

# Évolution de la partie nord-orientale du bassin subalpin de l'Aptien au Nummulitique (SE France)

GÉRARD FRIÈS<sup>1</sup>

**Mots clés.** – Bassin subalpin, Aptien, Albien, Cénomanien, Crétacé supérieur, Microfaune planctonique, Microcodium, Nummulitique, Paléogéographie, Compression.

**Résumé.** – Des observations nouvelles de la partie supérieure du Crétacé (Aptien à Campanien) à la base du Tertiaire (Nummulitique) dans le secteur nord-oriental du bassin subalpin (SE France) permettent de présenter une succession de canevas paléogéographiques cohérents intégrant les déformations synsédimentaires affectant cette partie du domaine alpin jusqu'à son émergence au Paléogène ; plusieurs événements majeurs d'importance régionale sont mis en évidence pour la première fois ou réévalués : les discordances du Vraconien (Albien terminal), du Campanien inférieur et du Nummulitique. Le Nord-Est du bassin est caractérisé par la présence d'une zone haute pérenne de l'Aptien au Campanien. La déformation durant cette période est complexe et polyphasée ; elle s'enregistre dans la sédimentation par le fonctionnement de failles synsédimentaires, le scellement de plis d'orientation WNW-ESE, un basculement final vers le nord de l'aire de dépôt au Campanien. L'accentuation de la compression conduit à une émergence généralisée qui s'étend du Paléocène à l'Eocène inférieur/moyen et soumet les dépôts à une intense altération marquée par la présence sur plusieurs dizaines de mètres de microcodiums. Le retour des dépôts marins à l'Eocène supérieur (Nummulitique) est précédé d'une nouvelle crise compressive majeure enregistrée par une schistosité d'orientation N130 affectant les séries sous-jacentes.

## Evolution of the northeastern Subalpine basin from Aptian to Nummulitic (SE France)

**Key words.** – Subalpine basin, Aptian, Albien, Cénomanien, Upper Cretaceous, Planktonic microfauna, Microcodium, Nummulitic, Palaeogeography, Compression.

**Abstract.** – New palaeogeographical sketches from the upper part of the Cretaceous (Aptian to Campanian) to the lower Tertiary (Nummulitic) of the northeastern subalpine basin (SE France) are presented owing to recent observations. Major structural and sedimentary events are described for the first time or reevaluated : the Vraconian (uppermost Albien) unconformity, the lower Campanian and pre-Nummulitic unconformities. During this period a complex deformation of the basin is registered by synsedimentary tectonic activity, WNW-ESE compressive structures, a final northward tilt of the basin before a generalized emersion at the end of the Cretaceous. This emersion extends from Palaeocene to lower-middle Eocene and is characterized by the presence of microcodiums deeply weathering the underlying Cretaceous sediments. Finally the pre-Nummulitic NE-SW compression will result in a N130 schistosity before marine facies will reappear during the Upper Eocene.

## ABRIDGED ENGLISH VERSION

The structural and sedimentary evolution of the northeastern subalpine basin (SE France) during the upper part of the Cretaceous (Aptian to Campanian) has not been recently documented. From the fifties to the late seventies several monographies were published, concerning its stratigraphy [Thomel, 1972; Porthault, 1974; Conard-Noireau, 1987] or regional studies [Sornay, 1955; Faure-Muret, 1955; Bodelle, 1971; Campredon, 1972; El Kholy, 1972, ...]. Since that time few studies have been published concerning this region at this critical period corresponding to the closure of the northwestern margin of the Tethys ocean. New and reevaluated ancient data are presented here : several unpublished sections with new biostratigraphical, structural and sedimentological evidences (fig. 2 and 3 for the Aptian Albien Cénomanian period; fig. 6 for the Upper Cretaceous) leading to renewed palaeogeographical sketches (fig. 4, 5 and 7).

### The Aptian Albien Cénomanian period

In the northern part of the studied area, Aptian, lower, middle and lowermost Upper Albien series are missing (Saint-Delmas-le-Selvage section, fig. 3a; Le Bachelard, fig. 3b; Pré des Fabres, fig. 3c) below the Vraconian (uppermost Albien, in the French terminology corresponding to the *dispar* ammonite zone) unconformity. The marly to marly-limy Vraconian, characterized by planktonic foraminifera such as *Rotalipora tictinensis* [Parize *et al.*, 1998], *Rotalipora appenninica* and *Planomalina buxtorfi*, lies directly upon the limestones of Barremian to lowermost Aptian age. Its thickness does not exceed 25 metres. Further south, the Aptian to middle Albien sections of Blegiers and Allos (fig. 2a and 2b) are similar to their westerly equivalents, known from previous works [Friès, 1986; Bréheret, 1995]. The Cénomanian is identified owing to the planktonic foraminifera (*Rotalipora brotzeni*, *Rotalipora cushmani*, *Whiteinella paradubia* and *Dicarinella algeriana*) and the well-known blackshale anoxic Thomel event [Arthur *et al.*, 1987; Crumière *et al.*, 1990] from the Cénomanian-Turonian boundary has been identified at the Bernardez and l'Aiguillette sections (fig. 3d).

From Aptian to Cénomanian a perennial WNW-ESE trending high zone controlled the sedimentation leading to a northward thinning of all the formations (fig. 4). A north to south profile (fig. 5) illustrates the general geometry of this northeastern margin of the Vocontian basin, which was probably fault-controlled like its southern equivalents in the Sisteron area [Beaudoin *et al.*, 1986] or Castellane area [Cotillon, 1971].

<sup>1</sup> Elf Exploration Production, Tour Elf, 92078 Paris La Défense, France ; Email : gerard.fries@elf-p.fr.  
Manuscrit déposé le 26 janvier 1998 ; accepté après révision le 4 janvier 1999.

## The Upper Cretaceous and Palaeogene

In the Seyne-les-Alpes area (Montagne de la Blanche, fig. 1) two main sections are presented : the Dormillouse and Roche Close sections (fig. 6a and b). At the Dormillouse section (fig. 6a), the Upper Cretaceous shows a thick calcareous turbiditic series. The calcareous turbidites rework a lot of silicified rudists, algae bryozoarian and echinoids fragments, coming from a shallow-water area. The different indications of sliding and scouring indicate a northern origin for this shallow-water platform which represents a palaeostructuration of the Pelvoux area, located northward and known from the Palaeogene. These calcarenites are overlain by about 20 metres of plurimetric polygenic breccias reworking mainly Upper Cretaceous elements. Microcodiums (algal or bacterial features) weathered deeply the breccias down to the calcarenous substratum. Associated more south to Lower Tertiary continental facies [Bodelle, 1971; Campredon, 1972], these microcodiums have registered a long emersion period: it took place after the deposition of the breccias and lasted from Palaeocene to Lower-Middle Eocene (*id.*) before the marine transgression of the Upper Eocene nummulitic limestones which rest unconformably on the underlying series affected by a strong N130 schistosity.

The reevaluation of El Kholy unpublished biostratigraphic data shows, because of poor planktonic microfauna (fig. 6a) : a thick calcarenous undifferentiated formation (Coniacian to Santonian); the apparition of *Globotruncana arca* indicates an Upper Santonian to Lower Campanian age. No more recent markers than *G. arca* (Upper Santonian to Lower Campanian) have been identified in the breccias.

At the Roche Close section (11 km to the south, fig. 6b), the calcareous sedimentation is totally pelagic. It is followed by an unusual terrigenous turbiditic formation 50 metres thick; all the measured sole marks indicate a southward origin of the quartz. Thick polygenic breccias (about 40 metres) weathered by the microcodiums cover this turbiditic serie affected by the same N130 schistosity, below the Nummulitic unconformity.

A similar succession is known from the Lauzanier Pas-de-la-Cavalle section at the Italian border [El Kholy, 1972; fig. 6c]. Owing to the planktonic microfauna, Turonian (*Helvetoglobotruncana helvetica*), undifferentiated Coniacian and Santonian (*Dicarinella concavata*) are dated. The apparition of *Globotruncana arca* in the terrigenous formation indicates an Upper Santonian to Lower Campanian age. An equivalent microfauna is described in the breccias, giving the same age (Upper Santonian to Lower Campanian).

Three successive major units are finally characterized in the Upper Cretaceous of the studied area :

- a thick calcarenous formation (Turonian to Santonian) reworks elements coming from a northern shallow-water carbonate platform. From Dormillouse to the Pas-de-la-Cavalle, the slope has been recognized over 40 km;
- the limy sedimentation is abruptly followed, approximatively at the Santonian /Campanian limit, by a terrigenous formation, whose origin has to be searched southward : a general northward tilt occurred at this period leading to the closure of the southern pelagic basin;
- the final infilling of the basin is made of thick polygenic breccias (Campanian?).

The Tertiary history began with a long emersion period (Palaeocene to Middle Eocene) registered here only by the microcodiums weathering, the N130 schistosity related to a pre-nummulitic compression and the final transgression of the Upper Eocene nummulitic limestones.

## Conclusions

From Aptian to Santonian, the palaeogeography of the northeastern subalpine basin is characterized by a perennial NW-SE trending high zone dipping to a southern pelagic domain: new palaeogeographical sketches integrating these data provide a more coherent vision of the subalpine basin during the upper part of the Cretaceous (fig. 7a to d).

During Aptian and Albian time the basinal marly facies develop on a wide area (up to 60 km, fig. 7a and b) before both northern and southern margins, characterized by reduced sections : thin Vraconian to Cenomanian sediments transgress directly on Neocomian to Barremian limestones.

From Turonian to Santonian, the width of the pelagic domain is considerably reduced (less than 20 km in its present structural position, El Kholy [1972]) as the southern margin migrates 40 km northward during Lower Turonian. Platform facies are mainly chalky west of the Rouaine fault and silto-detritic east of it, proving the synsedimentary activity during Upper Cretaceous of this major fault. The northern margin corresponds to the previously described calcarenous slope (fig. 7c). An important Lower Turonian compressive event is related to the general shortening of the basinal domain.

A major Upper Santonian/Lower Campanian compressive event interrupts the limy sedimentation, closes the southern basin and generates a northward tilt; it is followed by a sandy turbiditic sedimentation coming from the south (fig. 7d.). Finally the deposition of massive series of Cretaceous breccias closes the Mesozoic history of the basin, during a final paroxysmal compressive deformation.

This study provides a tectono-sedimentary schedule for the Cretaceous subalpine basin during its last period of existence. Major events are recognized over the whole basin :

- with the Vraconian unconformity [DV event, Parize *et al.*, 1998] the basin enters its compressive cycle;
- the Lower Turonian compressive event, known in the Rhône Valley [Sornay, 1955 and Porthault, 1974] with a important hiatus, is recorded in the eastern basin by a 40 km northward shift of the southern margin, strongly reducing the previous pelagic domain;
- the so-called Upper Santonian/Lower Campanian compressive event is characterized by : the closure of the Vocontian basin, the sealing of E-W trending synclines in the Vercors and Devoluy area [Lory, 1897; Flandrin, 1966; Porthault, 1974] and a general northward tilt. It is followed by a thick limy sedimentation (Campanian to Maastrichtian "lauzes" formation, Porthault [1974]) in the Vercors Devoluy, and a terrigenous formation in the northeastern part of the basin before the deposition of the polygenic breccias;
- a post-Cretaceous emersion (Palaeocene to middle Eocene) recorded by microcodium activity and a last compressive event generating the N130 schistosity;
- the final Upper Eocene transgression of the nummulitic limestones.

A more coherent vision of the Subalpine basin needs now palaeogeographical sketches enlarged to its natural limits (Massif Central to the west, Mercantour to the east and Provence to the south) and within a more precise chronostratigraphic framework especially in the Upper Cretaceous.

## INTRODUCTION

### Une région peu étudiée : le Nord-Est du Bassin subalpin

La fermeture pendant le Crétacé supérieur du domaine téthysien occidental (Pyrénées, Alpes françaises) est caractérisée par une première phase compressive bien documentée dans les Pyrénées et la Provence ; elle est marquée par une contrainte  $\sigma_1$  orientée NNE-SSW et des plis associés de direction E-W à N110-120. La compression affecte le domaine alpin jusqu'à dans sa partie la plus septentrionale, comme l'attestent les plis orientés E-W du Dévoluy et du Bochaine déformant le Sénonien inférieur et scellés par des dépôts d'âge campanien [Lory, 1897 ; Flandrin, 1966].

Les séries crétacées subalpines ont été l'objet d'une littérature abondante (*cf. ci-après*) ; cependant le Nord-Est du bassin subalpin est resté peu étudié en raison de la topographie locale : la plupart des affleurements sont situés en haute montagne, le plus souvent au-dessus de 2 000 voire 2 500 mètres d'altitude, avec des marches d'approche de plusieurs heures. Parmi les rares documents existants on peut néanmoins citer : un travail de cartographie dans la Montagne de la Blanche au-dessus de Seyne-les-Alpes (B. Beaudoin, inédit, carte 1/50 000 de Seyne-les-Alpes) repris par une note de J. Goguel [1964] ; un rapport d'option inédit de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris sur la Montagne de la Blanche [Chevalier *et al.*, 1971] et la thèse d'El Kholy [1972] qui décrit et date de nombreuses coupes dans le Crétacé supérieur du Nord-Est du bassin.

Cette note présente des coupes inédites datées par les foraminifères planctoniques (datations G. Bizon et J.J. Bizon) dans l'intervalle Aptien à Cénomanien et des observations détaillées dans le Crétacé supérieur sous la discordance nummulitique : fenêtre de Barcelonnette, secteur de Seyne-les-Alpes, Allos et Saint-Delmas-le-Selvage à l'est (fig. 1) ainsi qu'une proposition d'évolution paléogéographique du secteur oriental du bassin subalpin.

### Généralités sur le Crétacé supérieur subalpin

Le Crétacé supérieur dans le Bassin subalpin correspond à une phase majeure dans l'histoire du domaine alpin marin ouvert depuis l'aube du Mésozoïque. Plusieurs modèles tentent de retracer l'évolution de cette région [Dewey *et al.*, 1973 ; Biju-Duval *et al.*, 1977 ; Laubscher et Bernouilli, 1977 ; Tapponnier, 1977 ; Bernouilli et Lemoine, 1980 ; Le Pichon *et al.*, 1981, ...]. En dépit de divergences d'interprétation parfois notables, ils s'accordent sur les grandes lignes, notamment en ce qui concerne la partie supérieure du Crétacé : à partir de l'Aptien, l'accrétion océanique débute dans la zone du futur Atlantique nord et la cinématique des plaques ibéro-adriatiques se trouve considérablement modifiée. Dans les régions subalpines ces modifications se traduisent par une compression à composante N-S (plis du Dévoluy, émersion de « l'isthme durancien » [Masse et Philip, 1976]) qui en s'accentuant conduira à la fermeture du bassin.

Après les premières monographies régionales du début du siècle, on passe directement aux années 50 et 60 : J. Sornay publie une importante synthèse du Crétacé supérieur de la vallée du Rhône [1955]. Plus à l'est, A. Faure-Muret étudie la couverture sédimentaire du massif de l'Argente-

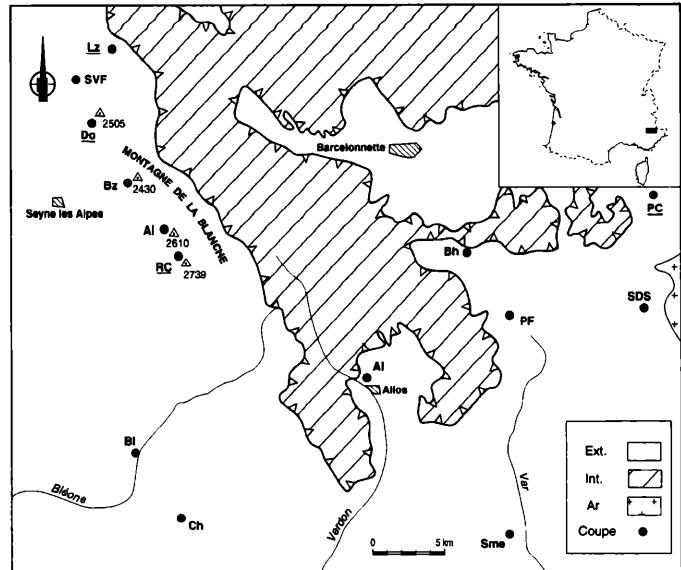


FIG. 1. – Carte de localisation. Ext : autochtone de la zone externe ; couverture sédimentaire secondaire et tertiaire ; Int : zones internes indifférenciées (subbriançonnais, briançonnais, nappes de l'Embrunais-Ubaye) ; Ar : sousbasement antétriasique, massif cristallin externe de l'Argentera. Coupes : Al, Aiguillette ; Al, Allos ; Bh, Bachelard ; Bl, Blégiers ; Bz, Pic de Bernardez ; Ch, Chavailles ; Do, Dormillouse ; Lz, Le Lauzet ; PC, Pas de la Cavale ; PF, Pré des Fabres (Col de la Cayolle) ; RC, Roche Close ; SDS, Saint-Delmas-le-Selvage ; Sme, Saint Martin d'Entraunes ; SVF, Saint-Vincent-les-Forts (les coupes soulignées ont été étudiées pour le Crétacé supérieur).

FIG. 1. – Location map. Ext : autochthonous external unit, Mesozoic and Cenozoic sedimentary cover; Int : allochthonous internal units (Subbriançonnais, Briançonnais, Embrunais-Ubaye nappes). Sections : (underlined sections for Upper Cretaceous series).

ra-Mercantour [1955], tandis que C. Sturani s'intéresse à la bordure nord-orientale de ce massif [1962, 1963]. Le domaine subbriançonnais et briançonnais est étudié à la même époque par J. Debelmas [1955], M. Gidon [1962], C. Kerckhove [1969]...

Des travaux se poursuivent pendant les années 70 et 80, cependant plus orientés vers la stratigraphie : G. Thomel précise la zonation par ammonites du Cénomanien [1972] ; B. Porthault propose en 1974 une biozonation très fine du Crétacé supérieur de la « fosse vocontienne », à l'ouest de la Durance. Dans la même période on peut encore citer les travaux de Y. El Kholy dans la nappe de Digne [1972], ceux de J. Bodelle [1971] et R. Campredon [1972], qui en s'intéressent au Paléogène, ont traité au moins partiellement du substratum crétacé. Dans la région niçoise, M. Conard-Noireau poursuit ses travaux sur le Crétacé supérieur des Alpes-Maritimes [1978, 1979, 1983 et 1987]. En domaine plus interne les travaux de P.Y. Chenet [1978] et M. Bourbon [1980] présentent une synthèse de la marge téthysienne au Mésozoïque en secteurs subbriançonnais et briançonnais.

## DE L'APTIEN AU CÉNOMANIEN

Dans un secteur compris entre Barcelonnette au nord et Allos au sud, six coupes ont été levées et échantillonées pour

la microfaune, une septième a fait l'objet d'un lever rapide (fig. 1). L'aspect général du sédiment est parfois peu engageant par le débit caractéristique en bâtonnets centimétriques des marnes, expression d'une schistosité acquise au cours des phases ultérieures de déformation. Les structures et figures sédimentaires, par exemple les bioturbations ou les glissements sous-marins (slumps), ont été cependant bien conservées.

En dépit de cette position assez interne dans la nappe de Digne – à proximité ou bien directement en fenêtre sous les nappes de l'Embrunais-Ubaye – la microfaune a été largement préservée et les lavages réalisés sur ces coupes ont permis d'établir une biostratigraphie convenable de ces séries. Les déterminations ont été faites par G. et J.J. Bizon ; leurs données sont restituées dans leur intégralité en utilisant la biozonation présentée par Robaszynski et Caron en 1995, tout en tenant compte des résultats régionaux obtenus dans le bassin subalpin [Friès, 1986 ; Friès *et al.*, 1986]. Les zonations fines de l'Aptien et du Cénomanien n'ont pas été utilisées ; en revanche l'Albien a pu être scindé en trois grandes unités stratigraphiques : l'Albien inférieur et moyen à *Hedbergella planispira* et *Hedbergella rischi* ; l'Albien supérieur à tincinelles (*Ticinella primula*, *Ticinella breggiensis*, *Ticinella praeticinensis*, ...); enfin l'Albien terminal assimilable au Vraconien de la terminologie française, et qui a été caractérisé récemment [Parize *et al.*, 1998] par l'apparition des rotaliropores (*Rotalipora ticinensis*, *Rotalipora subticinensis*) ; il correspond à la zone d'ammonites à *Stoliczkaia dispar*. Ce terme de Vraconien, bien que d'usage local, sera utilisé dans ce sens par la suite pour des raisons de commodité.

#### Coupe de Blégiers (1/50 000 : La Javie, coordonnées Lambert, x = 926 200; y = 219 950)

La série apto-albienne, levée le long de la route qui borde la Bléone, montre une succession comparable aux coupes situées au sud et à l'ouest du secteur d'étude [Friès, 1986 ; Bréheret, 1995]. On reconnaît ainsi successivement au-dessus des calcaires barrémio-bédouliens (fig. 2a) :

- l'Aptien marneux couronné par le faisceau marno-calcaire du Clansayésien (Aptien supérieur), dans lequel les bancs calcaires identifiés dans tout le bassin (bancs 3, 5, 6 [Friès, 1986]) sont présents ainsi que le niveau de cendres volcaniques « Cézanne » d'extension régionale [Beaudoin *et al.*, 1997 ; Beaudoin et Dauphin, communication orale]. L'ensemble atteint une épaisseur d'environ 110 mètres ;

- l'Albien inférieur et moyen marneux (250 mètres) dans lequel s'intercalent de nombreux slumps ; le sommet de cette unité est marqué par la présence d'un cordon de nodules barytiques corrélatable avec un niveau similaire reconnu à l'ouest et daté du sommet de l'Albien moyen [Bréheret, 1995] ;

- des faisceaux marno-calcaires alternants attribuables à l'Albien supérieur par comparaison avec les autres coupes du domaine occidental (environ 40 mètres) ;

- le Vraconien est présent sur une trentaine de mètres sous un faciès marno-calcaire identique au précédent.

La microfaune abondante précise les attributions stratigraphiques : dans l'Aptien on reconnaît une zone à *Schackoïna cabri* ainsi que la zone à *Ticinella bejaouensis*. Entre les deux la zonation est délicate en l'absence des marqueurs usuels (*Globigerinelloides ferreolensis*, *Globigerinelloides algeriana*) ; toutefois la présence de plusieurs niveaux de cendres reconnus plus à l'ouest dans une série continue [Dauphin, 1997 et communication orale] suggère que la série ne présente pas de hiatus majeur. L'Albien inférieur et moyen est caractérisé d'abord par de petites hedbergelles, puis par *H. planispira* et *H. rischi*, avant l'apparition de *T. primula*.

L'Albien supérieur est daté par l'apparition des tincinelles (*T. primula*, puis *Biticinella breggicensis* et *T. praeticinensis*) et le Vraconien est identifié par la présence de *R. subticinensis* et *R. ticinensis* [Parize *et al.*, 1998].

#### Coupe d'Allos (1/50 000 : Allos, x = 942 450 ; y = 225 900)

Levée le long de la route du Bouchet au nord d'Allos, la succession est proche de celle observée à Blégiers mais avec des épaisseurs réduites (fig. 2b) :

- reposant directement sur les calcaires à silex du Barrémien-Bédoulien, un slump de 20 mètres d'épaisseur à lambeaux carbonatés est surmonté par le faisceau marno-calcaire très induré du Clansayésien. L'Aptien n'excéderait pas 60 mètres ;

- après la disparition des rares bancs calcaires, la série marneuse sus-jacente est attribuée à l'Albien inférieur et moyen au sommet duquel on retrouve le cordon de nodules barytiques (140 mètres environ) ;

- l'Albien supérieur/Vraconien est représenté par un mince ensemble plus calcaire affecté par des slumps (10 mètres/15 mètres).

La microfaune dégagée confirme l'âge barrémien à bédoulien (Aptien basal) des calcaires à silex avec notamment la présence des grandes hedbergelles à 4, 5 et 6 loges et de *Lenticulina ouachensis*. Le slump remanie *S. cabri*, *Globigerinelloides blowi*, *Hedbergella infracretacea* et des clavihedbergelles ; la corniche calcaire représente bien le Clansayésien avec *Hedbergella trocoidea* et *T. bejaouensis*, ainsi que le marqueur benthique *Pleurostomella subnodosa* qui apparaît au milieu du Clansayésien (Aptien terminal) [Friès, 1986]. L'Albien inférieur et moyen est daté par les marqueurs usuels, *H. planispira* et *H. rischi*. Une épaisseur d'une dizaine de mètres est attribuée par défaut à l'Albien supérieur (absence de microfaune), tandis que le Vraconien n'est identifié qu'au sommet de la coupe avec la présence de *R. ticinensis*.

#### Coupe de Saint-Martin-d'Entraunes (1/50 000 : Allos, x = 952 500 ; y = 214 000)

Située à une quinzaine de kilomètres au sud-est d'Allos, cette coupe est très similaire à celle d'Allos : l'Aptien d'une épaisseur totale de 80-90 mètres se décompose en une partie inférieure marneuse à *H. infracretacea* d'une trentaine de mètres en partie masquée à la base, d'un faisceau clansayésien (25 mètres) daté par *T. bejaouensis* et *H. trocoidea* et d'une partie sommitale plus marneuse (30-35 mètres) avec en outre *P. subnodosa*. Au dessus l'Albien inférieur et moyen marneux (à *H. rischi*) se développe sur plus de 100 mètres. L'Albien supérieur n'a pas été atteint.

#### Coupe de Saint-Delmas-le-Selvage (1/50 000 : Larche, x = 960 000 ; y = 231 900)

Au-dessus des calcaires néocomiens repose un slump de 14 mètres d'épaisseur à gros blocs carbonatés et marneux, surmonté par une vingtaine de mètres de marnes à rares intercalations calcaires puis d'une barre carbonatée (20 mètres environ) plus franchement en relief, elle-même surmontée par la falaise du Sénonien (fig. 3a). La microfaune planctonique abondante montre une série d'âge vraconien dans le slump (présence dès la base de *R. ticinensis* et *R. appenninica*) et sur le slump (*P. buxtorfi*) tandis que *R. brotzeni*, apparu 10 mètres au-dessus du slump, marque déjà l'entrée dans le Cénomanien. Le dernier échantillon, avec la présence de *R. cushmani* et des grandes whiteinelles dont *W. paradubia*, indique un Cénomanien élevé. Le Turonien

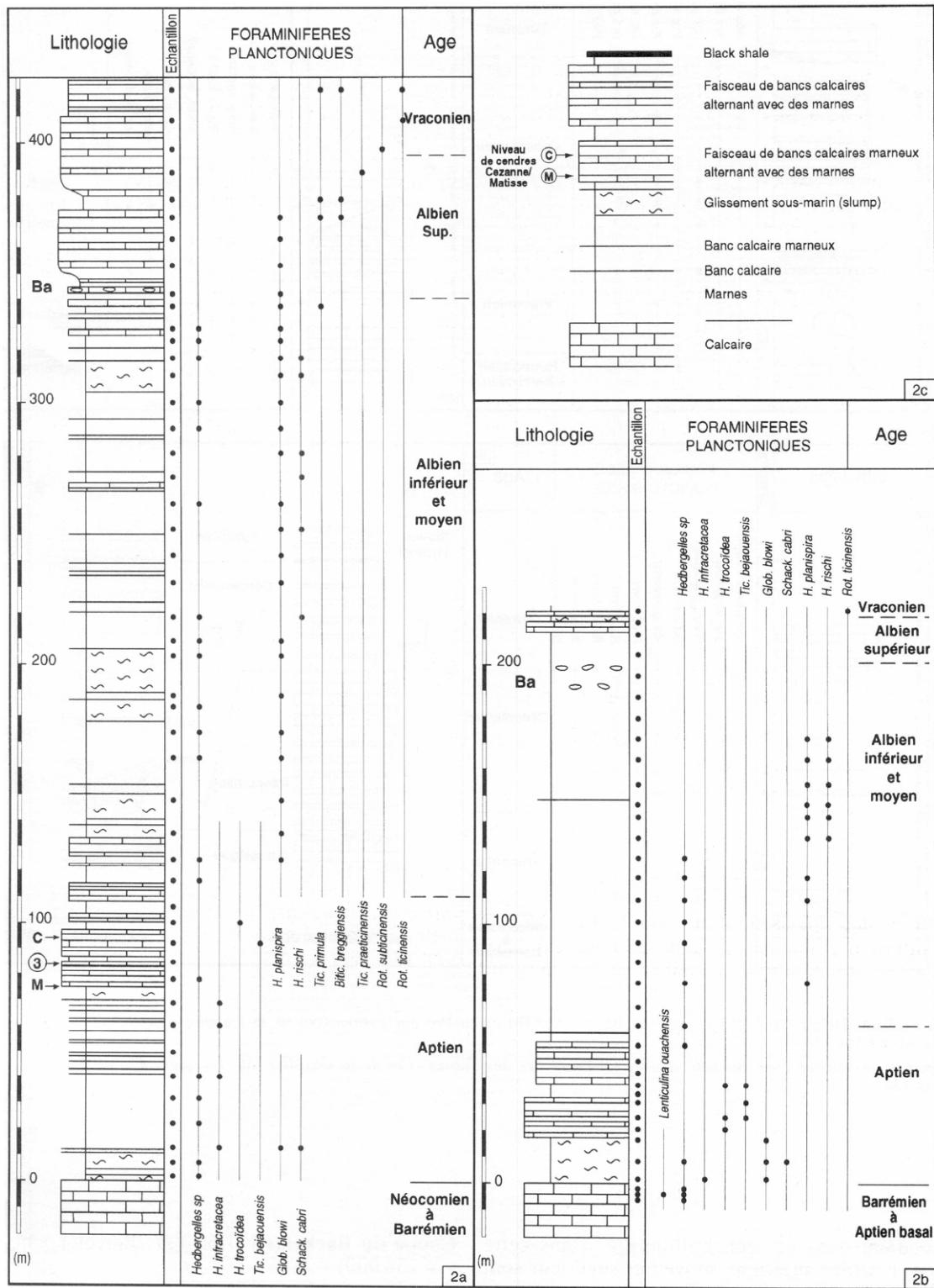


FIG. 2. – Coupes de Blégiers (2a) et d'Allos (2b); légende des figures 2, 3 et 5 (fig. 2c); C et M : niveaux de cendres Cézanne et Matisse ; 3 : banc calcaire corrélaté.

FIG. 2. – Blegiers (2a) and Allos (2b) sections; legend of figures 2, 3 and 5 (fig. 2c); C and M : Cezanne and Matisse bentonite levels ; 3 : correlated limy bed ; from bottom to top : limestones ; marls ; limy bed ; limy-marly bed ; slump ; marly limestones and marls ; limestones and marls ; black shale level.

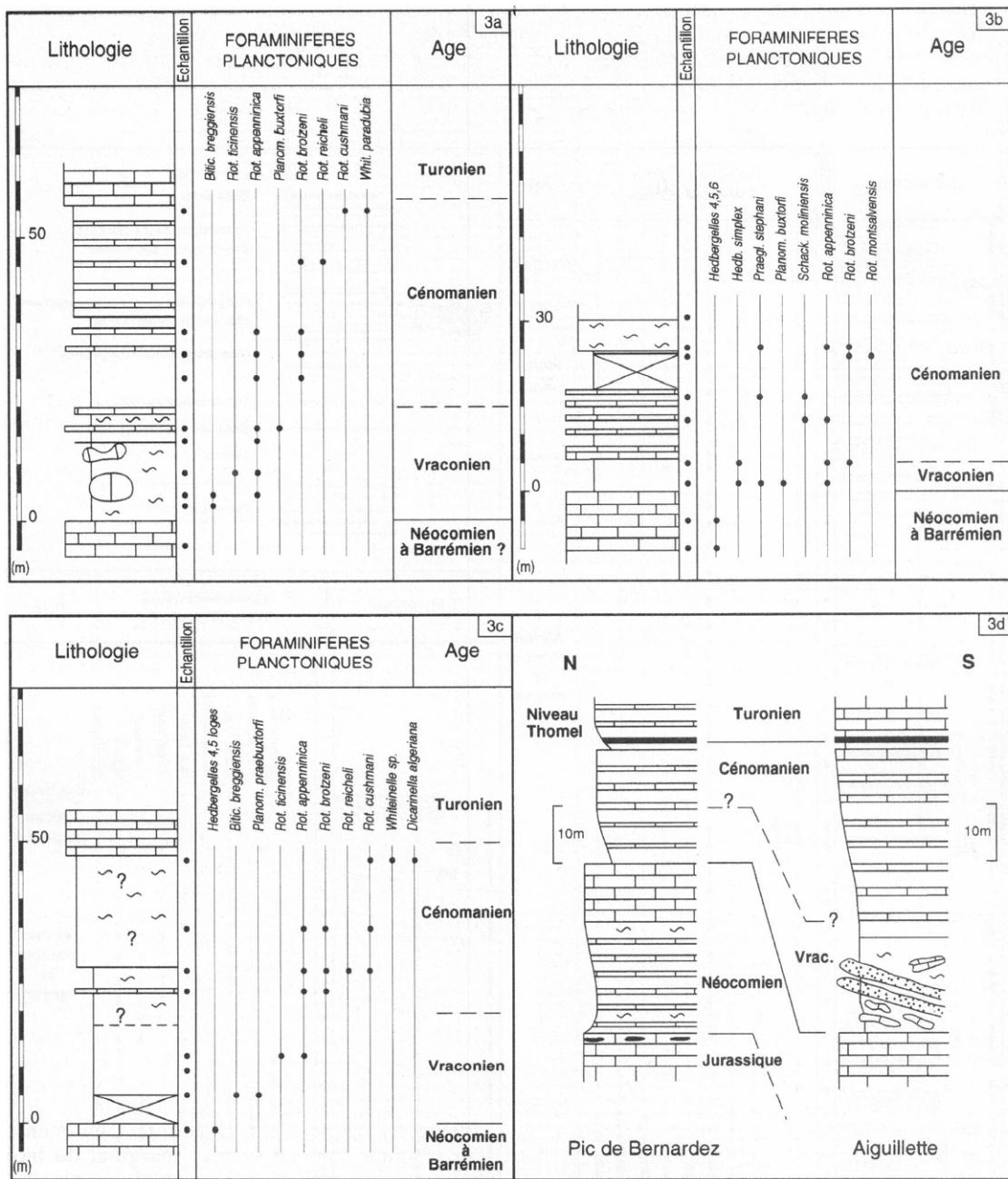


FIG. 3. – Coupes de Saint Delmas le Selvage (3a), du Bachelard (3b) et du Pré des Fabres (col de la Cayolle) (3c); coupes schématiques du Pic de Bernardez et de l'Aiguillette (3d).

FIG. 3. – *Saint Delmas le Selvage* (3a), *Bachelard river* (3b) and *Pré des Fabres* (*Col de la Cayolle*) (3c) sections; *Pic de Bernardez* and *l'Aiguillette* schematic sections (3d).

n'a pas été reconnu dans cet échantillonnage. Dans cette coupe, l'Aptien, l'Albien inférieur, moyen et supérieur sont absents. Le Vraconien, discordant sur le Néocomien, est réduit à un slump de 14 mètres surmonté d'à peine 6 mètres de série régulière ; le Cénomanien, reconnu sur 35 mètres, ne doit pas excéder la cinquantaine de mètres de puissance totale. La discordance vraconienne décrite ici est équivalente à celle décrite dans l'ouest du domaine vocontien [discordance DV, in Parize et al., 1998].

#### Coupe du Bachelard (1/50 000 : Barcelonnette, x = 950 050 ; y = 234 000)

La série médico-crétacée affleure médiocrement au-dessus des calcaires néocomiens dans la vallée du Bachelard. Elle est constituée de marnes très indurées alternant avec de rares bancs calcaires (fig. 3b). La microfaune indique un âge barrémien à aptien basal pour les calcaires sous-jacents (présence de petites hedbergelles à 4, 5 et 6 loges ainsi

que *H. infracretacea*). Le premier échantillon de marnes prélevé 1,5 mètres au-dessus des calcaires atteste à nouveau d'un âge vraconien élevé avec *Planomalina buxtorfi*, *Rotalipora appenninica*. Le Cénomanien est daté 3,5 mètres plus haut avec l'apparition de *R. brotzeni*; son épaisseur est d'au moins 20 mètres.

#### Coupe du Pré des Fabres (col de la Cayolle) (1/50 000 : Barcelonnette, x = 951 500; y = 229 750)

Sous le col de la Cayolle, au Pré des Fabres, la série très réduite est affectée par de nombreux slumps (fig. 3c). Le Vraconien marneux (20 mètres au plus), avec *Biticinella breggiensis* et *Planomalina praebuxtorfi* puis *R. tictinencis* et *R. appenninica*, repose sans doute directement sur les calcaires néocomiens (lacune de visibilité de 5 mètres à la base). Le Cénomanien sus-jacent est constitué de marnes et de calcaires marneux en partie résédimentés visibles sur une trentaine de mètres d'épaisseur avant la falaise calcaire du Sénonien; le sommet de la coupe est daté du Cénomanien supérieur avec la présence de grandes whiteinelles, de *Dicarinella algeriana* et de *R. cushmani*. Le Turonien n'a pas été reconnu (la coupe de la partie supérieure du Sénonien est décrite dans El Kholy [1972]).

Deux coupes supplémentaires ont été observées en crête de la Montagne de la Blanche au-dessus de Seyne-les-Alpes; il s'agit de la coupe de l'Aiguillette (sommet à 2610 mètres), levée dans le Ravin des Clos de Selon ainsi que de la coupe du Pic de Bernardez (2430 mètres) (figs. 1 et 3d).

La coupe de l'Aiguillette, signalée par Chevalier *et al.* en 1971, est particulièrement spectaculaire : elle présente des calcaires néocomiens (hauteriviens ?) peu épais; la surface supérieure du dernier banc est de couleur roussâtre avec de nombreux rostres de belemnites et des encroûtements pyriteux. Au-dessus de cette surface de discontinuité viennent en contact des brèches à éléments siliceux en bancs métriques intercalées de marnes noires de type blackshale et de blocs de calcaires résédimentés. Une lacune de l'Aptien et de l'Albien pro-partie est déjà évoquée sur ce site par Goguel [1964] et Chevalier *et al.* [1971]; on notera également, à la base de la série, la présence de nodules phosphatés et de galets de Barrémien dont certains sont perforés [Chevalier *et al.*, 1971]. Cette unité d'une vingtaine de mètres d'épaisseur est attribuée au Vraconien par comparaison avec les coupes les plus proches (*cf. ci-dessus*). Elle est surmontée par des alternances marno-calcaires cénonaniennes sur une trentaine de mètres avant un niveau métrique de blackshales noirs, équivalent probable de l'événement anoxique Thomel situé à la limite Cénomanien/Turonien et d'extension globale [Arthur *et al.*, 1987; Crumiére *et al.*, 1990,...]. La coupe se poursuit avec la falaise calcaire turonienne à santonienne levée et datée par El Kholy [1972] (*cf. ci-après*).

Située 5 kilomètres au nord-est de la coupe précédente, la coupe du Pic de Bernardez montre une succession comparable mais réduite à une vingtaine de mètres entre le sommet des calcaires néocomiens et le niveau de blackshales; l'ensemble représente l'intervalle Vraconien/Cénomanien, constitué d'une alternance marnes/calcaires décimétriques bioturbés, les faciès bréchiques de la base étant ici absents. On notera de plus que la série sous-jacente, attribuable à l'intervalle Jurassique terminal à Barrémien, est représentée par un ensemble d'à peine quelques dizaines de mètres d'épaisseur! Une telle réduction a été décrite plus au nord en bordure méridionale du Pelvoux (écaille de Soleil-Bœuf, notice de la carte de Gap à 1/250 000, p. 21).

Parmi les observations ponctuelles, on retiendra l'absence totale de l'Aptien, de l'Albien et du Cénomanien près

de Saint-Vincent-les-Forts ainsi que dans la coupe du Lauzet, en bordure du lac de Savines (localisation fig. 1). Dans ce secteur, le Crétacé supérieur est discordant directement sur le Jurassique moyen par l'intermédiaire d'un mince conglomérat (coupe de Saint-Vincent-les-Forts, carte 1/50 000 de Seynes, indication de C. Kerckhove). Enfin dans la coupe de Bassa di Colombart, située en Italie 2,5 kilomètres à l'est du Pas de la Cavalle (localisation fig. 1), l'ensemble Vraconien-Cénomanien discordant sur les calcaires du Jurassique n'excède pas 20 mètres d'épaisseur [El Kholy, 1972, inédit].

#### Éléments de paléogéographie

Deux cartes d'isopalesques, schématiques compte-tenu du faible nombre de points de mesure, synthétisent les données précédentes (figs. 4a et b). Elles montrent l'existence d'une zone de hiatus orientée WNW-ESE en position actuelle correspondant d'ouest en est aux coupes suivantes : Saint-Vincent-les-Forts, Pic de Bernardez, l'Aiguillette, Le Bachelard, le Pré des Fabres, Saint-Delmas-le-Selvage (localisation fig. 1). Cette zone lacunaire, qui a fonctionné pendant l'Apto-Albien (et sans doute dès le Crétacé inférieur), est recouverte en discordance par un Vraconien réduit (5-20 mètres) surmonté par un Cénomanien également peu épais (30-40 mètres au plus). L'Aptien, l'Albien inférieur, moyen et supérieur *pro parte* sont absents. Un net amincissement s'observe entre les coupes de Blégiers et d'Allos : l'hypothèse d'un non-dépôt est envisageable ou bien de l'érosion d'une série déjà réduite en liaison avec la discontinuité majeure DV de la base de la zone à *Dispar* reconnue plus à l'ouest [Parize *et al.*, 1998]. Les rares mesures de glissement disponibles montrent l'existence d'une pente orientée vers le secteur sud-ouest.

Les observations précédentes indiquent que la zone lacunaire correspond en fait à un axe haut pérenne ayant fonctionné très précocement au cours du Crétacé inférieur (série déjà très réduite); il se manifeste pendant l'Aptien et l'Albien par un amincissement des dépôts, illustré par une coupe N-S (fig. 5), auquel se superpose la discordance vraconienne et le dépôt d'un Cénomanien lui-même très réduit. L'existence de failles contrôlant les dépôts sur et en bordure de la zone haute est proposée par analogie avec la région de Sisteron où une tectonique synsédimentaire en bordure de la zone de Lure (de même orientation) a été démontrée pendant l'Aptien et l'Albien [Beaudoin *et al.*, 1986]. Le niveau anoxique Thomel (limite Cénomanien/Turonien) a été reconnu dans ce secteur marginal du bassin; on notera toutefois la persistance d'un amincissement : avec à peine un mètre d'épaisseur sur la crête de la Blanche, le niveau Thomel est quinze fois moins épais qu'à Saint-André-les-Alpes, une trentaine de kilomètres plus au sud [Crumière *et al.*, 1990].

Le chapitre suivant, consacré à des observations dans le Crétacé supérieur de la Montagne de la Blanche, qui domine Seyne-Les-Alpes, va notamment montrer que cette ébauche de zone peu subsidente se prolonge pendant le Crétacé terminal par la mise en place d'un talus carbonaté de même orientation, alimenté par une plate-forme peu profonde située plus au nord (secteur du Pelvoux).

#### LE CRÉTACÉ TERMINAL - PALÉOGÈNE

Le sommet du Crétacé supérieur du secteur de la Montagne de la Blanche présente des faciès biocalcarénitiques, des turbidites gréseuses et des brèches polygéniques avant d'être recouvert en discordance angulaire par les calcaires du Nummulitique. Deux coupes seront principalement dé-

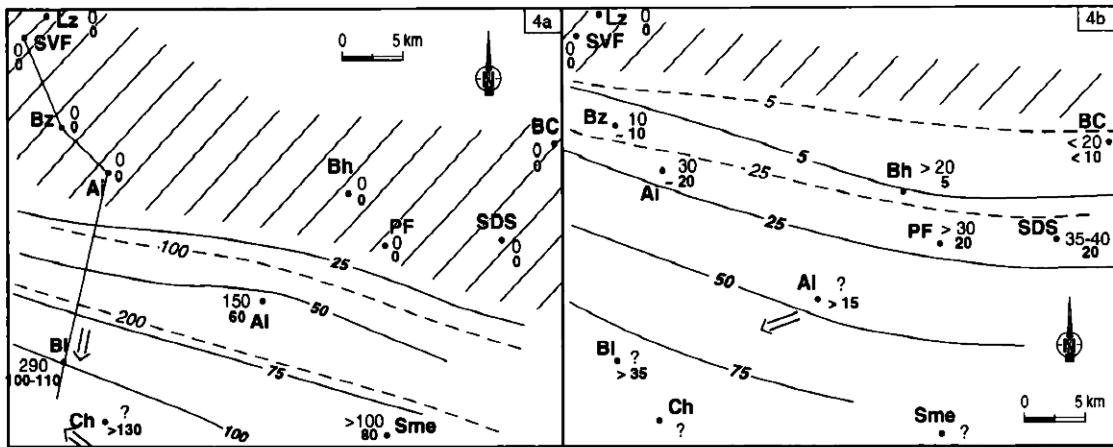


FIG. 4. – Cartes d'isopaques à l'Aptien, Albien inférieur, moyen et supérieur (4a) et au Vraconien Cénomanien (4b) ; BC, coupe de Bassa di Colombart (située 3 kilomètres à l'est de la coupe du Lauzanier – Pas de la Cavalle, hors de la figure 1).

a. – trait continu, isopaques de l'Aptien ; en tireté, isopaques de l'Albien inférieur, moyen et supérieur ; en hachuré, zone haute (érosion ou non-dépôt) (flèche : sens de glissement).

b. – trait continu, isopaques du Vraconien ; en tireté, isopaques du Cénomanien ; en hachuré, zone haute (érosion ou non-dépôt).

FIG. 4. – Isopach maps for the Aptian, Lower, Middle and Upper Albian (4a); Vraconian and Cenomanian (4b); BC, Bassa di Colombart section (located 3 kilometres east of the Lauzanier – Pas de la Cavalle section, out of figure 1).

a. – solid line : isopachs of Aptian; dashed line, isopachs of Lower, Middle and Upper Albian; hatched, high zone (erosion or non-deposit) (arrow : sliding indication).

b. – solid line : isopachs of Vraconian; dashed line, isopachs of Cenomanian; hatched, high zone (erosion or hiatus).

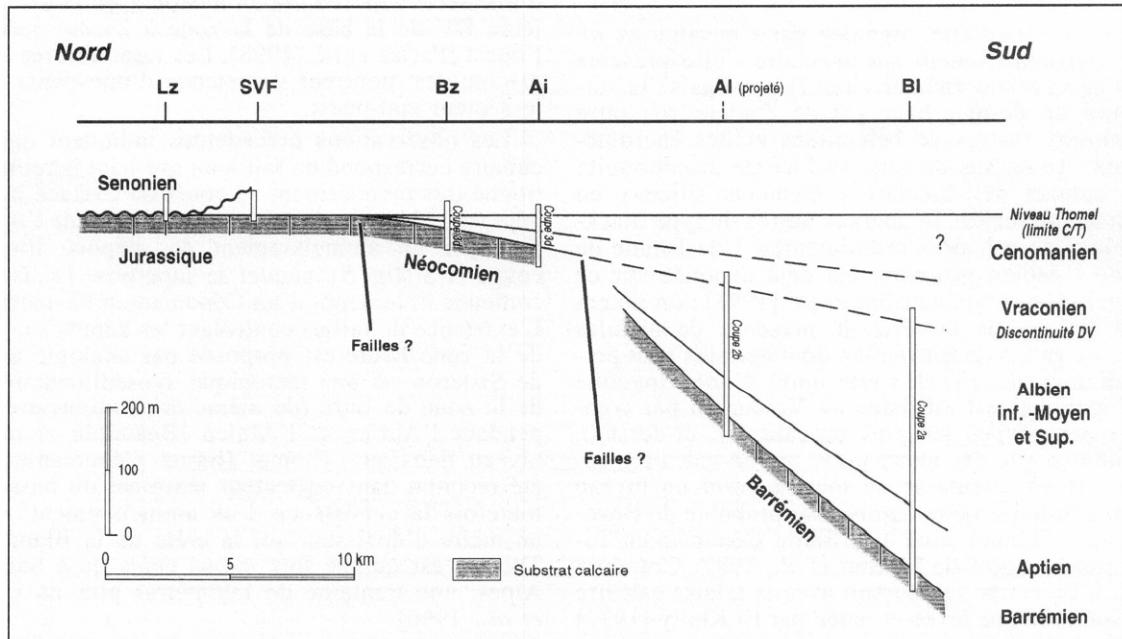


FIG. 5. – Coupe interprétative Nord-Sud horizontalisée à la limite Cénomanien-Turonien (niveau anoxique Thomel).

FIG. 5. – North-South section with Cenomanian/Turonian datum level (anoxic Thomel level).

crites : la coupe de Dormillouse située au nord de la Montagne de la Blanche et la coupe de Roche Close à son extrémité sud. Une comparaison avec le secteur nord-ouest de l'Argentera (coupe du Lauzanier – Pas de la Cavalle [Sturani, 1962 et El Kholy, 1972]) permettra de dégager une organisation commune pour l'ensemble de la série dans cette partie septentrionale du bassin subalpin.

**Coupe de Dormillouse** (1/50 000 : Seyne-les-Alpes, x = 922 620; y = 240 075)

Levé le long de la route militaire qui mène à une ancienne batterie [El Kholy, 1972; Koszarski et Friès, 1987], le Crétacé supérieur de Dormillouse est constitué d'un empilement, sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, de

turbidites calcaires et calcarénitiques décimétriques à métriques alternant avec de rares et minces niveaux fins argileux (fig. 6a). Le matériel remanié – très pauvre en éléments terrigènes – est composé de débris bioclastiques résultant du démantèlement constant d'une aire de sédimentation carbonatée peu profonde (débris partiellement silicifiés de rudistes, de bryozoaires, d'échinodermes et d'algues). Dans la partie supérieure de la coupe s'intercalent des venues de plus en plus grossières, de même faciès, à éléments décimétriques voire métriques et dont l'épaisseur dépasse deux mètres. Les mesures de courant (flutes et grooves casts) et de glissement (vers N200-220) effectuées tout au long de la série montrent que la source de ce matériel carbonaté se situait vers le nord et le nord-est (en direction du Pelvoux) dans un secteur actuellement masqué par les nappes d'origine plus interne.

Les derniers bancs montrent la présence d'encroûtements caractéristiques de type microcodium [Bodelle, 1971 ; Campredon, 1972] ; la coupe se poursuit avec l'installation brutale de brèches calcaires granoclassees d'épaisseur métrique à décamétrique remaniant des blocs de taille décimétrique à métrique de calcaires du Crétacé supérieur, du Néocomien (?) et de blocs gréseux (Apto-Albien ?). On notera dans tout cet ensemble bréchique, épais d'une vingtaine de mètres, la présence des microcodiums dans la matrice des brèches ;

leur abondance, croissante jusqu'au sommet de la série, est localement si forte que la roche prend une teinte très sombre et une forte odeur d' $H_2S$ . Les microcodiums sont liés à une activité bactérienne ou algale ; leur présence est associée dans les régions méridionales adjacentes (synclinal de Barrême, arcs de Castellane et de Nice) à un environnement continental et marque une phase d'émergence [Bodelle, 1971 ; Campredon, 1972]. Déjà mentionnés par El Kholy [1972] dans cette région septentrionale du bassin, ils sont sécants par rapport à la stratification et carient les brèches sous-jacentes en de larges poches, ainsi que l'attestent les affleurements latéraux de brèches saines : la limite du front d'« altération » correspond à la base de la série bréchique ; les microcodiums ne pénètrent le substratum calcarénique que sur quelques centimètres. Leur mise en place est ainsi clairement postérieure au dépôt des brèches et antérieure au Nummulitique.

La série est affectée par une schistosité intense orientée WNW-ESE (en position actuelle). Toutefois il est délicat d'affirmer que la schistosité est strictement postérieure à la mise en place des microcodiums. Les brèches sont enfin recouvertes en discordance angulaire par les calcaires du Nummulitique (datés ici de l'Éocène supérieur, Chevalier *et al.* [1971]) exempts de tout microcodium ; ces derniers débutent localement par des calcaires à gastéropodes puis

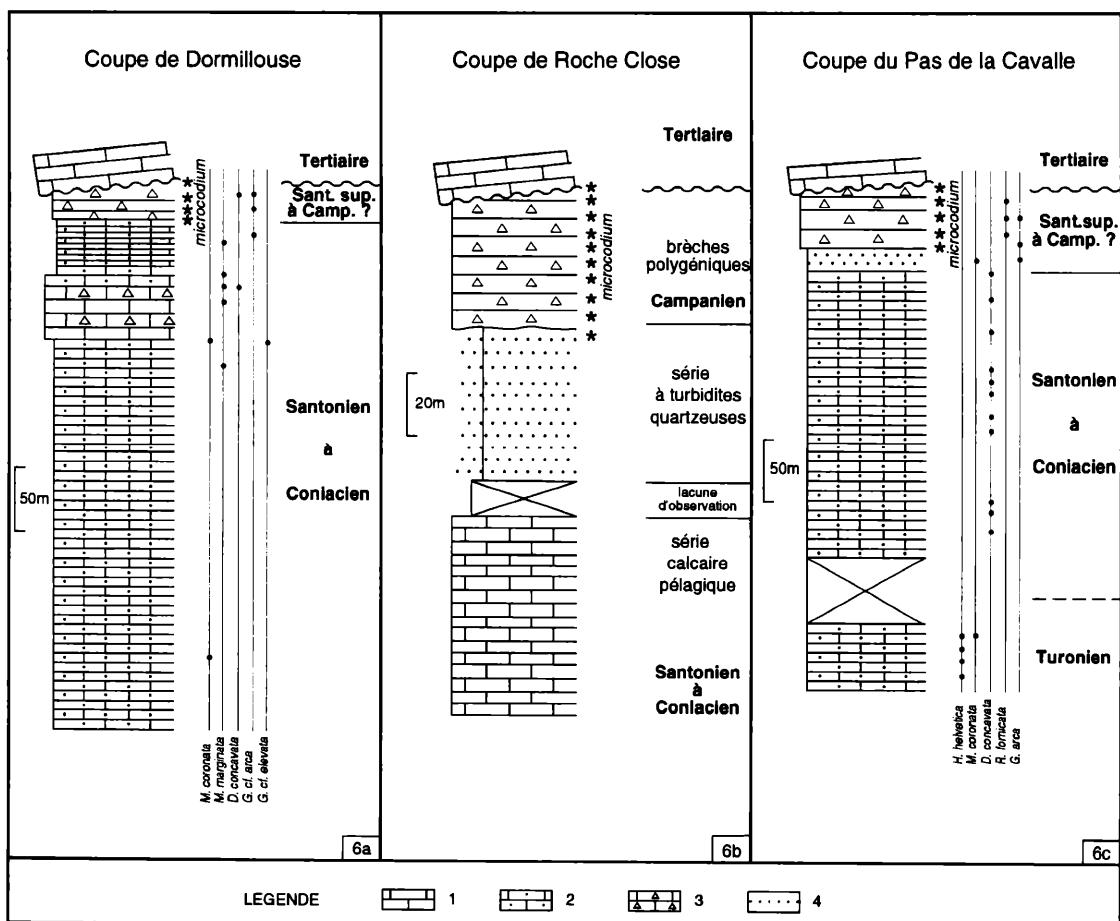


FIG. 6. – Coupe de Dormillouse (6a), de Roche Close (6b) et du Lauzanier – Pas de la Cavalle (6c) ; microfaune planctonique d'après les données d'El Kholy [1972 et inédit] et Sturani [1962].  
1, calcaire micritique ; 2, calcarénite ; 3, brèches ; 4, turbidites quartzeuses.

FIG. 6. – Dormillouse section (6a), Roche Close section (6b) and Lauzanier – Pas de la Cavalle section (6c) ; planktonic microfauna after El Kholy [1972 and unpublished data] and Sturani [1962].  
1, micritic limestone ; 2, calcarenite ; 3, breccias ; 4, sandy turbidites.

à lumachelles de gastéropodes avant l'apparition franche des bancs à nummulites.

Des observations menées le long de la crête de la Montagne de la Blanche montrent au passage d'une faille d'orientation NNE-SSW la disparition brutale des brèches, la barre du Nummulitique reposant directement sur les calcaires sénoniens, démontrant ainsi le fonctionnement de la faille avant le Nummulitique.

Sur le plan biostratigraphique, la microfaune planctonique à *Globotruncana* déterminée par El Kholy en 1972 (données inédites) lui a permis de caractériser dans cette coupe, le Coniacien, le Santonien et le Campanien inférieur. En fait la microfaune est très pauvre et les déterminations revues à l'aune des échelles actuelles ne permettent pas de distinguer mieux que (fig. 6a) : un puissant ensemble calcarénistique d'âge santonien à coniacien indifférencié dont le sommet peut être attribué au passage Santonien supérieur/Campanien inférieur (apparition de *G. cf. arca*). Les brèches à microcodium ne renferment pas une microfaune postérieure au Santonien supérieur/Campanien inférieur.

Dans les coupes situées au nord de Dormillouse, autour du lac de Serre-Ponçon, le Crétacé supérieur montre une augmentation de la granulométrie et de l'importance des faciès calcarénitiques, passant localement à des formations conglomeratiques (région de Saint-Sauveur et de Savines, El Kholy [1972]). La coupe du Lauzet (carrefour des trois routes menant à Savines-le-lac, à Gap et au Lauzet) montre une série du Crétacé supérieur peu épaisse (quelques dizaines de mètres) discordante sur un substrat d'âge jurassique supérieur. Le sommet de la série est constitué d'un ensemble bréchique peu épais (5 à 6 mètres) analogue à celui du sommet de la coupe de Dormillouse, fortement carié par les microcodiums, qui sont également présents sur une épaisseur de quelques centimètres dans le substratum marneux. L'ensemble est affecté par une intense schistosité anténummulitique d'orientation WNW-ESE identique à la précédente. La barre calcaire du Nummulitique est clairement discordante sur l'unité sous-jacente. La microfaune planctonique (*G. aff. arca*, *G. cf. elevata*, *G. fornicata*) présente dans la série sous-jacente aux brèches indique un âge Santonien supérieur à Campanien inférieur [El Kholy, 1972, inédit].

Quittant le secteur de Dormillouse en direction du sud, les intercalations calcarénitiques deviennent de moins en moins importantes, confirmant les indications de pente : au pic de Bernardez, le Coniacien et le Turonien (datations El Kholy) présentent encore quelques minces turbidites calcaires intercalées dans une série carbonatée pélagique. Cinq kilomètres plus au sud, la coupe de l'Aiguillette décrite précédemment se poursuit au-dessus du niveau Thomel par une falaise calcaire, datée du Turonien, du Coniacien et de la base du Santonien [El Kholy, 1972]. Les turbidites ont disparu, laissant la place à une série pélagique de calcaires micritiques.

#### Coupe de Roche Close (1/50 000 : Seyne-les-Alpes, x = 928 750 ; y = 232 500)

Deux kilomètres au sud de l'Aiguillette, au col de la Pierre sous le sommet de Roche Close (fig. 6b), les turbidites calcaires et les calcarénites sont absentes comme à l'Aiguillette ; la sédimentation carbonatée, visible sur 75 mètres environ, est ainsi totalement pélagique. Après une lacune d'observation peu importante (quelques mètres) on observe l'installation brutale d'une alternance de turbidites quartzées (de 10 à 80 centimètres d'épaisseur) et de marnes franches. Les nombreuses figures de base de bancs (flutes et grooves casts) relevées sur cette série d'environ 50 mètres d'épaisseur sont toutes orientées vers le NNE. Elles

attestent d'une provenance méridionale du matériel silicoclastique à l'exact opposé de la source d'alimentation du matériel carbonaté de la région de Dormillouse. Sous le Nummulitique discordant, on observe l'arrivée brutale de brèches analogues à celles du sommet de la coupe de Dormillouse, sur une quarantaine de mètres d'épaisseur, avec des microcodiums présents dans le ciment des brèches et ne pénétrant leur substratum marneux que sur quelques centimètres. Deux échantillons de ces brèches ont été récemment étudiés en lames minces (détermination P.L. Masse). Les foraminifères planctoniques indiquent clairement un âge campanien moyen à maastrichtien inférieur avec la présence de *Globotruncana ventricosa*, *Globotruncana arca* et *Globotruncana linneiana* dans les différents galets ainsi que *G. cf. linneiana* dans la matrice.

Plus de trente kilomètres à l'est de cette zone d'étude, la coupe du Lauzanier – Pas de la Cavalle (fig. 6c) située près de la frontière italienne dans le secteur nord du Mercantour, présente une succession complète des trois faciès majeurs identifiés dans le secteur de la Montagne de la Blanche.

#### Coupe du Lauzanier – Pas de la Cavalle (1/50 000 : Larache, x = 962 000 ; y = 238 500)

Cette coupe étudiée en 1962 par Sturani et bien décrite dans la thèse d'El Kholy [1972], montre de bas en haut une puissante série carbonatée dans laquelle les biocalcarénites sont très abondantes ; Sturani [1962] mentionne notamment la présence de rudistes isolés de petite taille remaniés, ainsi que d'algues (*Corallinaceae*), et de débris d'échinodermes et d'inocérames. Cet ensemble est surmonté par une série turbiditique quartzeuse d'une quinzaine de mètres couverte elle-même par une succession pluridécamétrique de brèches dans lesquelles s'observent des microcodiums. La microfaune déterminée par El Kholy permet d'identifier le Turonien inférieur à moyen avec *Helvetoglobotruncana helvetica*, le Coniacien et le Santonien indifférencié (présence de *Dicarinella concavata*). La série quartzeuse avec l'apparition de *G. cf. arca* est à attribuer au Santonien supérieur/Campanien inférieur avec la zonation actuelle. Les brèches ne montrent pas de microfaune plus récente que les séries sous-jacentes (fig. 6c).

Dans le même secteur, la coupe de Bersezio, située en Italie, montre le développement sur près de 40 mètres de la série turbiditique quartzeuse, avec des bancs d'épaisseur métrique ; la présence de *G. cf. arca* et de *Globotruncanita elevata* confirme l'âge Santonien supérieur/Campanien inférieur de cette formation [El Kholy, 1972].

Le Crétacé terminal de la partie septentrionale du bassin subalpin s'agence ainsi en trois unités principales limitées par des discontinuités majeures :

- du Turonien au Santonien se développe une puissante série biocalcarénitive ; les turbidites calcaires et les slumps remanient un matériel bioclastique composé d'abondants débris de rudistes, bryozoaires et algues en provenance d'une zone peu profonde située au nord (Pélvoux) et au nord-est (NW de l'Argentera, Sturani [1962]). Les coupes de Dormillouse et du Lauzanier – Pas de la Cavalle se situent ainsi sur un talus orienté WNW-ESE reconnu sur près de 40 kilomètres ; celui-ci passe rapidement vers le sud – au-delà de la coupe de l'Aiguillette – à un domaine plus pélagique dominé par des faciès carbonatés micritiques ;

- la sédimentation calcaire cède la place à des dépôts argilo-gréseux, puissants de quelques dizaines de mètres, composés d'une alternance de niveaux marneux décimétriques à métriques et de turbidites quartzeuses de même épaisseur. Cette série est attribuée au Santonien supérieur/

Campanien inférieur. Les figures de base de bancs relevées sur la semelle des turbidites attestent d'une origine méridionale des apports détritiques, à l'exact opposé de la source des dépôts sous-jacents : l'installation brutale de cette série terrigène et l'inversion des sens d'apport traduisent une déformation majeure du bassin que l'on peut positionner à la limite Santonien-Campanien compte-tenu de l'imprécision actuelle dans les datations ;

— reposant indifféremment sur l'une ou l'autre des unités précédentes, se développe une succession de brèches polygéniques granoclassées métriques à plurimétriques. Cette formation, qui atteint localement une quarantaine de mètres d'épaisseur, est datée du Campanien moyen (à Maastrichtien inférieur).

La formation précédente est envahie ultérieurement sur toute son épaisseur par des microcodiums, la limite du front d'altération se situant quelques centimètres sous la base de la série bréchique. Les microcodiums enregistrent la phase d'émersion qui se produit vers la fin du Crétacé et dure jusqu'au retour des dépôts marins du Nummulitique. Cet intervalle est à rapporter à celui du Paléocène – Eocène inférieur/moyen, par analogie avec les régions voisines où des couches continentales à microcodium ont été datées par des horizons à *Cerithium diaboli* [Bodelle, 1971 ; Campredon, 1972].

On notera enfin l'importante discordance angulaire qui sépare le Nummulitique de la série sous-jacente : une phase de compression d'orientation NE-SW va générer la schistosité N130 observée dans la série d'âge crétacé supérieur. Si, par simple encadrement, elle est postérieure au Campanien et antérieure à l'Eocène supérieur, sa relation avec la période d'émersion reste incertaine dans la mesure où il est difficile d'affirmer que la schistosité « affecte » les microcodiums.

## CONCLUSIONS

De l'Aptien au Santonien, le nord-est du bassin subalpin est caractérisé par une paléogéographie pérenne, marquée par la présence d'une zone haute orientée WNW-ESE (axe Pelvoux – Argentera) s'ouvrant vers un domaine de bassin plus profond situé au sud. Par son orientation et son fonctionnement, cet axe est une réplique nord des bordures méridionales du bassin (zone Ventoux-Lure, arc de Castellane) [Beaudoin *et al.*, 1986; Cotillon, 1971]. On peut alors intégrer ces données dans une évolution paléogéographique cohérente de la partie orientale du domaine subalpin au-  
tochtone de l'Aptien au sommet du Crétacé.

Pendant l'Aptien et l'Albien la sédimentation est caractérisée, au nord d'une ligne orientée WNW-ESE passant par Seyne et Saint-Etienne-de-Tinée, par des dépôts réduits, voire lacunaires, peut-être contrôlés par des failles. Le Vraconien est discordant sur les calcaires néocomiens très réduits. Une partie de la marge sud du bassin est clairement identifiée juste au sud du Var, dans son cours E-W, tandis qu'à l'ouest de la faille de Rouaine (secteur d'Annot) elle est rejetée plus au sud en position actuelle, suggérant un fonctionnement précoce de cet accident (figs. 7a et b). Au sud du Var les séries apto-albiennes, très réduites voire condensées, se déposent sur la bordure sud du domaine vocontien structurée par des accidents WNW-ESE ; le Vraconien gréso-glaconieux discordant sur l'ensemble des séries repose jusque sur les calcaires barrémiens [Cotillon, 1971]. Entre ces deux bordures se développent des faciès essentiellement marneux, épais de plusieurs centaines de mètres, dans un bassin structuré en un vaste monocinal penté vers l'ouest, en direction du sillon subméridien du Buëch [Beaudoin et Friès, 1984; Friès, 1986]. Au Cénomanien, on ob-

serve une transgression généralisée des dépôts marneux, toutefois amincis jusque sur les zones hautes.

Du Turonien au Santonien, le fait majeur réside dans le resserrement considérable et brutal de l'aire des dépôts pélagiques et marqué par un déplacement considérable vers le nord de la bordure de la plate-forme méridionale : dès le Turonien (zone à *H. Helvetica*), celle-ci migre de plus de 40 kilomètres vers le nord pour se situer désormais à la hauteur d'une ligne sensiblement W-E passant par La Javie et Guillaume (fig. 7c). Les faciès de plate-forme sont essentiellement crayeux à l'ouest de la faille de Rouaine et silto-détritiques à l'est : le fonctionnement de cet accident majeur pendant le Crétacé supérieur est évident. Au nord se développe un domaine pélagique plus profond, large en position actuelle d'à peine une vingtaine de kilomètres [El Kholy, 1972]. Ce bassin passe au nord à un talus de même orientation WNW-ESE, reconnu sur une quarantaine de kilomètres et marqué par l'abondance des remaniements biocalcarénitiques en provenance d'une plate-forme carbonatée peu profonde (paléo-axe haut Pelvoux – Argentera). La position géographique de ce talus coïncide avec la limite des faciès lacunaires de la période précédente (figs. 7a et b), traduisant la pérennité de la structuration sur plus de 40 millions d'années. Le raccourcissement observé du domaine de bassin relève d'une phase de déformation tectonique majeure, datée du Turonien inférieur, qui réduit de façon drastique le domaine pélagique.

Cette crise passée, le bassin ne semble pas subir de modification majeure pendant le Sénonien inférieur, jusqu'à la crise de la limite Santonien/Campanien. Une discordance majeure enregistre à ce moment la fermeture définitive du domaine pélagique vocontien au sud et un basculement vers le nord de l'aire de sédimentation. Marqué par le dépôt de séries terrigènes (turbidites quartzeuses de Roche Close et du Pas de la Cavale) dont la source est à rechercher plusieurs dizaines de kilomètres au sud, cet événement est associé à un nouveau paroxysme de la compression. Un nouvel à-coup compressif au Campanien moyen provoque l'accumulation de brèches résultant du démantèlement des séries sous jacentes (fig. 7d) avant l'émersion définitive fini-crétacée.

Au-delà de ces schémas paléogéographiques, cette étude permet de mieux caractériser les discontinuités principales qui rythment la sédimentation dans la partie supérieure du Crétacé avant la fermeture du bassin mésozoïque subalpin.

La discordance du Vraconien jusque sur les calcaires de l'Aptien inférieur voire du Néocomien, identifiée dans la partie ouest du domaine vocontien, est présente dans tout le secteur oriental du bassin.

Le Turonien inférieur est marqué dans tout le domaine vocontien par une crise compressive majeure :

— dans la partie occidentale, le Turonien inférieur moyen est largement discordant sur les séries antérieures ; il repose sur le Cénomanien et l'Albien dans la vallée du Rhône, voire localement l'Aptien (région du Teil et de Vivers) [Sornay, 1955 et Porthault, 1974]. L'aire de sédimentation se réduit d'une vingtaine de kilomètres selon un axe Nord-Sud entre le Cénomanien supérieur et le Turonien inférieur [schémas paléogéographiques *in* Porthault, 1974] avec au nord, la mise en place de la zone « haute dauphinoise » (Vercors, Bochaïne et Dévoluy), et au sud, l'émergence définitive de la zone Ventoux-Lure. Cette crise est attribuée par Porthault [1974] à une compression à compasante principale Nord-Sud ;

— dans le secteur oriental, le même événement tectonique est souligné par la réduction très sensible du domaine pélagique au Turonien inférieur et le déplacement brutal de

plusieurs dizaines de kilomètres vers le nord de la bordure de la plate-forme méridionale.

Du Turonien au Santonien la pérennité de l'organisation des faciès dans la partie orientale du bassin vocontien [El Kholy, 1972] s'oppose à la variabilité et aux déformations multiples enregistrées dans le domaine occidental et décrites par Porthault [1974]. Un paléo-axe haut Pelvoux-Argen-

teria est mis en évidence pour la première fois dès cette période.

La limite Santonien/Campanien (localisée avec le degré actuel de précision dans les datations) est marquée dans tout le domaine vocontien par une crise compressive majeure caractérisée par la fermeture du bassin au sud et le basculement vers le nord des aires de dépôt :

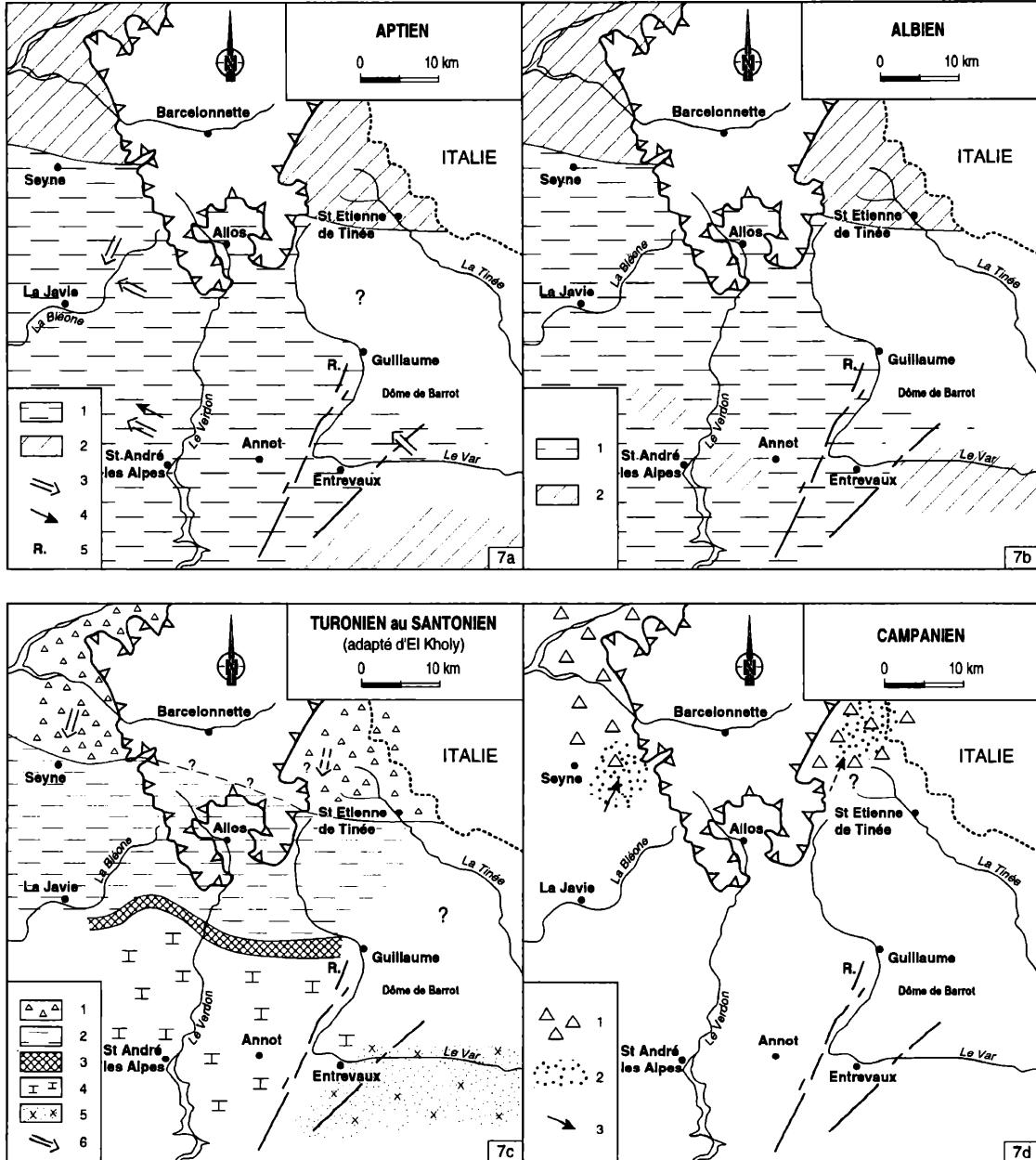


FIG. 7. – Paléogéographies successives de l'Aptien au Campanien :

Aptien (7a) et Albien (7b) : 1, faciès de bassin ; 2, zone haute/lacunaire ; 3, sens de glissement ; 4, sens de courant ; R, faille de Rouaine. Turonien à Campanien basal (7c) : 1, faciès de pente (turbidites calcaires, calcarénites, slumping) ; 2, faciès de bassin ; 3, faciès mixte de bordure de plate-forme ; 4, faciès crayeux ; 5, faciès silto-détritique ; 6, sens de glissement.

Campanien inf. à sup. (7d) : 1, brèches polygéniques ; 2, turbidites quartzeuses ; 3, sens de courant.

FIG. 7. – Successive palaeogeographies from Aptian to Campanian :

Aptian (7a) and Albien (7b) : 1, basinal facies ; 2, high zone ; 3, sliding indication ; 4, current indication ; R, Rouaine fault.

Turonian to lowermost Campanian (7c) : 1, slope facies (limy turbidites, calcarenites, slumping) ; 2, basinal facies ; 3, shelf-edge mixed facies ; 4, chalky facies ; 5, silty-detrital facies ; 6, sliding indication.

Lower to Upper Campanian (7d) : 1, polygenic breccias ; 2, sandy turbidites ; 3, current indication.

— dans le secteur nord-est (Montagne de la Blanche, Argentera), une série terrigène d'origine méridionale précède le dépôt brutal de brèches polygéniques traduisant une accentuation de la déformation dont le paroxysme se traduira par l'exondation définitive du bassin ;

— la zone « haute dauphinoise » (Vercors oriental et le Bochaïne) s'effondre vers le nord et voit le dépôt de la puissante série campano-maastrichtienne des « lauzes calcaires et siliceuses » [Porthault, 1974]. Dans le Dévoluy [Lory, 1897; Flandrin, 1966; Porthault, 1974] des plis d'orientation E-W à NW-SE sont scellés par des dépôts d'âge campanien.

Une longue phase d'altération consécutive à l'émergence fini-crétacée est enregistrée par les microcodiums qui carent sur plusieurs mètres le sommet de la série crétacée datée localement du Maastrichtien supérieur (coupe des Gorges du Rioufroid dans le Bochaïne, Porthault [1974]). Elle sera suivie d'une nouvelle crise compressive générant

la schistosité N130 avant la transgression des calcaires du Nummulitique.

Cette ébauche de calendrier des événements tectono-sédimentaires pour la partie supérieure du Crétacé subalpin présente de grandes similitudes avec celui du domaine pyrénéen et provençal. Une vision cohérente de l'évolution du bassin vocontien passe désormais par l'élaboration de schémas paléogéographiques élargis, dans un premier temps, du Massif central à l'ouest au Mercantour à l'est, jusqu'au domaine provençal au sud, et pour des tranches de temps plus finement délimitées.

*Remerciements.* — Je remercie Madame et Monsieur Bizon ainsi que Pierre Louis Masse pour leur travail sur la microfaune. Je remercie Philippe Le Caer qui m'a accompagné sur plusieurs coupes et mon collègue polonais Andrzej Koszarski (Université Jagellon à Cracovie) avec lequel nous avons ensemble fait les observations dans la Montagne de la Blanche. Je remercie enfin mes collègues Bernard Beaudoin, Pierre Cotillon et Gérard Stampfli ainsi qu'un rapporteur anonyme pour leurs précieux conseils ; ils ont contribué à améliorer sensiblement une première version de ce texte.

## Références

- ARTHUR M.A., SCHLANGER S.O. & JENKINS H.C. (1987). — The Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event, paleoceanographic controls on organic-matter preservation. In : J. BROOKS & A.J. FLEET, Eds., Marine petroleum source rocks. — *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, **26**, 401-420.
- BEAUDOIN B., DAUPHIN L. & FRIÈS G. (1997). — Aptian bentonite key-beds (volcanics ashes) in the subalpine basin (France). — *18<sup>th</sup> Regional Meeting of Sedimentology*, Heidelberg, Abstract.
- BEAUDOIN B. & FRIÈS G. (1984). — Phénomène de resédimentation dans le Crétacé inférieur subalpin. — *V<sup>e</sup> Congr. Européen de Séimentologie*, Marseille, Livret-Guide, Excursion n° 6, 51 p.
- BEAUDOIN B., FRIÈS G., JOSEPH P., BOUCHET R. & CABROL C. (1986). — Tectonique synsédimentaire crétacée à l'ouest de la Durance (SE France). — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **303**, pp. 713-718.
- BERNOUILLI D. & LEMOINE M. (1980). — Birth and early evolution of the Tethys : the overall situation. — *XXVI Congr. Int. Géol.*, Coll. C3, 168-179.
- BIJU-DUVAL B., DERCOURT J. & LE PICHON X. (1977). — From the Tethys ocean to the Mediterranean seas : a plate tectonic model of the evolution of the Western Alpine system. In : B. BIJU-DUVAL and L. MONTADERT, Eds., *Intern. Symp. on the structural history of the Mediterranean basins*, Split, Yougoslavie, 1976. — Technip, Paris, 143-164, 8 pl.
- BODELLE J. (1971). — Les formations nummulitiques de l'Arc de Castellane. — Thèse Doct., Nice, 582 p. — *Doc. BRGM*, n° 2.
- BOURBON M. (1980). — Evolution d'un secteur de la marge nord-téthysienne en milieu pélagique : la zone briançonnaise près de Briançon entre le début du Malm et l'Eocène inférieur. — Thèse Doct., Université Louis Pasteur, Strasbourg, 580 p.
- BRÉHERET J.G. (1995). — L'Aptien et l'Albien de la Fosse vocontienne (des bordures au bassin). Evolution de la sédimentation et enseignements sur les événements anoxiques. — Thèse Doct., Tours, 564 p. — *Soc. Géol. Nord*, 1997, *Publ. 25*.
- CAMPREDON R. (1972). — Les formations paléogènes des Alpes-maritimes franco-italiennes. — Thèse Doct., Nice, 539 p.
- CHENET P.Y. (1978). — La marge téthysienne au Mésozoïque dans le secteur subbriançonnais entre Gap et le col du Galibier (Alpes occidentales françaises). — Thèse Doct. Ing., ENSMP, Paris, 385 p.
- CHEVALIER P., ELSASS P., FAVRE B. & SCHMITT C. (1971). — Etude stratigraphique et tectonique détaillée de la Montagne de la Blanche entre Bernardez et Mariaud. — Rapport inédit ENSMP, 105 p.
- CONARD-NOIREAU M. (1978). — Le Cénomanien des Alpes-Maritimes : biozonation par les Globotruncanidés. — *Géol. Méditerr.*, Marseille, **1**, 65-68.
- CONARD-NOIREAU M. (1983). — La dynamique des dépôts cénonaniens de Haute-Provence : observations nouvelles et implications paléogéographiques. — *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), **XXV**, 2, 239-246.
- CONARD-NOIREAU M. (1987). — Le Crétacé supérieur en domaine subalpin méridional. — Thèse Doct. es Sci., 322 p.
- CONARD-NOIREAU M. & MANIVIT H. (1979). — Contribution à l'étude biostratigraphique du Crétacé supérieur d'une coupe du Massif des Braux (Alpes-Maritimes, SE France). — *Géobios*, Lyon, **12**, 3, 437-443.
- COTILLON P. (1971). — Le Crétacé inférieur de l'Arc subalpin de Castellane entre l'Asse et le Var. Stratigraphie et sédimentologie. — *Mém. Bur. Rech. Géol. min.*, **68**, 313 p., 8 pl.
- CRUMIÈRE J.P., CRUMIÈRE-AIRAUD C., ESPITALIÉ J. & COTILLON P. (1990). — Global and regional controls on potential source-rock deposition and preservation : the Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event (CTOAE) on the European Tethyan margin (Southeastern France). In : A.Y. HUC, Ed., *Deposition of organic facies*. — *AAPG, Studies in Geology*, **30**, Tulsa, 107-118.
- DAUPHIN L. (1997). — Outils de corrélations dans l'Aptien du bassin subalpin. — DEA, Ecole des Mines de Paris, Univ. Lille I et Univ. Paris XI, 63 p.
- DEBELMAS J. (1955). — Les zones subbriançonnaises et briançonnaises occidentales entre Vallouise et Guillestre (Hautes-Alpes). — *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 171 p.
- DEWEY J.F., PITMAN III W.C., RYAN W.B.F. & BONNIN J. (1973). — Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. — *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **84**, 3137-3180.
- EL KHOLY Y. (1972). — Stratigraphie et sédimentologie du Crétacé supérieur entre le Var et la Bléone (Alpes-de-Haute-Provence). — Thèse Doct., Lyon, 115 p.
- FAURE-MURET A. (1955). — Etudes géologiques sur le massif de l'Argentera-Mercantour et ses enveloppes sédimentaires. — Thèse Sci. Paris, *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 336 p., 19 pl.
- FLANDRIN J. (1966). — Sur l'âge des principaux traits structuraux du Diois et des Baronnies. — *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), **VIII**, 376-386.
- FRIÈS G. (1986). — Dynamique du bassin subalpin de l'Aptien au Cénomanien. — Thèse Doct. Sci., Paris VI, ENSMP, 370 p.
- FRIÈS G., BIZON G., BIZON J.J. & BEAUDOIN B. (1986). — Séquences sédimentaires et évolution de la microfaune de l'Aptien au Cénomanien : l'exemple du Sud-Est de la France. — *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **10**, 2, 393-403.
- GIDON M. (1962). — La zone subbriançonnaise en haute Ubaye (Alpes-de-Haute-Provence) et son prolongement au Sud-Est. — *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 271 p.

- GOGUEL J. (1964). – Duplicatures de la crête de la Blanche près de Seyne (Alpes-de-Haute-Provence). – *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), **VI**, pp. 28-35.
- KERCKHOVE C. (1969). – La « zone du Flysch » dans les nappes de l'Embrunais-Ubaye (Alpes occidentales). – *Géol. Alp.*, **45**, 5-204.
- KOSZARSKI A. & FRIES G. (1987). – La double alimentation turbiditique d'un bassin : un contrôle morphologique et structural. Un exemple dans le Crétacé supérieur subalpin (SE France). – *8<sup>th</sup> Regional Meeting of Sedimentology*, Tunis, Abstract.
- LAUBSCHER H. & BERNOUILLI D. (1977). – Mediterranean and Tethys. In : NAIRN, KANE and STEHLI, Eds., The oceans basins and margins, **4A**, Plenum Pub. Co., 1-28.
- LE PICHON X., BONIN J., FRANCHETEAU J. & SIBUET J.C. (1981). – Une hypothèse d'évolution tectonique du golfe de Gascogne. In : Histoire structurale du golfe de Gascogne. – Technip, Paris, VI.11.1-VI.11.4.
- LORY P. (1897). – Sur la tectonique du Dévoluy et des régions voisines à l'époque crétacée. – *Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. Grenoble*, **IV**, 1, 53-58.
- MASSE J.P. & PHILIP J. (1976). – Paléogéographie et tectonique du Crétacé moyen en Provence : révision du concept d'isthme durancien. – *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, 2, **18**, 1, 49-66.
- PARIZE O., FIET N., CARON M., LATIL J.L., FRIÈS G., BIZON G. & BIZON J.J. (1998). – Calibrage par ammonites des zones à foraminifères planctoniques de l'Albien supérieur du bassin du Sud-Est de la France. – *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **326**, pp. 433-438.
- PORTHAULT B. (1974). – Le Crétacé supérieur de la « Fosse vocontienne » et des régions limitrophes (France, Sud-Est). Micropaléontologie, stratigraphie, paléogéographie. – Thèse Doct., Lyon, 342 p.
- ROBASZYNSKI F. & CARON M. (1995). – Foraminifères planctoniques du Crétacé : commentaire de la zonation Europe-Méditerranée. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, **166**, 6, 681-692.
- SORNAY J. (1955). – Etude stratigraphique sur le Crétacé supérieur de la vallée du Rhône entre Valence et Avignon et des régions voisines. – Thèse Sci., Grenoble, Allier Ed., 254 p., 31 f.
- STURANI C. (1962). – Il complesso sedimentario autochtono all'estremo nord-occidentale del massiccio dell'Argentera (Alpi Marittime). – *Mem. Inst. Geol. Miner.*, Padova, **XXII**, 178 p., 31 f.
- STURANI C. (1963). – Couverture sédimentaire du Nord-est de l'Argentera. – *Trav. Lab. Geol. Grenoble*, **39**, 83-121.
- TAPPONNIER P. (1977). – Evolution tectonique du système alpin en Méditerranée : poinçonnement et écrasement rigide-plastique. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), **XIX**, 437-460.
- THOMEL G. (1972). – Les Acanthoceratidae cénomaniens des chaînes subalpines méridionales. – *Mém. Soc. géol. Fr.*, **116**, 204 p., 38 pl.