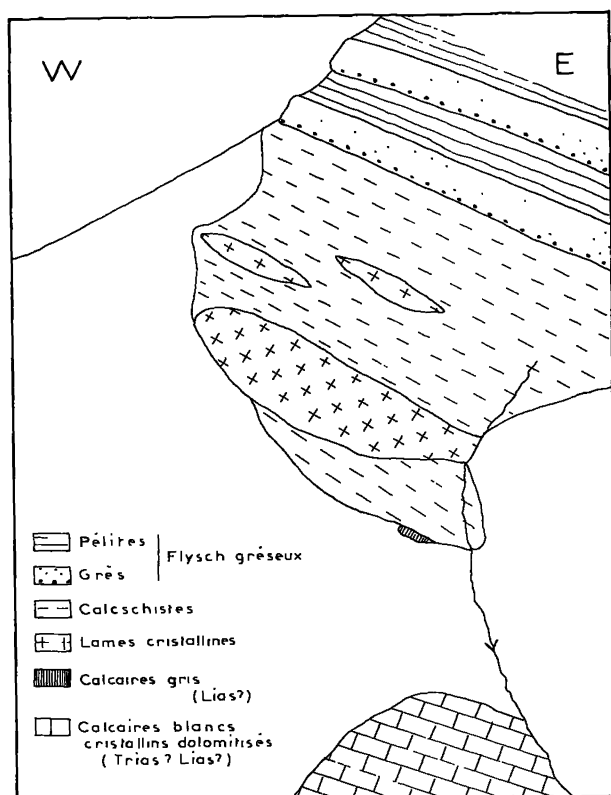
Nummulitique et mésozoïque mais se révèlent (fig. 3) intercalés à plusieurs niveaux dans les calcschistes (dits « flysch calcaire ») qui sont stratigraphiquement sous jacents au flysch gréseux des Aiguilles d'Arves; d'autre part leurs rapports avec cet encaissant révèlent, partout où ils sont clairement visibles, un caractère d'interstratification sédimentaire sans aucun indice particulier de tectonisation. Il faut donc considérer ces blocs comme des *olistholites sédimentés à la base des formations nummulitiques*.

Il est remarquable que la présence de ces olistholites se manifeste dans un secteur où, exceptionnellement, ces formations ne débutent pas par un conglomérat; on doit à cet égard formuler les remarques suivantes :

1) On se trouve apparemment ici à la limite

entre deux domaines qui disposaient d'une alimentation différente lors de la formation de ces conglomérats : plus au Nord les conglomérats des Aiguilles d'Arves, qui réapparaissent en lentilles d'épaisseur métrique dès un point situé 200 m au Nord-Ouest de l'olistholite le plus occidental (donc bien plus au Sud-Est que ne l'indique la feuille La Grave), sont en large prédominance à matériel calcaire. Vers le Sud les conglomérats du flanc est du Combeynot (qui apparaissent dès les sources de la Guisane) sont presque exclusivement formés de matériel cristallin;

2) En outre ces derniers sont souvent très difficiles à distinguer du cristallin authentique (comme l'avaient d'ailleurs signalé nos prédécesseurs). En fait on y observe en plusieurs points le passage du conglomérat à des inclusions de



dimensions plurimétriques, voire décamétrique, de cristallin non fragmenté : il s'agit donc vraisemblablement, ici aussi, d'olistholites (qui ne se présenteraient pas différemment de ceux de Côte Plaine si, comme ces derniers, ils n'étaient pas noyés dans le conglomérat).

Ainsi les olistholites de Côte Plaine peuvent-ils être considérés comme des témoins distaux de la formation conglomératique du Combeynot.

b) *Présence d'un faisceau de décrochements au col du Lautaret.*

Un nouveau lever (fig. 2) nous a permis de mettre en évidence dans l'autochtone, à l'Est du Lautaret, un dispositif structural dont le rôle prédominant avait échappé à nos prédécesseurs ; il s'agit d'un faisceau de fractures, échelonnées avec un espacement de l'ordre de 500 m environ sur 2 à 3 km de large, dotées d'une orientation

Fig. 3. - Un détail des *lames cristallines de Côte Plaine* (dessin d'après un croquis de terrain). Le secteur représenté se trouve situé 200 m au Nord-Est du point 2294 (voir la figure 2).

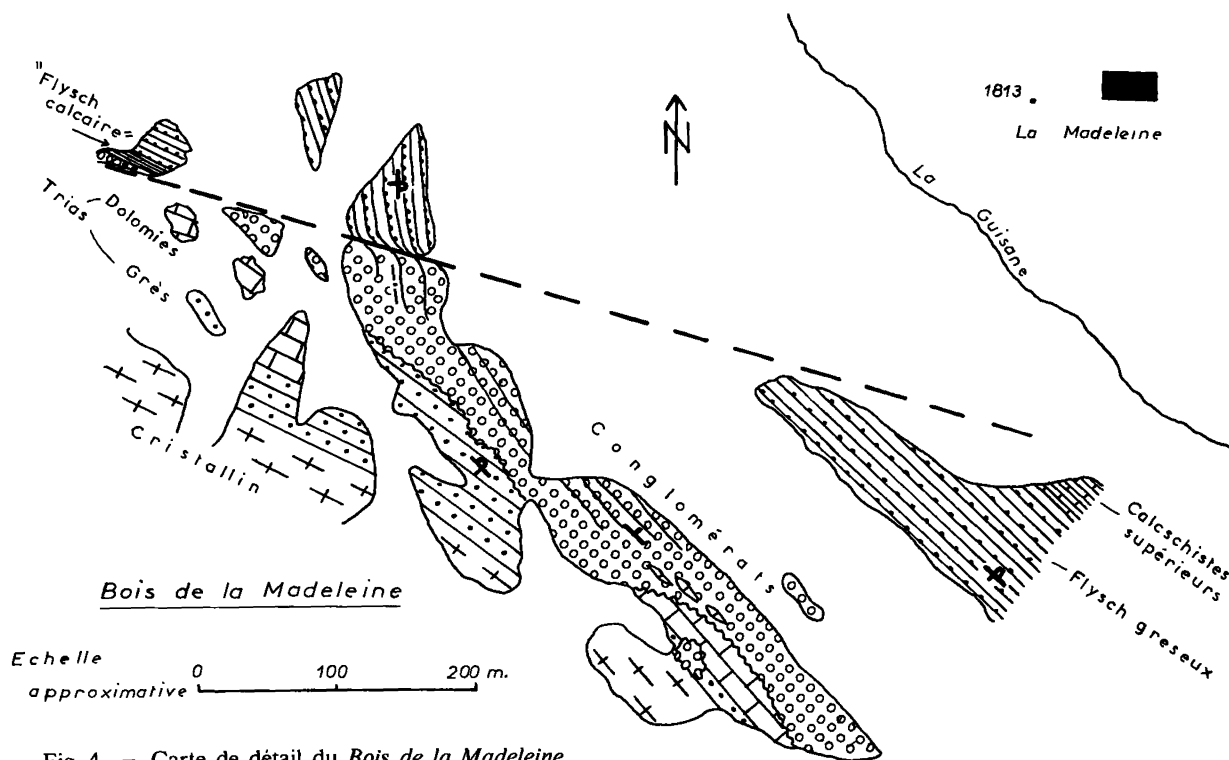


Fig. 4. - Carte de détail du *Bois de la Madeleine*.

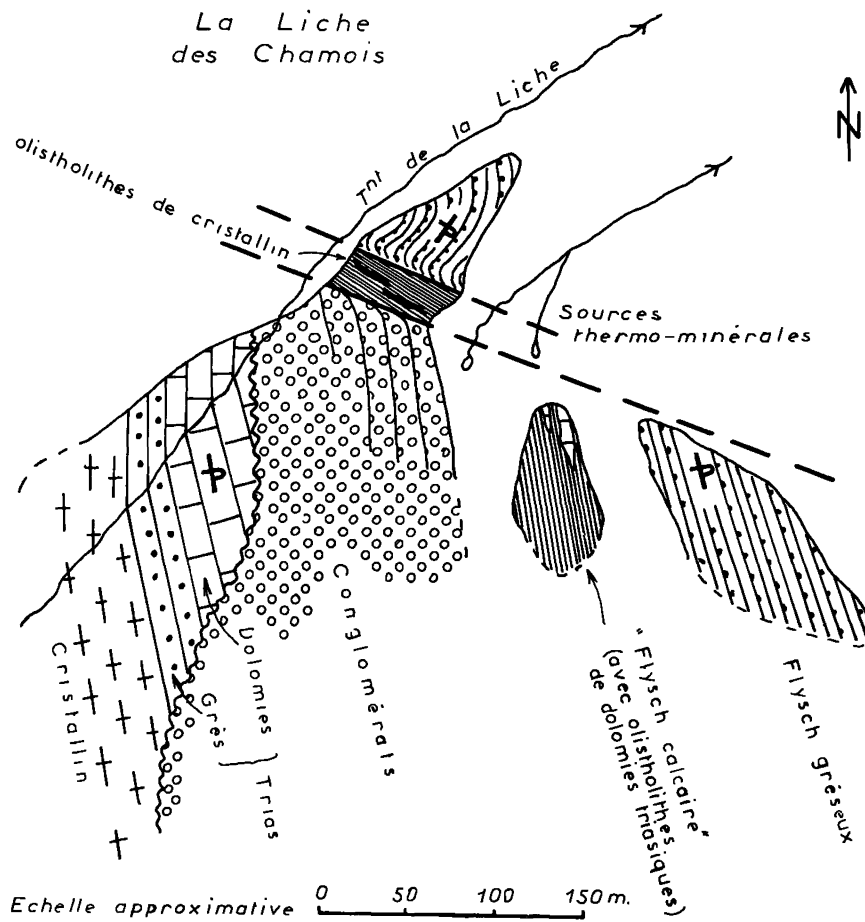


Fig. 5. - Carte de détail du secteur de la *Liche des Chamois* (sud du Bois de la Madeleine); les olistholithes de cristallin sont symbolisés par un figuré noir opaque.

proche de N 110, dont le jeu en décrochement senestre est indiqué par le rejet cartographique, par des stries et par des crochons.

La branche la plus septentrionale de ce faisceau (« *Faille de Roche Noire* ») sectionne la barre du Dogger subbriançonnais au passage de la route du Galibier; on la suit avec certitude, sur plus d'un kilomètre vers l'Ouest, au sein du flysch gréseux replissé de la montagne de Roche Noire; on constate d'ailleurs là que les microplis manifestent une torsion senestre (en devenant moins méridiens) sans doute dûe au rejet de la faille.

Plus au Sud les « *failles du Lautaret* » mettent directement en contact le Lias avec le flysch

gréseux dans les premiers lacets de la route du Galibier* (Montagne de Chaillol); elles se poursuivent vers l'Est - Sud-Est dans le Bois de la Madeleine où elles décalent les différents niveaux de la série nummulitique en les ployant de crochons senestres (fig. 4).

Plus au Sud encore les failles de la *Liche des Chamois*, qui déterminent très clairement (fig. 5) la venue au jour des sources thermales sulfatées

* La faille Sud du Lautaret est indiquée sur la feuille La Grave mais son tracé vers l'Ouest est erroné car il se raccorde à celui du « chevauchement » de Côte Plaine. Or la faille passe en réalité en contrebas du chapelet de blocs cristallins dont elle s'éloigne vers l'Ouest pour traverser les assises liasiques dans les pentes des Anrouchers (fig. 2).

portant ce nom, tranchent également en oblique la série nummulitique (qui reste continue et comporte la succession normale de ses termes dans les compartiments intercalaires).

Toutes ces failles se raccordent très clairement, une à une, compte tenu de leur orientation, à celles, de même rejet, déjà mises en évidence par B. TISSOT (6) dans les chainons subbriançonnais et briançonnais en rive gauche de la Guisane (fig. 1) : il s'agit donc de failles tardives (« postnappes ») qui appartiennent à cette double famille de failles conjuguées (N 110-120 sénestres/N 30-50 dextres) qui est bien connue sur toute cette transversale alpine pour être liée aux plissements subméridiens datés du Néogène dans les chainons subalpins méridionaux.

c) *Absence d'accidents longitudinaux chevauchants dans l'ultradauphinois au revers du col du Lautaret.*

Le schéma structural de la feuille La Grave fait état d'un chevauchement dont la trace, orientée Nord - Nord-Ouest - Sud - Sud-Est, court depuis le Col Lombard jusque dans le versant Est du Combeynot. Force nous est de constater que, dans le secteur situé au Sud-Est du Pic des Trois Evêchés, nous n'avons relevé aucun indice d'un tel accident :

1) Entre les Trois Evêchés et les sources de la Guisane le vallon de Roche Noire, que devrait parcourir ce chevauchement, possède fondamentalement une disposition synclinale; ceci est souligné par la présence en son cœur d'une formation repère calcschisteuse qui a été reconnue en divers points comme le terme ultime de la série nummulitique, au-dessus de flysch gréseux *.

2) Au Sud-Est des sources de la Guisane on trouve partout la succession normale des divers termes de la série nummulitique, disposés avec un fort pendage Est ou même (dans les basses pentes surtout) renversés légèrement vers l'Est. Sa base, bréchique, repose en discordance cartographique sur le cristallin ou sur des lambeaux de Trias; certains constituent des paléoreliefs

(maintenant basculés) contre lesquels les couches de brèches s'appuient et se terminent en biseau tout en admettant des intercalations de panneaux dolomitiques à peine détachés du substratum, de blocs métriques et enfin de galets de dolomie (fig. 4). On trouve également des blocs plurimétriques de dolomie triasique et d'autres plus petits de cristallin, interstratifiés dans le « flysch calcaire » qui surmonte ces brèches aux abords des sources de la Liche ** (fig. 5).

En définitive, les lambeaux de terrains anténummulitiques figurés sur la feuille La Grave comme jalonnant le chevauchement doivent être attribués les uns à de tels blocs de caractère olistholitique, les autres (notés en Oxfordien) aux calcschistes de « flysch calcaire » eux-mêmes. Les lames de mylonite indiquées sur la feuille La Grave à l'extrémité Nord du Bois de la Madeleine se sont révélées, quant à elles, être des conglomérats nummulitiques hébergeant probablement plusieurs olistholites de cristallin. Ce sont apparemment les tronçons de failles transversales, bien visibles à la source de La Liche (fig. 5) et dans le grand ravin situé 700 m plus au Nord (fig. 4), qui ont été raccordés entre eux et considérés comme jalonnant le plan de chevauchement, alors qu'il s'agit de failles distinctes, parallèles entre elles et subverticales, appartenant au faisceau décrochant du Lautaret. Nous sommes donc conduits à ne plus voir d'accidents chevauchants post-nummulitiques dans l'autochtone du versant Est du Combeynot et à considérer ce secteur comme *pratiquement non déformé* (à l'échelle macrotectonique) *par les mouvements tangentiels est-ouest.*

d) *Les « écailles de l'Yret »; un autre groupe d'olistholites.*

Au Sud du Combeynot deux groupes de lames cristallines, chevauchant du Mésozoïque, montrent leurs rapports avec le Nummulitique :

1) *L'écaille de la Croix de Cibouit* [1] s'amincit à ses deux extrémités sous un Nummulitique qui ne montre aucun indice de redoublement et vient reposer plus loin sur le Mésozoïque : il n'y

* Observations inédites (C.B.)

** Ces derniers avaient déjà été signalés par J. VERNET (7, p. 129)

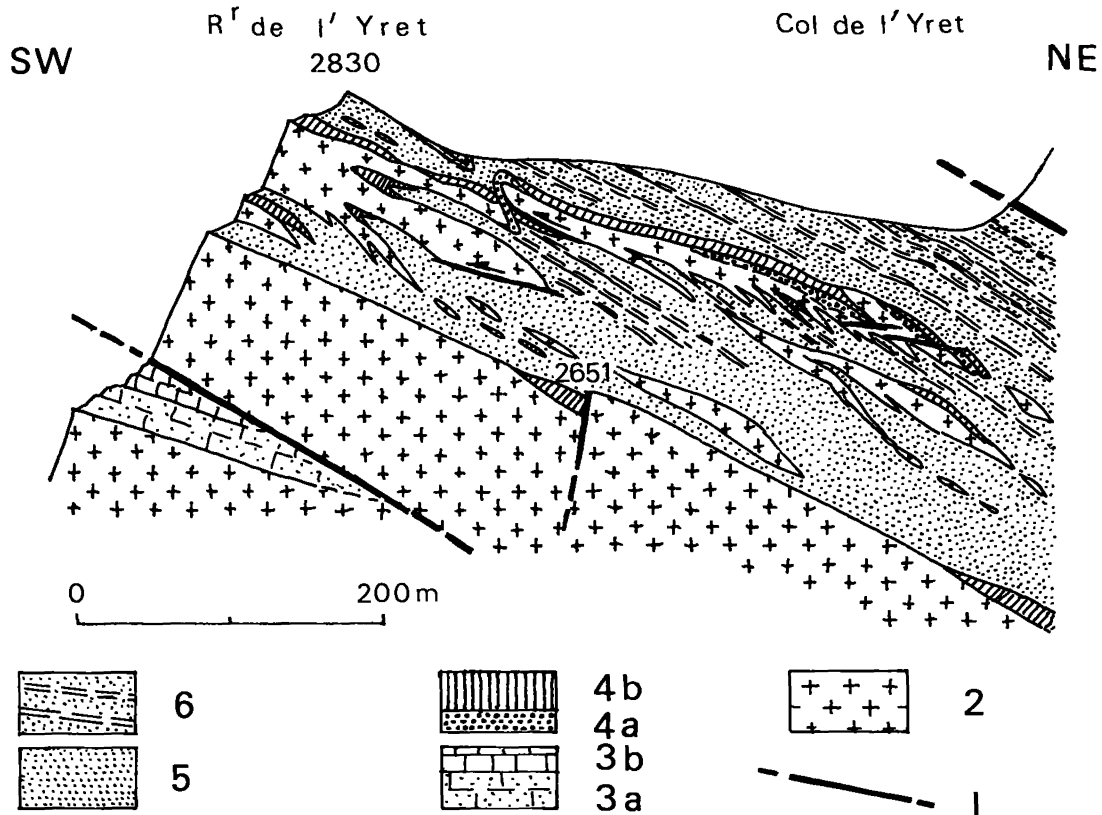


Fig. 6. - Coupe synthétique du Rocher de l'Yret, montrant la complexité du dispositif des lames cristallines et leur dilacération progressive du Sud-Ouest vers le Nord-Est (La « lame principale » est analysée en détail aux figures 7 et 8).

a aucun motif au niveau des faits de terrain de ne pas considérer que sa mise en place s'est faite exclusivement avant le dépôt des premières couches nummulitiques*.

2) Les lames cristallines de l'Yret, signalées en 1951 par Paul GIDON et Jacques DEBELMAS[8] sont incluses dans le flysch nummulitique qui recouvre une écaïlle cristalline, chevauchante sur le Mésozoïque du Roc de Montagnole** ; elles ne se prolongent, vers le Nord

* Nous ne voyons pas quels arguments poussent J. VERNET [7, p. 128] à envisager que la disparition de la lame cristalline vers le Nord, dans les ravins des Prés-les-Fonts, puisse être due à son enracinement.

** Cette écaïlle était rattachée par P. GIDON [1] à celle du Peyron des Claux; cette assimilation étant contestable, notamment pour les raisons développées par J. VERNET [7, p. 132], il nous paraît préférable, pour écarter toute ambiguïté, de la dénommer « Écaïlle de Montagnole », ainsi que nous l'avons fait figure 9.

comme vers le Sud, que sur quelques centaines de mètres. Nous en avons repris la cartographie au 1/10 000 et examiné soigneusement tous les contacts entre les lames cristallines et le flysch pélitique, plus ou moins riche en bancs de grès, qui leur sert d'encaissant. Nous avons pu, dès lors, constater les faits suivants (fig. 6) :

a) La seule tectonisation présentée par ces lames consiste en une fracturation par des failles inverses à rejet métrique (stries indiquant un chevauchement du compartiment supérieur vers l'Ouest). Ces failles sont d'ailleurs vite amorties dans les pélites, au sein desquelles elles pénètrent obliquement au contact cristallin-flysch.

b) En plusieurs points (là où ces failles sont plus espacées et où le contact n'est pas masqué) on voit la base de la dalle cristalline dessiner des indentations de lames métriques puis de blocs décimétriques qui viennent s'intriquer en quel-



Fig. 7. — Cliché montrant le contact basal de la lame cristalline principale (altitude 2640, versant E) du *Rocher de l'Yret* (comparer avec la figure 8 pour l'interprétation). On distingue nettement l'interstratification des pélites avec les lames de cristallin d'épaisseur décimétriques qui deviennent coalescentes vers le haut (toutes les couches sont redressées ici au voisinage de la verticale). Le cliché est pris de bas en haut et laisse voir en arrière plan le sommet du *Rocher de l'Yret*.

ques mètres dans le flysch sous jacent (fig. 7 et 8). L'orientation des indentations, oblique d'environ 30° à celle de l'ensemble de la lame est parfaitement identique, par contre, à celle des bancs de grès du flysch. En certains points d'ailleurs la transformation progressive et insensible du cristallin franc à un grès arkosique plus ou moins homogène, ou au contraire feuilleté de laminites, s'observe assez clairement. Cette disposition ne peut guère avoir une origine autre que sédimentaire et implique la mise en place de crachées détritiques progradantes vers le Nord-Est, avant l'arrivée, sur leur dos, des lames de matériel cristallin non dissocié (ces lames portent même le plus souvent une couverture stratigraphique de calcaires nummulitiques).

c) Toutes ces lames se terminent par effilement (biseaux francs ou terminaison en chapelet

de blocs suivants les cas) *en direction du Nord-Est* et tendent par contre à devenir coalescentes vers le Sud-Ouest; ceci qui n'est cependant qu'imparfaitement obtenu, même dans les falaises limitant, dans cette direction, les affleurements sous le sommet de l'Yret * témoigne de ce que l'on se rapproche de la source de ces apports de matériel cristallin en se déplaçant vers le Sud-Ouest.

En définitive il ne fait pas de doute que loin d'être des écailles tectoniques poussées d'Est en

* Nos observations sont en bon accord avec la coupe donnée par J. VERNET [7, p. 121] par l'arête Ouest du rocher de l'Yret; nous n'avons rien observé par contre qui permette d'interpréter cette structure par des plis couchés, comme le fait cet auteur [7, p. 128]. Au contraire le flysch encaissant a une disposition monoclinale d'une régularité presque parfaite.

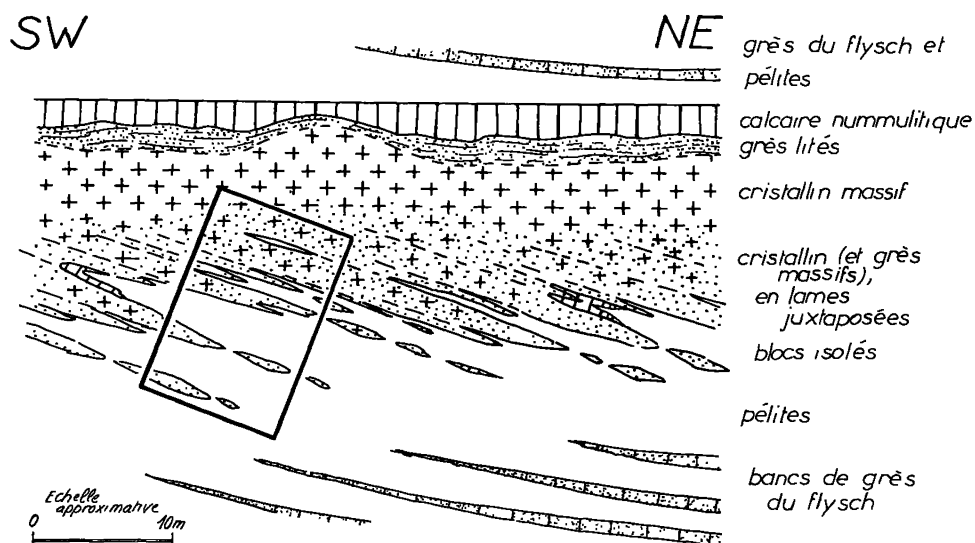


Fig. 8. - Coupe schématique interprétative de la lame cristalline principale du versant Est du Rocher de l'Yret (le cadre noir délimite l'emplacement du cliché de la figure 7) : la base de la lame cristalline (figuré de pointillés) doit être interprétée comme constituée par la progradation de matériel cristallin précurseur de l'olistholite; le sommet de la lame (figuré de croix) représenterait l'olistholite lui-même, recouvert par des arkoses et du calcaire nummulitique transgressif (transporté avec la lame cristalline).

Ouest, les lames cristallines de l'Yret constituent un olithostrome local, formé au cours du Nummulitique, par effondrement depuis le socle du Pelvoux, sur des pentes dirigées vers le Nord-Est. On doit d'ailleurs remarquer que, dans ce secteur, la base de la série nummulitique, en repos sur le cristallin non glissé, est constituée par des termes pélitiques et gréseux, déjà relativement élevés dans la série, sans intercalation basale de calcaires nummulitiques; or ces derniers réapparaissent, au Nord comme au Sud, dès que disparaissent les olitholites et sont en outre présents en de nombreux points sur le cristallin des olitholites; cela s'interprète aisément en admettant que les glissements ont débuté après le dépôt des calcaires nummulitiques : dès lors les premiers secteurs dénudés par le glissement de la tranche superficielle du socle n'ont pu être le siège que d'une sédimentation pélitique (avant de recevoir des olitholites détachés d'emplacements plus élevés sur la pente génératrice).

Quoi qu'il en soit il faut donc distinguer au Rocher de l'Yret des lames cristallines qui sont

des olitholites (les « écailles de l'Yret » des auteurs précédents) et une écaille basale (l'« écaille de Montagnole ») sous laquelle le Nummulitique ne s'engage pas. Cette dernière est dans une situation parfaitement homologue de celle de l'écaille de la Croix de Cibouit, ce qui porte à la considérer comme son prolongement méridional, et ne montre, comme elle, rien qui permette de croire que sa mise en place ne soit pas anté-nummulitique : Ici encore l'hypothèse des écailles post nummulitiques du socle cesse donc de pouvoir être soutenue.

2. Conclusions.

a) La présence d'un système d'olistholites, représenté à Côte Plaine, à la Madeleine et surtout au Rocher de l'Yret porte à penser que la marge orientale du massif du Pelvoux constituait au Nummulitique une zone de reliefs actifs; elle s'incorpore bien à ce point de vue au domaine ultradauphinois dans lequel on a pu mettre en

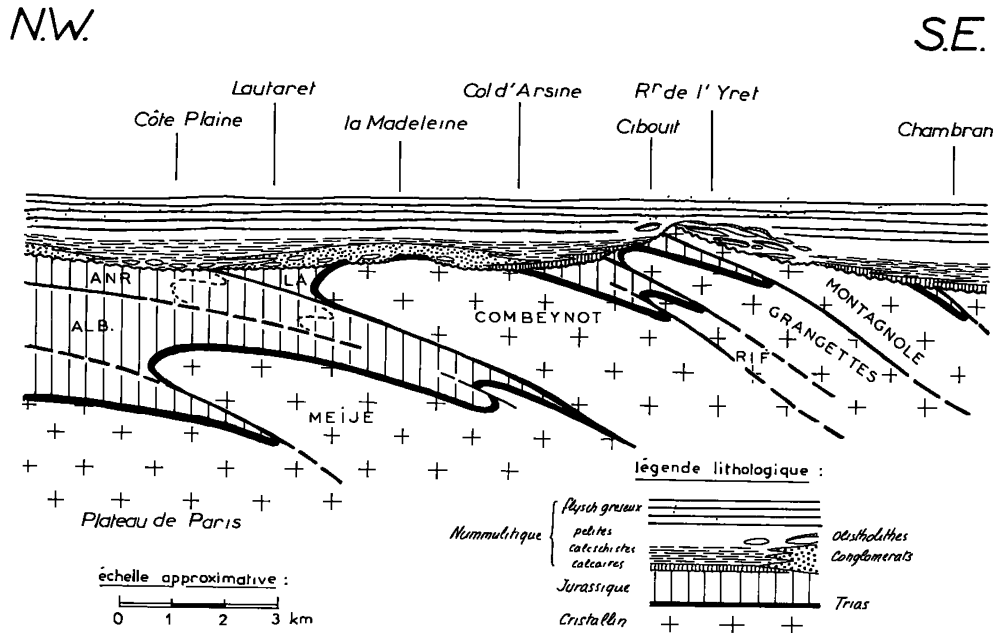


Fig. 9. - Schéma synthétique reconstituant la structure de l'extrémité Nord-Est du massif du Pelvoux au Nummulitique.

Les noms de lieux marqués au sein du cristallin désignent les véritables écailles chevauchantes (anténummulitiques). Les écailles distinguées dans les terrains sédimentaires sont indiquées en abrégé :

LA = écaille du Lautaret; ANR = écaille des Anrouchers; ALB = écaille des Albies (d'après R. BARBIER [2]).

Le « synclinal d'Arsine » est considéré comme représentant à cette époque une structure couchée ouverte vers le Nord, entre l'écaille de la Meije et celle du Combeynot. Sa déformation post nummulitique consisterait essentiellement en un basculement vers l'Est, en même temps que toute la bordure Est du massif du Pelvoux (mais nous n'excluons pas un certain rejeu tangentiel, dans le sens Est-Ouest, de l'écaille du Combeynot après le Nummulitique).

évidence [9] plus au Nord, entre Isère et Arc (région de Valbuche), d'autres témoins de la sédimentation de type catastrophique (à interstratifications d'olistholites) qui témoigne de l'activité de ces reliefs.

b) L'existence d'un faisceau de décrochements sénestres, N 110, au Lautaret, constitue une disposition qui s'harmonise bien avec celle observable à la marge Sud-Est du Pelvoux. En effet dans ce secteur les accidents postnummulitiques majeurs sont [10] des décrochements dextres Nord-Est - Sud-Ouest; il est clair, compte tenu des orientations et du sens des rejets, que ces deux familles de cassures représentent les éléments d'un réseau de failles décrochantes conjuguées induites par un serrage dirigé

suyant l'Est - Nord-Est - Ouest - Sud-Ouest : la prédominance de l'une ou l'autre de ces familles selon que l'on est au Nord ou au Sud du massif implique que ce dernier jouait alors le rôle d'un môle résistant (sans déformation tangentielle notable au niveau du socle comme nous venons de le voir), que les déplacements des masses rocheuses en translations Est-Ouest durent contourner par le jeu de coulissements.

c) Du point de vue morphologique la localisation de la trouée de Lautaret qui est fondamentalement due, bien sûr, à l'enneiement du socle cristallin peut trouver une explication supplémentaire dans le fait qu'au Néogène, époque où précisément la morphologie devait commencer à

s'ébaucher, un faisceau de failles se trouvait être actif à son emplacement.

d) Il apparaît clairement, enfin, que les arguments sur lesquels s'appuyaient les précédents auteurs [1,7,8,11] pour admettre l'existence d'une tectonique d'écaillages tangentiels post-nummulitiques au revers Est du massif du Pelvoux deviennent caducs puisqu'au contraire toutes les données (notamment cartographiques) amènent à la conclusion que *les véritables écaillages cristallines sont coupées en oblique et cachées par la transgression nummulitique* * (fig. 9); toutes ces écaillages de socle ont donc une signification analogue à celle des plis et écaillages, à déversement nord, décrits par R. BARBIER [2] au Nord du Lautaret et rapportés par cet auteur à la « chaîne arvinche » anté nummulitique, avec lesquels on peut tenter de les coordonner d'ailleurs (fig. 9) : *l'importance de la phase anténummulitique* dans la déformation du cristallin du Pelvoux doit donc être réévaluée d'autant et *apparaît, de ce fait, presque primordiale*, alors que la phase post nummulitique limite ses effets à un basculement général vers l'Est (redressement des dispositions antérieures) et à la création des failles de décrochement.

OUVRAGES CITÉS

- [1] GIDON (P.) (1954). – Les rapports des terrains cristallins et de leur couverture dans les régions orientale et méridionale du massif du Pelvoux. *T.L.G.*, p. 1-200.
- * Il ne faut pas écarter toutefois la possibilité du rejeu de certains de ces accidents lors des serrages Est-Ouest nummulitiques; ceci est probable, notamment, pour l'écaillage du Combeynot et celle des Grangettes-Eychauda.
- [2] BARBIER (R.) (1963). – La tectonique de la zone ultradauphinoise au Nord-Est du Pelvoux. *T.L.G.*, t. 39, p. 239-246.
- [3] BARBIER (R.) (1963). – Réflexions sur la zone dauphinoise orientale et la zone ultradauphinoise. *Mém. S. Géol. France*, livre à la mémoire du Professeur P. Fallot, t. II, p. 321-330.
- [4] GIGNOUX (M.) et RAGUIN (E.) (1932). – Découverte d'écaillages de roches granitiques au Nord-Ouest du col du Lautaret à la base de la nappe du flysch des Aiguilles d'Arves. *Bull. Soc. Géol. France* 5), II, p. 513-526.
- [5] VERNET (J.) (1965). – Les écaillages de Côte Plaine au Nord-Ouest du Lautaret. *T.L.G.*, t. 41, p. 253-257.
- [6] TISSOT (B.) (1956). – Étude géologique des massifs du Grand Galibier et des Cerces (zone briançonnaise, Hautes Alpes et Savoie) *T.L.G.*, t. 32, p. 111-193.
- [7] VERNET (J.) (1956). – La zone « Pelvoux-Argenera ». *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 275, t. L.X., p. 131-424.
- [8] GIDON (P.) et DEBELMAS (J.) (1951). – La couverture tertiaire du Massif du Pelvoux entre Chambran, dans le vallon de l'Eychauda, et la Croix de Cibouit (Hautes Alpes). *C.R. somm. Soc. Géol. France*, n° 2, 22 janvier 1951, p. 17-18.
- [9] ANTOINE (P.), BARBIER (R.), BRAVARD (C.) et GIDON (M.) (1978). – Les rapports entre le Flysch des Aiguilles d'Arves et le domaine Valaisan au cirque de Valbuche (Savoie). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 286 (19 juin 1978), p. 1751-1753.
- [10] GIDON (M.) (1965). – Sur l'interprétation des accidents de la bordure méridionale du massif du Pelvoux. *T.L.G.*, t. 41, p. 177-185.
- [11] GIGNOUX (M.) (1936). – Le prolongement de la zone du flysch des Aiguilles d'Arves à l'est du Pelvoux. *C.R.S. Soc. Géol. France*, séance du 23 novembre, n° 15, p. 247-249.