[Trav. Lab. Géol. Grenoble,
t. 43, 1967]

Eléments autochtones et éléments allochtones du soubassement des klippes des Annes et de Sulens

(Haute-Savoie)

par Christian CARON, Jean CHAROLLAIS et Jean ROSSET

Située à 15 km en arrière du front des Alpes, la région étudiée dans cette note s'inscrit dans le grand synclinal compris entre le faisceau des plis externes à l'W et la retombée de la chaîne des Aravis au sens large à l'E. Le synclinal est divisé par le bombement anticlinal oblique de Mont-Durand (La Clusaz) en deux parties : synclinal du Reposoir au N et synclinal de Thônes au S. La série nummulitique autochtone y est surmontée de terrains allochtones qui constituent la klippe des Annes dans la partie N, et la klippe de Sulens dans la partie S (fig. 1).

I. — HISTORIQUE

La synthèse (stratigraphique et tectonique) publiée par L. MORET (1934) nous dispensera d'analyser les travaux antérieurs. L. MORET distingue un faisceau de plis externes *autochtones* déversés vers l'extérieur, une *nappe* des Aravis considérée comme la continuation de la nappe de Morcles (nappe helvétique inférieure), charriée et refoulée sur le synclinal de Thônes, et enfin les *klippes* préalpines, « reste de nappes puissantes venues de l'intérieur des Alpes ». La klippe méridionale (Sulens) est constituée par l'empilement de trois nappes : la nappe supérieure (Trias et Lias), la nappe moyenne essentiellement composée d'écailles mésozoïques ou nummulitiques, la nappe inférieure dont la série sédimentaire allant du Callovo-Oxfordien au Nummulitique présente un Crétacé inférieur de faciès rappelant l'Ultrahelvétique. La nappe supérieure et la nappe moyenne se retrouvent dans la klippe septentrionale (Annes). La nappe inférieure n'y est représentée que par un flysch schisto-gréseux difficile à distinguer de celui de la nappe moyenne. L. MORET rappelle une observation de ses devanciers : l'apparente concordance entre la base des klippes et le Nummulitique autochtone. Le contact anormal si important n'est souligné « que par un simple laminage des terrains au contact ou par la présence des lentilles... La présence des masses charriées se manifeste surtout dans l'autochtone soit par des failles..., soit par des décollements entre les terrains de la série autochtone ». Enfin L. MORET propose une attribution paléogéographique des trois nappes :

nappe inférieure = Ultrahelvétique ;

nappe moyenne = flysch du Niesen — flysch des Aiguilles d'Arve ;

nappe supérieure = Préalpes médianes — zone subbriançonnaise.

J. ROSSET, dans une étude présentée en 1954, publiée en 1957, reprenant l'étude de la chaîne des Aravis dans le contexte géologique de l'époque (écoulement par gravité), était amené à revoir le contact entre la série sédimentaire des Aravis et les klippes. Il croyait devoir placer la limite supérieure de l'autochtone au-dessus des grès de Taveyannaz ou des conglomérats de St-Jean-de-Sixt

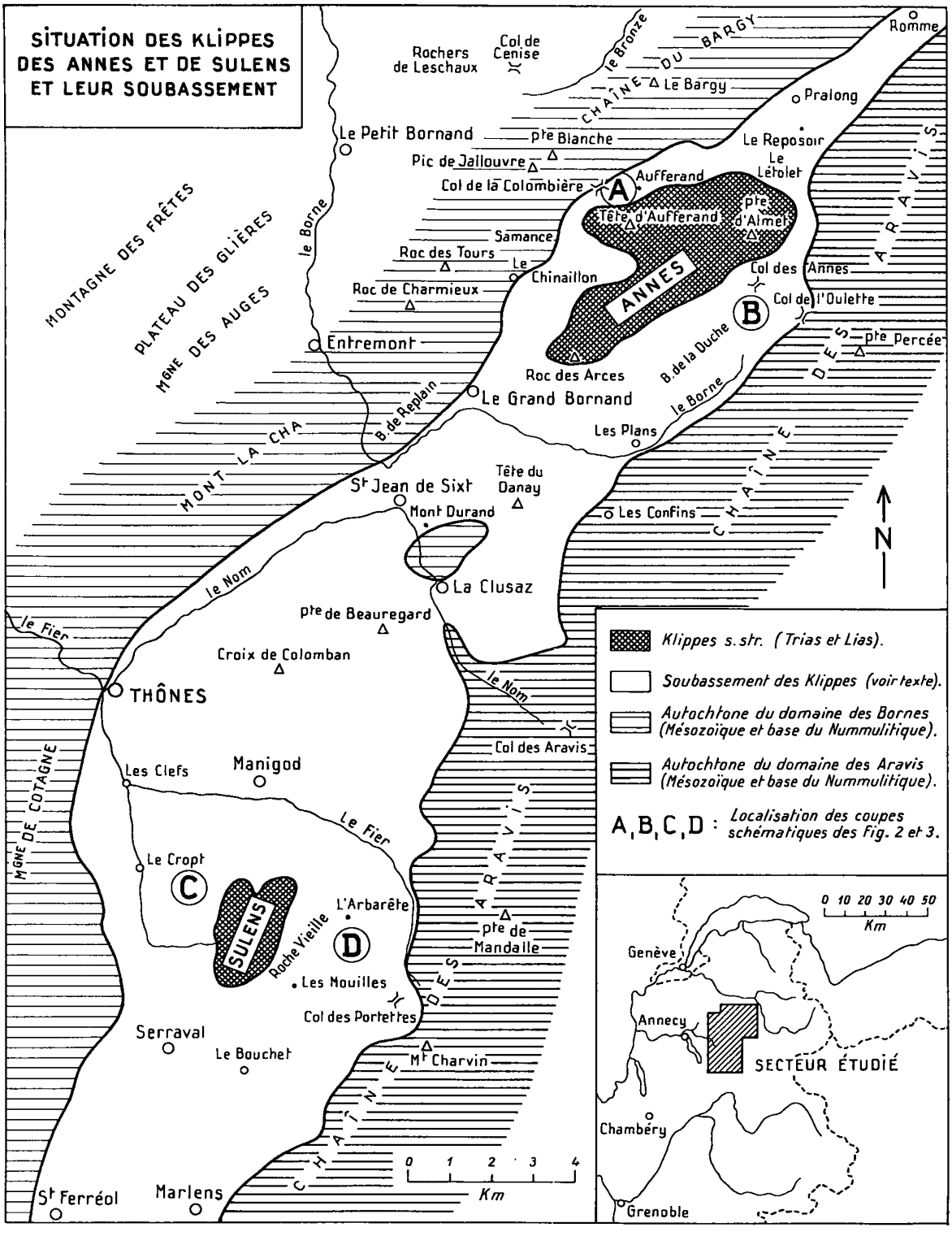

Fig. 1. — Carte de situation.

et mettait dans une nappe inférieure ultrahelvétique les schistes micacés à lentilles et conglomérats qui les surmontent (la Duche, le Danay, le Reposoir). Cependant, l'absence des microbrèches à *Lithothamnium,* caractéristiques de cette nappe à Sulens, posait une difficulté. A la nappe moyenne était attribué le conglomérat du bois de la Duche, mis en parallèle avec le conglomérat du Bouchet de Serraval, malgré la différence des éléments de l'un et de l'autre.

Les attributions paléogéographiques proposées par L. MORET furent contestées. M. LUGEON (1946) rattachait aux nappes ultrahelvétiques l'ensemble des unités des klippes et avançait même une attribution précise pour chaque élément de ces klippes, suivi par J. RICOUR et G. LIENHARDT (1954) pour la nappe supérieure. J. RICOUR (1962), moins affirmatif, hésitait cependant à attribuer le Trias des Annes aux Préalpes médianes ou à l'Ultrahelvétique, mais semblait pencher pour l'Ultrahelvétique.

L. MORET (1954) maintient l'attribution de la nappe supérieure au Subbriançonnais ; il y rattache également la nappe moyenne qui constituerait la suite vers le haut de la série stratigraphique de la nappe supérieure et proviendrait de la zone paléogéographique Piolit-Encombres.

Peu après, R. BARBIER et R. TRÜMPY (1955) introduisaient une « zone valaisanne » (ou de Ferret), entre Ultrahelvétique et zone des Brèches de Tarentaise. Pour R. TRÜMPY (1955) ce domaine valaisan n'était pas un simple terme de passage entre les domaines ultrahelvétique et subbriançonnais, mais une unité indépendante comprenant le sillon géosynclinal crétacé de la zone de Ferret et la cordillère tarine. On pouvait donc se demander si l'unité inférieure des klippes de Savoie ne dépendait pas éventuellement de ce domaine, les unités supérieure et moyenne se rattachant aux fronts des Préalpes médianes.

De son côté D. DONDEY (1960) constatait une parenté de faciès entre les écailles jurassico-crétacées de la nappe moyenne et le complexe ultrahelvétique, mais en raison de la position plus interne de cette nappe moyenne, était tenté de la rapprocher de la zone valaisanne.

On voit donc que les klippes de Savoie n'ont pas cessé de poser des problèmes. Une approche de la solution a été tentée par *l'étude pétrographique.* Les conglomérats sont trop rares dans ces séries pour être utiles à la distinction des différentes unités tectoniques. J. MARTINI et M. VUAGNAT (1964) ont tenté de déterminer les rapports albite/quartz au moyen de la diffraction des Rayons X pour différencier les silts. Les résultats d'ensemble sont satisfaisants, mais la courbe que donnent les auteurs (p. 116) montre que, dans certains cas, on ne pourra lever le doute. Quant aux « grès », deux d'entre nous (J. CHAROLLAIS et J. ROSSET, 1965) en avaient fait une étude pétrographique assez détaillée, ayant remarqué que lorsque leur granulométrie était suffisamment élevée, on pouvait les utiliser efficacement. Nos conclusions étaient les mêmes que celles de M. VUAGNAT (1954, 1958). Par ailleurs la recherche systématique de galets sédimentaires dans la série marno-micacée et la constatation de leur présence fréquente dans certaines coupes et à certains niveaux, presque dès la base de cette série marno-micacée, semblait un critère permettant d'attribuer ce faciès conglomératique à la nappe inférieure de la klippe. Un point faisait difficulté : entre une série marno-micacée autochtone réduite à une épaisseur très faible et cette série charriée, on ne trouvait nulle part trace d'un contact anormal.

Les résultats fluctuants et incomplètement satisfaisants des études précédentes amènent à reposer le problème : trier ce qui semble acquis de ce qui reste à élucider, dégager quelques pistes de recherche.

II. — CADRE GÉOLOGIQUE

On peut tenir pour acquis l'attribution à l'*autochtone* (ou au parautochtone) du substratum mésozoïque et nummulitique jusqu'aux schistes à Meletta soit du côté Bargy, soit du côté Aravis, et l'individualisation, en tant qu'unité structurale, de la « nappe supérieure » des auteurs. C'est pour la série triasico-liasique constituant cette dernière que le terme de *klippe* semble le mieux approprié.

A) Autochtone et Parautochtone.

1) *Domaine Bargy.*

Dans le massif des Bornes, les terrains du Nummulitique sont toujours transgressifs sur le Mésozoïque, qui subit une phase de plissement et d'érosion dès la fin du Crétacé et durant le Paléocène. Nous ne détaillerons pas ici la série tertiaire qui, lorsqu'elle est complète, comprend de haut en bas (J. CHAROLLAIS, 1963) :

— Grès de Bonneville (existant seulement au N et W des Bornes) ;
— Schistes marno-micacés (avec grès du Val d'Illiez) ;
— Schistes à Meletta ;
— Marnes à Foraminifères ;
— Calcaire gréseux à Foraminifères arénacés ;
— Calcaire à petites Nummulites ;
— Couches des Diablerets ;
— Calcaire et grès avec conglomérats de base.

L'un de nous (J. CHAROLLAIS, 1963) avait signalé, à la limite marnes à Foraminifères/schistes à Meletta et dans les schistes à Meletta, « des niveaux conglomératiques notamment à Delaire, sur le versant Sud de l'anticlinal du Bois de l'Arsé, sur le flanc Nord-Ouest du Bargy (à la hauteur du lac Bénit), le long de la route Thuet-Mont-Saxonnex » (p. 175). Il s'agit de conglomérats ou plutôt de microconglomérats à éléments arrondis à subarrondis comprenant des éléments de la série locale : galets à faciès urgonien à Milioles, Textularidés et Orbitololinidés, quelques silex (diam. max. : 1 cm) d'âge sénonien sans doute, galets calcaires gréseux apparemment semblables aux faciès de l'Hauterivien. On trouve aussi des galets mous. Le ciment calcaire peu gréseux renferme des débris de Nummulites (certainement remaniées des terrains sous-jacents), de *Cibicides* sp. ? ; de *Discorbis* sp., Textularidés, *Globigerina* sp. De plus, nombreux sont les fragments d'Echinodermes, de Mollusques, Bryozoaires et de Corallinacées.

Ces niveaux microconglomératiques de quelques dizaines de cm sont situés stratigraphiquement au-dessus des marnes à Foraminifères et à la base des schistes à Meletta. En effet, ils s'intercalent dans des marno-calcaires schisteux, gréseux, peu glauconieux, riches en FeS_2, micacés (muscovite) renfermant des débris charbonneux et de nombreuses écailles de *Clupea* sp. (*Meletta*).

Jusqu'ici, nous n'avons pu dater ces schistes à Meletta qu'en un seul point de la partie orientale du massif des Bornes. Près de St-Pierre-de-Rumilly, là où les schistes à Meletta transgressent directement sur le calcaire à petites Nummulites, nous avons récolté une faune (déterminée par HAGN, in CHAROLLAIS et WELLHAUSER, 1962, p. 30) qui montre que ces schistes à Meletta correspondent à la zone à *Globigerina ciperoensis* BOLLI.

2) *Domaine Aravis.*

La série sédimentaire des Aravis ne présente que peu de différence avec la série du Bargy. Notons cependant l'absence générale des schistes à Meletta, le remplacement du faciès « grès du Val d'Illiez » par les faciès « grès de Taveyannaz » et l'inexistence des « grès de Bonneville ».

B) Klippes (« nappe supérieure »).

La série sédimentaire de la « nappe supérieure » est étudiée en détail dans une autre note de ce même volume par R. MOUTERDE et J. ROSSET.

Elle montre :

Trias : cargneules et calcaires dolomitiques, argilites rouges.

Rhétien : schistes noirs, calcaires et calcaires dolomitiques.

Lias inférieur : surtout calcaire, épais de 200 m, représenté par des calcaires à silex, puis des alternances de calcaires et de marnes.

Lias moyen :

— alternance de calcaires et schistes à prédominance calcaire ..... 75 m;
— alternance à prédominance schisteuse ..... 100 m;
— la série sédimentaire des Annes se termine au Domérien supérieur par des alternances de bancs calcaires épais et de lits schisteux plus minces ..... 50 m;
à Sulens, la série se termine dans le Carixien moyen.

Lias supérieur et Dogger absents.

III. — LE SOUBASSEMENT DES KLIPPES

On entend par soubassement des klippes l'ensemble complexe stratigraphique et tectonique de terrains compris entre les schistes à Meletta de l'autochtone et le Trias basal de la « nappe supérieure ».

A) Observations dans le secteur des Annes (fig. 2).

1) *Les grès de Taveyannaz.*

Ces faciès localisés au versant Aravis, et qu'il vaudrait mieux appeler « wackes volcaniques », reposent, soit par l'intermédiaire d'une mince série de schistes marno-micacés passant à des silts gréso-micacés, soit directement en discordance, sur les marnes à Foraminifères.

2) *Le « flysch » marno-micacé sans galets.*

Il s'agit d'une série détritique, régulièrement stratifiée, où alternent de façon rythmique de minces lits de grès fins et des schistes silteux marno-micacés plus développés.

a) Sur le flanc SE de la chaîne du Bargy, entre le Borne et l'Arve, les schistes à Meletta sont surmontés par quelques mètres seulement de « flysch » marno-micacé dans la région du col de la Colombière et du plateau de Samance, mais, au SW du Chinaillon, la puissance de cette série dépasse certainement 300 m.

b) Côté Aravis, au-dessus des 200 m de la série des « grès de Taveyannaz », le passage est progressif à une série marno-micacée aussi épaisse

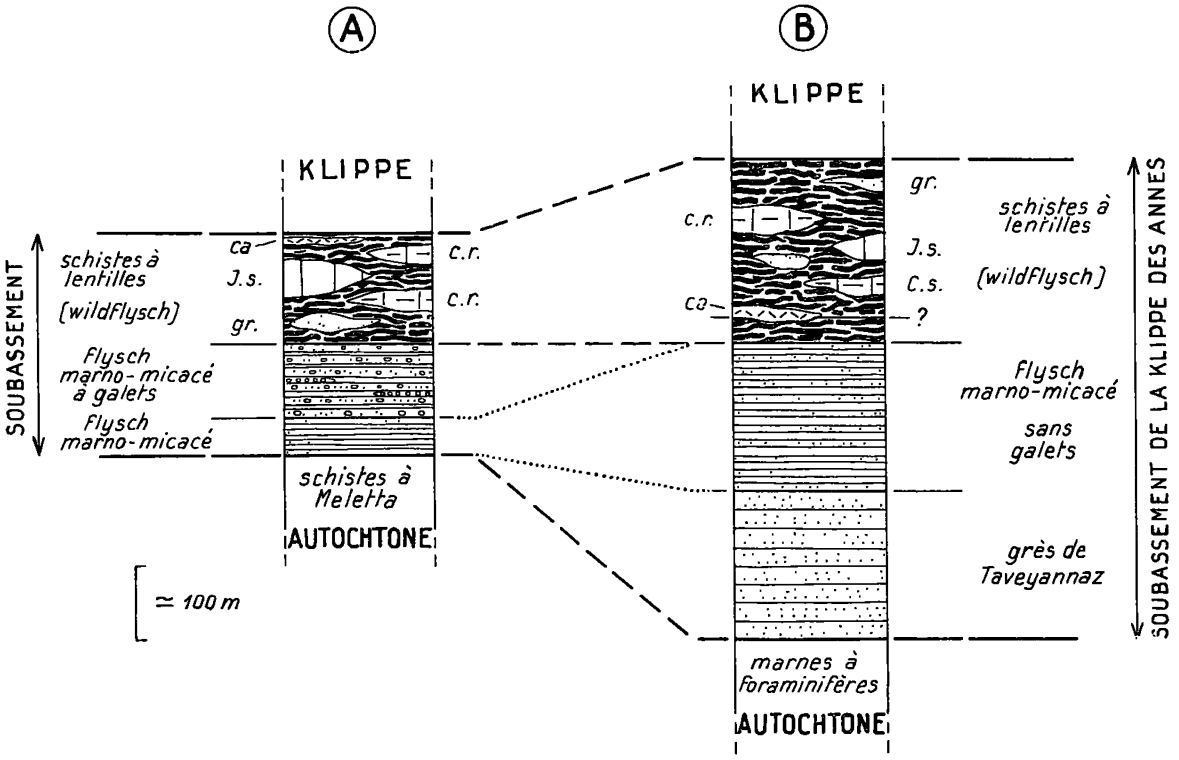

Fig. 2. — Coupes schématiques du soubassement de la klippe des Annes.

A) Bord externe, dans la région du col de la Colombière. — B) Bord interne, dans la région du col des Annes. ca, cargneule ; c.r., couches rouges ; gr., grès ; C.s., Crétacé supérieur ; J.s., Jurassique supérieur.

renfermant vers le sommet des bancs microbréchiques à débris de petites Nummulites. Vient ensuite une série de schistes micacés à plantes. Ces schistes, d'abord gris, deviennent bruns vers le sommet et semblent passer en continuité à des schistes argileux noirs peu épais.

3) *Le « flysch » marno-micacé à galets.*

a) Au col de la Colombière et au plateau de Samance, dans la série marno-micacée, apparaissent des galets isolés de calcaires et grès, et des niveaux lenticulaires microconglomératiques.

b) Le faciès marno-micacé à galets ne connaît, du côté Aravis, qu'une extension et un développement limités. On ne peut guère le signaler qu'en une région, sur la couverture de l'anticlinal de Mont-Durand.

4) *Les schistes à lentilles.*

Il s'agit d'un complexe chaotique à faciès « *wildflysch* » constitué d'une matrice schisteuse emballant de nombreuses lentilles de toutes tailles et de nature variée. C'est le faciès le plus constant, car on le retrouve partout sous la klippe, du côté Aravis, comme du côté Bargy.

La matrice est caractérisée par des schistes argileux noirs avec ölquartzites constituant soit la base de la formation, soit l'emballage des lentilles. Mais on trouve aussi des schistes marno-micacés en abondance. Ces faits peuvent s'interpréter de plusieurs façons :

— Les schistes argileux noirs sont la matrice unique et les schistes marno-micacés y sont emballés en lentilles analogues aux lentilles de grès ou de calcaire.

— Les schistes argileux noirs *et* les schistes marno-micacés constituent la matrice du complexe à lentilles.

— Les schistes marno-micacés sont la suite de la série marno-micacée inférieure et les schistes argileux noirs sont l'emballage des lentilles calcaires ou gréseuses incluses dans cette série.

Les éléments contenus dans ces schistes frappent par leur taille importante (ordre du décamètre ou de l'hectomètre) et surtout par leur variété. On y rencontre : des lentilles de grès divers ; des lentilles de Jurassique supérieur à silex et microbrèches, de Crétacé inférieur, de Sénonien sous l'aspect, soit de « marbres en plaquettes », soit de calcaire sublithographique en bancs, des lentilles de « couches rouges » à *Globorotalia,* de brèches polygéniques à grandes Nummulites, des paquets de « flysch à Helminthoïdes », surtout au sommet du complexe ; des cargneules en lames plus ou moins importantes, le plus souvent près du contact avec la klippe. Rappelons l'existence « d'une « lame » de calcaire fin... micritique à *Tintinnop sella carpathica* et *Nannoconus steinmanni,* comportant quelques passées détritiques à *Calpionella alpina* et *C. elliptica ;* cette lentille, d'âge valanginien inférieur, porte les traces d'un remaniement de faciès d'âge plus ancien ; de plus, la présence de nombreux *Aptychus* peut faire supposer que cette « lame » appartient au domaine subbriançonnais (J. DEBELMAS, communication orale) » (in J. CHAROLLAIS et J. ROSSET, 1965, p. 76). Certaines lentilles (Jurassique sup., Crétacé sup.) de taille importante ont été replissées avec la matrice schisteuse.

Le contact avec la klippe est généralement caché par les éboulis ou la végétation. On peut l'observer au-dessus du Reposoir, sous le Létolet, où des lames diverses et des cargneules sont emballées dans des schistes noirâtres.

B) Résultats micropaléontologiques nouveaux [1].

Un premier échantillon prélevé sans idée préconçue dans une des lentilles de couches rouges (réputées sénoniennes) de la Combe des Forts s'est révélé rempli de *Globorotalia.* L'âge tertiaire d'une partie au moins de ces lentilles de couches rouges constituant un fait nouveau, nous en avons échantillonné d'autres en particulier aux environs des chalets d'Aufferand. Mais surtout, notre attention s'est portée sur les galets emballés dans le haut du « flysch » marno-micacé du col de la Colombière.

1) *Galets dispersés.*

a) Une première station (talus de la route au col de la Colombière) a donné lieu à un échantillonnage systématique. Un lot de 50 galets a été prélevé (simultanément par les trois auteurs) sans

[1] Les microfaunes du Crétacé supérieur de nos plaques minces ont été déterminées par Mme M. CARON que nous remercions de sa collaboration.

aucune discrimination de faciès ou de taille (1 à 50 cm). Ils ont donné les résultats suivants :

Calcaires planctoniques (la plupart à faciès « couches rouges ») ; 44 galets (88 %) qui se répartissent comme suit :

— 11 galets (22 %) de Crétacé supérieur indifférencié :

Radiolaires ;
Hedbergelles ;
Fissurines ;
Gümbelines ;
Globotruncana groupe *lapparenti* :
lapparenti BROTZEN,
tricarinata (QUEREAU),
bulloides (VOGLER)

(pour 5 d'entre eux le faciès « couches rouges » n'est pas caractéristique et demeure discutable).

— 4 galets (8 %) d'âge Turonien - Sénonien inférieur :

Globotruncana lapparenti lapparenti BROTZEN ;
Gltr. lapp. tricarinata (QUEREAU) ;
Gltr. sigali REICHEL (avec 1 variété à 2 carènes) ;
Gltr. arca CUSHMAN ;
Gltr. concavata (BROTZEN) ;
Praeglobotruncana helvetica (BOLLI) ;
Gümbelines.

— 17 galets (34 %) ont un âge Sénonien supérieur (Campanien-Maestrichtien) :

Gümbelines ;
Rugoglobigerina sp. ;
Globotruncana lapparenti lapparenti BROTZEN ;
Gltr. lapp. bulloides (VOGLER) ;
Gltr. lapp. coronata BOLLI ;
Gltr. lapp. tricaranita (QUEREAU) ;
Gltr. linneiana (D'ORBIGNY) ;
Gltr. arca (CUSHMAN) ;
Gltr. groupe *stuarti* (DE LAPPARENT) ;
Gltr. elevata (BROTZEN) ;
Gltr. ventricosa WHITE ;
Gltr. concavata (BROTZEN) ;
Gltr. havanensis (VOORWIJK) ;
Gltr. elevata-stuartiformis DALBIEZ

(5 d'entre eux, c'est-à-dire 10 %, étant indubitablement maestrichtien).

— Enfin, 12 galets (24 %) ont un âge au moins paléocène avec une microfaune de *Globorotalia* (3 d'entre eux présentent un léger détritisme pouvant traduire un passage au Flysch).

Grès de type « Flysch » : 3 galets (6 %) dont :

— 1 grès moyen à microfaune de *Globorotalia* et Orthophragmines.
— 1 grès calcaire fin à Gümbelines pouvant provenir d'un flysch crétacé supérieur.
— Enfin 1 grès calcaire fin passant à du calcaire gréseux, sans trace de microfaune (peut être même origine que le précédent).

Divers : Il s'agit de 3 galets (6 %) de calcaire argileux sans microfaune déterminable, si ce n'est des Radiolaires et quelques petites loges globuleuses.

b) Une seconde station (Bois d'Aufferand, au N de l'arête, vers 1 350 m), sans avoir donné lieu à un échantillonnage aussi systématique, a cependant fourni, sur 9 galets prélevés :

— 1 galet de Crétacé supérieur indifférencié.
— 3 galets de Sénonien supérieur dont un Maestrichtien avec :
Gümbelines ;
Rugoglobigerines ;
Globotruncana stuarti (DE LAPP.) ;
Gltr. havanensis (VOORWIJK) ;
Gltr. lapparenti tricarinata (QUEREAU).
— 3 galets de calcaire parfois finement siliceux à *Globorotalia ;* au moins Paléocène ; ces deux types prédominants présentant, ici encore, une microfaune planctonique du type des Couches Rouges.
— Enfin, 2 galets de grès fin parfois verdâtre, à débris de *Globorotalia* et de Nummulites.

2) *Microconglomérats.*

Il s'agit de minces niveaux plus ou moins lenticulaires de microconglomérats dont les éléments varient de 1 à 10 mm, et intercalés dans le « flysch » marno-micacé à galets du col de la Colombière.

Dans les 9 échantillons examinés en plaques minces, on note :

— de rares éléments de couches rouges sénoniennes ;
— de fréquents éléments de couches rouges paléocènes ;

— ainsi qu'une microfaune de :

Globorotalia sp.,
Assilina sp.,
Nummulites,
Orthophragmines,

accompagnée de Bryozoaires et de Lithothamniées. Bien que présente dans le ciment, le mauvais état de conservation de cette microfaune (surtout à l'état de débris) conduit à envisager son remaniement comme très probable. Aussi l'âge de ces microconglomérats demeure-t-il incertain et la question subsiste de savoir s'il s'agit de niveaux lenticulaires normalement stratifiés dans le « flysch » marno-micacé (et alors à microfaune nettement remaniée), ou bien de chapelets de lentilles (à microfaune faiblement remaniée) allochtones et glissées dans le flysch marno-micacé (au même titre que les galets plus volumineux et dispersés), et qui pourraient provenir dans ce cas d'un flysch éocène.

3) *Lentilles* volumineuses dans le wildflysch.

Outre les couches rouges au moins paléocènes déjà signalées dans la Combe des Forts, nous avons fait une série de plaques minces dans les lentilles de calcaires planctoniques des environs du chalet d'Aufferand.

Sur le chemin du col de la Colombière à ce chalet, une première lentille assez grosse, située à peu près à la limite entre flysch marno-micacé à galets et wildflysch, est constituée de calcaire argileux vert, planctonique, renfermant :

Gümbelines,
Globotruncana bicarénées du groupe *lapparenti*.

Quant à la volumineuse lentille de couches rouges réputées sénoniennes qui supporte le chalet d'Aufferand, elle comporte une partie de calcaire argileux fin, gris-vert, d'âge maestrichtien, avec :

Gümbelines,
Rugoglobigérines,
Globotruncana arca CUSHMAN,
Gltr. stuarti (DE LAPP.),
Gltr. elevata (BROTZEN),
Gltr. havanensis (VOORWIJK),

et une partie de marno-calcaires, rouges, plus schisteux, parfois un peu gréseux, à :

Globorotalia sp. au moins Paléocène.

Il reste à mentionner, dans le Bois d'Aufferand, un élément fait d'une brèche calcaire « en mosaïque » présentant de nombreux galets de Tithonique supérieur à :

Calpionella alpina LORENZ,
Calpionella elliptica CADISCH,

des galets calcaires microcristallins et des débris de grands Foraminifères éocènes (Nummulites, Orthophragmines).

De même, toujours dans le Bois d'Aufferand, affleurent des niveaux de grès verts fins à moyens, surmontant le « flysch » marno-micacé à galets déjà signalé, et renfermant des débris de :

Globorotalia sp.,
Orthophragmines,
Discocyclines.

Il est à noter leur ressemblance lithologique et microfaunique avec les galets de grès vert emballés dans le « flysch » marno-micacé sous-jacent, ce qui laisserait supposer qu'il s'agit déjà de lentilles.

C) Interprétation du secteur des Annes.

1) *Critique des subdivisions tectoniques antérieures.*

Nous avons rappelé la distinction, déjà ancienne, faite aux Annes, d'une « nappe supérieure » et d'une « nappe moyenne » qui trouverait son équivalent dans nos schistes à lentilles (wildflysch). Plus tard, une « nappe inférieure » fut aussi individualisée aux Annes (J. ROSSET, 1957), représentée par la « série marno-micacée » à galets (J. CHAROLLAIS et J. ROSSET, 1965). C'était du reste sur l'absence ou la présence de ces galets qu'on s'appuyait pour différencier le « marno-micacé » autochtone de celui de la « nappe inférieure ». Cependant, les diverses observations nouvelles amènent à douter de la distinction des nappes inférieure et moyenne, au moins en tant qu'unités tectoniques et pour ce qui concerne le secteur des Annes.

a) L'arrivée de galets dans le flysch marno-micacé ne permet guère de subdiviser tectoniquement une série dont le faciès est par ailleurs constant ; d'autant plus qu'au lieu de montrer un contact mécanique entre les deux termes proposés,

les divers affleurements suggèrent davantage une liaison intime par passage progressif. Dès lors, le flysch marno-micacé, d'abord sans galets, puis avec galets, semble faire partie de la série autochtone, ce qui supprime la « nappe inférieure » aux Annes. Mais cela n'empêche nullement que la présence très localisée de galets dans des niveaux élevés de cette série autochtone soit en relation étroite avec la mise en place (proche ou lointaine) de l'unité supérieure constituant la klippe des Annes. Nous en verrons plus loin la preuve.

b) Quant à l'éventuelle réalité d'une « nappe moyenne » aux Annes, elle pose encore quelques problèmes. Remarquons cependant que la matrice de schistes argileux noirs du « wildflysch », malgré son faciès différent, n'est pas obligatoirement séparée tectoniquement du flysch marno-micacé à galets, autochtone et immédiatement sous-jacent. Nous avons même relevé, localement au moins (col des Annes), un passage progressif entre les deux. Et l'allochtonie des lentilles n'implique pas une allochtonie de la matrice qui pourrait, au moins en partie, constituer l'extrême sommet de la série autochtone (un faciès « wildflysch » superposé et succédant alors à un faciès « flysch »).

2) *Comparaisons des divers éléments :* galets et lentilles.

Les remarques qui précèdent nous amènent à souligner l'étroite parenté entre la majorité des galets disséminés dans le flysch autochtone d'une part, et une bonne partie des lentilles emballées dans le wildflysch sus-jacent d'autre part. Dans les deux cas : présence indubitable de calcaires planctoniques à faciès « couches rouges » et âge sénonien à paléocène ; présence en proportion réduite de grès à faciès flysch et microfaune tertiaire ; enfin analogie possible entre les quelques galets de grès et calcaire pouvant provenir d'un flysch calcaire crétacé supérieur, et les rares affleurements, en lentilles, de type « flysch à helminthoïdes ». Il y a similitude de faciès et d'âge pour ces éléments, alors que seule leur taille diffère. Ce qui n'empêche pas que certaines lentilles, par exemple de Jurassique supérieur ou de Crétacé inférieur, n'aient pas encore trouvé leur homologue en galets dans la série sous-jacente.

3) *Origine paléogéographique d'une partie des éléments.*

Les attributions successives, tectoniques ou paléogéographiques des nappes « moyenne » et « supérieure » montrent les difficultés du problème. Ce sont les couches rouges, en galets ou en lentilles, qui nous apportent les données les plus significatives à ce sujet. Tant qu'elles étaient estimées sénoniennes, on ne pouvait que remarquer l'absence ou la rareté de ce faciès dans l'autochtone comme dans l'ultrahelvétique. Et, ce sur quoi insistait justement D. Dondey (1960), « l'interprétation paléogéographique et tectonique des couches rouges, d'âge crétacé supérieur, connues dans les Annes (demeurait) en effet douteuse ».

Dès lors que se trouve démontrée la présence de couches rouges maestrichtiennes et paléocènes, le problème s'éclaire beaucoup. En effet un tel faciès, d'un tel âge, est inconnu dans le domaine autochtone (transgression du Priabonien sur le Sénonien), dans le domaine ultrahelvétique (couches de Wang, puis lacune), et dans le domaine valaisan (faciès flysch). Alors qu'il est au contraire courant dans le domaine subbriançonnais (calcschistes planctoniques des Alpes françaises, couches rouges des Préalpes Médianes Plastiques), ou d'autres plus internes (Briançonnais, Médianes Rigides, nappe de la Brèche). Ceci doit suffire pour affirmer que, si la présence d'éléments ultrahelvétiques ou valaisans n'est nullement démontrée aux Annes, la présence d'éléments subbriançonnais est par contre certaine. Ainsi pourrait être confirmée l'attribution subbriançonnaise envisagée par J. Debelmas (in J. Charollais et J. Rosset, 1965, p. 76) pour une lame de calcaire à Calpionelles et Aptychus.

Il s'ensuit une première conséquence non négligeable. Si l'ancienne « nappe moyenne » comporte de nombreux éléments (lentilles) d'origine indubitablement subbriançonnaise, il devient très difficile, voire impossible, d'imaginer encore une origine ultrahelvétique pour la « nappe supérieure » (cf. M. Lugeon, 1946 ; L. Collet, 1955 ; J. Ricour, 1962 *cum biblio.*). Cette dernière, actuellement revue par l'un de nous (J. R.), semble bien d'origine subbriançonnaise. Or ce qui subsiste de sa série stratigraphique ne dépasse pas le Lias moyen. Rejoignant alors L. Moret (1954), il semble très tentant d'envisager, non pas l'ex-« nappe

moyenne » dans son ensemble comme il le faisait, mais certaines au moins de ses lentilles constitutives comme des vestiges de l'ancienne succession stratigraphique normale vers le haut de la « nappe supérieure ».

4) *Mécanismes sédimentaires et tectoniques.*

Deux autres conséquences peuvent être dégagées, concernant les mécanismes ayant présidé à l'élaboration de nos faciès particuliers, à galets ou à lentilles, ainsi qu'à la réalisation de l'édifice structural observé.

a) Si, pour une bonne part d'entre eux, les éléments emballés dans le wildflysch (« nappe moyenne ») appartiennent bien à la même série stratigraphique que la klippe dont ils constituaient la partie supérieure, leur mise en place résulte alors d'une *diverticulation*. L'ordre de dépôt est inversé (D. DONDEY, 1960), mais seulement en partie : Malm, Crétacé et peut-être Flysch se trouvant maintenant sous-jacents à la « nappe supérieure » dont le Trias et le Lias demeurent en position normale. Remarquons aux Annes que les éléments ainsi « diverticulés » sont relativement réduits, quelle que soit la taille des diverses lentilles, ce qui explique qu'ils ne demeurent pas obligatoirement en position normale (cas pourtant le plus fréquent).

b) Quoi qu'il en soit, en ce qui concerne les couches rouges et qu'il s'agisse des lentilles dans le wildflysch ou des galets dans le flysch marno-micacé, elles ne peuvent provenir que de l'unité supérieure (subbriançonnaise) ou au moins du même domaine paléogéographique. Sans rejeter le rôle de glissements sous-marins (olistolites), ceux-ci ne peuvent donc s'être produits à partir de falaises ou de cordillères appartenant aux domaines autochtone ou ultrahelvétique (J. CHAROLLAIS et J. ROSSET, 1965, p. 72). Ce qui montre que tout faciès détritique à galets, blocs ou lentilles, ne doit pas systématiquement donner lieu à l'hypothèse d'une cordillère partageant ou bordant le bassin de sédimentation. Dans le cas qui nous occupe, il reste l'hypothèse d'une alimentation à partir du front d'une nappe (ici la « nappe supérieure ») se mettant en place dans ou non loin de ce bassin. Une fois de plus on voit que l'on ne passe de l'olistolite au diverticule qu'au prix d'une différence, parfois minime, d'échelle ; ce qui souligne encore la liaison entre sédimentation et tectonique comme l'un de nous l'a développé pour les Préalpes (C. CARON, 1966).

D) Observations et remarques sur le secteur de Sulens (fig. 3).

1) *Mésozoïque ultrahelvétique.*

Un caractère propre de la klippe de Sulens est la présence assez continue d'une « nappe inférieure » bien développée et sûrement ultrahelvétique.

Sa série sédimentaire débute par des schistes bruns micacés attribués au Callovo-Oxfordien se terminant par des schistes argileux noirs à faune de l'Oxfordien supérieur. Les calcaires sublithographiques du Malm forment falaise. Au-dessus vient une épaisse série (calcaire marneux et marnes) du Crétacé inférieur à affinité ultrahelvétique, surmontée de marnes glauconieuses (Aptien). Vers leur sommet peuvent s'intercaler localement des bancs conglomératiques à Orbitolines, mais on n'observe nulle part de véritable faciès urgonien. Parfois quelques mètres de calcaires sublithographiques en bancs de 20 cm (Sénonien) les surmontent. Enfin au-dessus des marnes glauconieuses ou du calcaire sénonien débute la série du flysch.

2) *Le contact entre cet Ultrahelvétique et son soubassement autochtone* se présente sous divers aspects et pose encore bien des problèmes.

a) Dans le cas le plus simple (col des Portettes), l'autochtone se termine par une série schisto-gréseuse d'épaisseur réduite (50 m) ; les schistes argileux noirs superposés ont-ils une individualité propre ou appartiennent-ils à l'Oxfordien de la base de la klippe ?

b) Sur le bord W (entre Serraval et St-Ferréol), le contact se fait entre une série marno-micacée autochtone (recouvrant soit l'Hauterivien, soit un peu d'Urgonien) et des schistes callovo-oxfordiens. A la limite sont présentes des brèches importantes, bien visibles le long de la route, ou des bancs de microbrèches. Faut-il les rattacher au Nummulitique autochtone ou à celui de la « nappe inférieure » ?

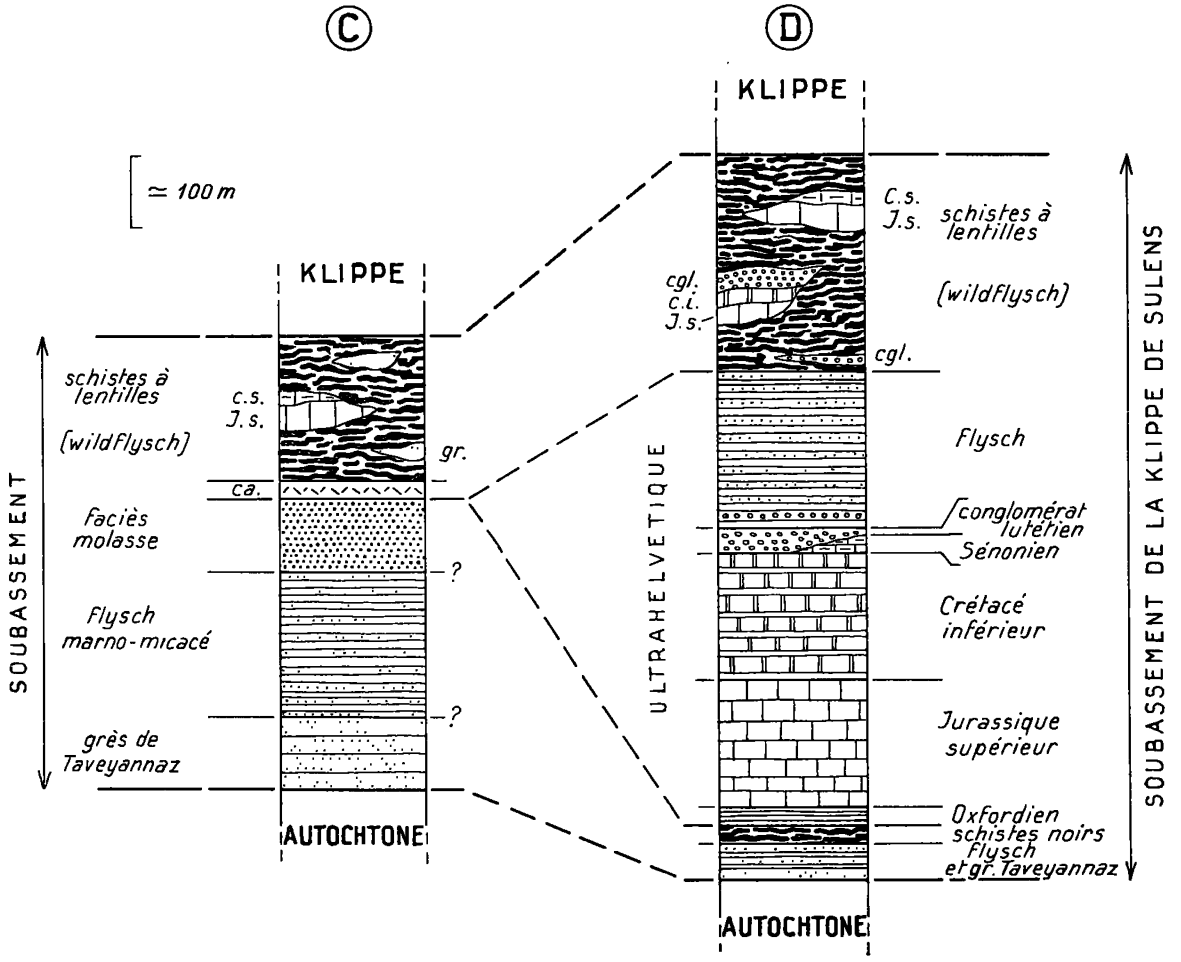

Fig. 3. — Coupes schématiques du soubassement de la klippe de Sulens.

C) Bord externe (NW). — D) Bord interne (SE).
ca, cargneule ; cgl. conglomérat ; gr. grès ; C.s., Crétacé supérieur ; C.i., Crétacé inférieur ; J.s., Jurasique supérieur.

c) Sur le bord NW (région des Clefs), le soubassement est constitué par une épaisse série de flysch « autochtone ». A la base, des grès de Taveyannaz typiques : or on est sur le versant Tournette et non sur le versant Charvin du synclinal de Thônes, et ces grès devraient se rattacher au type val d'Illiez ; il faut admettre un décollement de la couverture de la chaîne du Charvin, un déplacement et un empilement en avant de la klippe. Vient ensuite un « flysch » marno micacé où s'intercalent des bancs de grès épais ; dans cette série isoclinale, l'observation des figures de sédimentation montre que les couches sont tantôt à l'endroit, tantôt renversées. Les grès inclus dans la partie supérieure de cette série présentent un « faciès molasse », avec des empreintes de racines. En ce point, c'est la « nappe moyenne » des auteurs qui repose sur l'autochtone, par l'intermédiaire d'un coussinet de cargneules que l'on peut suivre sur 1 km.

3) *Flysch ultrahelvétique.*

En discordance sur les divers niveaux de la série mésozoïque ultrahelvétique, un conglomérat à blocs de toute nature (cristallin et sédimentaire), et dont le ciment contient de grandes Nummulites, peut marquer le début du Nummulitique.

Le conglomérat manque souvent et, en concordance apparente sur le Mésozoïque, reposent les

alternances de grès et schistes marno-micacés du flysch. Toujours, dès la base et à des niveaux variés, s'y intercalent les bancs microbréchiques à grandes Nummulites dont la constance était déjà soulignée par L. MORET. La présence de ces microbrèches, l'importance numérique et la régularité des bancs gréseux centimétriques marquent des différences avec le flysch marno-micacé autochtone des Annes. La suite de la série ressemble ensuite beaucoup à celle des Annes, mais on n'y trouve pas de niveaux à galets.

4) *Les schistes à lentilles* (wildflysch) représentent un trait commun aux Annes et à Sulens (ancienne « nappe moyenne »). Notons certaines différences.

Dans la matrice schisteuse peuvent se présenter vers la base des niveaux lenticulaires de microbrèches à Nummulites.

La taille maximum des lentilles est souvent plus importante (la colline du Bouchet, la montagne de Roche Vieille).

Aux Annes, une lentille est constituée d'un terrain unique, alors qu'à Sulens elle peut comporter une série sédimentaire plus ou moins complète s'étendant au maximum du Callovo-Oxfordien au Nummulitique. A la colline du Bouchet, les conglomérats nummulitiques sont eux-mêmes surmontés d'une série marno-micacée à lentilles de Crétacé supérieur (faciès de marbres en plaquettes). Dans certaines lentilles, on observe une série où le Crétacé supérieur repose directement sur le Jurassique supérieur : il y eut donc, dans le domaine d'origine de ces lentilles, lacune complète du Crétacé inférieur. Par contre on n'a pas découvert, du moins pour l'instant, de lentille de « Flysch à Helminthoïdes », ni de Paléocène à faciès « couches rouges ».

5) La base de la « *nappe supérieure* » est identique à celle des Annes.

IV. — HYPOTHÈSES TECTONIQUES ET PALÉOGÉOGRAPHIQUES

La confrontation des observations et de l'interprétation proposée plus haut pour le secteur des Annes, avec les observations partielles dans le secteur de Sulens, pose encore quelques problèmes. Un essai d'explication structurale et paléogéographique cohérente devrait en effet s'appliquer à la fois à ces deux secteurs aussi voisins, tout en tenant compte des différences essentielles que nous avons signalées entre eux. La difficulté porte principalement sur l'attribution tectonique et paléogéographique de la « nappe moyenne » (notre wildflysch sous-jacent à la « nappe supérieure »), mais aussi sur l'individualisation ou non de ce wildflysch en une unité indépendante, et ce, dans chacun des deux secteurs.

Trois hypothèses élémentaires demeurent possibles, ou au moins envisageables : ou bien le wildflysch en question est autochtone aux Annes et ultrahelvétique à Sulens, ou bien il est ultrahelvétique dans les deux cas, ou enfin il est autochtone dans les deux cas. Examinons-les avec leurs avantages et leurs inconvénients.

1) *Première hypothèse :* Explications différentes pour Annes et Sulens (fig. 4-I).

Aux Annes, existence d'une série autochtone unique se terminant par un faciès « wildflysch » et seulement surmontée par la « nappe supérieure », alors qu'à Sulens, le « wildflysch » appartiendrait à l'élément ultrahelvétique sous-jacent dont il terminerait la série (la « nappe » ultrahelvétique s'intercalant ici entre autochtone et « nappe supérieure »). Cette hypothèse tient le mieux compte de l'ensemble des observations de terrain. Aux Annes : passage progressif entre flysch marno-micacé et schistes noirs du wildflysch ; parenté entre galets et lentilles de couches rouges ; simplicité de structure. A Sulens : liaison apparente du wildflysch avec le flysch ultrahelvétique au bord interne ; contact beaucoup plus tranché (avec cargneules) entre wildflysch et « faciès molasse » autochtone au bord externe ; écaillage et chevauchement locaux des grès de Taveyannaz et du flysch encore au bord externe ; absence de galets dans le flysch autochtone ; enfin légères différences de faciès entre le wildflysch des Annes et celui de Sulens.

Cette hypothèse suppose par ailleurs que le même mécanisme (mise en place subaquatique de la nappe supérieure) se soit produit dans deux

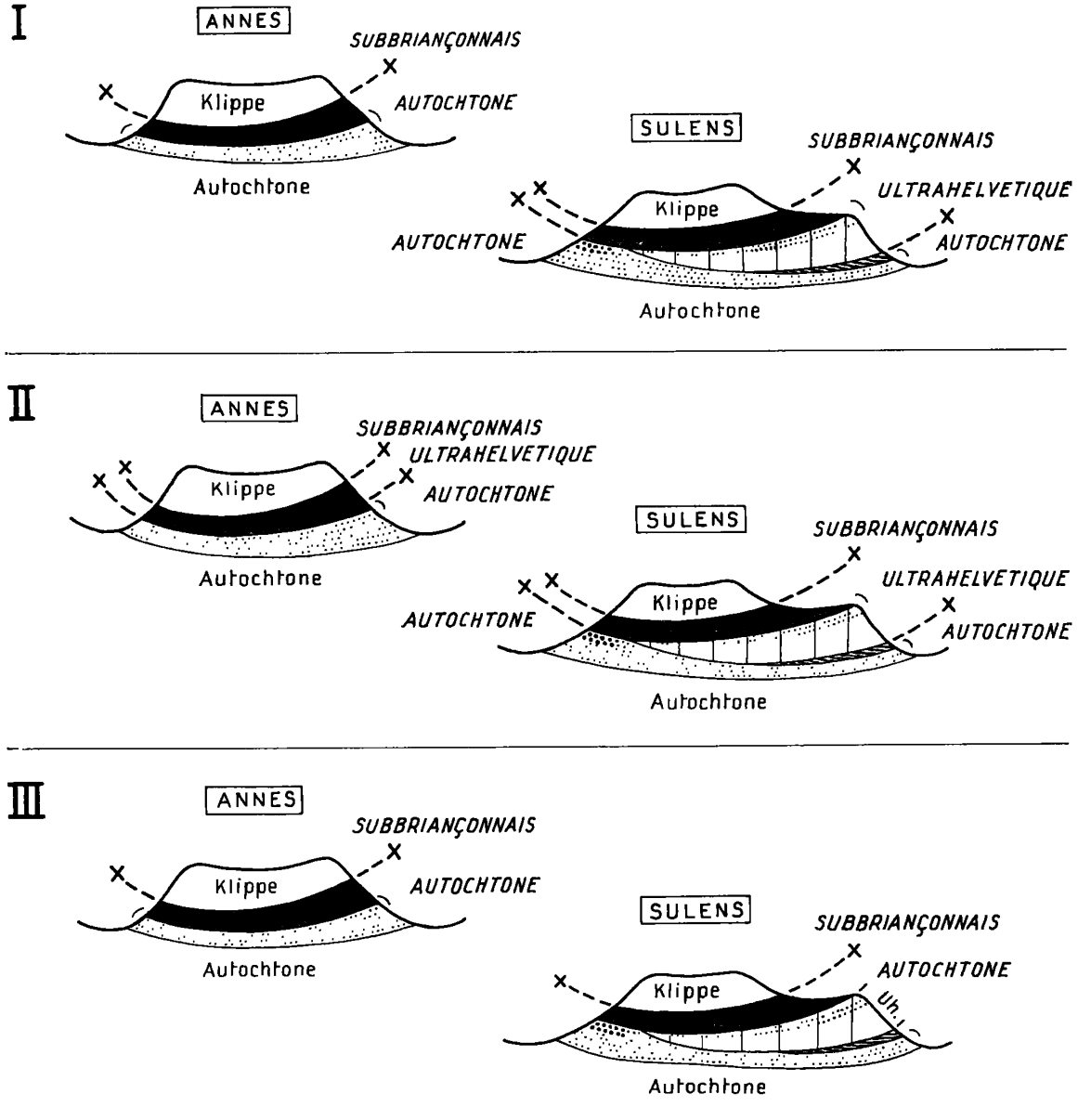

Fig. 4. — Hypothèses structurales.

I, II et III (voir texte) suivant l'attribution du wildflysch à l'autochtone ou à l'Ultrahelvétique, dans l'une ou l'autre des klippes ou dans les deux à la fois.

1, grès de Taveyannaz et flysch marno-micacé autochtones ; 2, faciès mblasse de l'autochtone ; 3, schistes noirs ; 4, Mésozoïque ultra-helvétique ; 5, flysch ultra helvétique ; 6, schistes à lentilles (wildflysch).

zones paléogéographiques différentes (autochtone et ultrahelvétique) pour deux transversales pourtant si rapprochées. La nappe supérieure des Annes n'aurait « fait que passer » sur le domaine ultrahelvétique sans rien entraîner, ou tout au plus quelques lentilles (mais c'est aussi ce qu'elle aurait dû faire auparavant sur le domaine valaisan). La nappe supérieure de Sulens, elle, aurait fait halte ou non dans le bassin ultrahelvétique, mais en tout cas ne l'aurait dépassé qu'en entraînant avec elle (ou seulement accompagnant) une partie non négligeable de la série ultrahelvétique décollée au passage ; ce n'est qu'ensuite, et ainsi lestée, qu'elle aurait atteint le domaine autochtone. Dans ce cas la mise en place définitive de la klippe de Sulens dans le synclinal de Thônes serait postérieure à la mise en place de la klippe des Annes dans le synclinal du Reposoir (ce qui pourrait être en relation avec l'obliquité de l'anticlinal de Mont-Durand et avec d'autres particularités de structure).

2) *Deuxième hypothèse :* wildflysch ultrahelvétique aux Annes comme à Sulens (fig. 4-II).

La structure des Annes, dans ce cas, se rapproche beaucoup plus de celle de Sulens, mais l'Ultrahelvétique n'y est représenté que par son terme le plus haut, le wildflysch, sans son substratum de Mésozoïque et Flysch présent à Sulens. Le même mécanisme se serait alors produit dans la même zone paléogéographique (ici ultrahelvétique) pour les deux transversales considérées. En outre la similitude avec les Préalpes serait accrue, puisque le Subbriançonnais (Médianes plastiques) y surmonte aussi l'autochtone par l'intermédiaire d'Ultrahelvétique (Préalpes inférieures). Mais cette hypothèse suppose, aux Annes, un contact anormal entre le flysch autochtone et le wildflysch : or c'est un passage progressif qui est observé au col des Annes ; il faudrait donc que ce contact, simple ou multiple, passe plus haut, au sein des schistes noirs. Il y aurait de plus la difficulté d'attribuer à l'Ultrahelvétique la série des schistes à lentilles du Reposoir, la nécessité de concilier une origine commune aux couches rouges des galets comme à celles des lentilles, et la réduction notable du flysch autochtone au bord externe des Annes.

3) *Troisième hypothèse :* wildflysch autochtone à Sulens comme aux Annes (fig. 4-III).

L'élément ultrahelvétique de Sulens (mésozoïque et flysch) se comporterait comme une énorme lentille (olistostrome) emballée dans la partie inférieure d'un wildflysch alors tout entier autochtone. Le mécanisme de mise en place de la « nappe supérieure » aurait joué de la même manière et dans une même zone paléogéographique (ici autochtone) pour les deux transversales des Annes et de Sulens. Le mince niveau de schistes noirs sous-jacents à l'Ultrahelvétique de Sulens au col des Portettes, s'il ne se rattache pas à l'Oxfordien, peut fort bien marquer le début du wildflysch autochtone. Par contre, toujours à Sulens mais au bord externe, le contact par l'intermédiaire de cargneules entre le wildflysch et un « faciès molasse » autochtone ne satisfait guère à cette hypothèse.

On pourrait aussi en formuler une *quatrième* plus gratuite selon laquelle le wildflysch sous-jacent aux klippes serait indépendant de l'autochtone comme de l'ultrahelvétique, et par exemple « valaisan » (rejoignant par là une idée ancienne concernant l'attribution de la « nappe moyenne »). Hormis pour certaines lentilles éventuellement, une telle origine est loin d'être prouvée pour la matrice schisteuse elle-même ; au contraire si l'on en croit son passage progressif à la série sous-jacente en plusieurs points.

Quelle que soit l'interprétation adoptée, il reste entendu que la grande complexité du wildflysch rend possible l'inclusion d'éléments autres que du Subbriançonnais, de l'Ultrahelvétique ou de l'autochtone. Par exemple l'existence d'éléments valaisans ne saurait être exclue et ne compliquerait en rien le mécanisme ; mais le fait reste pour le moment non démontré. Par ailleurs, nous avons signalé la présence d'éléments de type « flysch à Helminthoïdes ». S'il s'agissait bien du même flysch interne (ultrabriançonnais) que celui d'autres régions, il pourrait ou bien avoir dépassé lors de son avancée précoce le domaine de la future « nappe supérieure » (subbriançonnais), ou bien s'être maintenu temporairement dessus comme une pseudo-couverture qui aurait donné lieu ensuite à des lentilles et galets comme d'autres termes de la série (par exemple couches rouges).

V. — COMPARAISONS AVEC LES PRÉALPES

C'est avec le wildflysch sous-jacent aux klippes que l'on trouve, dans les Préalpes du Chablais et de la Suisse, les points de comparaison les plus frappants. Citons en premier lieu un faciès décrit depuis quelques années seulement et qui a d'abord été appelé « flysch à lentilles de Couches Rouges ». Il s'agit précisément d'un complexe chaotique où une matrice de schistes argileux noirs emballe des blocs ou lentilles de toutes tailles et de nature variée (les couches rouges y prédominant localement). Ce faciès se rencontre (H. BADOUX, 1960 ; C. CARON, 1964) principalement au-dessus de la nappe des Médianes et y surmonte souvent le flysch schisto-gréseux lutétien. Un faciès très semblable a récemment été mis en évidence au-dessus de la nappe de la Brèche, en Chablais (C. CARON et M. WEIDMANN, 1967) comme dans les Romandes (C. CARON, 1965) : il y est encore sous-jacent à l'unité la plus haute de l'édifice, la nappe de la Simme s. l. Enfin on pourrait aussi comparer au wildflysch des Annes et de Sulens le flysch de la nappe de Plaine Morte dans les Préalpes internes, ou bien le wildflysch des Préalpes externes.

Il s'agit dans tous ces cas de faciès très semblables de type « wildflysch » (chaotique), mais, on le voit, dans des positions structurales à chaque fois différentes : supra-autochtone, supra-Ultrahelvétique, supra-Médianes, et supra-Brèche. Il s'ensuit donc des différences paléogéographiques et chronologiques ; mais aussi des différences dans les unités impliquées, et donc dans la nature des éléments constitutifs.

On peut cependant noter dans la plupart des cas un fait remarquable : à côté d'éléments probablement attribuables à l'unité structurale sous-jacente (origine surtout tectonique), ces wildflysch emballent de nombreux olistolites (blocs ou lentilles) ne pouvant provenir que d'une unité sus-jacente (origine surtout sédimentaire). On voit donc avec quelle constance se manifeste la liaison entre le mécanisme sédimentaire ayant donné lieu à ce faciès et le mécanisme tectonique de la mise en place de la nappe en question. Devant les positions structurales si diverses signalées précédemment, apparaît ainsi la généralité de ce phénomène, à la fois dans l'espace (affectant des zones paléogéographiques différentes) et dans le temps (chronologie de mise en place).

Il sera donc intéressant de tenter des comparaisons avec d'autres régions comme par exemple les klippes de Suisse centrale, ou bien les nappes de l'Embrunais où C. KERCKHOVE (1964) a si bien mis en évidence un tel mécanisme.

CONCLUSION

Pour revenir aux klippes, si l'on voulait résumer notre position actuelle, l'hypothèse structurale la plus tentante serait celle envisageant : aux Annes une klippe subbriançonnaise unique reposant directement sur du wildflysch autochtone ; et à Sulens une klippe supérieure subbriançonnaise identique à la précédente, reposant sur le wildflysch d'une klippe inférieure ultrahelvétique, surmontant elle-même l'autochtone. Cette interprétation a le mérite d'apporter une solution plus simple et de rendre compte au mieux des observations actuelles. Mais sa confirmation nécessite encore bien des contrôles ou études, surtout à Sulens, portant principalement sur l'âge réel des flysch ou wildflysch, et sur l'inventaire beaucoup plus complet des galets ou des lentilles qu'ils renferment.

BIBLIOGRAPHIE

BADOUX (H.) (1960). — Notice explicative de la feuille de Monthey (Atlas géol. Suisse au 1/25 000e, f. 37).

BARBIER (R.) et DEBELMAS (J.) (1966). — Réflexions et vues nouvelles sur la zone subbriançonnaise au Nord du Pelvoux (*Géologie Alpine,* Grenoble, t. 42, p. 97-107).

BARBIER (R.) et TRÜMPY (R.) (1955). — Sur l'âge du Flysch de la zone des Brèches de Tarentaise (*Bull. Soc. Géol. France*, (5), t. 5, p. 207-216).

BEUF (S.), BIJU-DUVAL et GUBLER (Y.) (1961). — Les formations volcano-détritiques du Tertiaire de Thônes (Savoie), du Champsaur (Hautes-Alpes) et de Clumanc (Basses-Alpes) (*Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 37, p. 142-156).

CARON (C.) (1964). — Remarques sur le flysch à lentilles de couches rouges au front de la nappe de la Brèche du Chablais (note préliminaire) (*C.R. Somm. Soc. Géol. France*, 1964, f. 3, p. 112).

CARON (C.) (1965). — L'appartenance tectonique des Flyschs du Kalberhöni (Préalpes romandes, Suisse) : considérations sur la nappe de la Simme (*Bull. Soc. Géol. France*, (7), t. VII, p. 921-928).

CARON (C.) (1966). — Sédimentation et tectonique dans les Préalpes : « flysch à lentilles » et autres complexes chaotiques (*Ecl. Geol. Helv.*, vol. 59, n° 2, p. 950-957).

CARON (C.) et WEIDMANN (M.) (1967). — Sur les flyschs de la région des Gets (Haute-Savoie) (*Ecl. Geol. Helv.*, vol. 60, n° 2, à paraître).

CHAROLLAIS (J.) (1963). — Recherches stratigraphiques dans l'Est du Massif des Bornes (Haute-Savoie) (*Arch. Sc. Genève*, vol. 15, f. 4, p. 631-732).

CHAROLLAIS (J.) et ROSSET (J.) (1965). — Observations sur les séries marno-micacées du synclinal du Reposoir (Haute-Savoie) (*Bull. Soc. Géol. France*, (7), t. VII, p. 64-79).

CHAROLLAIS (J.) et WELLHAUSER (F.) (1962). — Contribution à l'étude des Foraminifères des chaînes subalpines (Haute-Savoie, France) (*Bull. Ver. Schweizer, Petrol. — Geol. — Ing.*, vol. 28, n° 76, p. 21-38).

COLLET (L.W.) (1955). — Notice explicative de la feuille 5 : Genève-Lausanne (Carte Géol. Gén. de la Suisse au 1/200 000e).

DEBELMAS (J.) (1962). — Daniel DONDEY (1933-1961) (*Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 38, p. 17-21).

DONDEY (D.) (1960). — Précisions sur l'attribution paléogéographique de la nappe moyenne des klippes de Savoie (*C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 251, p. 3007-3009).

FOURMARIER (P.) (1949). — Observations sur le comportement de la schistosité dans les Alpes (*Annales Hébert & Haug*, t. 7, p. 171-183).

KERCKHOVE (C.) (1964). — Mise en évidence d'une série à caractère d'olistostrome au sommet des grès d'Annot (*C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 259, p. 4742).

LUGEON (M.) (1946). — A propos de la note de R. BARBIER sur le problème de l'enracinement des klippes de Savoie (*Bull. Soc. Géol. France*, (5), t. 16, p. 485-489).

MARTINI (J.) et VUAGNAT (M.) (1965). — Essai de distinction minéralogique entre les termes fins du flysch helvétique (*Arch. Sc. Genève*, vol. 18, f. 1, p. 114-120).

MORET (L.) (1934). — Géologie du Massif des Bornes et des klippes préalpines des Annes et de Sulens (Haute-Savoie) (*Mém. Soc. Géol. France, N. S.*, mém. 22, 162 p.).

MORET (L.) (1954). — Problèmes de stratigraphie et de tectonique dans les Alpes françaises (*Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 31, p. 203-241).

RIGASSI (D.) (1957). — Faune sannoisienne du Pont de Naves (*Arch. Sc. Genève*, vol. 10, f. 2, p. 171-184).

RIGASSI (D.) (1957). — Le Tertiaire de la région genevoise et savoisienne (*Bull. Ver. Schweizer. Petrol. — Geol. — Ing.*, vol. 24, n° 66, p. 19-34).

RICOUR (J.) (1962). — Contribution à une révision du Trias français (*Mém. Serv. Carte Géol. France*, 471 p.).

RICOUR (J.) (1954). — Les zones ultrahelvétiques du pourtour de la nappe de la Brèche (feuille d'Annecy au 1/80 000e) (*Bull. Serv. Carte Géol. France*, t. 52, n° 241, p. 213-223).

ROSSET (J.) (1957). — Description géologique de la chaîne des Aravis entre Cluses et le col des Aravis (Haute-Savoie) (*Bull. Serv. Carte Géol. France*, t. 53, n° 247, 147 p.).

TRÜMPY (R.) (1955). — Remarques sur la corrélation des unités penniques externes entre la Savoie et le Valais et sur l'origine des nappes préalpines (*Bull. Soc. Géol. France*, (6), t. 5, p. 217-231).

VUAGNAT (M.) (1952). — Pétrographie, répartition et origine des microbrèches du Flysch nord helvétique (*Mat. Carte Géol. Suisse, N.S.*, 97e livr., 103 p.).

VUAGNAT (M.) (1958). — Note préliminaire sur la composition pétrographique de quelques grès du flysch de Haute-Savoie (*Arch. Sc. Genève*, vol. 11, f. 1, p. 136-140).

WILLIAMS (H.), TURNER (F.J.) et GILBERT (C.M.) (1954). — Petrography : An introduction to the study of rocks in thin sections. San Francisco, Freeman and Co.

Centre de Recherches Géodynamiques, Thonon.
Institut de Géologie, Genève.
Facultés Catholiques de Lyon.

Manuscrit déposé le 30 mars 1967.