

Le secteur subbriançonnais entre Gap et le col du Galibier au Mésozoïque, sa place dans la marge européenne de la Téthys

par Pierre-Yves CHENET *

RÉSUMÉ. – Cinq étapes caractérisent l'histoire du domaine subbriançonnais des Hautes-Alpes, en liaison avec l'évolution de la marge nord-téthysienne.

1) Transgression du Jurassique après émergence probable d'une bonne partie du secteur au Lias. Sédimentation de plate-forme peu profonde jusqu'au Bathonien inférieur puis influence pélagique progressivement dominante. 2) Effondrement et passage au milieu pélagique profond, enregistré par une production massive de brèches, au Callovien (?). Cet événement est la manifestation locale du passage de la période de « rifting » à la période de « spreading » de la marge nord-téthysienne. 3) Subsidence de type thermique du secteur étudié au Jurassique supérieur-Crétacé inférieur; instauration d'une paléogéographie de bassins profonds, lieux d'accumulation de turbidites et situés au voisinage de la CCD au Jurassique supérieur, bordés de pentes et de hauts-fonds, où la sédimentation est condensée. 4) Pendant la phase de compression de la marge, renouvellement paléogéographique de l'Aptien au Turonien, création de reliefs escarpés, sédimentation à l'Albien supérieur-Cénomaniens inférieur détritique (« black shales ») ou lacunaire (Aptien-Albien moyen, Turonien absents) et 5) nivellement des reliefs sous l'effet de réajustements du substratum et du comblement par la sédimentation épaisse, du Sénonien au Paléocène.

ABSTRACT. – The evolution of the Subbriançonnais realm (Hautes-Alpes, France) may be characterized through five main stages, linked with the North Tethyan margin history : 1) Jurassic transgression after Liassic emergence of the main part of the studied area. Shallow platform sedimentation up to the Lower Bathonian, then progressively dominant pelagic influence. 2) At the end of Middle Jurassic, collapse, with production of breccias, and setting up of deep pelagic conditions. This event corresponded to the transition between the "rifting" and the "spreading" periods of the North Tethyan margin. 3) Thermal subsidence during Upper Jurassic and Lower Cretaceous times. The studied area is then composed of deep basins, able to reach the CCD and to be filled up with turbiditic deposits during Upper Jurassic times, at foot of slopes or shallow areas, where sedimentation is condensed. Finally, during the compression stage of the margin, 4) palaeogeographic rejuvenation from Aptian up to Turonian times, with fault scarps and slopes occurrence, detrital (black shales, breccias) and lacunar (Aptian to middle Albian, Turonian absent) sedimentation; and 5) reliefs obliteration due to basement movements and to thick sedimentation, from Senonian up to Paleocene times.

* Centre de Géologie Générale et Minière, École des Mines de Paris, 60, boulevard Saint Michel, 75272 Paris Cédex 06.

I. INTRODUCTION : BUTS ET MÉTHODES

La zone subbriançonnaise, d'abord définie dans l'Embrunais, se suit sur la longueur de l'arc alpin occidental, depuis les Alpes ligures au Sud jusqu'aux Alpes suisses au Nord. Elle repose vers l'Ouest sur les zones alpines externes, autochtones ou parautochtones, où elle représente l'élément frontal des nappes penniques. Elle est chevauchée soit par les nappes briançonnaises soit par la nappe du flysch à Helminthoïdes, d'origine piémontaise.

La définition de la zone subbriançonnaise est due à M. GIGNOUX et L. MORET (1934); ses structures ont été précisées par M. LATREILLE (1961) pour le massif de Piolit, J. DEBELMAS (1955-1960) de Vallouise à la Guisanne et par R. BARBIER *et al.* (1963) plus au Nord.

Les études récentes de paléogéographie et de sédimentologie dans le domaine alpin occidental ont permis à D. BERNOULLI (1972, 1974), M. LEMOINE (1975), P. de GRACIANSKY *et al.* (1978) d'en interpréter l'histoire au Mésozoïque par comparaison avec ce qui est connu de l'évolution des marges de l'Atlantique.

De là est né le concept de marge Nord-téthysienne dans les Alpes occidentales, qui permet de replacer les études régionales dans un cadre unique et dans un schéma évolutif. C'est dans cette perspective que l'étude de la zone subbriançonnaise présentée ici a été résolument menée : on montrera en particulier que le domaine en question se situe sur une frange particulièrement sensible, à la transition entre le domaine externe, subsidant, à sédimentation épaisse et le domaine briançonnais, instable, à sédimentation réduite.

Les reconstitutions paléogéographiques recherchées ont été rendues, possibles grâce à de remarquables études structurales antérieures, notamment à celles de C. KERCHKOVE. Celui-ci a montré notamment (1969) de quelle façon les unités subbriançonnaises se relaient en festons du Sud-Est vers le Nord-Ouest : une unité méridionale est remplacée par celle qui la suit vers le

Nord et en dessous, et ainsi de suite, chacune unité occupant du Sud-Est vers le Nord-Ouest une position d'abord externe, puis centrale, puis interne.

À l'intérieur d'une même unité, on peut trouver des variations latérales de faciès et d'épaisseur rapides; l'unité de Piolit montre par exemple au Jurassique des séries lacunaires voisinant avec des séries épaisses.

Pour ces deux raisons - disposition en relais des différentes unités et variations paléogéographiques internes à chacune - il n'est guère possible de relier entre eux des domaines situés sur les mêmes parallèles aux lignes de chevauchement, comme on le faisait lors des phases antérieures de l'exploration. C'est pourquoi on présentera ci-dessous des schémas palinspastiques sans rapport direct avec les dispositions actuelles. Ce choix tient compte des particularités de la paléogéographie subbriançonnaise, qui devait être fort complexe dans le détail et présenter des lignes de contour lobées. Il écarte délibérément tant la notion de cylindrisme que celle de l'obliquité des lignes paléogéographiques par rapport aux structures, celle-ci n'étant que la superposition de deux cylindrismes.

II. PROBLÈMES DE STRUCTURES

Les structures sont commandées par l'existence de deux niveaux de décollement préférentiel :

- celui qui sépare le Trias supérieur du Rhétien fait que le socle subbriançonnais est inconnu à l'affleurement; il est vraisemblablement enfoui sous les unités penniques;
- les Terres Noires de l'Oxfordien, permettant aux calcaires lités et aux calcschistes du Malm-Crétacé de se plisser indépendamment des calcaires rigides du Dogger.

La région étudiée ici est située entièrement dans le département des Hautes-Alpes entre le col du Galibier et la vallée de l'Ubaye; elle dessine une bande étroite dans la partie adossée

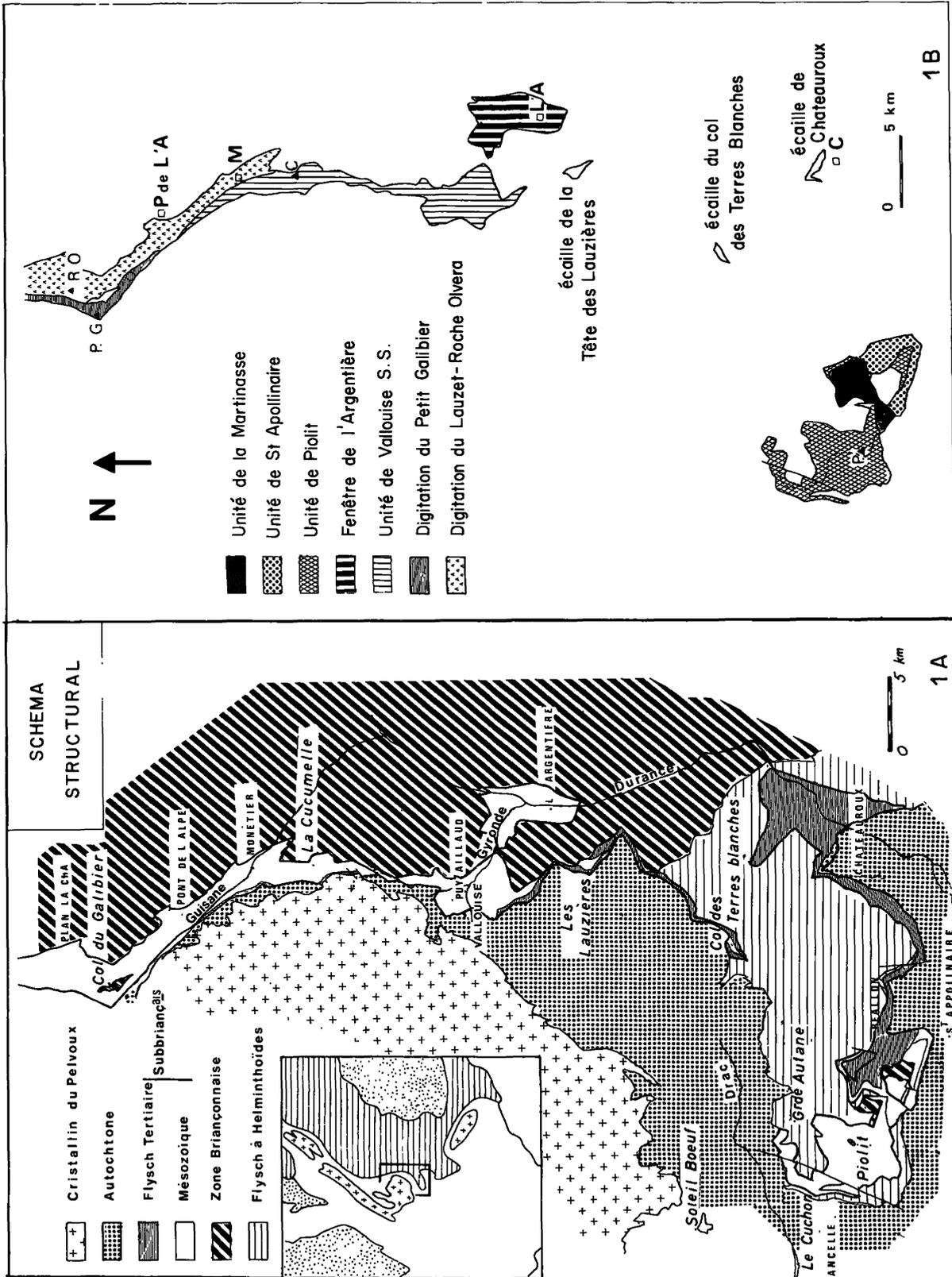


Fig. 1. - Situation structurale du secteur subbriançonnais des Hautes-Alpes et principales unités. R.O. : Roche Olvera; P.G. : Petit Galibier; P. de l'Alp; M. : Monétier-les-Bains; C. : sommet de la Cucumelle; l'A. : L'Argentière; C. : Chateauroux.

au Pelvoux, mais qui s'élargit au Sud, dans le massif du Piolit, vers la vallée de l'Ubaye ainsi qu'au Nord, à partir du col du Galbieir. Pour la commodité de la description, on distinguera (fig. 1A) : le massif du Piolit, les écaïlles entre Piolit et la Gyronde, la bande entre les vallées de la Gyronde et de la Guisane (le Monétier), la bande entre le Monétier et le col du Galibier.

a. Le massif de Piolit (fig. 1B).

Il domine le lac de Serre Ponçon au Nord; ses structures sont connues depuis les travaux de M. LATREILLE (1961).

L'unité de Piolit : elle est caractérisée par une série sédimentaire relativement épaisse; elle repose au Nord et à l'Ouest sur les terrains parautochtones dauphinois qui chevauchent eux-mêmes une écaïlle de Flysch à Helminthoïdes appartenant à la nappe de l'Autapie (KERCKHOVE, 1969); des côtés Est et Sud, elle recouvre d'autres unités subbriançonnaises, dites de Saint-Apollinaire et de la Martinasse. L'ensemble est surmonté par les unités briançonnaises de Chabrières-Estaris-La Fourche et par la nappe du flysch à Helminthoïdes (unité du Parpaillon).

Dans l'unité de Piolit, on reconnaît encore, avec C. KERCKHOVE (communication personnelle), la sous-unité externe de Piolit-Rouanne-Basse et la sous-unité interne de Piolit-Rouanne-Haute.

Les unités de Saint-Apollinaire - La Martinasse : Elles sont caractérisées par des séries stratigraphiques lacunaires, de faciès très comparables; étant coincées toutes deux sous l'unité de Piolit, les unités de Saint-Apollinaire - La Martinasse sont d'origine plus externe que celle-ci.

b. Les écaïlles mésozoïques entre le massif de Piolit et la vallée de la Gyronde.

Très laminées et emballées dans le flysch noir tertiaire, ces écaïlles jalonnent par endroits le contact entre la zone externe et les nappes inter-

nes (Briançonnais et Flysch à Helminthoïdes). Ce sont : les écaïlles du col des Terres Blanches (Crétacé inférieur) et de la Tête des Lauzières (Dogger) au front des nappes penniques et au-dessus des grès du Champsaur, et de Chateauroux-Embrun, entre les terres Noires et le Flysch à Helminthoïdes de la demi-fenêtre d'Embrun.

c. Les unités subbriançonnaises entre Gyronde et Guisane.

Primitivement confondues avec la première écaïlle de P. TERMIER (1903), elles ont été regroupées par J. DEBELMAS (1961) en une seule et même unité, dite de Vallouise, de structure complexe. On y distingue :

- la fenêtre de l'Argentière au Sud, où la série Jurassique supérieur-Crétacé est plissée en anticlinal d'axe Nord-Sud à cœur de Terres Noires.

- l'ensemble inférieur des terrains situés au Nord de Vallouise, reposant sur le Priabonien autochtone; il est constitué d'une superposition d'écaïlles laminées soit, du Nord au Sud, l'écaïlle des Claux (calcaires de Vallouise), l'écaïlle des Avarsines (Dogger à Crétacé), la banquette des Neyzets (calcaires de Vallouise), surmontée par l'écaïlle du col de l'Eychauda, enfin l'écaïlle de Cibouit (Dogger à Crétacé).

- l'ensemble supérieur, en position interne, réduit à un chapelet d'écaïlles emballées dans les calcschistes du Crétacé supérieur. Du Sud au Nord, on distingue l'écaïlle de Clot la Selle, surmontant la barre de calcaire de Vallouise, l'écaïlle des Avarsines, l'ensemble de la Cucumelle, de structure complexe, fortement replissé, enfin les écaïlles du ravin de Corvaria, surmontant la crête de Cibouit.

d. Les unités comprises entre le Monétier-les-Bains et la région du col du Galibier.

R. BARBIER (1963) y a distingué, d'Est en Ouest :

- les « écailles externes » de Crétacé et de Nummulitique, correspondant à la couverture des digitations de la Grande Moenda et du Peron des Encombres.

- la digitation du Petit Galibier, qui comporte trois écailles différentes, se relayant du Sud au Nord : celles du Plan Paradis, de Sestrières et du Fontenil.

- la digitation du Lauzet-Roche Olvera, à structure anticlinale, très apparente dans les noyaux jurassiques tant à Roche Olvera qu'au Lauzet, avec plongement d'axe sous la couverture crétacé et nummulitique du col du Galibier.

III. LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE SUBBRIANÇONNAISE

Quatre successions types, deux pour le Lias-Dogger et deux pour le Jurassique supérieur-Crétacé, seront décrites.

a. L'ensemble Lias-Dogger.

a1. LA SÉRIE DE PIOLIT (fig. 2).

Le Lias-Dogger de la série de Piolit peut être subdivisé en trois termes, au-dessus d'une surface d'érosion recoupant les dolomies et les argilites rapportées au Trias supérieur :

- les calcaires de la Rouanne, gris-blancs, (Lias ? à Bathonien inférieur).
- les calcaires marneux à posidonies, lités (Bathonien inférieur à Bathonien supérieur-Callovien).
- localement, une brèche (post-Bathonien supérieur à Oxfordien inférieur ?) dite du Jas-Cerisier.

L'ensemble est le plus souvent surmonté par les Terres Noires oxfordiennes.

• Les calcaires de la Rouanne.

Faciès : La partie inférieure est visible à proximité du verrou de Rouanne-Basse, en rive droite du torrent de la Rouanne. Reposant sur un microconglomérat à grains le plus souvent dolomitiques, il s'agit de 25 m de calcaires massifs, spathiques, riches en rognons siliceux vers le haut. Ce sont des biomicrites, presque exclusivement constituées d'entroques et de piquants d'oursins, auxquels s'ajoutent quelques rares lagenidés et textularidés; vers le haut, certains bioclastes sont micritisés à la périphérie et de rares oolites apparaissent.

La partie supérieure des calcaires de la Rouanne, surmontée des autres termes de la série de Piolit, est bien accessible dans le torrent du Jas-Cerisier, vers 2000 m d'altitude sous 12 m d'épaisseur environ. Ce sont de oobiomicrites à la base et des oosparites au sommet. On observe notamment la présence de débris de crinoïdes (cirres, articles de tiges, connus aussi dans le Dogger de Bourgogne, d'après une communication personnelle de M. ROUX), des Polypiers, des Brachiopodes, et des foraminifères benthiques, dont *Protopenneroplis striata* (WEYNSCHENK).

Âge : Un gisement d'ammonites, découvert à 1 m au-dessus des calcaires de la Rouanne, au sommet du Lautaret (point culminant du lieu-dit Rouanne-Haute, fig. 3), a été daté par S. ELMI du *Bathonien inférieur* (zone à zigzag). Cette limite supérieure d'âge est à comparer avec les observations de M. LATREILLE (1961), qui cite la présence de *Kilianina blancheti*, du Bathonien supérieur, sans toutefois préciser la localité du gisement. Quant à la base des calcaires de la Rouanne, elle rappelait à D. SCHNEEGANS (1938) le Sinémurien du Morgon, qui proposait par ailleurs de comparer le calcaire oolitique (donc la partie supérieure) à un calcaire oolitique à bélemnites et ammonites de l'Aalénien terminal-Bajocien basal dans l'écaille de Dramonasq (unité du Morgon). En résumé, bien que des phénomènes de diachronisme ne soient pas à exclure, l'âge des calcaires de la Rouanne est limité supérieurement au Bathonien inférieur. Le Lias pourrait être représenté à la base, mais ceci sans argument solide.

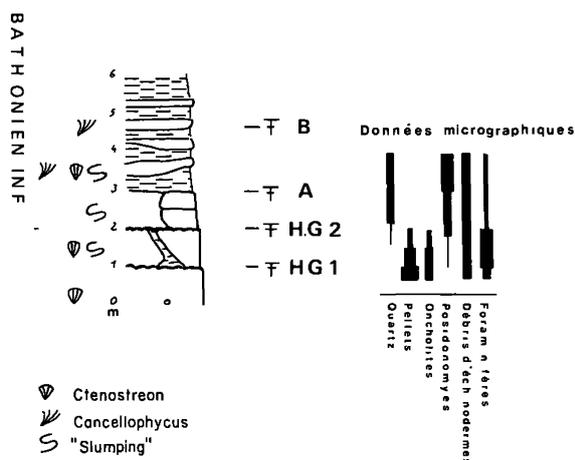


Fig. 3. - Le passage des calcaires de la Rouanne aux calcaires marneux à Posidonomyia (coupe du Lautaret).

Macrofaune du niveau A :

Ammonites : *Oecotraustes bomfordi* ARKELL, (3 ex.), *Oxyerites seebachi* (WETZEL), *Lobosphinctes* sp. (déformé), *Bullatimorphites latecentratus* (QUENSTEDT), *Ptychophylloceras hommairei* (NEUMAYR), *Procerites* gr. *fullonicus* (BUCKMAN), *Partschiceras viator* (d'ORBIGNY) déformé, *Siemiradzdia* ? sp., *Chlamys* gr. *dewalquei* OPPEL Brachiopodes : *Wattonithyris* sp. (dét. Y. ALMERAS). Un moule de gastéropode indéterminable.

Macrofaune du niveau B :

Ammonites : *Cadomites* (*Polyplectites*) sp. (nucléus), *Siemiradzka* ? sp. fragment, *Sphaeropychius buckmani* LISSAJOUS, *Oecotraustes bomfordi* ARKELL (2 ex.), *Oecotraustes* sp. (incomplet), *Procerites* sp. *juv.* Lamellibranches : *Pholadomya bellona* d'ORBIGNY, *Entolium* sp., *Ctenostreon* sp.

Macrofaune en éboulis (entre 0 et 5 m au-dessus du hard-ground).

Ammonites : *Oecotraustes bomfordi* ARKELL (empreintes), *Procerites* sp. *juv.*, *Phylloceras* sp., Lamellibranches : *Camptonectes richei* DECHASEAUX (assez nombreux). *Pecten* sp. et en place dans tout l'ensemble de calcaires marneux « *Posidonomyia* » (DUMORTIER) rapportée au genre *Silberlingia* par S. FRENEIX

Âge : Bathonien inférieur, zone à zigzag, pour l'ensemble du matériel.

Interprétation : La présence de *Ctenostreon proboscideum* caractérise un faciès de transition entre les calcaires de plate-forme néritique et les niveaux calcaréo-marneux plus pélagiques. Sa présence de part et d'autre des *hard-grounds* et l'évolution progressive du microfaciès suggère que le changement des conditions de dépôt s'est effectué graduellement. Ce changement se caractérise par l'apparition de pentes (glissements synsédimentaires, *hard-grounds*) marquant l'approfondissement du milieu. (Déterminations et indications orales de S. ELMI, 1978).

• **Les calcaires marneux à Posidonomyia.**

Limite inférieure : Le passage des calcaires de la Rouanne à ces calcaires marneux à débit en plaquettes, s'effectue suivant les endroits par un diastème ou par un *hard-ground* fossilifère. Ce *hard-ground* a été étudié au petit sommet du Lautaret, dans la vallée de la Rouanne; on y voit de bas en haut (fig. 3) :

- calcaire oolitique (oobiomcritite) contenant *Ctenostreon proboscideum* (lamellibranche);

- deux *hard-grounds* fossilifères, distants de 1 m, entre lesquels s'intercalent des lentilles de calcaire massif résultant de glissements synsédimentaires. Ces calcaires, qui sont des biopelmicités, contiennent *Ctenostreon* sp..

- alternance de bancs calcaires massif à *Cancellolophycus* (*Zoophycos*) et de bancs plus marneux et fissiles. Les ammonites datant du Bathonien inférieur sont situées dans deux niveaux préférentiels; elles y sont couchées parallèlement à la stratification, respectivement à 1 m et 2,50 m du *hard-ground* supérieur. De très nombreux exemplaires de « *Posidonomyia* » *dalmasi*, rapportées au genre *Silberlingia* par S. FRENEIX, se trouvent en place dans tout l'ensemble des calcaires marneux.

Faciès : Ces calcaires marneux, épais de 15 m à la coupe du Jas-Cerisier sont des biopelmicités ou des biomicités argileuses à Posidonomyia. En outre, on peut observer quelques radiolaires, des débris d'échinodermes et des foraminifères benthiques. Le matériel terrigène est constitué d'argiles et de petits quartz, en quantité limitée toutefois.

Âge : Une limite inférieure est donnée par les ammonites du Bathonien inférieur découverts à la base des calcaires marneux. D'autre part, la brèche les surmontant contient *Orbitammina elliptica* (d'ARCHIAC) remaniée du Bathonien supérieur; enfin une ammonite très déformée a été trouvée en éboulis, au Nord du Galibier, sur le flanc Est de Roche Olvera, datant soit le Bajocien moyen à Bathonien inférieur soit le Callovien moyen (dét. R. ENAY). L'âge des calcaires marneux du Jas-Cerisier s'étendait donc du Bathonien inférieur au Bathonien supérieur au

moins, éventuellement plus haut, jusqu'au Callovien moyen.

- *La brèche du Jas Cerisier.*

Visible à la coupe du Jas Cerisier, cette formation débute par une microbrèche (3 m), ravinant les calcaires marneux; elle se poursuit par une brèche s'organisant en remplissage de chenaux, où les éléments sont pratiquement jointifs. On y a reconnu des dolomies capucin (Trias), des calcaires gris à cassure noire (Trias ou Lias), quelques éléments de calcaires de la Rouanne, et de très rares micrites à Posidonomies.

La présence d'*Orbitamina elliptica* (d'ARCHIAC) montre que le Bathonien inférieur sous son faciès de plate-forme y est remanié. Ceci implique que la mise en place de la brèche est postérieure au Bathonien supérieur. D'autre part, elle supporte les Terres Noires de l'Oxfordien. L'âge de la brèche est donc compris entre Bathonien supérieur et Oxfordien.

- *Corrélations.*

Cette série se retrouve à quelques variations près dans les unités de Piolit, de Saint-Apollinaire - la Martinasse et au Nord des Hautes-Alpes dans la digitation du Petit Galibier et du Lauzet-Roche Olvera. Les calcaires de la Rouanne montrent des variations de détail dans les faciès (concentration d'oolites), mais l'évolution verticale depuis les sparites à entroques vers les oobiomcrites et les oobiosparites reste la règle générale. Les calcaires marneux à Posidonomies sont par endroits d'épaisseur réduite ou nulle (partie orientale de l'unité de Piolit, unité de Saint-Apollinaire); dans ce cas, les premiers termes sus-jacents sont d'âge bien plus récent : Malm supérieur ou Crétacé supérieur (Saint-Apollinaire - la Martinasse).

La brèche du Jas Cerisier, visible en ce point seulement de Piolit, est constituée des mêmes éléments et se situe à la même place dans la série que la célèbre brèche du Télégraphe, bien connue dans l'unité du Petit Galibier et en Maurienne. Entre Piolit et la vallée de la Guisane, cette brèche n'est pas représentée, soit par l'effet du contact direct entre l'équivalent des calcaires de la Rouanne et les Terres Noires, soit par l'effet d'une lacune complète du Malm (Saint-Apollinaire, la Martinasse).

a2. LA SÉRIE DES NEYZETS (fig. 4).

Reposant sur les dolomies blanches du Trias, par endroits perforées, viennent successivement les calcaires de Vallouise et une brèche, équivalent latéral de la brèche du Télégraphe. La meilleure coupe est située vers 2300 m d'altitude, sur le flanc Sud de la banquette des Neyzets, dans l'unité de Vallouise.

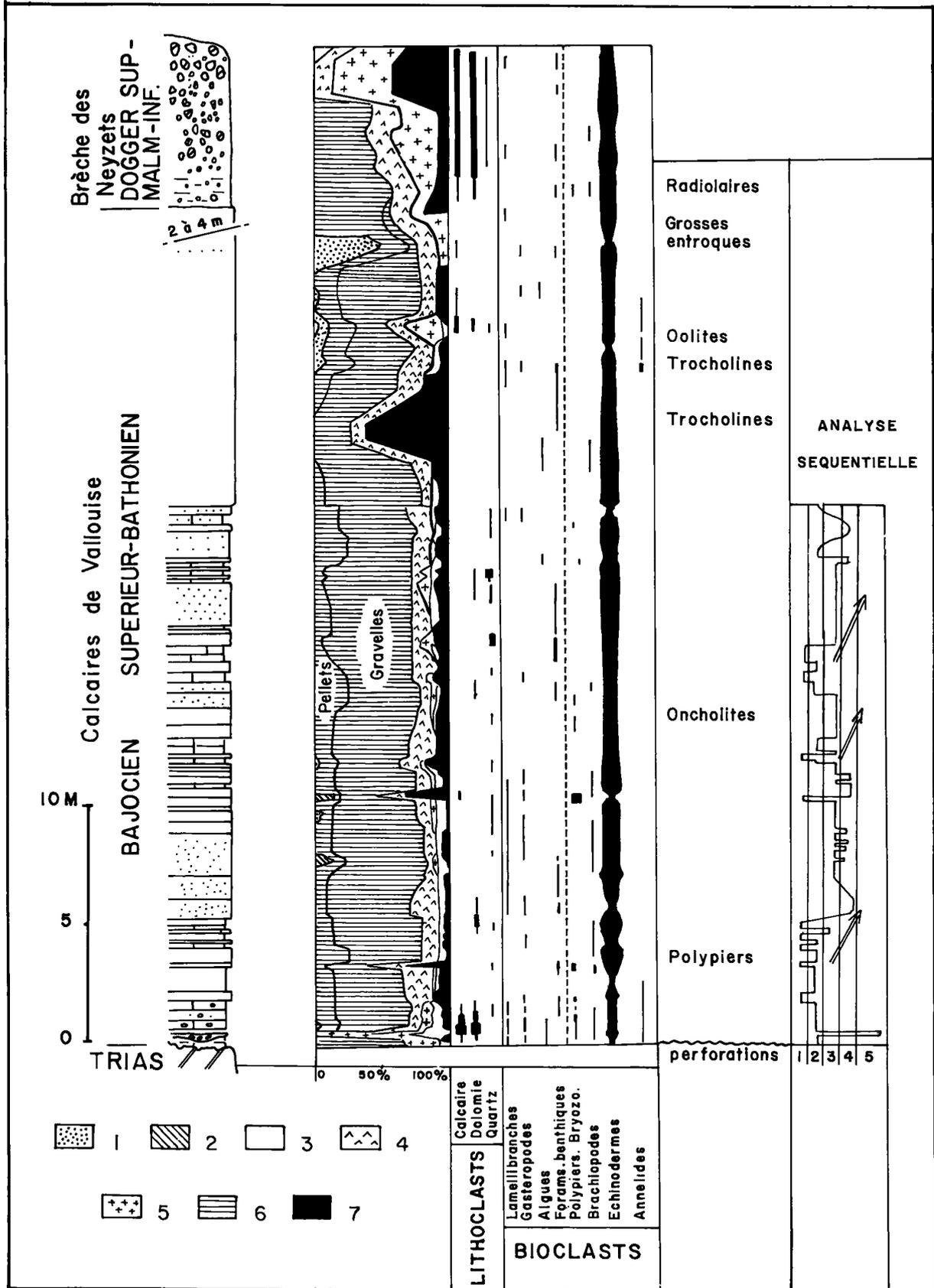
- *Les calcaires de Vallouise.*

Faciès : De bas en haut, on observe :

– une alternance de calcaires à débit en plaquettes, fossilifères, riches en matière organique, et de calcaires massifs graveleux. La macrofaune est constituée d'entroques, de Lamellibranches et de Polypiers, dont : *Lochmaesmilium trapeziformis* (GREGORY), *Isostraere bernardina* (d'ORBIGNY), et *Isostraere ornata* (d'ORBIGNY) (dét. de L. BEAUVAIS). En lame mince, ces calcaires sont des biopelmicrites graveleuses (packstone) avec gastéropodes (nérinées), algues (codiacées), foraminifères benthiques (lituolidés, trocholines), débris de bryozoaires, brachiopodes, annélides et radioles d'oursins. On observe aussi des biopelsparites à débris d'échinodermes seulement.

Fig. 4. – Caractéristiques pétrographiques de la série du Dogger des Neyzets. Analyse séquentielle : faciès 1 : calcaires en plaquettes (*wackestones*) organogènes, à bioclasts micritisés à la périphérie; bioturbations; 2 : calcaires en plaquettes ou massifs (*packstones*); pellets; gravelles; bioclasts micritisés en surface; 3 : calcaire massif (*packstone* ou *grainstone*) à pellets; classements, laminations; débris d'échinodermes partiellement micritisés; 4 : calcaires graveleux, de type « *grainstone* »; laminations; microchenaux; quelques débris d'échinodermes; 5 : micro-conglomérat.

Constituants : 1 : oolites; 2 : intraclastes; 3 : sparite; 4 : bioclastes; 5 : lithoclastes; 6 : pellets et gravelles; 7 : micrite.



Brèche des
Neyzets
DOGGER SUP -
MALM-INF.

2 à 4 m

Calcaires de Vallouise

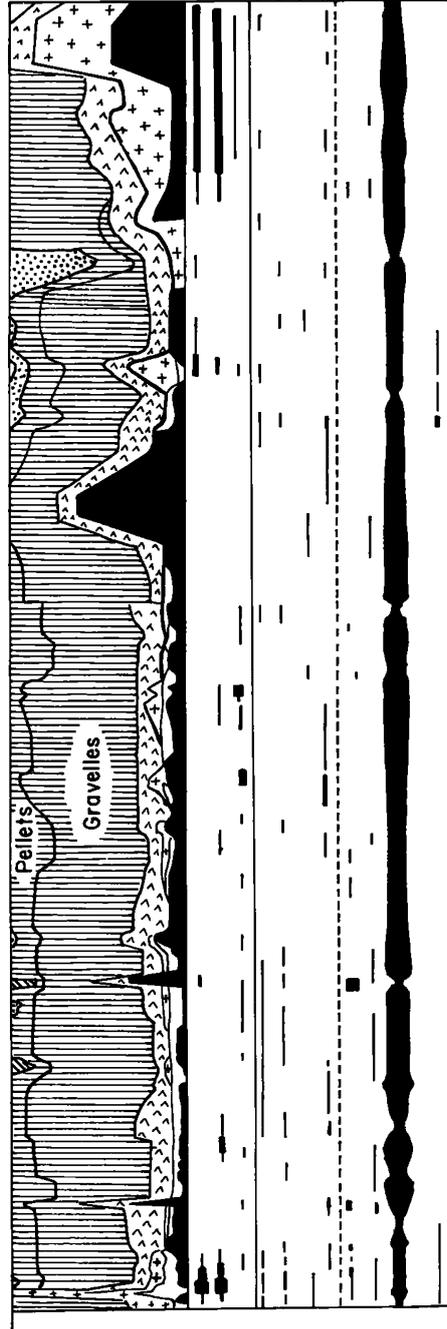
BAJOCIEN SUPERIEUR-BATHONIEN

10 M

5

0

TRIAS



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

LITHOCLASTS

Calcaire
Dolomie
Quartz

BIOCLASTS

Lameilles branches
Gasteropodes
Algues
Forams. benthiques
Polypiers, Bryozo.
Brachiopodes
Echinodermes
Annelides

Radiolaires

Grosses entroques

Oolites
Trocholines

Trocholines

ANALYSE SEQUENTIELLE

Oncholites

Polypiers

perforations 1 2 3 4 5

Les microfaciès s'organisent en séquences élémentaires à énergie de dépôt croissante, allant des micrites (wackestone ou packstone), à des sparties (grainstones).

– une barre calcaire massive (8 m), où l'on distingue quelques passées graveleuses de faciès uniforme. Ces niveaux contiennent de nombreux éléments de calcaires oolitiques remaniés. Les faciès assez uniformes sont tantôt des micrites, tantôt des sparites (pelsparites à entroques ou oosparites).

Âge et diachronisme : comme l'avait déjà souligné J. DEBELMAS (1961), les Polypiers trouvés à la base des calcaires de Vallouise datent du Bajocien supérieur au Bathonien. Ceci implique une lacune de la totalité du Lias au Neyzets, qui n'a pu être clairement mise en évidence, rappelons-le, dans l'unité de Piolit.

Ce calcaire de Vallouise a été comparé (D. MERCIER, 1977) au calcaire de Champcella, dans le Dogger de la zone Briançonnaise, d'âge postérieur au Bathonien supérieur; toutefois, les nombreuses oolites au sommet des calcaires de Vallouise sont peut-être contemporaines de celles des calcaires de la Rouanne, anté-Bathonien inférieur. Dans l'un ou l'autre cas, il est nécessaire d'invoquer un diachronisme, soit entre les calcaires du Dogger de plate-forme subbriançonnais et briançonnais, soit entre les calcaires de la Rouanne et de Vallouise, donc à l'intérieur du secteur subbriançonnais.

● *La brèche.*

C'est l'équivalent latéral des brèches du Télégraphe et de la série de Piolit. Elle contient des éléments de Trias et de calcaire de Vallouise, dispersés dans une micrite à la base, puis étroitement associés dans les deux tiers supérieurs et mal stratifiés.

Le passage des calcaires de Vallouise à la brèche se fait localement par l'intermédiaire d'un niveau calcaire (1 m) d'aspect noduleux, qui résulte très probablement d'un démantèlement des strates après glissement synsédimentaire. Ce faciès, désigné plus bas sous le nom de *calcaire de Vallouise noduleux*, est l'un des premiers indicateurs de pente correspondant au passage à des dépôts progressivement plus profonds.

● *Variations latérales de la série des Neyzets, comparaisons avec la série de Piolit.*

Les calcaires de Vallouise, qui constituent l'équivalent latéral des calcaires de la Rouanne, en diffèrent par l'existence de niveaux bien stratifiés, pouvant varier d'épaisseur latéralement de manière rapide, et par la quantité plus faible d'oolites. Néanmoins, les faunes rencontrées dans ces deux faciès sont très comparables, et il existe de nombreux exemples de faciès de transition (Puy-Aillaud, Tête des Lauzières).

Des calcaires marneux à Posidonomies peuvent également s'intercaler entre les calcaires de Vallouise et la brèche du Télégraphe ou les Terres Noires (Tête des Lauzières, Puy-Aillaud, Sestrières). Ils se placent au même endroit dans la série stratigraphique que le calcaire noduleux. Dans tous les cas, le Dogger de la bande des Neyzets, qu'il soit couronné ou non par la brèche du Télégraphe, est surmonté par les Terres Noires de l'Oxfordien.

b. L'ensemble Jurassique supérieur-Crétacé.

D'origine pélagique, la série du Jurassique supérieur-Crétacé, relativement épaisse, était réputée continue jusqu'alors.

b1. LA COUPE DE L'ARCHE : UNE SÉRIE ÉPAISSE.

Elle caractérise l'unité de Piolit. Débutant au pied de l'arête NNW du sommet de l'Arche, à 2130 m d'altitude, dans les Terres Noires de l'Oxfordien, elle se termine au sommet de l'Aiguille (2366 m) dans les calcschistes planctoniques du Paléocène. La succession est la suivante (fig. 5) :

● *Les Terres Noires (épaisseur apparente : 15 m).*

Il s'y intercale des calcarénites rouges décimétriques parfois granulo-classées; vers le haut, les schistes prennent une couleur verte et sont partiellement remplacés par des niveaux jaunes calcaréo-siliceux.

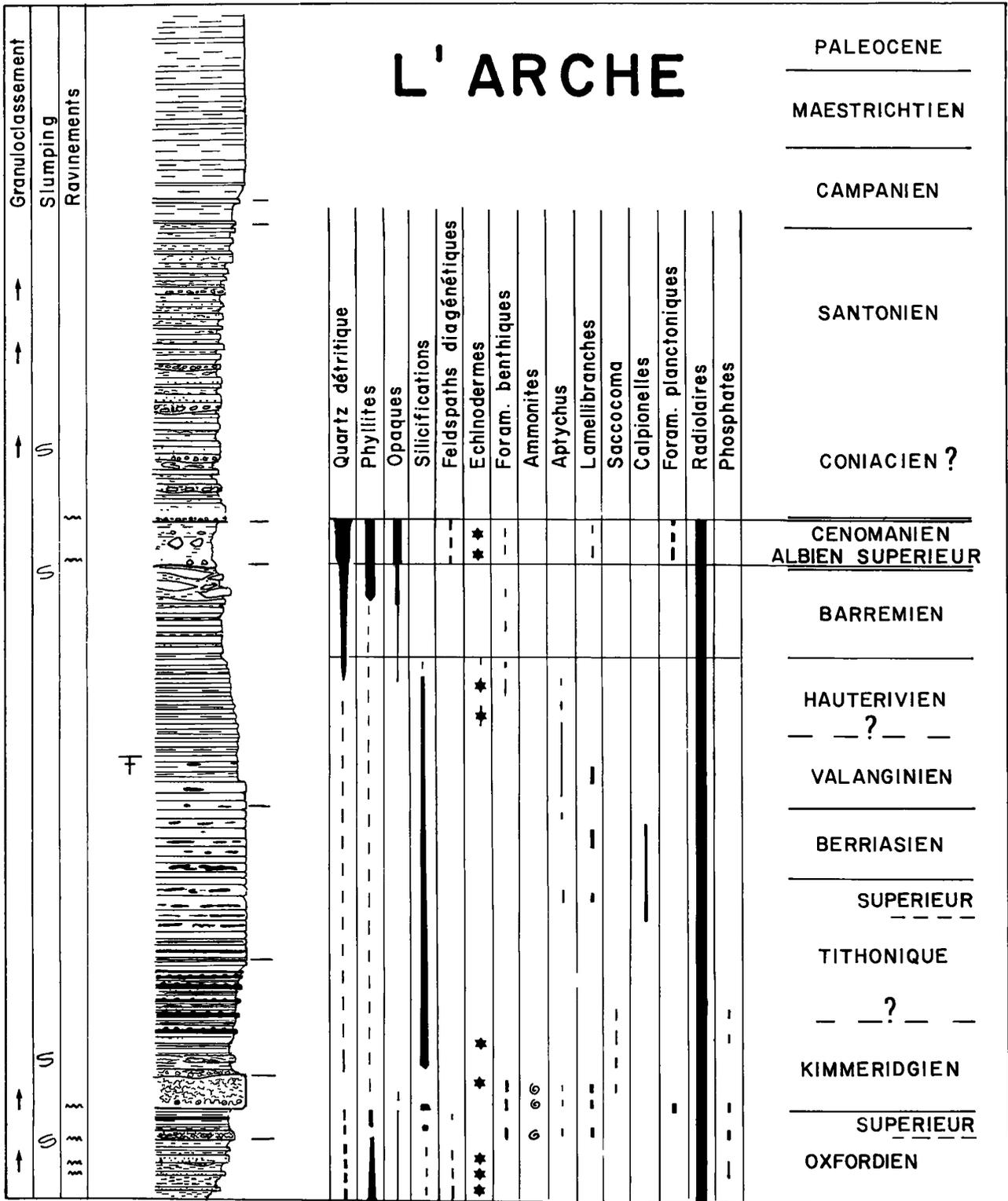


Fig. 5. - La coupe de l'Arche : un exemple de série épaisse d'âge Malm-Crétacé.

Les calcarénites contiennent des grains de dolomie du Trias, du calcaire à oolites de plate-forme du Dogger, des micrites azoïques ou à Radiolaires, de nombreux quartz et des grains opaques; les niveaux fins calcaréo-siliceux ainsi que les schistes peuvent contenir des Radiolaires en abondance. Les minéraux d'origine diagénétique peuvent être abondants : silice, feldspaths (albite), minéraux opaques.

Âge : fin du Callovien-Oxfordien moyen, par comparaison avec les régions voisines.

- *Deux niveaux de brèches* de couleur gris-bleu, ou « *brèches bleues* » d'aspect noduleux, monogéniques en apparence, de 1,50 m et 8 m d'épaisseur respectivement. Ceux-ci encadrent des calcaires micritiques et des calcschistes gris (6 m environ) où on n'observe que des Radiolaires en lame mince.

Faciès : la brèche inférieure contient des éléments centimétriques arrondis, de dolomie (5 %), de calcaires de plate-forme du Dogger (5 %) et de micrite calcaire (85 %). Le ciment est très argileux et présente par endroits une patine jaune.

Le niveau de brèche supérieur, grossièrement granuloclassé est constitué, de 95 % d'éléments calcaires micritiques aux formes contournées, imbriqués les uns dans les autres.

Malgré leur apparence, les éléments micritiques sont relativement variés d'après la présence inégalement répartie de débris d'échinodermes, d'ammonites, de protoglobérines, de *Saccomomidae*, de radiolaires et de gastéropodes. A l'intérieur des éléments, on observe, outre les bioclastes, des figures géotropes par endroits non concordantes avec la stratification (indiquant des remaniements après diagenèse) des bioturbations, des quartz et des albites d'authigénèse (50 μ). La nature du liant entre les éléments varie entre un pôle calcaire et un pôle argilo-ferrugineux; dans le premier cas, il est généralement abondant, microsparitique, et contient des radiolaires, des débris d'échinodermes et des petits quartz; dans le second, son aspect rappelle plutôt un joint stylolithique, du fait de son épaisseur réduite à quelques mm, de son aspect

flexueux et notamment de traces de dissolution manifestées par les tronçatures brutales qui recourent les fossiles à la périphérie des éléments. La surface inférieure des « brèches bleues » est enduite par endroit d'une pellicule millimétrique verdâtre-noire siliceuse, en continuité apparente avec le ciment.

Âge : la brèche inférieure s'est mise en place dans l'intervalle *Oxfordien-Kimméridgien*. On y trouve en effet des Protoglobigérines et *Perispinctes* sp. (remanié ?) de l'Oxfordien (détermination R. ENAY). La brèche supérieure (« brèche bleue ») s'est mise en place dans l'intervalle *Kimméridgien-Tithonique* moyen (présence de Protoglobigérines et de *Saccocoma*).

- *Un ensemble calcaréo-siliceux (30 m d'épaisseur)*.

Les *faciès* sont variés : calcarénites classées à patine jaune (quelques cms), calcaires à cherts noirs plus ou moins riches en silice (épaisseur inférieure au dm) et des *niveaux fissiles verts* d'aspect extérieur comparable à celui de radiolaires. Tous ces faciès ne contiennent que des Radiolaires en quantité variable, parfois siliceux. La silice est la plus abondante au milieu.

Âge : *Kimméridgien-Tithonique* moyen (datation par encadrement).

- *Calcaires à cherts*.

Ils forment des bancs de 10 à 25 cm, présentant une bonne continuité latérale; les cherts sont disposés en lits dans la partie inférieure et en rognons dans la partie supérieure, leur fréquence diminuant de bas en haut. Les calcaires sont des micrites à radiolaires et à très rares calpionelles.

Âge : *Tithonique supérieur-Berriasien*, à calpionelles.

- *Calcaires blancs micritiques (50 m d'épaisseur)*.

Il s'agit d'une alternance de bancs décimétriques et de calcschistes plus minces (5 cm environ). Les interlits calcshisteux passent à des marnes sombres dans les deux tiers supérieurs de la

série. Dans le tiers supérieur, (observable seulement sur les versants sous le col entre l'Arche et l'Aiguille, car une faille passe par le col), les bancs calcaires sont plus épais (50 cm) et montrent des figures de glissements synsédimentaires au sommet, avec des interlits de marnes noires. Des niveaux de calcarénites ou des lumachelles à *Aptychus* et belemnites peuvent s'intercaler à tous niveaux. Les calcaires sont toujours des micrites à radiolaires et à très rares débris de phosphate (dents de poissons ?).

Âge : Les niveaux marneux des deux premiers tiers de la série sont datés du *Valanginien-Hauteriviien* par des nannofaunes ainsi que la partie supérieure (gros bancs) d'âge *Barrémien* (détermination de C. MÜLLER).

- *Schistes vert-noir farcis (6 m d'épaisseur).*

Les blocs proviennent du Trias, du Dogger, du Malm, et de l'Albien (Foraminifères); ils sont de tailles variables, centimétriques à métriques. Ils sont jointifs par endroits, dispersés ailleurs.

Âge : les foraminifères planctoniques donnent un âge *Cénomaniien* pour la partie supérieure, les nannofossiles datant l'ensemble des schistes de l'Albien supérieur-Cénomaniien inférieur (zone à *Eiffelithus turriseiffeli*).

- *Une série qui sera décrite dans la suite sous le nom de « flysch de l'Aiguille », où s'observent les faciès suivants : brèches (d'épaisseur inférieure au m), turbidites (faciès Ta-e au sens de BOUMA, 1962), calcarénites (5 à 50 cm) à rides de courant ou à laminations parallèles, parfois siliceuses, montrant souvent des traces de bioturbation sur leur enfance supérieure, calcaires fins à figures de charges (10 à 20 cm), marnes et schistes calcaires. Le détritisme est en majorité calcaire et argileux; il s'y ajoute en petite quantité des quartz, des micas et de la glauconie (épaisseur apparente : 120 m).*

Âge : A la base, les foraminifères sont d'âge *Coniacien-Santonien* (Sénonien inférieur). Entre 40 et 80 au-dessus de la base, les nannofossiles sont d'âge *Santonien* ou plus récent. Les derniers mètres sont probablement déjà d'âge *Campanien* (foraminifères).

- *Un niveau de calcschistes et de calcarénites rouges* riche en quartz et en minéraux opaques. L'épaisseur est de 5 m; l'âge est Campanien, d'après les foraminifères et les nannofossiles.
- *Une série de calcaires et de calcschistes blancs* constituée de niveaux décimétriques, alternativement plus durs et plus tendres. En lame mince, ce sont des micrites à foraminifères planctoniques. L'épaisseur est de 130 m.

Âge : les 50 premiers mètres sont datés du *Campanien*, puis le *Maestrichtien* vient ensuite sur 70 m, les 10 derniers mètres appartenant au *Tertiaire* (Paléocène). La série est apparemment continue.

Ce type de succession est très largement répandu, à quelques nuances près, sur l'ensemble du domaine étudié. On le retrouve dans toute la digitation de Piolit-Rouanne Basse, et dans l'unité du petit Galibier. Dans l'unité de Piolit Rouanne-Haute, le Malm est souvent réduit ou absent. Dans l'unité de Vallouise, enfin, la partie détritique est plus réduite et l'ensemble calcaréosiliceux (Kimméridgien-Tithonique) est absent.

L'autre type de succession, bien représenté dans l'unité de Saint-Appolinaire-la Martinasse, présente un caractère condensé et lacunaire qui le distingue du précédent.

2. LA COUPE DE CLOT LES HOURMES : UN SÉRIE RÉDUITE.

Située vers 1400 m d'altitude, juste au-dessus de la route de Saint-Apollinaire à Pra Prunier, cette coupe montre successivement (fig. 6) :

- les *calcaires de la Rouanne*, du Dogger, en relief.

- le *calcaire gris-rosé*, du Jurassique supérieur (1 m), d'aspect noduleux et par endroits bréchique. Sa limite inférieure, peu nette, est marquée localement par un diastème. Il présente un microfaciès de calcaire noduleux, où les éléments, micritiques, anguleux ou aux limites floues suivant les cas, sont reliés par une micrite calcaréo-argileuse; on y observe quelques radiolaires et *Saccocoma*.

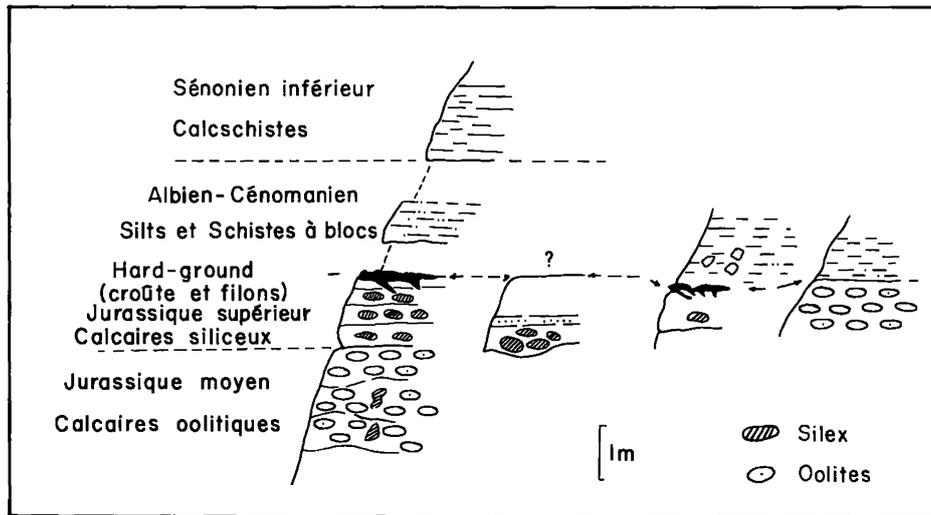


Fig. 6. - La coupe de Clot les Hourmes : un exemple de série réduite.

- une *croûte* siliceuse et un peu phosphatée (quelques mm), le plus souvent verte, localement rouge. Celle-ci s'infiltré suivant des filons, accentuant l'aspect noduleux du dessous. Elle est composée de quartz détritique, de carbonates (sparite), et d'argiles (grosses chlorites, mica blanc)

Âge : Par sa composition chimique et sa place dans la série cette minéralisation se compare à des formations analogues du domaine briançonnais voisin, datées du Vraconnien.

- Des *silts* (4 m) avec quartz, micas, chlorite détritiques, par endroits farcis d'éléments calcaires micritiques centimétriques.

Âge : Ils représentent probablement d'Albien supérieur-Cénomanién, par comparaison avec des niveaux analogues datés.

- Des *calcschistes planctoniques* gris du Sénonien inférieur.

Il apparaît donc que les deux types de successions dans le Malm-Crétacé peuvent être opposés : l'un, épais et relativement continu, caractéristique de Piolit-Rouanne Basse et l'autre, plus mince et lacunaire, se rencontre à Saint-Apollinaire-la Martinasse. Par ses faciès, le premier peut être comparé aux séries dauphinoises et le second aux séries briançonnaises.

IV. SÉDIMENTOLOGIE ET RECONSTITUTIONS DE MILIEUX

L'utilisation des caractères sédimentologiques (figures sédimentaires, caractéristiques minéralogiques et chimiques) permet d'esquisser une reconstitution de la physiographie des fonds marins au moment du dépôt. Les critères utilisés sont les suivants.

a. Indicateurs de pente et de reliefs sous-marins.

Figures de glissement synsédimentaire : elles apparaissent dès le Bathonien inférieur dans l'unité de Piolit. On les trouve fréquemment dans les resédiments du Jurassique supérieur, au sommet des calcaires du Crétacé inférieur et dans les schistes à blocs du Cénomanién.

Hard-grounds, lacunes : La lacune du Lias mis à part (probablement due à la même phase d'émergence qu'en Briançonnais), les diverses périodes d'omission sédimentaire ont eu lieu en milieu marin. Elles sont parfois soulignées par

des *hard-grounds* minéralisés (Si, Fe, P), dans le secteur de Saint-Apollinaire la Martinasse notamment.

L'action de courants sous-marins sur des hauts a-fonds a été longtemps l'hypothèse privilégiée relative aux lacunes sous-marines (DEBELMAS, LATREILLE); toutefois, la présence d'apports détritiques resédimentés au-dessus de ces discontinuités laisse penser que les surfaces de lacune pouvaient avoir correspondu à des pentes, peut-être trop inclinées pour que les sédiments aient pu s'y maintenir à certains moments : telle est une autre hypothèse retenue aussi par M. BOURBON (1977) pour le domaine briançonnais voisin.

Brèches d'escarpements : les brèches du Télégraphe et du Jas Cerisier, de même que celles de l'Albien supérieur-Cénomaniens (brèche de l'Argentière notamment; cf. J. DEBELMAS, 1955) contiennent des éléments de toutes tailles, ni organisés ni classés, et issus des divers termes de la série sous-jacente. Elles résultent probablement de l'accumulation de matériel détritique au pied de falaises escarpées situées à proximité, elles mêmes dues peut-être à des failles synsédimentaires. On connaît même (Rey Téroutières, dans l'unité de Piolit) une faille synsédimentaire cachetée par le Malm supérieur calcaire.

Les phénomènes de resédimentation sont autant d'indicateurs de pente.

b. Importance des phénomènes de resédimentation.

A tous les niveaux dans la série stratigraphique subbriançonnaise, aussi bien dans les sédiments de plate-forme du Lias-Dogger que dans les formations pélagiques, les indices de transport abondent, fait d'importance primordiale pour les reconstitutions des paléoenvironnements successifs.

LES CALCAIRES DE LA ROUANNE ET DE VALLOUISE.

L'observation d'associations faunistiques incompatibles implique nécessairement des rema-

niements et un transport plus ou moins long d'une partie au moins du sédiment. Ainsi, dans le calcaire de la Rouanne, des gastéropodes (nérinées) et des foraminifères benthiques, caractéristiques des milieux calmes de la plate-forme interne, voisinent avec les polypiers et les bryozoaires, vivant à faible profondeur en milieu agité (barrière, chenal de marée) et des brachiopodes, des crinoïdes, dont certaines vivent nettement en-dessous de la limite d'action des vagues dans la plate-forme externe.

Il est donc probable que les futurs calcaires de la Rouanne et de Vallouise se sont déposés au moins aussi bas sur la plate-forme externe que le lieu de vie des Crinoïdes, recevant des clasts divers depuis la plate-forme interne. Le bon classement des éléments figurés, dans le calcaire de Vallouise en particulier, les ravinements, permettent de suggérer que le milieu de redépôt se présentait comme une zone d'épandage, au pied d'une barrière ou au débouché d'un chenal de marée.

LES SÉDIMENTS PÉLAGIQUES.

De nombreux faciès doivent être interprétés comme ayant été resédimentés, ainsi les « brèches bleues » contiennent en effet des éléments d'âge et d'origine diverses juxtaposés : oobiomicrocrites de plate-forme datés du Dogger, Kilianines du Bathonien supérieur, micrites à protoglobigérines, à *Saccocoma* ; d'autres indices, tels que figures de glissement synsédimentaire, granuloclassement des éléments dans un corps de brèche, orientation dans une direction préférentielle de Belemnites à la surface inférieure d'un banc, confirment le transport des éléments. Dans certains cas, les « brèches bleues » se présentent comme de véritables faisceaux contournés. Cette interprétation repose sur les mêmes observations que celles qui sont relatives à des faciès dauphinois analogues : pseudobrèches, faisceaux contournés, calcarénites (BEAUDOIN *et al.*, 1975).

Les corrélations effectuées sur les bancs de « brèches bleues » dans l'unité de Piolit montrent que des coulées turbides occupent une surface croissante au cours du temps, leur épaisseur aug-

mentant; on peut ainsi supposer leur caractère propagant. De plus, l'impossibilité de caractériser dans l'unité de Piolit une localité d'où les éléments micritiques pourraient provenir, la disparité de faciès entre ces éléments et la fraction pélagique autochtone, le bon classement des éléments, les granuloclasses, suggèrent un transport sur une longue distance, de l'ordre de la dizaine de kilomètres au moins.

A tous les niveaux dans la série, il est possible de mettre en évidence des turbidites par l'ensemble de figures sédimentaires classiques, telles que granuloclasses, figures de base de banc, stratifications obliques etc., notamment dans les Terres Noires de l'Oxfordien et dans le flysch Sénonien. En continuité avec les observations précédentes, il semble logique de considérer l'empilement de calcarénites, calcaires siliceux laminés et niveaux fissiles verts de l'ensemble calcaréo-siliceux, situés juste au-dessus des brèches bleues dans la série, comme une succession de *finés turbidites* (pas de variation d'épaisseur sur plusieurs centaines de mètres) suggère le long transport.

Plus généralement, les calcaires à cherts, les calcschistes et les niveaux marneux bien stratifiés du Jurassique terminal-Crétacé inférieur pourraient s'interpréter comme étant des turbidites distales, par analogie avec ce qui est admis pour des dépôts de même nature et de même âge dans le bassin dauphinois (BEAUDOIN, 1977). De plus, il est certain qu'un apport vertical, sous forme biologique notamment, a pu jouer un certain rôle dans le dépôt. La fraction hémipélagique ou pélagique au sommet de chaque séquence turbide se caractérise par l'homogénéité du matériel, sa finesse, l'absence de figures de transport nettes (laminations) et la présence éventuelle de bioturbations. En toute rigueur, il est permis de supposer que de faibles courants sont susceptibles de remanier et de classer le matériel déposé une première fois au fond, pour compléter son aspect stratifié. On admettra que ce sédiment pélagique est soumis un laps de temps suffisant à l'action de l'eau de mer entre deux arrivées de brèches turbides, pour avoir subi l'influence des conditions physico-chimiques sur le fond marin.

c. La profondeur des fonds marins et le problème de l'origine de la silice.

Les travaux sur le comportement des carbonates en domaine marin ont montré que ceux-ci étaient susceptibles de se dissoudre sur le fond au-delà de certaines profondeurs, et ce, en fonction de leur nature minéralogique. Ainsi, de bas en haut ont été définis successivement les niveaux de compensation des carbonates (CCD), des coquilles de foraminifères (foram CCD) et de l'aragonite (ACD).

L'application de ces notions aux sédiments téthysiens est maintenant courante (BERGER et WINTERER, BOURBON *et al.*, BERNOULLI, parmi d'autres); toutefois elles doivent être maniées avec précaution et appliquées uniquement à la fraction pélagique, puisque les dissolutions s'effectuant sur le fond marin, nécessitent un certain temps de contact. Par ailleurs les phénomènes n'ont pas dans les petites mers, la régularité qu'ils présentent dans les grands océans.

Dans le secteur subbriançonnais, les domaines paléogéographiques comportant une série stratigraphique du type de l'Arche étaient probablement situés sous ou au voisinage de la Foram CCD au Jurassique supérieur-Crétacé inférieur, puisque la fraction hémipélagique est une micrite à radiolaires seuls et rares débris d'échinodermes; ils s'opposent à d'autres régions (Saint-Apollinaire-la Martinasse) où la présence de foraminifères (globigérines) caractérise une sédimentation au-dessus de l'ACD. Les éléments constitutifs des « brèches bleues » proviennent de telles régions.

Toutefois, la signification paléocéanographique de l'ensemble calcaréo-siliceux mérite qu'on s'y arrête plus longuement.

La séquence élémentaire de dépôt à caractère turbiditique est constituée de cette superposition : calcarénite, calcaires siliceux à cherts et à laminations parallèles, niveaux siliceux verts ou rouges. La silice y est abondamment représentée; dans les calcaires laminés, elle est présente sous forme de cherts ou de radiolaires siliceux; dans les niveaux verts, elle constitue l'essentiel

de la composition minéralogique, sous forme de quartz cryptocristallin, de couleur rouille. Cette pâte siliceuse se retrouve dans des bioturbations des calcaires siliceux à radiolaires, ce qui confirme son origine sédimentaire, sans préjuger de transformations diagénétiques ultérieures. Elle occupe la place du matériel hémipélagique dans la séquence élémentaire de dépôt.

On est conduit à s'interroger sur l'origine de cette silice, d'autant qu'à l'époque de la mise en place de l'ensemble calcaréo-siliceux, au Kimméridgien-Tithonique, la sédimentation hémipélagique est essentiellement carbonatée ou légèrement argileuse, tant dans le domaine dauphinois, dans le domaine de Vallouise (calcaires à cherts) que dans le domaine Briançonnais. Les données de l'océanographie (nombreuses références in BERGER, 1974) montrent que la silice provient en majorité des apports biogéniques, largement plus que des éruptions volcaniques et surtout que des rivières. Les facteurs reconnus pour sa concentration sont la profondeur, qui élimine les carbonates dans lesquels la silice est dispersée, des conditions plutôt réductrices, et la libération de silice par la diagenèse d'argiles suivant un schéma : montmorillonite \rightarrow silice + illite + chlorite (KEENE et KASTNER, 1974). De ce fait, dans l'ensemble calcaréo-siliceux, la rareté de la faune à test carbonaté, l'impossibilité de caractériser une source adéquate de silice volcanique (sauf les ophiolites piémontaises ?) laissent penser que la profondeur du dépôt, située sous la profondeur de compensation des carbonates, et l'abondance des radiolaires ont provoqué la concentration de la silice.

Le niveau de compensation des carbonates dépend de nombreux facteurs; ainsi sur une marge continentale, il est plus haut que dans le bassin océanique proprement dit; la fertilité, qui conditionne la production d'organismes, est susceptible de le faire varier fortement; pour W.H. BERGER et E. WINTERER (1974), une forte production de silice est indicative d'une fertilité accrue qui aboutit à une montée de la CCD sur les marges; enfin, un temps d'exposition du sédiment relativement long sur le fond marin (*i.e.* un taux de sédimentation faible) favorise la dissolution des carbonates [R.A. BERNER (1965) et

M.N.A. PETERSON (1966) font ainsi état de dissolutions à partir de 300 m de profondeur] et de ce fait provoque une remontée apparente de la CCD. Les dimensions de l'océan influent aussi sur le niveau de la CCD qui est notablement plus haute dans les mers marginales, de dimensions réduites (BOSELLINI et WINTERER, 1975).

Or, il se trouve que pour la période Jurassique supérieur-Crétacé inférieur, les conditions propices à une CCD haute dans le secteur étudié sont réunies. En effet, les taux de sédimentation sont relativement faibles (inférieurs ou égaux à 4 mm/10³ ans); les apports en silice sont abondants (radiolaires, cherts) ce qui témoignerait d'une fertilité accrue à moins qu'il ne s'agisse d'une concentration due à la profondeur de dépôt; enfin les dimensions de la Téthys étaient à cette époque réduites (quelques centaines de kilomètres de large pour M. BOURBON *et al.*, 1977). Il est donc possible que la CCD ait été assez haute dans le secteur étudié et que de ce fait, la profondeur absolue des bassins profonds du secteur étudié n'ait pas été très importante (de l'ordre de 2000 à 2500 m ?). A titre de comparaison, la CCD était probablement située entre 2500 et 3 000 m dans l'océan Atlantique à la même époque, ou les conditions de sédimentation étaient comparables à celles qui régnaient dans la Téthys (CHENET et FRANCHETEAU, 1978; BERNOULLI *et al.*, 1972; BOURBON, 1977); enfin, BOSELLINI et WINTERER (1975) situent la CCD aux alentours de 2500 m et l'ACD vers 1500 m dans la Téthys.

d. La répartition des faciès et la reconstitution de la morphologie sous-marine à l'Oxfordien dans le Massif de Piolit.

La carte des faciès à une époque donnée, assortie des variations granulométriques, des directions de courants et de pente permet de reconstituer la morphologie sous-marine époque par époque. La carte de l'Oxfordien dans le massif de Piolit est choisie ici à titre d'exemple. Dans l'unité de Piolit, trois domaines principaux peuvent être distingués (fig. 7) pour cette période :

- l'unité de Piolit Rouanne-Basse, caractérisée par l'abondance des termes gréseux turbidi-

tiques, leur disposition en chenaux et l'absence de ravinements au toit de la formation.

- plus à l'Est, la partie de l'unité de Piolit Rouanne-Haute située à l'Ouest du Dogger de Rouanne-Haute ainsi que la région Sud-Ouest de l'unité de Piolit *s.l.*, caractérisées toutes deux par des apports turbiditiques plus réduits que précédemment et par l'existence de ravinements au toit de la formation, qui sont en général le fait des « brèches bleues ».

- enfin, à l'Est du massif de Rouanne-Haute, un domaine où la fraction détritique gréseuse est absente, où l'épaisseur des Terres Noires est réduite, voire nulle, et où des failles

syndé debates délimitant des gradins apparaissent.

Ces faits peuvent s'interpréter comme la conséquence d'une érosion différentielle, qui aurait affecté faiblement le domaine de Rouanne-Basse, situé alors en contrebas, mais aurait été plus intense vers le Nord-Est, où le fond marin remontait. On voit alors se dessiner une paléogéographie à lignes d'isofaciès Nord-Est - Sud-Ouest, comprenant le bassin correspondant à l'unité de Piolit Rouanne-Basse, dans lequel s'accumulait une grande quantité de turbidites; sa remontée Nord-Est où la quantité de turbidites était moins importante, en même temps que des

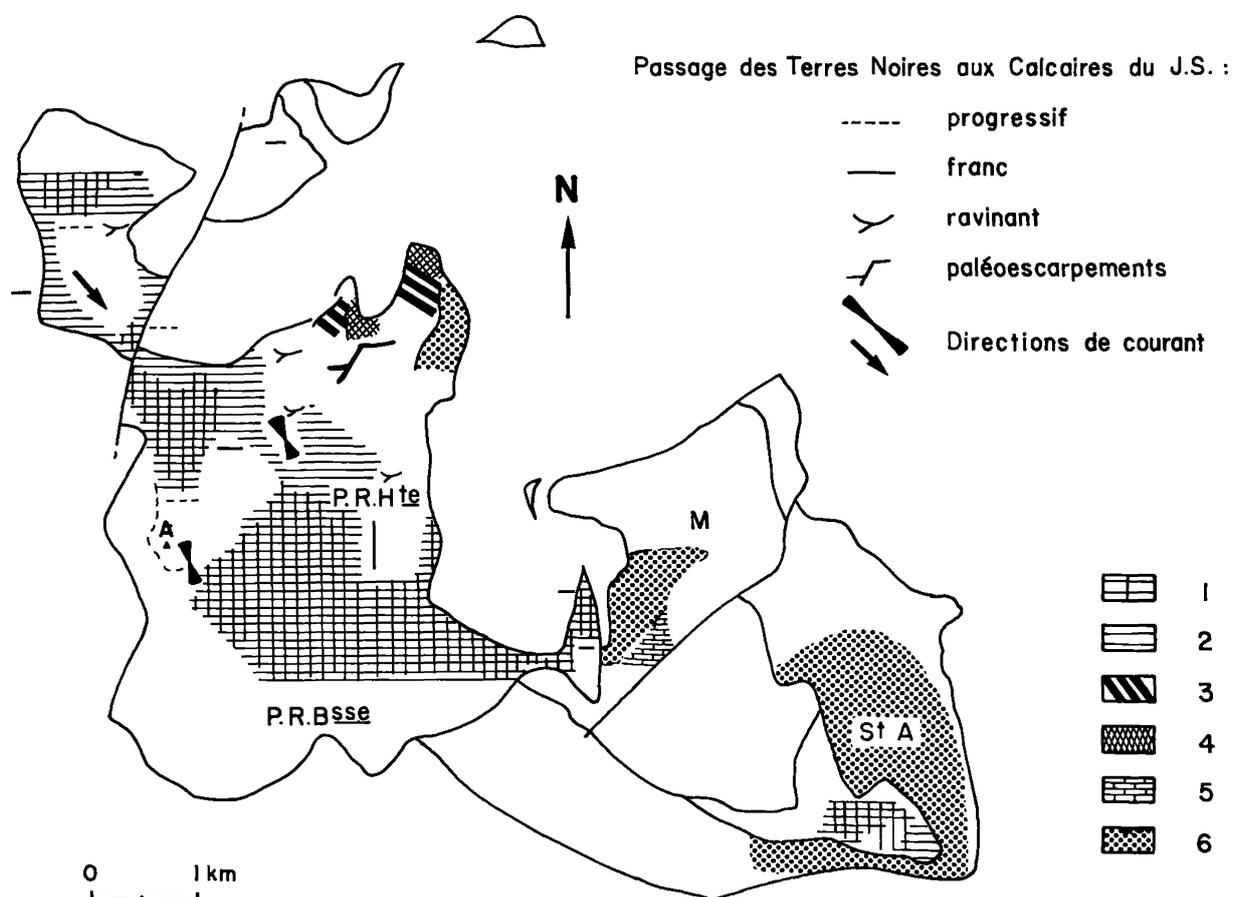


Fig. 7. - Carte de faciès de la région de Piolit pour l'Oxfordien.

P : Piolit; RHte : Rouanne Haute; RBsse : Rouanne Basse; M : Martinasse; St A : Saint-Apollinaire; A : l'Arche. 1 : présence de turbidites calcaires au sommet des Terres Noires; 2 : épaisseur des Terres Noires supérieur à 70 m; 3 : épaisseur des Terres Noires comprise entre 2 et 5 m; 4 : épaisseur des Terres Noires inférieure à 1 m; 5 : calcaires à Protoglobigérines; 6 : lacune.

pentés (faibles ?) favorisaient les ravinements; enfin un redressement de la pente (en gradins) à l'extrémité Nord-Est, où la sédimentation, réduite ou lacunaire, est épargnée par les courants de turbidité.

Les données des directions de courants semblent s'inscrire de façon satisfaisante dans ce schéma; elles se situent entre 140° et 190°, l'une d'elles donnant un sens vers le Sud-Ouest, et apparaissent grosso modo parallèles aux lignes d'isofaciès. Les turbidites ne semblent donc pas provenir de la zone haute située au Nord-Est mais d'une zone source qui se trouvait au Nord ou au Nord-Ouest du bassin, ce qui concorderait avec leur disparition progressive vers le Nord-Est, du fait de la surélévation du domaine dans cette direction.

Par ailleurs, sur la carte correspondant à l'Oxfordien supérieur-Tithonique (fig. 9), on peut voir que la répartition des « brèches bleues » est la même que celle des turbidites des Terres Noires, ce qui est une confirmation supplémentaire de la validité de ces reconstitutions.

V. HISTOIRE MÉSOZOÏQUE DU SECTEUR SUBBRIANÇONNAIS

Cinq périodes principales peuvent être distinguées dans l'histoire du secteur subbriançonnais des Hautes-Alpes.

a. Lias à Bathonien supérieur-Callovien : la transgression jurassique.

D'une manière générale, la sédimentation est relativement réduite à cette période et s'effectue à des profondeurs assez faibles. L'étude de la succession des faciès et de leur évolution spatiale a permis de distinguer deux séquences sédimentaires, séparées par des discontinuités.

Discontinuité du Lias : Celle-ci, soulignée par endroits par un microconglomérat, correspond à une lacune de la totalité du Lias en certains

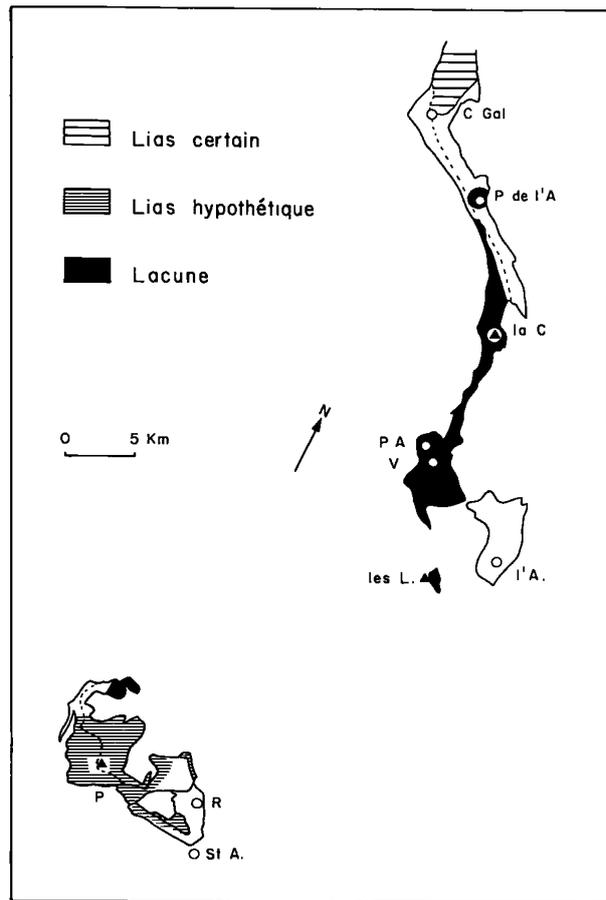


Fig. 8. - Carte de répartition des affleurements pour le Lias.

points (Les Neyzets) et d'une partie seulement peut être, en d'autres localités (Saint-Apollinaire). A cette époque, le domaine étudié (fig. 8) était probablement un haut-fond émergé, dont les retombées Nord (Roche Olvera) et Sud (Saint Apollinaire) marquent la transition vers des domaines plus subsidents, où le Lias est présent et souvent épais (plus de 100 mètres).

1^{ère} SÉQUENCE : CALCAIRES DE VALLOUISE ET DE LA ROUANNE.

Les limites d'âge de ces faciès sont imprécises. Ainsi, en certaines localités (Saint-Apollinaire, Roche Olvera, Piolit) il est possible que leur dépôt débute *avant la fin du Lias*, sous forme d'un calcaire à entroques et à rognons siliceux;

dans le domaine de Vallouise la sédimentation ne débute qu'au *Jurassique moyen* (Bajocien ?). Dans la région de Piolit, les calcaires de la Rouanne sont surmontés par un *hard-ground* d'âge *Bathonien inférieur*; dans le domaine septentrional (calcaire de Valouise) il n'est pas impossible que la sédimentation des calcaires de Vallouise se poursuive plus tard, jusqu'au *Bathonien supérieur*.

Si l'on admet la simultanéité du dépôt des calcaires de Vallouise et de la Rouanne, tous deux de plate-forme, mais situés probablement sous la zone d'action des vagues en plate-forme externe, il est possible de l'intégrer dans un même modèle sédimentaire de milieux d'épannage de chenaux (Vallouise) au pied d'une barre oolithique (la Rouanne).

Discontinuité, datée du Bathonien inférieur à Piolit où elle est soulignée par un *hard-ground* fossilifère, marquant un léger approfondissement d'une partie du domaine subbriançonnais, alors nettement sous la limite d'action des vagues et loin des régions de forte production biologique.

2^e SÉQUENCE, CALCAIRES MARNEUX À POSIDONOMIES ET CALCAIRES DE VALLOUISE NODULEUX.

L'âge est compris entre *Bathonien inférieur* et *Bathonien supérieur* au moins, peut-être jusqu'au *Callovien*. Le dépôt des calcaires marneux à Posidonies, localement à Zoophycos, d'épaisseur réduite inférieure à 30 mètres souligne l'influence grandissante du milieu pélagique et l'approfondissement.

Les faciès noduleux des calcaires de Vallouise résultent de l'accumulation en désordre sur une pente, de matériel issu de la plate-forme.

A ce moment, le secteur étudié présente une morphologie de pentes sur lesquelles se déposent les calcaires de Vallouise « noduleux » et de petits bassins relativement peu profonds recevant les calcaires marneux à Posidonies; il est encadré au Nord et au Sud par des bassins subsidés où s'accumulent des épaisseurs importantes de calcaires à Posidonies et à Zoophycos.

b. L'effondrement et le passage au domaine pélagique profond (Callovien à Oxfordien inférieur ?) (fig. 9).

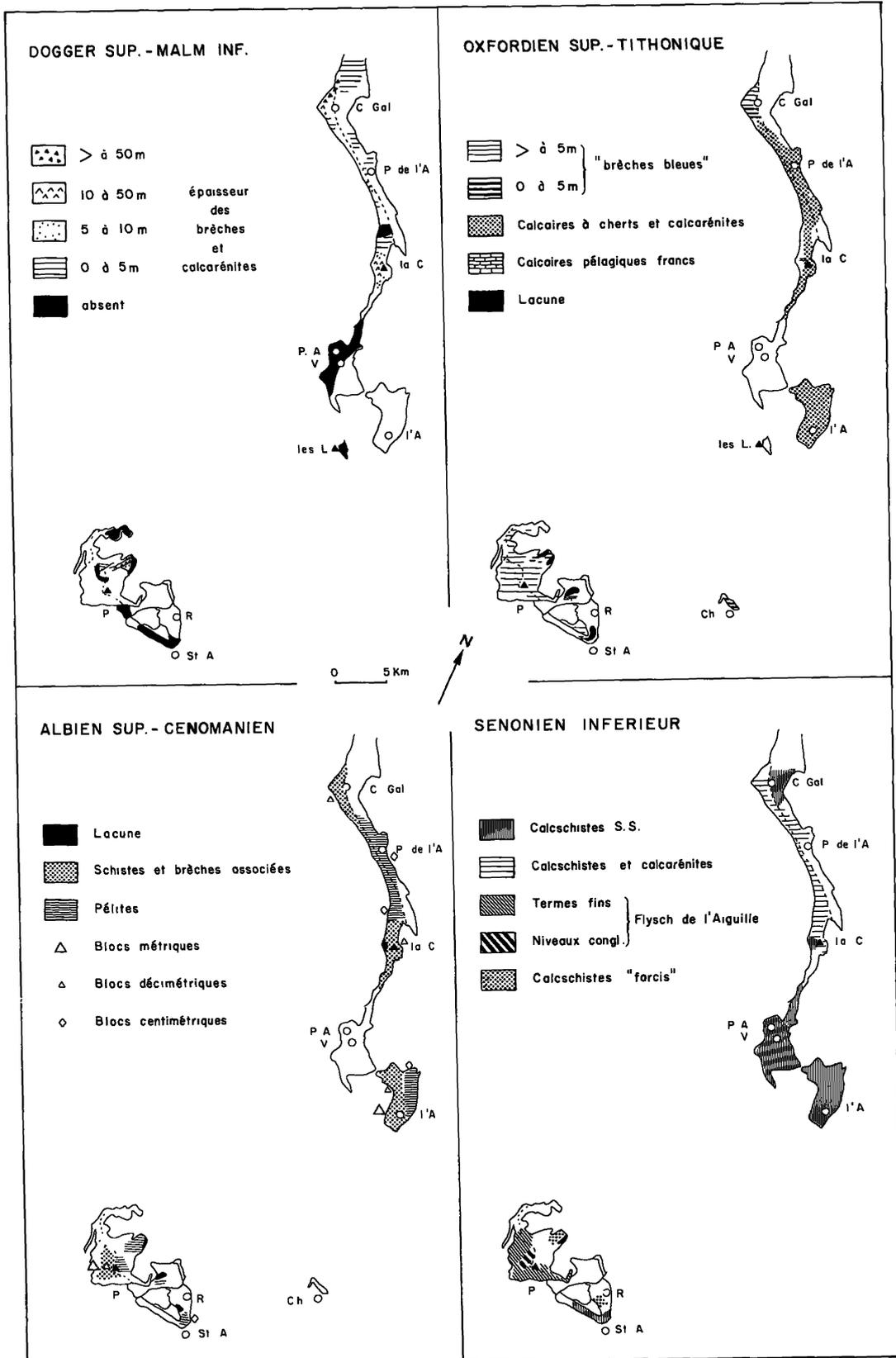
La dislocation de la plate-forme du Dogger est suivie par la production locale de brèches massives ravinantes (brèche du Télégraphe) précédant le dépôt des Terres Noires. Celles-ci se sont sédimentées à une profondeur probablement importante. La paléogéographie est alors contrastée, faite de reliefs escarpés (Neyzets, Galibier) tournés vers le Sud-Ouest dans l'actuelle région de Piolit et plutôt vers le Nord-Est au Galibier. La subsidence est alors brutale.

c. La période de subsidence progressive : Oxfordien à Barrémien.

Après l'épisode d'effondrement, daté probablement du Callovien moyen à supérieur, le domaine subbriançonnais est incorporé à l'océan téthysien et va atteindre localement des profondeurs relativement importantes. La morphologie apparue dès le début de l'Oxfordien va être progressivement comblée jusqu'au Barrémien.

Des bassins dominés par des pentes ou des hauts-fonds caractérisent la paléogéographie; on

Fig. 9. - Quatre schémas paléogéographiques pour la période comprise entre la fin du Dogger et le début du Sénonien. Légende commune aux figures 8 et 9 : RO : Roche Olvera; PG : Petit Galibier; PP : Plan Paradis; Ses : Sestrières; Le L : Le Lauzet; P de l'A : Pont de l'Alp; CGal : Col du Galibier; LaC : La Cucumelle; A : Avarsines; PA : Puy Aillaud; L'ARG, L'A : L'Argentière; Les L : les Lauzières; V : Vallouise; J.C. : Jas Cerisier; R.H. : Rouanne Haute; r de C : Ravin de Courou; L'A : L'Arche; La P : La Plaine; P : Piolit; La M : La Martinasse; St A : Saint-Apollinaire; Ch : Chateauroux; R : Réallon; C des TB : Col des Terres Blanches.



distingue successivement, suivant une ligne sub-méridienne (fig. 9).

- le domaine Saint-Apollinaire - La Martinasse au Sud, pente ou haut-fond où la sédimentation est condensée et lacunaire.

- le bassin de Piolit, profond, entre FCD et CCD, remontant vers le Nord-Est et probablement assez étendu, jusqu'au domaine de sédimentation de Chateauroux. Au Jurassique supérieur, des apports détritiques, sous forme de turbidites calcaires, s'accumulent préférentiellement dans la partie axiale du bassin, épargnant le plus souvent la remontée Nord-Est. Ils semblent provenir du Nord-Ouest ou du Nord. Ce bassin peut alors être considéré jusqu'au Tithonique comme un cône sous-marin dans lequel progresse un lobe. Au Crétacé inférieur, la remontée Nord-Est a disparu, et il ne se dépose plus dans le bassin que de très fines micrites calcaires.

- le bassin actuellement compris entre les parallèles de l'Argentière et de Sestrières (Sud du col du Galibier) un peu moins profond que les domaines encadrant de Piolit et du Galibier, et de ce fait soumis à des apports détritiques plus réduits. Il est dominé localement par une aire de pente ou de haut-fond, d'extension mal connue, dont l'écaille du col de l'Eychauda constitue la relique.

- le bassin du Galibier, au Nord, en continuité avec le précédent, dont la profondeur est comparable à celle du bassin de Piolit.

Entre la fin du Callovien et l'Oxfordien, se déposent les Terres Noires dans les bassins, avec des arrivées de turbidites dans les domaines les plus profonds, situés entre la FCD et la CCD. Les conditions sont alors réductrices. Les hauts-fonds sont le siège d'une sédimentation carbonatée pélagique à caractère lacunaire.

Entre l'Oxfordien supérieur et le Tithonique (inférieur ?) (fig. 9), la sédimentation est à dominante carbonatée, la fraction hémipélagique étant représentée par des calcschistes à radiolaires dans les bassins, dont la profondeur devait avoisiner la FCD. La fraction détritique, constituée en majorité de calcaires pélagiques primitivement déposés au-dessus de l'ACD, peut se présenter sous un faciès particulier de brèches

d'aspects noduleux, dénommées « brèches bleues », qui alimentent les lobes de cônes sous-marins cités plus haut. Les conditions précédentes demeurent sur les zones hautes, dont l'une, non identifiée précisément, fournit le matériel remanié dans les « brèches bleues ».

Pendant une partie du Tithonique (et du Kimmérien ?), les bassins les plus profonds (Piolit, Galibier) atteignent et dépassent la CCD. La fraction hémipélagique est alors silicifiée, la fraction détritique, étant constituée de matériel calcaire micrites et siliceux (radiolaires). Dans les bassins moins profonds, au-dessus de la CCD, (Valloise) des calcaires à cherts se déposent. Sur les zones hautes, d'où la silice est absente, les conditions restent identiques, avec des dépôts carbonatés et lacunaires.

Au Tithonique supérieur-Berriasien : Les conditions s'uniformisent sur l'ensemble des bassins où se déposent des calcaires à cherts et rares calpionelles, témoignant de la profondeur d'une sédimentation située probablement au voisinage de la FCD.

Entre le Valanginien et le Barrémien, la sédimentation argileuse reprend faiblement dans les bassins, maintenant comblés (la remontée Nord-Est du bassin de Piolit a disparu), la fraction principale étant représentée par des calcaires à radiolaires, sans cherts.

C'est probablement à cette époque que se forment les *hard-grounds* minéralisés sur les zones exposées des pentes et/ou des hauts-fonds.

D'une façon générale, les taux de sédimentation restent modérés, y compris dans les bassins à turbidites; ils ne dépassent pas 4,5 mm/10³ ans.

L'abaissement des bassins à une certaine profondeur et la création de pentes est rapportée aux effets d'une tectogénèse de distension. La subsidence est d'abord brutale (Callovien supérieur-Oxfordien inférieur ?); de l'Oxfordien au Tithonique elle reste rapide comme en témoignent les indices de l'instabilité des fonds et l'importance relative des apports détritiques; la subsidence va se réduire progressivement ensuite tandis que s'uniformisent les dépôts sur des fonds devenus plus réguliers. Un tel type d'évo-

lution peut être comparé à ce que l'on connaît sur les marges de l'Atlantique, pour lesquelles on admet une loi de subsidence thermique, résultant du refroidissement de la croûte océanique.

d. Le renouvellement paléogéographique : Aptien à Turonien.

La sédimentation : Une omission sédimentaire est générale à l'Aptien-Albien moyen sur l'ensemble du secteur étudié; de même, le Turonien n'a pu être clairement mis en évidence, et son absence semble prouvée dans une partie l'unité de Piolit (l'Arche, le Cuchon); dans le domaine de Saint-Apollinaire - la Martinasse, il peut y avoir une lacune totale du Crétacé inférieur au Sénonien inférieur au moins, souligné par endroits par un *hard-ground* (Fe, Si, P, argiles).

Ces lacunes précèdent ou suivent des arrivées de brèches massives, témoins d'une création de reliefs; elles soulignent donc un *événement tectonique majeur* dans l'histoire du Subbriançonnais.

Les brèches : C'est à l'Albien-Cénomaniens (fig. 9) que se mettent en place en de nombreux points, dont à l'Argentière, des brèches d'écroulement de reliefs, constitués de blocs parfois plurimétriques, originaires pour certains de termes anciens du substratum (quartzites, granites) témoignant ainsi de l'importance des reliefs attaqués par l'érosion sous-marine. Ces brèches sont généralement associées à des argilites noires.

Les schistes noirs (black-shales) de l'Albien supérieur-Cénomaniens : Ces schistes sont constitués ici d'illite, de chlorite, de micas blancs, de quartz, de minéraux opaques. Ils sont contemporains des *black shales* de l'Atlantique et des argilites noires de la Téthys.

Dans le secteur étudié, on remarquera que cette sédimentation est contemporaine de pulsations tectoniques, qui affectent d'ailleurs l'ensemble de la marge téthysienne; ainsi, les ap-

ports terrigènes, issus de reliefs nouvellement émergés, ont pu s'accroître notablement et fournir l'essentiel de la sédimentation.

Paléomorphologie : Les bassins à morphologie douce qui avaient été progressivement comblés jusqu'au Crétacé inférieur ont disparu; dans le domaine de Piolit, un relief a été créé, probablement à proximité du secteur de Piolit-Rouanne-Basse, et, corrélativement une pente (tournée vers le Nord-Est?); plus au Nord, dans le domaine de l'Argentière, un relief instable est apparu, situé probablement au Sud-Ouest; l'abondance de la fraction détritique gréseuse dans les aires de Vallouise et du Galibier enfin, implique une situation en contrebas de reliefs en cours d'érosion.

Paléotectonique : La période « atlantique » de l'histoire de la marge téthysienne est révolue, en particulier la subsidence thermique ne suffit plus à expliquer la création de reliefs importants. Cependant, il est difficile de dire si les contraintes jouent en distension ou en compression dès l'Aptien; ce n'est qu'au cours du Cénomaniens qu'une tectonique en compression est clairement mise en évidence dans les régions voisines.

e. La période finale d'aplanissement des reliefs : Sénonien à Paléocène.

Sédimentation : La sédimentation hémipélagique est représentée par les calcschistes planctoniques gris, parfois rouges (Campanien). La fraction détritique (brèches, turbidites, calcarénites) est encore importante au Sénonien inférieur (fig. 9), allant jusqu'à donner à la sédimentation un caractère flysch dans le domaine de Piolit (« flysch de l'Aiguille »), suggérant ainsi l'existence de reliefs encore au cours d'érosion; elle cesse presque complètement entre le Campanien et le Paléocène, date à laquelle arrivent les premiers olistolites d'origine interne.

Paléomorphologie : Son originalité tient à l'existence au Sénonien inférieur (fig. 9) d'un cône sous-marin dans le domaine de Piolit, alimenté par le Nord-Est, qui régresse au cours du

temps, avec un chenal et on peut observer dans la région du sommet de l'Aiguille. Le cône est bordé au Sud (Saint-Apollinaire - la Martinasse) par une zone de pente au pied de laquelle s'immobilisent des blocs de taille métriques. À la même époque, vers le Nord, entre l'Argentière et le col du Galibier, la fraction calcarénitique, est plus réduite, témoignant ainsi de l'éloignement de ce domaine par rapport aux sources alimentant le cône de Piolit.

À partir du Campanien et jusqu'au Paléocène, les reliefs ont disparu, et l'ensemble du secteur étudié devait présenter une topographie mollement ondulée, en continuité probable avec le domaine briançonnais à l'Est.

Paléotectonique : L'existence au Sénonien inférieur de brèches à éléments parfois grossiers et la présence du flysch de l'Aiguille témoigne d'une tectonique synsédimentaire toujours active, mais qui, d'après sa date, doit être rapportée à l'orogénèse alpine. Entre le Campanien et le Paléocène, il semble y avoir un réajustement du socle, effaçant les disparités de reliefs précédentes, mais suffisamment progressif pour ne pas remobiliser les sédiments. L'activité tectonique va reprendre à partir du Paléocène, conduisant tout d'abord à la mise en place des premiers olistolites au sommet des calcschistes, puis à celle du flysch noir tertiaire. Le domaine sub-briançonnais émergera définitivement par la suite.

VI. LA PLACE DU SECTEUR SUBBRIANÇONNAIS DANS LA MARGE NORD TÉTHYSIENNE

a. Évolution de la marge nord téthysienne sur la transversale des Hautes-Alpes (fig. 10).

Depuis longtemps, il est admis que les Alpes résultent de la contraction de la Téthys, au cours du Tertiaire, les ophiolites alpines représentant

les fonds océaniques de cette petite mer du Mésozoïque.

Sur la transversale briançonnaise des Alpes occidentales qui a permis de reconstituer une portion de marge téthysienne, les travaux récents (LEMOINE, 1975; BOURBON *et al.*, 1976) ont montré que l'on pouvait y reconnaître quatre phases principales :

- la période « pré-océanique », au *Trias*, caractérisée par une sédimentation carbonatée ou évaporatique à très faible profondeur sur l'ensemble de la marge.

- la période de « rifting » au *Lias et au Jurassique moyen*, au cours de laquelle différents domaines paléogéographiques s'individualisent et évoluent pour leur propre compte : apparition d'aires respectivement faiblement et fortement subsidentes dans le domaine dauphinois, émergence du Briançonnais et jeu de failles actives (brèches) en domaine piémontais.

- la période de « spreading », au *Jurassique supérieur-Crétacé inférieur* qui voit l'accrétion de la croûte océanique en domaine liguro-piémontais et l'effondrement de la marge. Le domaine dauphinois, situé à une profondeur non trop importante (inférieure ou égale à 1000 m ?) et en tous cas au-dessus de l'ACD, peut alors être considérée comme la plate-forme continentale où s'accumule une grande quantité de sédiments, la pente continentale, de topographie complexe, où les taux de sédimentation sont faibles correspondant aux domaines subbriançonnais, briançonnais et piémontais à socle continental. Localement, la marge peut atteindre des profondeurs importantes, où les carbonates sont dissous.

- la dernière étape de l'histoire de la marge, au *Crétacé supérieur* au cours de laquelle « l'océan » liguro-piémontais se contracte; de leur côté, les domaines qui correspondaient à la pente continentale voient leur paléogéographie complètement renouvelée, mais les conditions pélagiques subsistent; le domaine externe est soumis à la compression pendant toute cette période, en liaison avec la contraction de l'océan, et qui va conduire à son émergence totale à la fin du Crétacé.

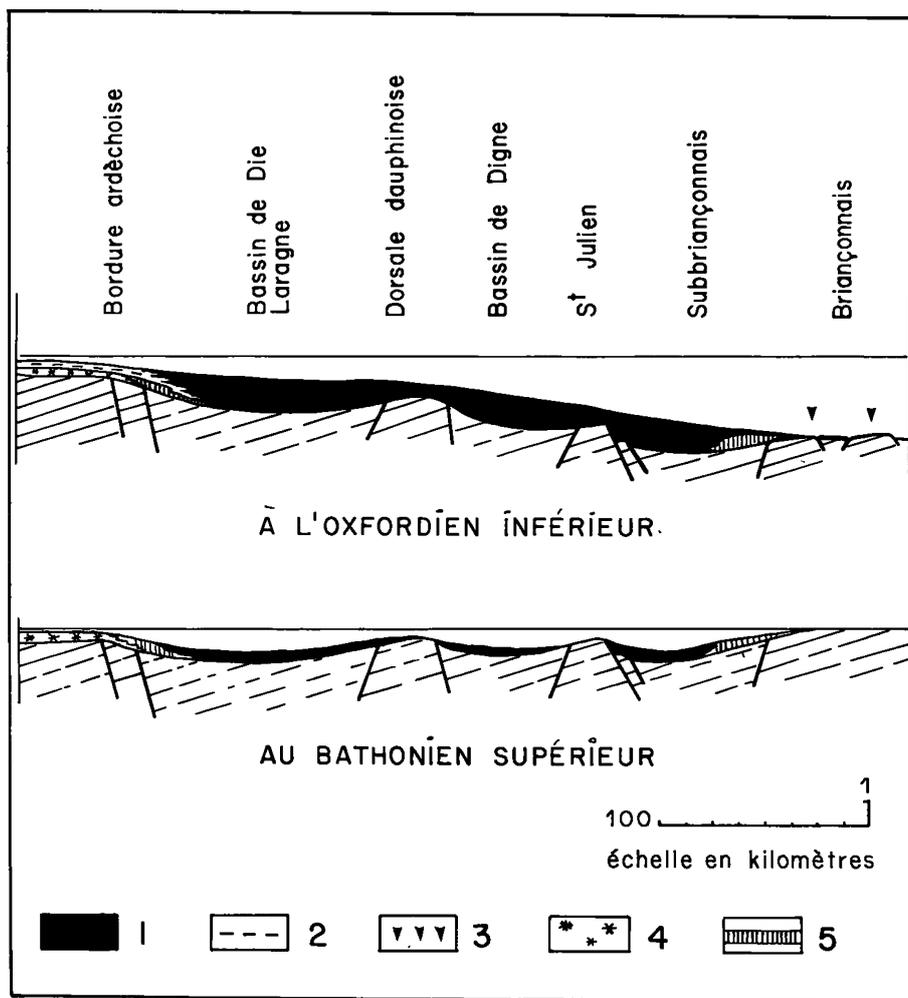


Fig. 10. - Reconstitution de deux transversales entre la bordure ardéchoise du Massif Central et le Briançonnais au Bathonien inférieur et à l'Oxfordien inférieur.
 1 : Terres Noires; 2 : Faciès marno-calcaires de l'Oxfordien; 3 : Croûtes de l'Oxfordien; 4 : faciès crinoïdiques du Dogger; 5 : Marno-calcaires à *Cancellophycus*.

b. Comportement du secteur subbriançonnais lors du « rifting » prééthysien.

L'un des aspects les plus remarquables de cette période est la réduction d'épaisseur des faciès penniques par rapport aux faciès dauphinois. La cause en est la quasi-absence d'apports terrigènes, qui ont été retenus dans le bassin dauphinois; le secteur subbriançonnais devait alors être *surélevé* par rapport au bassin, et donc épargné par les apports terrigènes.

Plus précisément, au *Lias*, les secteurs briançonnais et subbriançonnais ont connu une évolution comparable, tout au moins sur la transversale envisagée. Si l'on interprète la lacune du Lias (aux Neyzets par exemple) comme résultant d'une émergence, il faut imaginer une prolongation de l'île briançonnaise vers l'Ouest, dans notre secteur, avançant à la manière d'un cap entre les domaines de la Savoie au Nord (BARBIER, 1948) et du Morgon au Sud (SCHNEEGANS, 1938), caractérisés eux, par une sédimentation

liasique épaisse et à rattacher très probablement au bassin dauphinois.

Au *Jurassique moyen* par contre, le sort du secteur subbriançonnais semble lié à celui du bassin dauphinois subsident, ceci à certains égards.

Au *Bajocien supérieur*, les Terres Noires apparaissent dans les points bas du bassin dauphinois (ARTRU, 1972), tandis que des carbonates continuent à se déposer sur les bordures ardéchoise et très probablement subbriançonnaise, le domaine briançonnais restant encore émergé.

Au *Bathonien inférieur*, les calcaires marneux à *Zoophycos* sont transgressifs au même moment sur la transversale en Ardèche (ELMI, 1967) et à Piolit, pendant que les Terres Noires se déposent continuellement au fond des bassins. Les indications de pentes (« slumps ») sur ces deux bordures suggèrent une accélération de la subsidence, confirmée par ailleurs par l'étude du faciès des calcaires argileux à Posidonomies, qui caractérisent des milieux pélagiques plus profonds, nettement sous la limite d'action des vagues. Quant à la pente entre domaines briançonnais et dauphinois, celle-ci est globalement tournée vers le bassin (vers le Sud-Ouest dans le bassin de Piolit) mais sa paléogéographie devait être complexe dans le détail, en horsts et grabens, comme en témoigne l'existence de retombées vers le Nord et le Sud du domaine subbriançonnais des Hautes-Alpes.

Au *Bathonien supérieur*, époque de la submersion de l'île briançonnaise (MERCIER, 1977), la subsidence de l'ensemble de la marge se poursuit, provoquant l'ennoiement de certains seuils du bassin dauphinois (dorsale dauphinoise); des micrites à Posidonomies se déposent encore sur les bordures dauphinoises et subbriançonnaises. La pente orientale du bassin dauphinois continue de fonctionner comme telle et le secteur briançonnais, bien qu'émergé, continue à jouer encore un rôle de haut-fond entre le bassin dauphinois et le domaine piémontais.

L'effondrement d'une grande partie de la marge entre le Callovien moyen et supérieur va conduire à un profond bouleversement paléogéographique sur la transversale considérée. En

effet, la subsidence s'accélère en domaine dauphinois au Callovien moyen, provoquant l'enfouissement des seuils (Saint-Julien, dorsale dauphinoise) sous les Terres Noires (PAIRIS, 1965; ARTRU, 1972). De plus, celles-ci apparaissent seulement au début de l'Oxfordien après une lacune du Callovien supérieur en Ardèche (ELMI, 1967) et après la mise en place des brèches du Jas Cerisier et du Télégraphe en Subbriançonnais. On est donc tenté de rapprocher l'ensemble de ces événements : lacune de sédimentation, subsidence accélérée, transgression des Terres Noires sur les bordures du bassin, écroulements des reliefs sous-marins alimentant des brèches; ils occupent en effet une même place dans l'évolution lithostratigraphique en points divers de la marge.

c. Comportement du secteur subbriançonnais lors de la phase du « spreading » téthysien.

Le taux de sédimentation des Terres Noires dans le domaine subbriançonnais contraste par sa faiblesse avec celui observé dans le bassin dauphinois.

À l'Oxfordien supérieur-Tithonique, où la sédimentation carbonatée est généralisée sur la marge, des formations particulières, aux analogies de faciès frappantes, se déposent en différents points à savoir les calcaires grumeleux ardéchois (ELMI, 1978) et de la bordure provençale (BOURBON *et al.*, 1975, p. 149), certaines « pseudobrèches » du bassin dauphinois et les calcaires noduleux rouges en Briançonnais. L'apparition de ces faciès, fréquemment interprétés comme des résédiments (ELMI, 1978; BEAUDOIN, 1977; BOURBON, thèse en cours) sont peut-être à mettre en rapport avec la mobilité particulière des fonds-marins à cette époque, en liaison avec l'affaissement de la marge.

Au Kimméridgien-Tithonique, il ne semble pas y avoir l'équivalent de l'ensemble calcaréosiliceux des bassins de Piolit et du Galibier dans les autres régions de la marge, soit que ces bassins aient été particulièrement profonds, soit

qu'il y ait régné des conditions particulières (réductrices, fertilité) favorable à une remontée locale de la CCD.

Au Tithonique-Berriasien, les calcaires à cherts subbriançonnais, correspondant à des turbidites ultra-distales, contrastent par la régularité de la stratification avec les nombreux remaniements qui affectent les sédiments de cet âge, tant en domaine dauphinois (fonctionnement des canyons) que dans certaines parties du Briançonnais (massifs du Galibier et des Cerces; DUQUESNOIS, 1975).

Au Crétacé inférieur, la fraction argileuse, abondante en domaine vocontien, ne représente qu'une faible partie de l'alimentation en Subbriançonnais et est absente en Briançonnais. Si faibles que soient les apports, la morphologie héritée des épisodes antérieurs est alors amortie et nivelée par la sédimentation.

Du point de vue de la morphologie sous-marine, les bassins subbriançonnais de Piolit et du Galibier apparaissent, par leur profondeur, comme ayant été en contrebas à la fois du domaine externe et de certains points hauts du Briançonnais; il est donc probable qu'ils ont reçu des sédiments des deux côtés, comme le montre d'ailleurs l'organisation et la nature des éléments détritiques: existence de lobes de cônes sous-marins au Tithonique qui pourraient avoir été construits au débouché de certains canyons dauphinois et présence de matériel remanié du Dogger briançonnais.

D'autre part, il faut envisager l'idée d'une zone haute, difficile à reconstituer, entre le bassin subbriançonnais de Vallouise et le sillon briançonnais de Champcella (BOURBON, 1977).

D'un autre côté encore, la faiblesse des apports argileux dans le domaine pennique, si développés en domaine externe aussi bien à l'Oxfordien qu'au Valanginien est peut-être l'indice de l'existence d'une barrière - en creux ou en relief - qui piègerait les sédiments terrigènes.

Ces remarques visent à montrer la complexité morphologique des fonds marins sur la marge téthysienne au Malm.

d. Le secteur subbriançonnais dans la dernière phase de l'histoire de la marge.

Son comportement lors des phases précoces de l'orogénèse alpine peut être précisé grâce aux remarques suivantes.

Analogie du mode de sédimentation dans le domaine dauphinois oriental et les zones penniques externes au Crétacé supérieur: La sédimentation à dominante calcaire hémipélagique semble être la règle dans les zones immergées du bassin vocontien ainsi que dans le domaine pennique externe, (Briançonnais et Subbriançonnais) à partir du Turonien, ce qui confirme l'idée de la perennité des communications des parties orientales du secteur externe avec la mer alpine. On remarquera aussi que le « flysch » de l'Aiguille est contemporain des « lauzes calcaires et siliceuses », vocontiennes orientales, (PORTHAULT, 1974) de caractère turbiditique aussi, suggérant la simultanéité des déformations dans deux domaines paléogéographiques voisins.

Décalage dans le temps et dans l'espace des événements ayant affecté la marge à la fin du Crétacé inférieur: Dans le secteur vocontien, la paléogéographie est remodelée dès le Barrémien (apparition des faciès urgoniens, BAUDRIMONT et DUBOIS, 1976); en Subbriançonnais, ce n'est, semble-t-il, qu'à l'Aptien que débute un renouvellement paléogéographique sensible tandis qu'en Briançonnais, le *statu quo* relatif qui existait depuis le début du Crétacé inférieur semble se maintenir jusqu'à l'Albien (BOURBON, 1977).

La sédimentation argileuse, qui débute dès le Gargasien en domaine vocontien, n'affecte le secteur pennique externe qu'à l'Albien au plus tôt. En Subbriançonnais il semble qu'il y ait eu une lacune de sédimentation entre Barrémien et Albien supérieur, la sédimentation carbonatée pouvant se poursuivre simultanément en certains points du secteur briançonnais (BOURBON, communication personnelle).

Difficultés de cerner la nature des mouvements tectoniques à l'Aptien-Albien: Si, jusqu'au Crétacé inférieur, la tectonique qui affecte la marge semble régir principalement par un sys-

tème de contraintes en distension, l'interaction de la tectogénèse compressive Nord-Sud en domaine vocontien et des premiers mouvements de compression dans les zones alpines internes permet de supposer que *dès l'Aptien* (puisque tel est l'âge d'un grand bouleversement de la paléogéographie), la marge européenne de la Téthys ne fonctionne plus en distension simple; le système de contraintes qui régissait la paléogéographie du secteur subbriançonnais devait alors être complexe. Des compressions et des distensions ont pu intervenir successivement, ou simultanément suivant les points, comme en domaine externe.

Dissemblance des types de déformation au Crétacé supérieur dans le domaine externe et piémontais d'une part, briançonnais et subbriançonnais d'autre part : Au Turonien comme au Sénonien inférieur, d'importants mouvements de compression ont lieu de part et d'autre des domaines subbriançonnais et briançonnais (plissements du Dévoluy, charriages en zone piémontaise); par contre, il ne semble pas y avoir de discordance angulaire dans nos domaines, ce qui suggère que l'activité tectonique s'y est limitée à des mouvements verticaux.

CONCLUSION

Le secteur subbriançonnais paraît donc avoir occupé d'abord une place charnière entre les zones dauphinoise et briançonnaise puis, ultérieurement avoir eu son sort lié franchement au Briançonnais.

Du Lias au tout début de l'Oxfordien, le pays subbriançonnais se rattache au domaine briançonnais par l'existence d'une période d'émer-sion, au moins locale, puis par le dépôt des carbonates de plate-forme du Dogger; il se relie aussi bien au domaine dauphinois par une certaine communauté de faciès et par une identité dans la succession des déformations synsédimentaires observée sur les bordures, notamment sur

la bordure ardéchoise qui lui est symétrique; on peut même suggérer que le Subbriançonnais est la « bordure pennique » du bassin dauphinois au Dogger. C'est dire qu'une transition s'observe du domaine dauphinois subsident au domaine briançonnais émergé au travers de la zone subbriançonnaise.

À partir du Malm, il en est autrement : la destinée des domaines briançonnais et subbriançonnais va être commune jusqu'à l'heure de l'orogénèse alpine (P. TRICART, 1977) y compris. Jusqu'au Crétacé inférieur, ils appartiennent ensemble à la pente de la marge continentale. Au Crétacé supérieur, ils sont caractérisés tous deux par un style de déformation selon des mouvements verticaux, style qui les distingue des domaines encadrants où les plis et même les nappes de charriage démarrent déjà. Au cours des compressions du Tertiaire, l'évolution tectonique des nappes briançonnaises et subbriançonnaises sera synchrone et de même style.

Remerciements

Ce travail a été mené à bien grâce à une bourse d'études de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris; il a été proposé et suivi conjointement par MM. LEMOINE et de GRACIANSKY. Il a été l'objet de discussions fructueuses avec M. et M^{me} ARNAUD, MM. A. BAUD, M. BOURBON, P. CROS, G. DUNOYER de SEGONZAC, S. ELMi, P. HOMEWOOD, C. KERCHKOVE, M. SEPTFONTAINE, E.L. WINTERER. Les principales déterminations de fossiles sont dues à l'amicale obligeance de M^{me} L. BEAUVAIS, MM. E. FOURCADE, S. ELMi et R. ENAY, M^{me} C. MULLER, M. J. SIGAL.

BIBLIOGRAPHIE

- ARTRU (P.) (1968). - Les Terres Noires du bassin rhodanien (Bajocien supérieur à Oxfordien moyen). Stratigraphie, sédimentologie, géochimie. Thèse Fac. Sci. Lyon, 173 p. (multicop.).
- BARBIER (R.) (1948). - Les zones ultradauphinoise et subbriançonnaise entre l'Arc et l'Isère. *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 291 p.

- BARBIER (R.) (1951). - La prolongation de la zone subbriançonnaise de France, en Italie et en Suisse. Ses conséquences pour une corrélation d'ensemble des zones penniques de ces trois pays. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 29, p. 3-46.
- BARBIER (R.) (1963). - La zone subbriançonnaise dans la région du Galibier. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 39, p. 247-257.
- BARBIER (R.) et DEBELMAS (J.) (1961). - Les domaines de sédimentation dans la zone subbriançonnaise. *C.R. Ac. Sc.*, t. 252, p. 916-918.
- BAUDRIMONT (A.F.) et DUBOIS (P.) (1977). - Un bassin mésogéen du domaine péri-alpin : le Sud-Est de la France. *Bull. Centres Rech. Explor. - Prod. Elf-Aquitaine*, 1, p. 261-308.
- BEAUDOIN (B.) (1977). - Méthode d'analyse sédimentaire et reconstitution du bassin : Le Jurassique terminal-Berriasien des chaînes subalpines méridionales. Thèse Fac. Sc. Caen, 339 p.
- BEAUDOIN (B.), CAMPREDON (R.), COTILLON (P.) et GIGOT (P.) (1975). - Alpes méridionales françaises ; reconstitution du bassin de sédimentation. Excursion 7, IX^e Congrès International de Sédimentologie, Nice 1975.
- BERGER (W.H.) (1974). - Deep sea sedimentation. The Geology of Continental Margins, C.A. Burk and C.L. Drake ed., Springer-Verlag, Berlin p. 213-241.
- BERGER (W.H.) et WINTERER (E.L.) (1974). - Plate stratigraphy and the fluctuating carbonate line. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.*, 1, p. 11-48.
- BERNER (R.A.) (1965). - Activity coefficients of bicarbonate, carbonate and calcium ions in sea water. *Geo. Cosm. Acta*, vol. 29, n° 8, p. 947-965.
- BERNOULLI (D.) (1972). - North Atlantic and Mediterranean Mesozoic facies : a comparison. In Hollister C.D., Ewing J.I. et al., 1972, *Init. Rep. of the D.S.D.P.*, vol. XI, Washington, U.S. Gov. Print. Of., p. 801-871.
- BERNOULLI (D.) et JENKYN (H.C.) (1974). - Alpine, Mediterranean, and central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of the Tethys. In *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation. Soc. of Ec. Paleont. and Mineral.*, Sp. Pub. n° 19, p. 129-160.
- BOSELLINI (A.) et WINTERER (E.L.) (1975). - Pelagic limestone and radiolarite of the Tethyan Mesozoic : a genetic model. *Geology*, May 1975, p. 279-282.
- BOURBON (M.) (1971). - Contribution à l'étude sédimentologique et géochimique des lacunes et des condensations de la série pélagique briançonnaise. Thèse 3^e cycle, Fac. Sci. Paris.
- BOURBON (M.) (1977). - Reconstitution paléomorphologique de fonds marins sur la marge nord-téthysienne : Le Jurassique supérieur et le Crétacé briançonnais dans les unités de Roche Charnière et de Champcella et dans le massif Galibier-Cerces. *Bull. Soc. Géol. France*, 7, XIX, 4, p. 729-733.
- BOURBON (M.), GRACIANSKY (P.C. de), LEMOINE (M.), MEGARD-GALLI (J.) et MERCIER (D.), (1975). - Carbonates de plate-forme et séries pélagiques condensées dans le Mésozoïque de la zone briançonnaise (Alpes françaises). Excursions A 5 et Z 5, IX^e Congrès International de Sédimentologie, Nice 1975.
- BOURBON (M.), CARON (J.M.), GRACIANSKY (P.C. de), LEMOINE (M.), MEGARD-GALLI (J.), et MERCIER (D.), (1976). - The Mesozoic evolution of the Western Alps : birth and development of a part of the spreading oceanic Tethys and of its european continental margin. XXV^e Congrès-Assemblée plénière de Split, Yougoslavie. Symposium sur l'Histoire Structurale des Bassins Méditerranéens, Split, Oct. 1976, Technip Ed., p. 19-34.
- CHENET (P.Y.) et FRANCHETEAU (J.) (1978). - Paleobathymetric reconstruction method : Application to the Central Atlantic basin between 10° Nord and 40° Nord. A paraître dans les Initial Reports of the D.S.D.P., Vol. LI.
- DEBELMAS (J.) (1955). - Les zones subbriançonnaise et briançonnaise occidentale entre Vallouise et Guillestre (Hautes-Alpes). *Mém. Carte Géol. Fr.*, 171 p.
- DEBELMAS (J.) (1961). - La zone subbriançonnaise entre Vallouise et le Monétier (Hautes-Alpes) (feuille Briançon à 1/50 000^e). *Bull. Carte Géol. Fr.*, n° 264, t. LVIII, p. 131-146.
- DUQUESNOIS (L.) (1975). - Étude sédimentologique du Malm et du Crétacé briançonnais dans le Massif du Galibier (Hautes-Alpes) D.E.S., E.N.S.M.P., 91 p., inédit.
- ELMI (S.) (1967). - Le Lias supérieur et le Jurassique moyen de l'Ardèche (Thèse). *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, n° 19.
- ELMI (S.) (1978). - Bioturbation et tri-mécanique, facteurs déterminants dans la genèse des calcaires « noduleux » et des « Ammonitico-Rosso ». 6^e Réunion Annuelle Sciences de la Terre, p. 157.
- GIGNOUX (M.) et SCHNEEGANS (D.) (1934). - Sur l'âge des « Calcaires de Vallouise » près Briançon (Hautes-Alpes). *C.R.S. Soc. Géol. Fr.*, p. 66.
- GRACIANSKY (P.C. de), BOURBON (M.), CHENET (P.Y.), CHARPAL (O. de), LEMOINE (M.) (1976). - Genèse et évolution comparées de deux marges continentales passives : marges ibérique de l'Océan Atlantique et marge européenne de la Téthys dans les Alpes Occidentales, Séance Spécialisée Soc. Géol. Fr. Brest, 11-12 Décembre 1978, *B.S.G.F.*, à paraître.

- KERCKHOVE (C.) (1969). – La « zone du Flysch » dans les nappes de l'Embrunais-Ubaye (Alpes occidentales). *Géologie Alpine*, t. 45, p. 5-204.
- LATREILLE (M.) (1961). – Les nappes de l'Embrunais entre Durance et Haut-Drac. Thèse Grenoble, 1957. *Mém. Carte Géol. Fr.*, 205 p.
- LEMOINE (M.) (1975). – Mesozoic Sedimentation and Tectonic. Evolution of the Briançonnais Zone in the Western Alps-Possible Evidence for an Atlantic-type Margin between the European Craton and the Tethys. IX^e Congrès International de Sédimentologie, Nice. Thème 4, Tectonique et Sédimentation, t. 2, p. 211-216.
- MERCIER (D.) (1977). – Les modalités de la transgression jurassique dans la zone briançonnaise (Hautes-Alpes). Thèse 3^e cycle, Univ. Paris VI, 352 p.
- PAIRIS (J.L.) (1965). – La demi-fenêtre d'Embrun (Hautes-Alpes et Basses-Alpes). *Géologie Alpine*, t. 41, p. 97-132.
- PETERSON (M.N.A.) (1966). – Calcite : rates of dissolution in a vertical profile in the Central Pacific : *Science*, vol. 154, p. 1542-1544.
- PETTIJOHN (F.J.) (1975). – Sedimentary rocks. Third Edition. Harper et Row. New York, 628 p.
- SCHNEEGANS (D.) (1938). – La géologie des Nappes de l'Ubaye-Embrunais entre les vallées de la Durance et de l'Ubaye (Thèse, Grenoble). *Mém. Serv. Carte Géol.*
- TERMIER (P.) (1903). – Les montagnes entre Briançon et Vallouise, *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*
- TRICART (P.), CARON (J.M.), GAY (M.) et VIALON (P.) (1977). – Relais de schistosités, structures en éventail et discontinuités majeures sur la transversale du Pelvoux (Alpes Occidentales). *Bull. Soc. Géol. France*, (7), T. XIX, n° 4, p. 873-882.