



HAL
open science

Le crétacé inférieur de l'arc subalpin de Castellane entre l'Asse et le Var : stratigraphie et sédimentologie

Pierre Cotillon

► To cite this version:

Pierre Cotillon. Le crétacé inférieur de l'arc subalpin de Castellane entre l'Asse et le Var : stratigraphie et sédimentologie. Stratigraphie. Université de Lyon, 1968. Français. NNT : . tel-00920534

HAL Id: tel-00920534

<https://theses.hal.science/tel-00920534>

Submitted on 18 Dec 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

numéro d'ordre 525



THESES

présentées

A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE LYON

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

par

Pierre COTILLON

Maître-Assistant à la Faculté des Sciences de Lyon

1ère THESE

LE CRETACE INFERIEUR DE L'ARC SUBALPIN DE CASTELLANE ENTRE
L'ASSE ET LE VAR. STRATIGRAPHIE ET SEDIMENTOLOGIE

2ème THESE

PROPOSITIONS DONNEES PAR LA FACULTE

Soutenues le 19 décembre 1968
devant la Commission d'examen

JURY : MM. les Professeurs

J. FLANDRIN
P. CIRY
L. DAVID
P. GEVIN

Président

Examineurs

numéro d'ordre 525

AUTEUR

Bibl. Louis DAVID

*A Monsieur David
le hommage reconnaissant*

Cotillon 3



THESES
présentées
A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE LYON

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

par

Pierre COTILLON

Maître-Assistant à la Faculté des Sciences de Lyon

1ère THESE

LE CRETACE INFERIEUR DE L'ARC SUBALPIN DE CASTELLANE ENTRE
L'ASSE ET LE VAR. STRATIGRAPHIE ET SEDIMENTOLOGIE

2ème THESE

PROPOSITIONS DONNEES PAR LA FACULTE

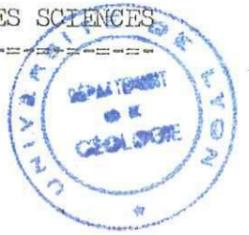
Soutenues le 19 décembre 1968
devant la Commission d'examen

JURY : MM. les Professeurs

J. FLANDRIN
P. CIRY
L. DAVID
P. GEVIN

Président

Examineurs



Doyens honoraires

MM. LONGCHAMBON, MOUSSA, GAUTHIER Henri.

Professeurs honoraires

MM. de LARAMBERGUE, SOLLAUD, MOUSSA, JAFFARD, EYRAUD Henri, DEJARDIN, VIRET, AUMERAS.

Doyen

M. J. BRACONNIER

Assesseurs

MM. L. DAVID
J. BOIDIN

Professeurs

MM. H. LONGCHAMBON	Minéralogie
M. PRETTE	Chimie industrielle
C. COURTY	Chimie-Physique
R. KUHNER	Botanique
G. MALECOT	Mécanique rationnelle et appliquée
R. PARIS	Chimie minérale
J. JANIN	Physique générale
J. FLANDRIN	Géologie appliquée
R. BERNARD	Physique industrielle
V. NIGON	Zoologie expérimentale
H. GAUTHIER	Géologie
J. WAUTIER	Zoologie
J. CHOPIN	Chimie biologique
J. BRACONNIER	Calcul différentiel et intégral
J. CUEILLERON	Chimie
C. EYRAUD	Chimie appliquée
A. SARAZIN	Physique nucléaire
J. BOIDIN	Microbiologie et Mycologie
G. PERES	Physiologie
G. MESNARD	Electronique
R. GRANDMONTAGNE	Physique
A. BOUTILLIER	Minéralogie
J. LAFOUCRIERE	Physique nucléaire théorique
J. DREUX	Chimie organique
S. TEICHNER	Chimie industrielle
M. PAVANS de CECCATY	Zoologie

.../...

MM. J.C. MERLIN	Chimie analytique
M. DUFAY	Physique de l'Atmosphère
G. PHILBERT	Physique
R. COHEN-ADAD	Chimie
L. DAVID	Géologie
J. CHANEL	Psychophysiologie
G. MAURY	Méthodes Mathématiques de la Physique
J. DEPRAZ	Physique nucléaire
J. GAUTHIER	Chimie
F. GAUME	Physique
R. UZAN	Physique
J.M. LEGAY	Biologie animale
A. LAFORGUE	Physique
J. GERMAIN	Chimie
M. CHENEVOY	Pétrographie
J. BIGAY	Astronomie
Mme M. ERICSON	Physique
MM. G. DESCOTES	Chimie organique
M. LAMBERT	Physique nucléaire

Professeurs sans chaire

MM. R. FERON	Mathématiques
R. GINET	Zoologie
G. ASCH	Physique
P. MICHEL	Minéralogie
Mle M. MAITROT	Physique
MM. P. GEVIN	Géologie
D. PONASSE	Mathématiques
J. d'INCAN	Physique C.S.U.
P. LEFEBVRE	Mathématiques
R. PERNET	Mathématiques
R. CHERY	Physique
R. BERGEON	Physique C.S.U.
Mle D. GAUTHERON	Chimie biologique
MM. A. ERBETA	Physique
Y. LEMOIGNE	Botanique
L. MARTEL	Mécanique
G. MICHEL	Biochimie
P. PICARD	Mathématiques
P. LEBRETON	Biologie végétale
J. TOUSSET	Chimie
E. COMBET	Mathématiques
J. DAVID	Biologie animale (Entomologie)

.../...

Maîtres de Conférences

MM. G. DEAMCQ	Géologie
R. SCHMITT	Physique
A. LAURENT	Chimie organique
A. ROT	Mathématiques
P. BETHOUX	Mathématiques
M. GUSAKOW	Physique
Mle G. THOMAS	Chimie minérale
MM. H. BUCHWALTER	Mathématiques C.S.U.
J. BOUZON	Mathématiques C.S.U.
J. COSNIER	Psychophysiologie
Mle D. LAMOURE	Biologie végétale
MM. M. PORTHAULT	Chimie C.S.U.
G. VALLET	Chimie macromoléculaire
Y. HAUGAZEAU	Mathématiques
R. ENAY	Géologie
P. BERTHET	Biologie végétale
J. BRUN	Biologie animale
J. DELMAU	Physique
E. EL BAZ	Physique-Electricité
R. FONTANGES	Physiologie
J. HUET	Chimie
P. REMOND	Mathématiques C.S.U.
P. JANIN	Mathématiques
C. RUHLA	Physique
C. DUPUY	Physique
M. CHASTRETTE	Chimie
J. PARIS	Chimie
J. DAILLIE	Biologie animale
J.P. LARPENT	Biologie végétale
Mle M.J. WORBE	Physiologie
MM. A. HOLLEY	Psychophysiologie
J.P. BURQ	Physique
A. ROUX	Biologie animale
J. GORE	Chimie organique
P. DAZORD	Mathématiques
M. SIBONY	Mathématiques
Melle P. TERRA	Biologie végétale

Maître de Conférences adjoint

M. P. PLEHRON Chimie

Conseiller administratif

M. J. BURNET

Secrétaire principal honoraire

M. A. ROUX

Personnes exerçant leurs fonctions

à L' I N. S. A. de L Y O N

Directeur : M. M. BONVALETProfesseurs

MM. R. GELIN	Chimie organique
R. ARNAL	Electronique
M. PEYRON	Chimie-Physique
L. EYRAUD	Electricité-Electrotechnique
P. LAVIOLETTE	Biologie animale
H. PACHECO	Chimie biologique
E. PERNOUX	Optique
M. ROLIN	Thermodynamique chimique
	Physique de la matière

Professeurs sans chaire

MM. R. GOUTTE	Electricité-Electrotechnique
J. BOUSQUET	Chimie-minérale
C. GUILLAUD	Electricité-Electrotechnique
J. LAFON	Mathématiques (Mécanique)

Maîtres de Conférences

MM. M. CHEVRETON	Chimie (Mécanique)
B. CLAUDEL	Cinétique chimique
L. CRONENBERGER	Chimie biologique
C. DUC-MAUGE	Chimie Ière année
P. GOBIN	Métallurgie
M. GODET	Mécanique
J. GOLE	Chimie macromoléculaire
C. GUITTARD	Optique
J. JOUBERT	Mécanique
M. LALANNE	Mathématiques
B. LESPINASSE	Génie chimique
G. MONNIER	Chimie des Métaux
J.L. PETIT	Electrotechnique

.../...

Maîtres de Conférences (suite)

MM. P. PINARD	Physique de la matière
M. RICHARD	Electricité - Electrotechnique
R. RIVIERE	Cristallographie
J. ROBIN	Chimie minérale industrielle
F. SALLES	Mécanique
L. SICARD	Mécanique
F. STOEBER	Microbiologie



.../...

Personnels exerçant leurs fonctions
à l'Ecole Centrale Lyonnaise

Professeur sans chaire

M. J. MATHIEU

Mécanique des Fluides

Maître de Conférences

Mle G. COMTE-BELLOT

Mécanique des Fluides

Maître de Conférences associé

M. A. MOIROUX

Mécanique appliquée

Personnels exerçant leurs fonctions aux
I.U.T. de LYON et de SAINT-ETIENNE

I.U.T - LYON - Directeur: M. L. FEUVRAIS

Professeur

M. L. FEUVRAIS

Physique

Maîtres de Conférences

MM. B. POUYET
A. VILLE
R. BOUCHE
M. GAILLARD

Photochimie
Biologie appliquée
Informatique
Electronique

I.U.T - SAINT-ETIENNE - Directeur : M. J.C. MERLIN

Maîtres de Conférences

MM. A.L. COTTON
M. DAILLER

Génie électrique
Physique

P. COTILLON

LE CRETACE INFERIEUR DE L'ARC SUBALPIN
DE CASTELLANE ENTRE L'ASSE ET LE VAR

Stratigraphie et Sédimentologie

Résumé - L'étude banc par banc de plusieurs coupes fossilifères aboutit à une révision complète de la stratigraphie du Crétacé inférieur marin (Berriasien à Albien) de l'arc de Castellane. Une stratigraphie régionale, établie par des méthodes biostratigraphiques (macro et microfossiles), micrographiques et stratonomiques, permet en outre d'analyser de manière détaillée les multiples variations de faciès observables en ces niveaux et en particulier le passage des séries épaisses de la zone interne de l'arc (province pélagique) aux séries réduites de la zone externe (province néritique).

L'examen des problèmes sédimentologiques posés par les changements d'épaisseur, la glauconie, les oolites ferrugineuses, les nodules phosphatés, les lacunes, la sédimentation rythmique et le régime des apports détritiques est alors abordé.

On a ensuite tenté de reconstituer l'histoire de cette partie des Chaînes subalpines au Crétacé inférieur et de la replacer dans le contexte paléogéographique ouest-européen de l'époque. Dans ce territoire, appartenant à la fois au domaine miogéosynclinal alpin et à un "avant-pays" provençal, le jeu de la subsidence, la tectonique embryonnaire, la topographie des fonds, les courants, le sens de progression ainsi que le volume et la nature des arrivées terrigènes ont conjugué leurs effets dans la genèse des séries dont on remarque aujourd'hui la surprenante diversité.

Abstract - A detailed study of several fossiliferous geological sections leads to a full revision of marine lower Cretaceous (Berriasian to Albian) in the subalpine arc of Castellane (Basses-Alpes). Besides, a regional stratigraphy, set up by biostratigraphic (macro and microfossils), micrographic and stratonomic methods, allows to analyse thoroughly many facies changes noted in these layers, peculiarly the lateral transition from thick series in the arc's internal zone (pelagic province) to thinned series in the external zone (neritic province).

One can then approach the survey of sedimentologic problems set by changes in thickness, glauconite, ferruginous oolites, phosphatic nodules, stratigraphical breaks, rhythmic sedimentation and rate of detritic supplies.

One then tried a reconstruction of the story of this part of subalpine Ranges and to put her in the west-european paleogeographic context of this epoch. In this area, belonging on the one hand to the alpine miogeosynclinal zone, on the other hand to a "provençal foreland", the influence of subsidence, paleotectonic, the bottom's topography, way of progression as also the nature and bulk of terrigenous materials worked together in the genesis of series whose striking diversity can be observed to-day.

AVANT-PROPOS

Le présent mémoire ne réunit que les principaux résultats d'ordre stratigraphique et sédimentologique de l'étude proposée. Un exposé plus détaillé et mieux illustré des faits observés, comportant notamment des descriptions de coupes et de variations de faciès, des listes paléontologiques, de nombreux documents cartographiques et des planches, paraîtra dans le bulletin du B.R.G.M. (1ère section).

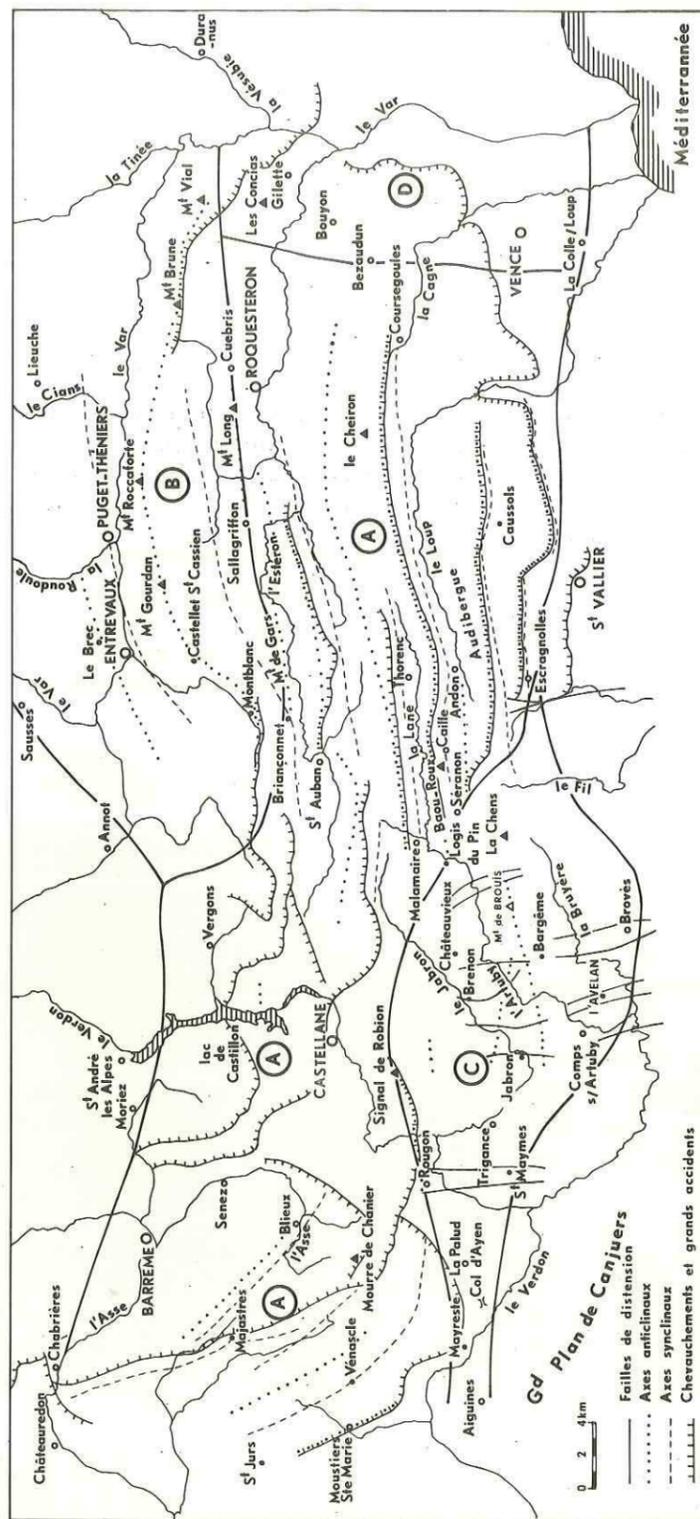


Fig. 1 - Cadre géographique et structural avec ses unités régionales.

INTRODUCTION

CADRE GEOGRAPHIQUE ET STRUCTURAL (fig. 1)

L'arc de Castellane est formé par un empilement de plis chevauchants orientés du NW au SE, de Digne au Mourre de Chanier (W de Castellane), puis d'W en E entre le Verdon et le Var. Le périmètre étudié, qui appartient à trois départements (Var, Basses-Alpes, Alpes-maritimes), couvre la partie de l'arc située entre l'Asse et le Var, la seule à comporter des affleurements crétacés.

Une zone axiale (A) correspond à l'arc de Castellane proprement dit et à son déferlement de plis vers le Sud ou le SW. Les anticlinaux correspondent à des chaînons de calcaires jurassiques séparant des dépressions synclinales allongées occupées par le Crétacé. Cette disposition est perturbée dans les environs immédiats de Castellane où la tectonique est rendue complexe par une interférence probable entre les directions structurales NW-SE et W-E.

Une zone nord-orientale (B) s'intercale entre la zone précédente et le dôme permien du Barrot. Les plis y sont moins nombreux et plus amples, sans être nécessairement chevauchants. Les plus importants forment les anticlinaux du Gourdan et du Vial, à la frontière des bassins du Var moyen et de l'Estéron.

A cet ensemble proprement alpin deux secteurs ont été adjoints :

Un secteur méridional (C), en bordure des plateaux jurassiques de la Haute-Provence. Cette zone, élargie dans la région de Comps mais très amincie de part et d'autre, compte encore quelques anticlinaux ou dômes jurassiques fréquemment découpés en horsts et grabens par des accidents méridiens. Des cassures ayant une orientation semblable entament la marge septentrionale des "Plans" jurassiques par plusieurs fossés au fond desquels des affleurements crétacés ont été respectés par l'érosion.

Un secteur sud-oriental (D), formé de plateaux étagés (plateaux de Vence, de Saint-Jeanet, de Bouyon et de Bézaudun) à la surface desquels le Crétacé, réduit à l'extrême, ne forme plus que de minces placages difficilement repérables.

GENERALITES ET HISTORIQUE

Le choix de ce périmètre d'étude fut déterminé tout d'abord par un certain nombre de critères sédimentologiques. Il s'agit d'une région où les variations de faciès sont rapides, nombreuses et variées. On y connaît en particulier deux types de séries très différentes : au Nord, un Crétacé inférieur pélagique et épais, faisant suite aux calcaires tithoniques, au Sud des séries de puissance plus réduite, aux caractères néritiques, reposant sur le complexe subécifal des "Calcaires blancs" de Provence.

Un tel cadre convenait parfaitement à une étude sédimentologique et paléocéanographique qu'il suffisait de poursuivre dans la direction indiquée antérieurement par J. GOGUEL (1944). Les travaux de cet auteur marquèrent en effet un tournant décisif dans la très longue histoire des recherches consacrées à notre sujet d'étude. Pour la première fois l'accent était mis sur la paléogéographie. Des idées fécondes en surgirent comme par exemple la signification des surfaces durcies : celles-ci ne sont pas nécessairement des marques d'émersion comme le croyaient beaucoup d'auteurs puisqu'un simple arrêt de sédimentation peut entraîner le durcissement d'un fond sous-marin et son taraudage par des organismes lithophages. Du reste, quelques années plus tard, L. GINSBURG (1953) reconnaît sur ces surfaces durcies non seulement des perforations organiques mais aussi des corrosions chimiques dues à l'eau de mer.

La deuxième motivation du choix de l'arc de Castellane fut sa réputation de région où le Crétacé inférieur est stratigraphiquement bien connu. Depuis le milieu du siècle passé, cette partie des chaînes subalpines a exercé un attrait considérable sur les géologues par son climat, le nombre et la qualité de ses affleurements et ses richesses paléontologiques. Il en est résulté d'innombrables travaux auxquels sont attachés les noms de A. d'ORBIGNY, J.E. FALLOT, W. KILIAN, L. BERTRAND, Ch. JACOB.

Jusqu'en 1888, date de la thèse de W. KILIAN, ces travaux aboutirent à une connaissance régionale progressive du Crétacé inférieur au fur et à mesure de la création, dans des régions proches, de ses différentes unités stratigraphiques. Ils eurent même des incidences générales sur la Stratigraphie (création de l'étage Barrémien par COQUAND) et en Paléontologie (beaucoup d'espèces-types de d'ORBIGNY proviennent de gisements des Basses-Alpes ou des Alpes-maritimes).

S'appuyant sur ses travaux dans la Montagne de Lure, W. KILIAN fut ensuite l'artisan de grandes synthèses bio-stratigraphiques qui avaient encore force de loi jusqu'à ces dernières années.

On pouvait donc supposer qu'une base stratigraphique solide était acquise dès le départ dans l'arc de Castellane.

En fait, dès les premiers travaux de terrains, il s'est avéré que la plupart des données antérieures étaient inutilisables pour diverses raisons :

- manque de précision dans les descriptions de coupes,
- densité trop faible des points d'observation,
- rôle néfaste des niveaux fossilifères polyzonaux,
- mélanges paléontologiques,
- lacunes non repérées.

Les seuls résultats sur lesquels il était possible de s'appuyer et qui n'exigeaient qu'un complément de recherches concernaient les "Calcaires blancs" de Provence et le Gargaso-albien.

Depuis W. KILIAN (1895), le sommet des calcaires blancs était considéré comme crétacé (présence de *Natica leviathan* à Andon). Cela fut confirmé paléontologiquement à la fois par des macrofaunes de Lamellibranches et de Gastéropodes (D. MONGIN et P. TROUVE, 1953) et par des microfaunes (P. DONZE, 1958). J. GOGUEL (1944) le démontra aussi par des arguments géométriques à l'E de la Tinée (passage latéral des calcaires blancs à des calcaires marneux valanginiens).

L'essentiel de la connaissance du Gargaso-albien de l'arc de Castellane est dû à Ch. JACOB (1907), N. BOUTAKOFF (1930), J. FROMAGET (1950, 1953) et L. GINSBURG (1953) la complétèrent en précisant notamment la répartition géographique de certains de ses termes. C'est ainsi que le Gargasien, disparaissant selon Ch. JACOB au S d'une ligne Castellane, Saint-Auban, vallée de l'Estéron, est découvert successivement à Thorenc puis à la Haute-Vallette (E d'Andon) c'est-à-dire beaucoup plus au Sud. D'autre part, l'horizon clansayésien est signalé pour la première fois par J. FROMAGET à Vergons. Enfin en 1961, G. THOMEL publie une stratigraphie détaillée mais encore incomplète du Gargaso-albien dans le bassin du Var moyen.

Les travaux les plus récents ont porté sur le Barrémien dont le stratotype d'Angles fut revu en grand détail à l'occasion du récent colloque sur le Crétacé inférieur (R. BUSNARDO, S. GUILLAUME, J. SIGAL, P.M. BOUCHE, 1963).

Il a donc été nécessaire de réétudier complètement la stratigraphie du Crétacé inférieur ou d'en compléter certaines données pour l'amener à un degré de précision compatible avec nos objectifs sédimentologiques.

Il devenait alors possible de déchiffrer les multiples séries rencontrées dans l'arc, de les comparer et de les classer, puis d'en déduire les variations de toutes natures s'effectuant de l'une à l'autre. C'est à ce prix que certains problèmes sédimentologiques parmi les plus couramment observés dans cette région (variations d'épaisseur, glauconie, oolithes ferrugineuses, nodules phosphatés, lacunes, sédimentation rythmique, régime des apports) ont pu être abordés; à cette occasion, quelques méthodes d'étude classiques ont été utilisées (analyse des argiles, extraction des minéraux lourds (1), calcimétrie, étude des résidus insolubles des calcaires). Un essai paléocéanographique constitue l'aboutissement de ce travail.

Nous donnerons un aperçu des résultats obtenus à chacun des trois stades de nos recherches : stratigraphie, variations de faciès, sédimentologie.

(1) Dont la détermination est due à l'obligeance de G. LATREILLE.

1er chapitre : STRATIGRAPHIE

Dans l'arc de Castellane, les séries du Crétacé inférieur sont de valeurs très inégales quant à l'enseignement stratigraphique que l'on peut en tirer. Elles se rangent en trois catégories :

- 1) les séries continues et fossilifères (les plus rares);
- 2) les séries très dilatées, peu ou pas fossilifères;
- 3) les séries condensées, très fossilifères mais criblées de lacunes.

Les corrélations par les Ammonites entre les séries de la première catégorie n'ont posé aucun problème au sein d'une même province sédimentaire, que ce soit en utilisant des biozones classiques ou des horizons paléontologiques locaux (1). Par contre, ces mêmes corrélations se sont révélées beaucoup plus délicates sinon impossibles d'une province à une autre du fait des modifications du biofaciès pouvant aboutir à l'éviction de certains fossiles de zone. On pouvait alors espérer déduire toutes les séries à partir de celles du premier type par des corrélations lithologiques de proche en proche. Malheureusement, la rapidité et l'importance des variations de faciès nous en ont empêché.

Il a donc été nécessaire de faire appel à d'autres éléments de corrélation de nature microfaunique (Foraminifères et Ostracodes), microfaciologique et stratomique.

La recherche de ces éléments s'est faite banc par banc dans des coupes de référence les plus complètes et les plus fossilifères possibles, divisées en un certain nombre de formations-types désignées par une lettre ou un numéro et où les unités chrono- et biostratigraphiques ont été préalablement distinguées.

Des échelles stratigraphiques régionales ont été ainsi établies (2); leur emploi, conjugué ou non, dans d'autres coupes a permis de suppléer au manque éventuel d'Ammonites-guides pour reconnaître et délimiter les étages, les sous-étages et les biozones ou pour définir toute autre unité stratigraphique à "usage interne" (horizons régionaux).

(1) Une grande partie des macrofaunes récoltées ont été déterminées par MM. M. COLLIGNON, M. BREISTROFFER, R. BUSNARDO et G. LE HEGARAT. Je tiens à leur faire part de ma profonde reconnaissance.

2) Elles n'ont pu trouver place ici. Se reporter au mémoire qui sera publié prochainement.

La partie occidentale de l'arc de Castellane s'est montrée la plus favorable pour la recherche et l'étude de séries-types. Ainsi dans les bassins de l'Asse et du Haut-Verdon, où les faciès sont épais et pélagiques, une séquence virtuelle de référence pour l'Eocrétacé (Berriasien à Bédoulien) et une autre pour le Gargaso-albien ont été définies à l'aide de deux coupes fondamentales et de quelques autres coupes d'appoint. De même deux autres séquences virtuelles rassemblent un certain nombre d'observations réparties dans les synclinaux de La Palud, Trigance et Comps où les faciès sont néritiques.

Après leur analyse, ces séquences seront comparées entre elles puis à leurs homologues de régions voisines : Provence occidentale, fosse vocontienne, Dauphiné, Jura.

I - L'EOCRETACE DANS LA PARTIE OCCIDENTALE

DE L'ARC DE CASTELLANE

A - EOCRETACE PELAGIQUE.

Il est fort bien illustré par deux coupes levées près du lac de Castillon : la première à l'W de Vergons, le long de la R.N.207 (feuilles au 1/20 000ème Castellane n° 1 et 2), la seconde au S de La Baume dans les ravins du Cheiron et du Descouère (Castellane n° 1).

Les unités lithologiques reconnues de part et d'autre figurent dans un tableau (fig. 2) avec leurs principaux caractères. La plupart des zones paléontologiques reconnues et adoptées lors du Colloque de Lyon (1963) ont été retrouvées; en outre, des horizons régionaux morcelant ou remplaçant certaines zones classiques ont dû être distingués; il n'a pas toujours été possible de les caractériser paléontologiquement.

D'autres coupes d'appoint (1), levées pour la plupart dans le bassin de l'Asse, ont permis de compléter les observations précédentes et de s'assurer que les différentes échelles stratigraphiques établies dans le secteur du lac de Castillon avaient une réelle valeur régionale.

L'ensemble de toutes ces données peut se résumer en une séquence virtuelle dont voici l'essentiel :

- (1) Carrefour de la R.N.207 et de la route d'Angles (SW d'Angles). Amont de la Clue de Taulanne. Le long de l'Asse, en aval de Barrême. Enveloppe périclinale de la Montagne de Vibres, au S de Senez. Clue de l'Asse, au NW de Blioux. E de Lioux, vers l'extrémité nord du chevauchement de la Blache.



Fig 2 -- TABLEAU-RÉSUMÉ DES COUPES DE VERGONS ET DE LA VALLEE DU CHEIRON (EOCRETACE)

ETAGES	Sous-étages		Zones	Horizons régionaux	Unités lithologiques majeures	COUPE DE VERGONS		COUPE DE LA VALLEE DU CHEIRON	
	APTEN	Bédoulien				Barre calcaire	terminant	l'Eocrétacé	XVII
BARREMIEN			Seranonis				XVII	7 m : calcaires à <i>Pseudohaploceras matheroni</i> et <i>Deshayesites deshayesi</i>	8 m : calcaires à <i>Macroscaphites</i> et <i>Heteroceras</i> cf. <i>bifurcatum</i> puis à <i>Pseudohaploceras matheroni</i> et <i>Deshayesites</i> sp.
								XVI	4 m : bancs calcaires et marneux à <i>Heteroceras astieri</i> .
HAUTERIVIEN	Supérieur	Angulicostata	Pulchella	Compressissima			XV	26 m : bancs calcaires jointifs à <i>Costidiscus recticostatus</i> et à <i>Silesites seranonis</i> .	35 m : bancs calcaires presque jointifs.
								XIV	27 m : alternance, dans les mêmes proportions, de bancs calcaires et marneux. <i>Holcodiscus fallax</i> et <i>Pulchellia compressissima</i> .
HAUTERIVIEN	Inférieur	Sayni	Anc. Zone à Duvali	Nodosoplicatus			XIII	30 m : bancs calcaires jointifs ou presque à <i>Pseudothurmannia angulicostata</i> . Microfaciès à Radiolaires et <i>Globigerinidae</i> .	32 m : bancs calcaires presque jointifs à <i>Pseudothurmannia angulicostata</i> , <i>Hedbergella</i> et <i>Globorotalites</i> .
								XII	140 m : bancs simples marneux et calcaréo-marneux en alternance. De bas en haut : 1- Horizon à <i>Neocomites nodosoplicatus</i> , 2- à <i>Crioceratites villersianus</i> 3- à <i>Subsavnella sayni</i> , 4- à <i>Plesiospitidiscus ligatus</i> , <i>Balearites</i> sp.
VALANGINIEN	Supérieur	Verrucosum					XI	18 m : calcaire marneux en bancs composés. <i>Crioceratites</i> sp. <i>Marginulina djaffaensis</i> .	18 m : marnes et bancs calcaréo-marneux composés.
								X	32 m : horizon à <i>Lyticoceras</i> et <i>Distoloceras</i> cf. <i>spiniger</i> . Bancs calcaréo-marneux parfois composés. Quartz détritique plus grossier et plus abondant. Présence de grains glauconieux et phosphatés.
VALANGINIEN	Inférieur	Roubaudiana					IX	80 m : marnes à faisceaux de bancs calcaréo-marneux. Quelques <i>Lyticoceras</i> et grains glauconieux au sommet.	b 77 m : marnes à faisceaux de bancs calcaréo-marneux. Apparition des <i>Lyticoceras</i> . Quelques grains glauconieux au sommet. a 76 m : marnes et calcaires marneux à <i>Neocomites teschenensis</i>
								VIII	35 m : alternance de marnes et de bancs calcaréo-marneux simples. Marnes dominantes.
VALANGINIEN	Supérieur						VII	20 m : marnes à <i>Ammonites pyriteuses</i> dont <i>Saynoceras verrucosum</i> . <i>Marssonella hauteriviana</i> au sommet.	14 m : marnes bleutées à <i>Duvalia</i>
								VI	25 m : marnes et bancs calcaréo-marneux durs en faisceaux. <i>Ammonites pyriteuses</i> .
VALANGINIEN	Inférieur						V	40 m : les bancs marneux sont les plus épais en moyenne. Organismes planctoniques rares.	13 m : marnes dominantes à concrétions ferrugineuses. <i>Tintinopsella carpathica</i> , <i>Calpionellites darderi</i> .
								IV	80 m : bancs calcaires et interbancs marneux d'épaisseur moyenne semblable. Berriaselles avec des <i>Calpionellopsis</i> dans le tiers inférieur, <i>Neocomites</i> cf. <i>trezaniensis</i> et <i>Amphorellina lanceolata</i> dans le quart supérieur
BERRIASIEN							III	55 m : bancs calcaires séparés par des joints marneux. Au milieu, une passée bréchiq. à éléments remaniés tithoniques et berriasiens. Grande abondance de <i>Calpionella alpina</i> .	c 12 m : bancs calcaires séparés par des joints marneux b 19 m : calcaire lithographique en bancs jointifs à Calpionelles. a 2 m : horizon bréchiq. à éléments tithoniques et berriasiens
								II	25 m : calcaires jointifs sans pseudobrèche, à Berriaselles et Calpionelles.
PORTLANDIEN							I	Bancs bréchiq. à <i>Aptychus punctatus</i> , <i>Saccocoma</i> et <i>Globochaete</i> .	9 m : calcaire bioclastique à <i>Saccocoma</i> et <i>Globochaete</i> .

Berriasien (II → IV p. parte).

Etage formant une transition lithologique entre le Tithonique compact, le plus souvent pseudobréchique et à chailles, et les marnes à fossiles pyriteux du Valanginien inférieur. Il se compose lithologiquement d'un Berriasien inférieur très calcaire de 15 à 30 m de puissance, à bancs jointifs (II), et d'un Berriasien supérieur de 15 à 110 m aux bancs séparés de joints puis d'interbancs mammo-calcaires. On y observe près du lac de Castillon une passée pseudobréchique comprenant un mélange d'éléments berriasiens et tithoniques.

Le microfaciès est toujours très riche en restes d'organismes planctoniques et particulièrement en Calpionelles dont les associations définissent quatre horizons biostratigraphiques régionaux : α , β , γ et δ .

En l'absence d'un nombre suffisant d'Ammonites ces horizons ont permis de délimiter assez commodément le Berriasien vis-à-vis des étages qui l'encadrent. Un tableau (fig. 3) indique leur correspondance avec les zonations proposées en 1963 par différents auteurs.

α	β	γ	δ	Horizons	P. Cotillon
B p. parte	C	D		Zones	J. Remane 1963
II	III		IV	Zones	J. Magné 1963
	5	6		Zones	K. Doben 1963
C	D	E F	G	Zones	K. Boller 1963

Fig. 3 - Correspondance entre quelques zonations du Berriasien par les Calpionelles.

Valanginien.

1) Valanginien inférieur (IV p.p. → VI).

- A la base, 10 à 60 m d'une alternance de marnes et de calcaires marneux à Thurmannites cf. thurmanni, Amphorellina lanceolata et Calpionellites darderi.

- Au sommet, 20 à 45 m de marnes gris-bleuté entrecoupées de bancs calcaréo-marneux groupés en faisceaux. Ammonites pyriteuses de la zone à Roubaudiana.

2) Valanginien supérieur.

VII. 10 à 20 m de mames à Ammonites pyriteuses (Saynoceras verrucosum).
VIII et IX. 95 à 200 m de marnes coupées de bancs calcaréo-marneux.

Hauterivien.

1) Hauterivien inférieur.

a) Zone inférieure (équivalente au moins en partie de la zone à Radiatus).

X. Horizon-repère, épais de 9 à 38 m, formé de bancs calcaréo-marneux assez rapprochés. Cancellophycus fréquents. Parfois de la glauconie dans sa partie basale (Senez, Clue de l'Asse). Principaux fossiles : Acanthodiscus sp., Leopoldia castellanensis.

XI. Horizon supérieur à Spitidiscus cf. rotula, où les bancs, toujours assez rapprochés, sont en général composés c'est-à-dire formés de bancs élémentaires jointifs (10 à 45 m).

b) XII p.p. Horizon à Neocomites nodosoplicatus (anciennement zone à Duvali). Alternance monotone, sur 20 à 70 m, de bancs calcaires et marneux d'égale épaisseur en moyenne.

2) Hauterivien supérieur (XII p.p. et XIII).

a) Zone à Subsavnella sayni (20 à 70 m). Même lithologie que dans l'horizon sous-jacent.

b) Horizon à Plesiospitidiscus ligatus et Balearites sp. (25 à 30 m). Même lithologie.

c) Zone à Pseudothurmannia angulicostata (10 à 45 m). Elle correspond souvent à une barre calcaire aux bancs presque jointifs dont les derniers mètres sont vraisemblablement déjà barrémiens. Les Foraminifères planctoniques (Hedbergella, Globorotalites) commencent à se multiplier.

Barrémien.

1) Barrémien inférieur (XIV).

10 à 40 m de calcaires marneux et de mames en alternance, définis micropaléontologiquement par Clavihedbergella gr. simplex.

- horizon inférieur à Melchiorites cassidoïdes,
- horizon supérieur à Pulchellia compressissima.

2) Barrémien supérieur.

Séquence de trois termes qui sont de bas en haut :

XV. 10 à 65 m : calcaires massifs à Silesites seranonis et Gavelinella barremiana.

XVI. 3 à 13 m : horizon plus marneux à Heteroceras.

XVII p. parte. 2 à 7 m : calcaires, parfois plus ou moins marneux, se terminant par un banc à Heteroceras cf. bifurcatum.

Bédoulien (sommet du niveau XVII).

Il ne peut être séparé du Barrémien au point de vue lithologique. Il comprend 2 à 20 m de calcaires plus ou moins marneux avec interlits marneux fréquents.

- horizon inférieur à Pseudohaploceras matheroni,
- horizon supérieur à Deshayesites deshayesi.

Conclusions.

L'Eocrétacé pélagique des bassins de l'Asse et du Haut-Verdon (NW de l'arc de Castellane) s'apparente étroitement à son homologue vocontien; il traduit comme lui une sédimentation continue, régulière et abondante, offrant une même évolution générale dans le temps. D'autres similitudes sont tout aussi remarquables : présence de pseudobrèches dans le Berriasien, biofaciès à Ammonites pyriteuses dans le Valanginien et dans l'Hauterivien supérieur, séquence barrémienne à trois termes, mêmes associations fauniques et microfauniques (M. MOULLADE, 1966).

On comprend ainsi le réflexe de beaucoup d'auteurs qui fut de réunir le NW de l'arc de Castellane à la fosse vocontienne. J. GOGUEL parle même à son sujet de "centre de la fosse vocontienne".

Pourtant une analyse détaillée des deux types de séries montre que la sédimentation fut plus parfaitement pélagique et beaucoup plus dégagée de toute influence littorale dans la région de Castellane que dans le Diois et les Baronnies. Les couches y sont en effet totalement dépourvues des intercalations sableuses, graveleuses ou bioclastiques couramment rencontrées en pays vocontien tant dans le Valanginien supérieur que dans l'Hauterivien inférieur ou le Barrémo-bédoulien.

Pour cette raison, j'estime que le secteur étudié doit être nettement séparé de la province vocontienne. Celle-ci devrait alors se limiter, conformément au schéma de E. HAUG (1907), à l'excroissance vers l'Ouest, au niveau du Diois et des Baronnies, des faciès "bathyaux" de l'Eocrétacé.

B - EOCRETACE NERITIQUE.

En raison des lacunes qui, au S de Castellane, altèrent fréquemment les séries à des niveaux variés, nous avons dû recourir à de très nombreuses coupes réparties sur un vaste terri-

toire (synclinaux de La Palud, de Trigance et de Comps-sur-Artuby) pour établir une séquence virtuelle. Les corrélations d'un point à un autre ont été heureusement facilitées par le fait que l'Eocrétacé néritique est très diversifié au point de vue lithologique; il comporte en particulier de nombreux niveaux-repères qui se suivent sur de longues distances.

La succession-type, dont la meilleure illustration, bien qu'incomplète, est donnée par la coupe du Point-sublime de Rougon (Canon du Verdon) (fig. 4), se partage en quatre grandes unités lithologiques :

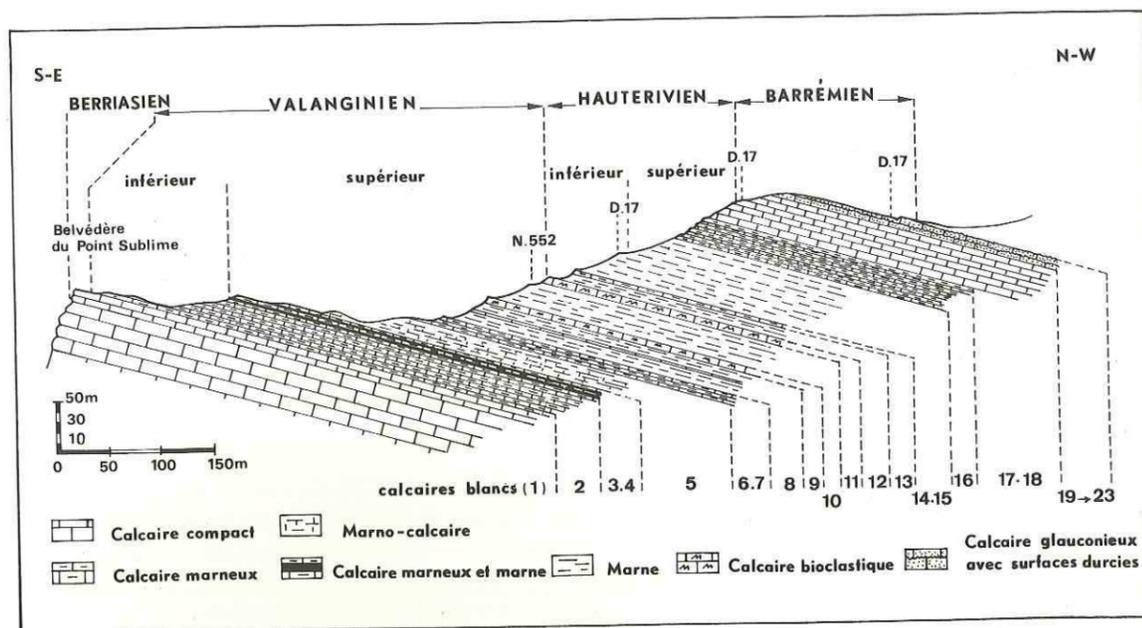


Fig. 4 - La série éocrétacée du Point-sublime de Rougon.

a) - Un complexe subrécifal basal formé par le sommet des calcaires blancs de Provence. Ceux-ci sont essentiellement jurassiques mais ils peuvent envahir une partie de l'Eocrétacé.

b) - Des marnes, des calcaires mameux ou des calcaires bioclastiques à Spatangues et à faune néritique dont l'âge est le plus souvent valanginien mais qui englobent parfois tout ou partie du Berriasien.

c) - Des marnes et calcaires mameux bleutés à Céphalopodes et à Bélemnites d'âge hauterivien.

d) - Une barre calcaire groupant l'Hauterivien terminal, le Barrémien et le Bédoulien.

Ces unités peuvent être subdivisées à leur tour, ce qui donne un total de 25 formations dont voici la description sommaire :

1. 20 à 40 m : partie supérieure des calcaires blancs de Provence, moins massive et plus litée que l'épaisse formation sous-jacente dans laquelle le Verdon a creusé ses gorges. On y observe des intercalations d'argiles vertes, des bancs de calcilutite ou de calcarénite à Trocholines, Miliolles, Pfindérines, Dasycladacées et, localement, quelques passées bréchi-ques à cailloux noirs. Macrofaune peu abondante : *Ampullina leviathan*, *Nérinées*, *Mathe-ronia*, Polypiers.

A la suite de certains auteurs (W. KILIAN, 1895; D. MONGIN et P. TROUVE, 1953; P. DONZE, 1958) j'ai pu montrer l'âge crétacé de cette première formation, soit directement (microfaune, rares Calpionelles), soit en datant les premiers mètres de la formation sus-jacente. Dans l'ensemble de la province néritique son toit occupe des positions stratigraphiques variées depuis le Berriasien inférieur jusqu'au Valanginien supérieur basal.

2. 4 à 40 m : calcaires beiges en dalles à petites Rhynchonelles et rares Céphalopodes. Nombreux débris d'organismes de petite taille. Ils forment une transition lithologique entre les calcaires blancs et les marno-calcaires à Spatangues qui leur succèdent. Par ailleurs, ils accompagnent toujours les calcaires blancs dans leurs migrations verticales à travers la série, aussi leur toit se situe-t-il à divers niveaux dans le Valanginien supérieur.

Valanginien supérieur à Spatangues.

3 → 7. 30 à 115 m : marno-calcaires et calcaires mameux à *Toxaster*, Lamellibranches (*Pho-ladomya*) et Ammonites (*Neocomites*, *Olcostephanus*, *Kilianella*, *Distoloceras*). Microfaune riche en Foraminifères arénacés et en Ostracodes. Un horizon à *Leopoldia* (7) termine cet ensemble.

8. 15 à 30 m : marnes gris-bleuté à petites *Exogyres*, *Pholadomya*, *Toxaster*. Une forte concentration de petites Térébratules (*Rugitella hippopus*) existe dans la partie basale.

9. 6 à 13 m : barre de calcaires bioclastiques jaune-roux à silex et à débris de coquilles sili-cifiés ("petite lumachelle").

10. 4 à 20 m : récurrence de marnes gris-bleuté à nombreux *Toxaster*.

11. 6 à 16 m : deuxième barre de calcaires bioclastiques : la "grande lumachelle", se ter-minant toujours par un niveau à grosses coquilles (*Alectryonia rectangularis*, *Exogyra couloni*, *Trigonia*). Dans les synclinaux de La Palud et de Trigance, ces calcaires sont entrecoupés de passées mameuses à Serpules coloniales et à Bryozoaires (P. COTILLON et B. WALTER, 1965) tandis que dans le synclinal de la Bégude (W de Châteauneuf-les-Moustiers) l'ensem-ble du niveau 11, beaucoup moins organogène, contient des Céphalopodes (*Polyptychites* cf. *diplotomus*, *Neocomites teschenensis*, *Dicostella* sp., *Leopoldia biassalensis*, *Neoho-*

ploceras cf. heteroptychus).

Les divers niveaux du Valanginien supérieur à Spatangues sont presque tous différenciables micropaléontologiquement grâce aux Ostracodes et en particulier aux Protocythere dont beaucoup d'espèces sont nouvelles.

Hauterivien.

1/ Hauterivien inférieur.

12. 7 à 18 m : marnes bleutées à Leopoldia castellanensis et Crioceratites nolani, beaucoup plus pauvres en Foraminifères arénacés que les couches sous-jacentes.

12. 2 à 8 m : bancs calcaréo-marneux assez serrés, légèrement glauconieux et à oolithes phosphatées. Acanthodiscus radiatus, Spitidiscus rotula.

14 p.p. min. 2 à 10 m : marnes bleutées à Bélemnites (ancienne zone à Duvali). Neocomites nodosoplicatus, Olcostephanus jeannoti.

2/ Hauterivien supérieur.

14 p.p. max. et 15. 15 à 90 m : marnes à Bélemnites.

- horizon basal à Crioceratites villersianum et Subsavnella sayni.
- horizon supérieur à Balearites balearis et Paraspinoceras pulcherrimum.

16. 3 à 13 m : alternance de calcaires marneux et de marnes marquée par l'apparition des premiers Globorotalites.

17 p.p. max. 12 à 25 m : calcaires à patine claire, en bancs jointifs ou presque, se débitant en petites dalles sonores. Globorotalites et Hedbergelles. Leur partie inférieure renferme Pseudothurmannia angulicostata, index de la zone sommitale de l'Hauterivien.

Barrémien.

Calcaires identiques aux précédents mais coupés de surfaces durcies et de passées glauconieuses. Huit horizons ont été distingués qui, du fait des lacunes, possèdent un caractère lentulaire.

1/ Barrémien inférieur.

17 p.p. min. → 20. Calcaires plus ou moins glauconieux se terminant par un niveau calcaréo-marneux (20) très fossilifère.

- horizon inférieur à Emericiceras thiollieri et Spitidiscus sp.
- horizon supérieur à Holcodiscus et Pulchellia.

2/ Barrémien supérieur.

21. 0,6 à 2,5 m : calcaire glauconieux à Emericiceras roemeri.

22. 1 à 4 m : horizon-repère de calcaire un peu mameux à patine crayeuse, pétri de petits Barremites.

23. 2,5 à 6 m : calcaires porcelanés à Hemihoplites, où apparaît le Foraminifère Gavelinella barremiana.

24. 0,60 à 2 m : calcaires légèrement glauconieux.

Bédoulien.

25. 15 m : horizon terminal représenté uniquement près de Bargême où il fut signalé il y a quelques années (P. COTILLON, 1965). Il comprend des calcaires gris, à silex, entrecoupés de passées calcaréo-marneuses. Deshayesites deshaysi et Ancyloceras matheroni. Ce sous-étage correspond à une unité lithologique bien définie contrairement à ce que pensait J. GOGUEL (1944).

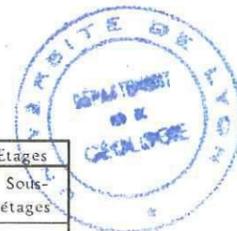
Conclusions.

L'Eocrétacé de la partie sud-occidentale de l'arc de Castellane diffère de son homologue des bassins de l'Asse et du Haut-Verdon par une épaisseur plus réduite (200 à 300 m contre plus de 600 m), par des litho- et des biofaciès beaucoup plus néritiques (calcaires blancs subré-cifaux, calcaires lumachelliques, Lamellibranches, Oursins, Brachiopodes, Ammonites du Hils allemand), par une succession lithologiquement plus diversifiée avec de nombreuses lacunes et des niveaux condensés glauconieux traduisant une sédimentation irrégulière.

En dépit de ces différences, la sédimentation offre de part et d'autre le même mode cyclique d'évolution générale débutant et aboutissant dans des calcaires.

Ce mode se retrouve aussi dans d'autres secteurs subalpins ou périalpins : Provence occidentale, Chaînes subalpines septentrionales, Jura (S. GUILLAUME, 1966), où l'Eocrétacé peut être en certains de ses niveaux plus néritique qu'au SW de l'arc de Castellane. Les calcaires basaux sont alors soit les calcaires blancs qui, en Provence occidentale, paraissent monter très haut dans le Valanginien supérieur, soit ceux du Tithonique-Berriasien (Chaînes subalpines septentrionales), soit le marbre bâtard jurassien. Ce dernier appartient au Valanginien inférieur; ses rapports stratigraphiques avec les calcaires blancs de Provence, dont il possède à peu près le biofaciès, avaient été entrevus par W. KILIAN dès 1894.

Au Valanginien supérieur, des sédiments très néritiques s'observent partout : marnes riches en organismes benthiques (Oursins, Lamellibranches, Brachiopodes), calcaires biodétritiques à silex (calcaires roux jurassiens, calcaires du Fontanil de la région grenobloise) et, au sommet de l'étage, calcaires grumeleux à Alectryonia rectangularis.



A l'Hauterivien, la sédimentation débute par un épisode général (Jura, Chaînes subalpines septentrionales, SW de l'arc de Castellane) de marnes gris-bleuté souvent glauconieuses à la base; les communications entre bassins, qui paraissent difficiles à l'époque précédente, s'établissent alors largement entraînant une uniformisation de la microfaune. Le biofaciès est toutefois moins néritique en Provence orientale que partout ailleurs, divergence qui s'accroît à l'Hauterivien supérieur au point d'intéresser également le lithofaciès: c'est l'époque de la "Pierre jaune de Neuchâtel", des calcaires à Toxaster amplus et Exogyra couloni de la région de Grenoble, tandis qu'en Provence orientale se déposent des marnes, des calcaires mameux et des calcaires semi-pélagiques.

Au Barrémien enfin, le faciès urgonien caractérise la plupart des séries néritiques ou subnéritiques examinées sauf celles du SW de l'arc de Castellane qui se terminent par des calcaires blanchâtres à grain fin, plus ou moins glauconieux.

Les différents types de séries éocrétaées des domaines alpin, jurassien et provençal ont été distingués depuis longtemps par les Maîtres de la géologie alpine (Ch. LORY, V. PAQUIER, W. KILIAN, M. GIGNOUX) qui opposaient entre eux le faciès vaseux ou alpin de la fosse vocontienne, le faciès jurassien, les faciès mixtes des chaînes subalpines septentrionales et les faciès provençaux. Toutefois, comme l'a remarqué J. GOGUEL (1944), les faciès provençaux recouvrent aussi bien des séries avec Urganien (Provence occidentale) que sans Urganien (moitié sud de l'arc de Castellane).

Je propose donc de désigner la séquence décrite dans notre province néritique comme le type d'un faciès provençal oriental de l'Eocrétaé, qui s'opposera au faciès provençal occidental des régions d'Aix- Marseille.

II - LE GARGASO-ALBIEN DANS LA PARTIE OCCIDENTALE
DE L'ARC DE CASTELLANE

A - GARGASO-ALBIEN PELAGIQUE.

Deux coupes principales ont été levées, l'une dans les environs de Vergons, au pied du Pic de Chamatte (Pra-Belon et ravin de Notre-Dame, Castellane n° 2), l'autre au NW de Blioux, au débouché de la Clue de l'Asse (Moustiers-Sainte-Marie n° 3). L'analyse de ces coupes figure dans le tableau de la fig. 5.

Des coupes d'appoint ont été étudiées dans le ravin du Descouère (S de La Baume), à la ferme de la Maurelière (près de Senez) et dans les environs de Barrême (Coulet Pointu, Le Cougnas, Digne n° 7).

APTIEN		ALBIEN				Cénomanién	Etages					
Gargasien	Clansayésien	inférieur et moyen		supérieur			Sous-étages					
Pretiosum et Melchioris	Buxtorfi	Nitidus		Cristatum et Inflata	Vracomnién		Zones					
Marnes grises	Marnes et bancs calcaires (horizon clansayésien)	Tardefurcata	Marnes et bancs jaunes à mîches		Blancheti et Dispar		Unités lithologiques majeures					
A	B	C	D	E	F	G	H	I				
65 m : marnes grises. Ammonites pyritieuses dans la partie inférieure. Schackoïnes à la base.	16 m : marnes avec 10 bancs calcaréo-mameux intercalés - <u>Hypacanthophlites</u> écrasés, <u>Tichnella bejaouaensis</u>	170 m : marnes bleu-sombre à Foraminifères	14 m : marnes sombres et bancs calcaires jaunâtres à Inocérames	5 m : marnes à <u>Rotalipora tichnensis</u>	1,5 m : glauconite mameuse à <u>Deinocerat</u> et <u>Amioceras perarnatum</u>	23 m : marnes légèrement sableuses, glauconieuses et micacées, à <u>Rotalipora appenninica</u>	69 m : marnes à Ammonites pyritieuses dans leur partie supérieure (<u>Zelandites dozei</u> et <u>Paraturritites begeri</u>)	92 m : marnes à <u>Schackoïna cenomana</u> et <u>Rotalipora greenhornensis</u>	COUPE DE VERGONS			
A1	A2	B	C	D	E	F1	F2	G	H1	H2	I	
10 m : marnes grises à Schackoïnes avec quelques bancs calcaréo-mameux intercalés.	87 m : marnes grises, plus foncées vers le haut. <u>Globigerinelloïdes algerianus</u> au sommet.	4 m : marnes avec 3 bancs à <u>Hypacanthophlites</u>	110 m : marnes bleu-sombre à Foraminifères	3,5 m : marnes et bancs jaunâtres intercalés	1 m : mammo-calcaires gréséo-glauconieux	40 m : marnes grises sablo-micacées à <u>Rotalipora tichnensis</u>	40 m : marnes à Ammonites pyritieuses (<u>Hysteroceeras orbigny</u>) - <u>Rotalipora appenninica</u> à partir de la mi-hauteur	40 m : marnes à <u>Schackoïna cenomana</u> et <u>Rotalipora greenhornensis</u>	43 m : marnes entrecoupées de bancs calcaréo-sableux	40 m : marnes grises	40 m : marnes grises	COUPE DE BLIEUX

FIG. 5 - TABLEAU-RÉSUMÉ DES COUPES DE VERGONS ET DE BLIEUX (GARGASO-ALBIEN)

La zonation adoptée est celle de G. THOMEL (1964) pour le Gargasien et de M. BREIS-TROFFER (1947, 1963) pour l'Albien.

Séquence virtuelle.

Sur les calcaires à Deshayesites deshayesi et Procheloniceras albrechti-austriacae viennent de bas en haut :

Gargasien.

A. 65 à 180 m de marnes gris-clair puis gris-foncé entrecoupées à la base, sauf à Vergons, de bancs calcaréo-marneux à patine jaune.

Le Gargasien inférieur contient à divers niveaux, mais toujours au-dessus des intercalations calcaires de la base, des Ammonites pyriteuses (Holcophylloceras guettardi, Aconeceras nisum, Diadochoceras pretiosum). D'autres horizons fossilifères ont été décrits par G. THOMEL (1964) dans le Gargasien supérieur (zone à Melchiorites melchioris).

Les quatre sous-zones micropaléontologiques (Cabri, Ferreolensis, Algerianus, Trocof-dea) érigées par M. MOULLADE (1966) ont été retrouvées ici.

Clansayésien.

B. 4 à 16 m : horizon-repère de marnes entrecoupées de bancs calcaréo-marneux à Hypacanthoplites écrasés (H. jacobi).

Lorsque ce niveau est peu épais, le sous-étage débute et se termine dans les marnes qui l'encadrent.

Foraminifère caractéristique : Ticinella bejaouaensis. Trois autres espèces (Hedbergella trocofidea, Pleurostomella gr. subnodosa, Osangularia aff. brotzeni) ont servi à diviser le Clansayésien en trois horizons micropaléontologiques.

Albien.

Albien inférieur et moyen.

C. 110 à 170 m : marnes noires montant jusque dans la partie moyenne de l'étage. De tout le Gargaso-albien, ce niveau est le moins bien caractérisé au point de vue paléontologique.

D. 4 à 14 m : marnes sableuses, plus ou moins glauconieuses et micacées, et bancs calcaires jaunes à miches renfermant des Inocérames. Cette formation, fortement réduite et glauconieuse à Blieux, termine l'Albien moyen et occupe une partie ou la totalité de la zone à Nitidus.

Albien supérieur.

E I. Marnes sableuses, glauconieuses et micacées où, dès la base, apparaît le Foraminifère planctonique Rotalipora ticinensis.

- Zones à Cristatum et à Inflata bien développées à Blieux (60 m) avec en leur sommet une faune pyriteuse à Hysterocheras orbigny jamais encore signalée dans la région. Les zones sont réduites à Vergons (5 m) en raison d'une forte condensation glauconieuse qui s'effectue en partie à leurs dépens.

- Vraconnien épais (100 à 110 m), défini par les Foraminifères Praeglobotruncana delrioensis et Rotalipora appenninica. Il est presque exclusivement marneux à Vergons alors qu'à Blieux des intercalations calcaréo-sableuses s'observent dans sa partie inférieure.

Les Ammonites pyriteuses sont fréquentes dans le Vraconnien. A Blieux, des formes héritées de la zone à Inflata comme Kosmatella muhlenbecki ou Puzosia furnitana ont été récoltées à sa base; à Vergons, les pyriteux occupent des niveaux plus élevés et caractérisent, avec Paraturrilites bergeri, le Vraconnien supérieur.

Aucun changement lithologique ne marque le passage au Cénomani qui ne peut être reconnu que par la microfaune (apparition de Schackoïna cenomana et de Rotalipora greenhor-nensis (M. MOULLADE, 1966).

Conclusions.

Comme pour l'Eocrétacé, c'est entre le Gargaso-albien vocontien (M. MOULLADE, 1966) et celui du NW de l'arc de Castellane qu'il existe le plus d'affinités. On y voit la même succession de marnes épaisses, les mêmes bancs calcaréo-marneux dans le Gargasien inférieur et le Clansayésien, le même ensablement à partir de l'Albien supérieur, le même biofaciès à Ammonites pyriteuses à des niveaux identiques, enfin les mêmes associations de Foraminifères planctoniques.

Des différences existent néanmoins; elles tiennent surtout au fait que les séries du Diois et des Baronnies possèdent souvent des horizons fortement sableux, notamment dans le Gargasien moyen, l'Albien inférieur (grès sus-aptiens) et l'Albien supérieur alors que dans l'arc de Castellane ces mêmes niveaux sont soit exclusivement marneux, soit peu chargés en quartz. Cela prouve une nouvelle fois que le territoire étudié faisait partie d'un domaine relativement plus pélagique que la fosse vocontienne ou tout au moins alimenté par des apports terrigènes moins grossiers.

B - GARGASO-ALBIEN NÉRITIQUE.

En raison du nombre et de l'importance des lacunes affectant le Gargaso-albien néritique, la recherche et la mise sur pied d'une séquence virtuelle ont exigé l'exploration d'un vaste

territoire s'étendant d'Ouest en Est entre La Palud et Andon. Comme d'une extrémité à l'autre de ce secteur les faciès de certains niveaux varient sensiblement, deux séquences distinctes ont dû être établies : l'une incomplète définissant le faciès occidental du Gargaso-albien néritique, l'autre complète, relative au faciès oriental.

La séquence occidentale réunit plusieurs coupes relevées dans les synclinaux de La Palud, de Trigance et de Comps tandis que la séquence orientale se compose de séries observables dans le secteur d'Andon, entre Caille et la ferme de la Haute-Vallette. Toutes deux figurent dans un tableau (fig. 6) mettant en correspondance leurs différents niveaux.

Gargasien.

a → d p. parte (15 à 35 m). A l'Ouest, ce sont des marnes grises stratigraphiquement complètes, entrecoupées à la base de passées lenticulaires à oolithes ferrugineuses. Ces couches ne sont connues qu'en un seul gisement lenticulaire de dimensions réduites, à l'W de Bargême près de la ferme de la Castagne (Fayence n° 1).

A l'Est, des marnes semblables à Ammonites pyriteuses (Aconeceras nisum, Cheloniceras martini, Gargasiceras gargasense) font partie de l'échelle de la Haute-Vallette. Le Gargasien supérieur, incomplet à la base, se charge de quartz détritique, de glauconie et, en son sommet, d'oolithes phosphatées.

Clansayésien.

d p. parte (2 à 3 m). Inconnu à l'Ouest, il se présente ailleurs sous un faciès mameux à oolithes phosphatées. Il n'a pu être caractérisé par Ticinella bejaouaensis comme en province pélagique.

Albien.

Albien inférieur et moyen.

d p. p. - e - f (zone à Tardefurcata). 12 m : niveau inconnu dans la partie occidentale de l'arc. Marnes à oolithes phosphatées puis marnes avec quelques bancs calcaires à Hypacanthophlites trivialis.

g. 15 m : marnes sombres et glauconieuses, très largement répandues dans l'arc, coupées en leur milieu par un lit de nodules et de fossiles brisés phosphatés appartenant aux zones à Tardefurcata, Mammillatum et Dentatus. Les fossiles des deux premières zones sont remaniés.

Si ces marnes débutent en tous points avec la zone à Mammillatum, leur toit n'est pas partout isochrone : il se place à l'Ouest dans la zone à Nitidus et à l'Est au milieu de la zone à Dentatus.

h. 20 à 25 m : marmo-calcaires gris, sableux et glauconieux, avec bancs jaunes à miches et à

APTIIEN		ALBIEN					Cénomannien	Etages					
Gargasien et Clansayésien		inférieur et moyen		supérieur supérieur s.s.			Vraconnien	Sous-étages					
Buxtorfi Pretiosum		Dentatus Tardefurcata	Nitidus	Cris-tatum	Inflata	Blancheti et Dispar		Zones					
				Passage au Vraconnien				Horizons					
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l		
4 m : marnes grises à Schackoines - oolithes ferrugineuses à la base	8 m : marnes grises sans oolithes	3 m : marnes plus sombres à Hedbergella trochidea	Lacune d'observation	15 m : marnes sombres à nodules phosphatés et fossiles partiellement remaniés	23 m : marnes glauconieuses et bancs à miches jaunes à Inocerames	19 m : marnes sombres, glauconieuses, à Rotaliopora tichensis	24 m : grès calcaréo-mameux à bancs roux. Hysteroeceras binum et Pervinquenteria inflata	39 m : couches plus mameuses à Rotaliopora appenninica	11 m : marnes grises avec deux passées fortement glauconieuses	Marnes grises à Rotaliopora greenhornensis		SEQUENCE OCCIDENTALE	
ab1	ab2	c	d	e	f	g	h	i	j1	j2	k	l	
8 m : marnes à Schackoines et bancs calcaréo-mameux intercalés	20 m : marnes grises à Schackoines et Ammonites pyriteuses et Gl. algerianus	9 m : marnes grises, sableuses et glauconieuses à Gl. ferroleonensis	12 m : marnes gréo-glauconieuses à nodules et oolithes phosphatés - H. trivialis au sommet	5 m : marnes grises	3 m : marnes et calcaires mameux à Hypacanthophlites trivialis	15 m : marnes sombres à nodules phosphatés et fossiles brisés partiellement remaniés	21 m : marmo-calcaires et calcaires glauconieux spathiques à miches jaunes et Inocerames	10 m : marnes sombres, glauconieuses, à Rotaliopora tichensis	8 m : marnes grises, sableuses, à Rotaliopora appenninica	40 m : marnes grises et bancs roux à Stoliczkaia sp.	Marnes grises à Rotaliopora greenhornensis		SEQUENCE ORIENTALE

Fig. 6 - TABLEAU-RÉSUMÉ DES SÉQUENCES OCCIDENTALE ET ORIENTALE DU GARGASO-ALBIEN

Inocérames (*I. concentricus*) intercalés. Les bancs sont toujours plus ou moins bioclastiques (surtout à Andon) et renferment souvent des débris ligniteux.

Albien supérieur.

- i. 10 à 20 m : marnes noires, glauconieuses, légèrement sableuses et micacées, à *Globigerinelloides breggiensis* et *Rotalipora ticinensis*. A l'Est, elles englobent la totalité de l'Albien supérieur s.str. tandis qu'à l'Ouest elles correspondent seulement à l'ensemble de la zone à *Cristatum* (i₁) et de la sous-zone à *Varicosum* (i₂), fossilifère à la ferme des Bourras près de La Palud.

Au-dessus viennent 25 à 65 m de marno-calcaires finement gréseux, glauconieux et micacés, entrecoupés de bancs roux à miches (i₃). *Pervinquieria inflata* (Trigance, La Palud), *Hysterocheras binum* (ferme de la Treille, au N de Jabron).

- j - k. Toujours à l'Ouest, une formation de 15 à 35 m, beaucoup plus mameuse et à bancs indurés espacés, a pu être distinguée au-dessus des calcaires gréseux à *Pervinquieria inflata*. On y observe le passage micropaléontologique de la zone à *Inflata* au Vraconnien. Ce dernier débute avec l'apparition massive de *Rotalipora appenninica* en compagnie de *Praeglobotruncana delrioensis*.

Le Vraconnien est formé de marnes grises (35 à 45 m), moins sableuses que précédemment, avec quelques bancs jaunes ou roux à miches. *Stoliczkaia* sp. et *Anisoceras perarmatum* dans la région d'Andon.

Des marnes fortement glauconieuses (k) occupent parfois le sommet du Crétacé inférieur dans la région de Jabron.

- l. Le passage au Cénomaniens ne correspond à aucune modification lithologique de la série sauf dans le secteur oriental où celle-ci devient un peu plus mameuse.

La limite entre l'Albien et le Cénomaniens a été déterminée micropaléontologiquement par l'apparition de la seule espèce planctonique *Rotalipora greenhornensis*, *Schackoïna cenomana* n'étant pas représentée dans les faciès néritiques.

Conclusions.

Les séries virtuelles du Gargaso-albien néritique et pélagique se présentent l'une et l'autre comme une succession mameuse, s'enrichissant à partir de l'Albien supérieur en sable et en mica, et admettant aux mêmes moments ou presque (Clansayésien - zone à *Tardifurcata*, zone à *Nitidus*) deux horizons à bancs calcaires. Les séquences ont aussi en commun deux biofaciès remarquables : des marnes à Ammonites pyriteuses dans le Gargasien, des calcaires à gros Inocérames dans la zone à *Nitidus*.

Les différences observées entre les deux séries tiennent essentiellement à ce que les influences néritiques ont été plus fortes dans un cas que dans l'autre. Elles ont affecté :

- les épaisseurs : 360 m en moyenne en province pélagique contre 150 m en province néritique.

- les lithofaciès : oolithes ferrugineuses, oolithes phosphatées, ensablement du Gargasien supérieur, nodules et fossiles phosphatés, débris ligniteux, calcaires spathiques sont le propre de la série néritique. Une sédimentation plus argileuse en moyenne et plus uniforme caractérise au contraire la série pélagique.

- les biofaciès : au S de l'arc de Castellane, les macrofaunes benthiques et nectoniques sont les plus abondantes et les plus diversifiées (Oursins, Brachiopodes, Hoplitidés de l'Albien); même comprises dans des couches pélagiques comme celles du Gargasien elles indiquent de faibles profondeurs relatives (association d'Ammonites pyriteuses du "type occidental" à la Haute-Vallette). La microfaune albienne possède un cachet spécial caractérisé par une diminution sensible du nombre des planctoniques au profit de Gavelinelles "nordiques" (*G. cenomanica*, *G.* cf. *tormarpensis*, *Lingulogavelinella* aff. *cibicoides*) et d'espèces arénacées (*Arenobulimina* en particulier).

En dehors de l'arc de Castellane, d'autres séquences gargaso-albiennes rappellent à différents titres celle qui vient d'être étudiée.

Le Gargasien très détritique (faciès de Fontdouille) et le Clansayésien sableux et phosphaté en Provence occidentale évoquent, mais en plus néritique, l'Aptien supérieur d'Andon.

Des convergences de faciès (horizons à nodules phosphatés, "sables verts") rapprochent l'Albien dauphinois de celui que nous avons décrit. Elles dénotent la même sédimentation troublée par la dynamique du milieu de dépôt.

Enfin les affinités sont profondes entre les séries de la Provence orientale et celles du Jura bien que les dernières soient plus néritiques ("lumachelle" du Clansayésien, "grès verts" de l'Albien inférieur, macrofaune plus littorale, microfaune plus pauvre en espèces planctoniques (S. GUILLAUME, 1966).

CONCLUSIONS DU PREMIER CHAPITRE

Ces premières recherches avaient pour but de créer des outils stratigraphiques régionaux capables de résoudre les problèmes d'interprétation et de corrélation posés par les différents types de séries rencontrés dans l'arc de Castellane.

Toutefois des faits et des considérations de portée plus générale ont été réunis et formulés à l'occasion de cette étude. En voici l'essentiel :

1/ - La zonation par les Ammonites des couches de passage jurassico-crétacées n'a jamais pu être utilisée faute d'un nombre suffisant de fossiles. Ceci démontre une nouvelle fois la nécessité d'une mise en parallèle, en ces niveaux, de l'échelle des Ammonites et de l'échelle des Calpionelles, seuls organismes à être nombreux tout en présentant une grande valeur biostratigraphique.

Une macrofaune un peu plus abondante à la limite Berriasien - Valanginien a montré que l'apparition du genre Amphorellina parmi les Calpionelles pouvait être synchronisée avec le début du Valanginien.

2/ - Il existe une nette disparité entre l'importance du Valanginien inférieur et celle, beaucoup plus grande, du Valanginien supérieur tel qu'il est défini par l'apparition à son mur de Saynoceras verrucosum. Ce dernier sous-étage devrait donc être subdivisé mais en tenant compte du fait suivant : sous sa forme pyriteuse des faciès pélagiques, Saynoceras verrucosum semble avoir une extension verticale très réduite, alors que sous sa forme calcaire des faciès néritiques il peut être rencontré à des niveaux variés s'étageant jusqu'au sommet du Valanginien.

3/ - Il est nécessaire de faire débiter l'Hauterivien un peu avant l'apparition des Acanthodiscus radiatus, dès que surgissent les premiers Criocères (et non des Distoloceras). A cet effet, un horizon parfaitement individualisé, à Crioceratites nolani et Lyticoceras (niveau 12) a été discerné à la base de l'Hauterivien dans la province néritique. Cet horizon n'a pu jusqu'à présent être retrouvé en province pélagique.

D'autre part, Leopoldia castellanensis que l'on croyait jusqu'à maintenant cantonnée dans la zone à Radiatus a été recueillie, en un seul exemplaire il est vrai, dans les derniers bancs du Valanginien (sommet de la "grande lumachelle").

En province néritique, Neocomites nodosoplicatus qui est toujours relativement abondant et possède une répartition verticale bien définie pourrait devenir l'index d'une zone terminale de l'Hauterivien inférieur remplaçant, au moins partiellement, l'ancienne zone à Duvali. En province pélagique cette espèce est malheureusement très rare.

4/ - Dans la partie interne de l'arc de Castellane, la dernière zone du Barrémien distinguée par R. BUSNARDO (1963) et appelée "zone de passage au Bédoulien" pourrait être caractérisée par Heteroceras bifurcatum.

5/ - Il y a lieu d'insister sur le grand développement du Vraconnien (quelquefois plus de 100 m), jusqu'ici simple zone paléontologique, en regard de l'épaisseur extrêmement réduite (quelques mètres en général) du sous-étage Clansayésien.

Ces observations et suggestions pourraient être reprises et développées au cours de recherches biostratigraphiques ou paléontologiques plus approfondies qu'il serait souhaitable d'entreprendre dans l'arc de Castellane. Pour l'heure, elles mettent en lumière le rôle déterminant du faciès dans la répartition des espèces (ou tout au moins de leur épanouissement) aussi bien

dans l'espace (1) que dans le temps (2), ce qui peut conduire à confondre leur succession réelle et leur succession apparente.

Sans doute faut-il abandonner l'espoir de voir créée un jour une biozonation qui intéresse l'ensemble des domaines alpin et périalpin et se contenter de mettre en parallèle des biostratigraphies régionales, valables pour tel ou tel type de faciès.

(1) Exemple : Acanthodiscus radiatus rare en province pélagique, abondante dans les faciès néritiques. Calpionelles, Schackoïnes et Rotalipores de l'Albien rares ou absents en province néritique. Cas de Saynoceras verrucosum occupant la partie basale (faciès pélagique) ou l'ensemble du Valanginien supérieur (faciès néritiques).

(2) Répartition verticale différente de certaines Ammonites hauteriviennes (Leopoldia castellanensis, Crioceratites nolani) en fosse vocontienne (M. MOULLADE et P. THIEULOY, 1967) et dans l'arc de Castellane.

2e chapitre : LES VARIATIONS DE FACIES

DU CRETACE INFERIEUR A TRAVERS

L'ARC DE CASTELLANE

Deux problèmes étaient à résoudre :

- 1/ - Comment les séries évoluent-elles radialement lorsque l'on passe de la province néritique à la province pélagique ?
- 2/ - Comment évoluent-elles longitudinalement d'Ouest en Est ?

Les variations radiales ont été étudiées dans la partie occidentale de l'arc, là où ont été définies les séquences de référence. Nous avons constaté que les séries néritique et pélagique évoluaient progressivement de l'une à l'autre et de la manière suivante : les faciès de leurs unités lithologiques composantes varient indépendamment les uns des autres c'est-à-dire à des vitesses inégales et passent par un certain nombre d'états intermédiaires définissant par leur ensemble plusieurs séries aux caractères mixtes. Une province hémipélagique a été définie comme étant le secteur de l'arc où se rencontrent ces séries mixtes.

Les trois provinces néritique, hémipélagique et pélagique ont été elles-mêmes subdivisées en zones isoséquentielles caractérisées chacune par une série d'un type particulier. Sept de ces zones ont été distinguées pour l'Eocrétacé et quatre pour le Gargaso-albien. L'examen conjoint de leur allure et du tracé des grands accidents de l'arc de Castellane nous a conduit à certaines remarques d'ordre tectonique.

Les variations longitudinales ont été suivies le long des zones isoséquentielles. Les séries, tout en conservant leurs caractères fondamentaux, se modifient parfois d'une manière spectaculaire notamment au point de vue épaisseur et composition stratigraphique, plus secondairement par le faciès. X

Ce mode d'analyse, assez global, des variations de faciès dans les séries présente l'avantage de se faire au sein de réalités de terrains parfaitement définies. Il faut toutefois préciser que trois phénomènes concourent à l'évolution latérale des séquences : les variations de faciès proprement dites, les variations d'épaisseur et le jeu des lacunes. Aussi convenait-il en fin de chapitre de chercher à isoler le premier phénomène de son contexte et d'en réétudier les effets dans une optique paléocéanographique.



I - VARIATIONS RADIALES DES SERIES



A - EVOLUTION DES SERIES NERITIQUES VERS LES SERIES PELAGIQUES.

1/ - Les différents types séquentiels du Crétacé inférieur.

Leur liste et leurs principaux caractères figurent sur deux tableaux (fig. 7 et 8).

2/ - Principaux faits d'évolution enregistrés.

a) - Variations d'épaisseur.

D'une manière générale, les épaisseurs augmentent de l'extérieur vers l'intérieur de l'arc pour tous les étages ou sous-étages. Le phénomène n'est pas toujours continu; ainsi le Valanginien supérieur subit un épaissement considérable dans la majeure partie de la province hémipélagique (de 70 m en moyenne à 300 ou même 350 m) puis s'amincit à nouveau plus au Nord.

L'accroissement des épaisseurs peut également se faire à des vitesses variables : vitesse relativement faible au Valanginien inférieur et au Barrémo-bédoulien, assez importante au contraire à l'Hauterivien et au Gargasien.

b) - Modifications des lithofaciès.

La plupart des faciès méridionaux évoquant un milieu néritique disparaissent définitivement vers le Nord.

- La partie berriassienne et valanginienne des calcaires blancs de Provence passe latéralement par biseutage à des calcaires beiges en dalles à Ammonites, encore riches en débris d'organismes, puis à une alternance de bancs marneux et calcaréo-marneux. Quant à la partie "éoberriassienne" et portlandienne de ces mêmes calcaires, elle passe par indentations à des calcaires beiges à Ammonites puis aux calcaires gris de type tithonique.

Nous avons adopté comme limite interne de la province néritique la ligne approximative au N de laquelle le faciès des calcaires blancs n'existe plus.

- Les intercalations bioclastiques du Valanginien supérieur (petite et grande lumachelle) perdent progressivement leurs caractères puis s'évanouissent.

Fig. 7- LES SERIES DE L'EOCRETACE DANS L'ARC DE CASTELLANE

Province	Type	Sous-Type	BERRIASIEN	VALANGINIEN		HAUTERIVIEN		BARREMIEN	BEDOULIEN					
			5 à 200 m	Inférieur 5 à 80 m	Supérieur 30 à 220 m	0 à 220 m		0 à 100 m						
PELAGIQUE	I	a	A Céphalopodes et Calpionelles	Calcaires marneux et marnes à pyriteux	Les pyriteux n'existent qu'en ce niveau	Faisceaux de bancs dans la partie inférieure. Alternances rubanées	Pas de glauconie visible à l'oeil nu dans la partie basale	Pas de glauconie visible à l'oeil nu	Présent					
		Niveau glauconieux à la base					Absent ou non caractérisé							
		Partie inférieure réduite et légèrement glauconieuse								Absent				
HEMPELAGIQUE	II	a	Type mixte à Céphalopodes, Calpionelles et débris d'organismes	Pas de marnes à pyriteux	Séquence 7 → 10 reconnaissable. Bancs à cassure conchoïdale	Plus riche en marnes	Zone à Radiatus réduite et fortement glauconieuse	Réduction du faciès marneux dans la partie inférieure. Apparition de bancs glauconieux et de surfaces durcies. Couches à petits Barremites dans la partie supérieure. Lacune possible.	Rarement représenté					
		Microfaune néritique								Microfaune néritique				
		Microfaune et macrofaune benthiques néritiques								Microfaune et macrofaune benthiques néritiques				
		c	Calcaires beiges en dalles localement		Pas de bancs en faisceaux. <u>Exogyra couloni</u>		Zone à Radiatus bien développée, peu ou pas glauconieuse							
NERITIQUE	III		Front des calcaires blancs dans le Berriasien	Calcaires beiges en dalles	Unité n° 11 sous un faciès mixte : zoogène et à Céphalopodes	Encore assez riche en bancs calcaréo-marneux		Mal connu	Inconnu					
		a								Front des calcaires blancs dans le Valanginien inférieur	Unité n° 11 bioclastique et lumachellique sans Céphalopodes	Importants niveaux marneux à Bélemnites. Niveaux 12 et 13 parfois réduits, avec glauconie et oolithes ferrugineuses.	Lacune possible	Présence de la séquence-type 20 → 23
		b												
	IV	V	Calcaires blancs	Front des calcaires blancs dans le Valanginien supérieur	Marnes à Bélemnites plus ou moins glauconieuses. Niveaux 12 et 13 parfois glauconieux et à oolithes ferrugineuses	Lacune possible	id.	Quand il existe se montre riche en passées calcaréo-marneuses						
		VI		Lacune du Valanginien	Peu épais Niveau 13 parfois légèrement bioclastique		id. peu épais	Absent ou non caractérisé						
		VII		à Céphalopodes	Quelques bancs de calcaire glauconieux			?						
				Provence	Faciès marneux absent		Parfois faciès bréchiq							

Fig. 8- LES SERIES DU GARGASO-ALBIEN DANS L'ARC DE CASTELLANE

Province	Type	Sous-Type	GARGASIEN	CLANSAYESIEN	ALBIEN INFÉRIEUR		ALBIEN MOYEN		ALBIEN SUPÉRIEUR	
					Zone à Tardefurcata	Zone à Mammillatum	Zone à Dentatus	Zone à Nitidus	Zone à Cristatum et Inflata	Vraconnien
PELAGIQUE	A	A ₁	20 à 180 m		0 à 190 m				0 à 20 m	60 à 120 m
			Marnes grises épaisses à fossiles pyriteux	Type vocontien	Glaucanie peu fréquente		Marnes noires (partie occidentale de l'arc)	Lacune possible	Marnes noires et bancs jaunes à miches	Marnes noires avec parfois des fossiles pyriteux
		Fossiles pyriteux			Intercalations calcaréo-sableuses					
HEMPELAGIQUE	B	B ₁	0 à 50 m		Glaucanie fréquente ainsi que nodules phosphatés. Nombreux <i>Arenobulimina</i> et <i>Gavelinella</i> nordiques					
			Lacune fréquente		0 à 70 m		0 à 90 m		20 à 70 m	
		Gargasien réduit et légèrement glauconieux	Gargasien supérieur marneux	Lacune possible		Marnes noires et bancs jaunes à miches	Marnes noires et bancs jaunes à miches	Marnes grises, sableuses et micacées, avec bancs roux calcaréo-sableux	Marnes grises, sableuses et micacées, avec bancs roux espacés.	
				Quelques mètres	Lacune très fréquente					Marnes grises, sableuses et micacées, avec bancs roux espacés.
		B ₂	Gargasien supérieur sableux, glauconieux et à oolithes phosphatées.	Marnes, ou marnes et marmo-calcaires à oolithes phosphatées		Marnes noires et bancs jaunes à miches		Marnes grises, sableuses et micacées, avec bancs roux espacés.		
B ₃	Marnes, ou marnes et marmo-calcaires à oolithes phosphatées			Marnes noires et bancs jaunes à miches		Marnes grises, sableuses et micacées, avec bancs roux espacés.				
NERITIQUE	C		0 à 15 m		Fréquence des nodules et des fossiles phosphatés en place. Présence de formes néritiques.					
			Lacune très fréquente		Quelques mètres à 45 m		0 à 50 m		20 à 50 m	
		Partie supérieure sableuse, glauconieuse, à oolithes phosphatées.	Marmo-calcaire à oolithes phosphatées	Lacune possible		Marnes noires et bancs calcaréo-marneux	Marnes noires	Bancs calcaires à miches pétris d'entroques et de spicules	Lacune possible	Marnes grises, sableuses, micacées et glauconieuses, avec bancs roux.
Lacune possible				Lacune possible						
D		Lacune.	0 à 20 m		Placages conglomératiques et polyzonaux. Éléments (nodules et fossiles brisés) ferrugineux et phosphatés.					

Certains lithofaciès apparaissent temporairement (gros bancs calcaires à cassure conchoïdale dans le Valanginien supérieur hémipélagique).

D'autres enfin s'installent définitivement (faisceaux de bancs dans le Valanginien et l'Hauterivien, alternances rubanées de l'Hauterivien).

Rares sont les niveaux qui demeurent constants sur presque toute l'étendue de l'arc (bancs à miches jaunes et à Inocérames de la zone à Nitidus).

c) - Transformation des biofaciès.

Les macro- et microfaunes néritiques ou adaptées à des milieux relativement turbides se raréfient peu à peu et font place à des formes de haute mer se recrutant pour la plupart dans le necton et le plancton.

- Disparaissent les Ammonites, les Lamellibranches, les Ostracodes et les Foraminifères à tests épais et ornés, les gros Foraminifères arénacés, les organismes d'eaux claires et agitées (Algues, Polypiers, Nérinées), les Serpules, les Bryozoaires, les Oursins, les Brachiopodes, etc ...

- Apparaissent ou se multiplient les Protistes planctoniques (Calpionelles, Foraminifères, Radiolaires), les formes nectoniques ou benthiques à tests minces et lisses (Lagenidae, Phylloceratidae, Lytocerotidae).

- Le biofaciès à Ammonites pyriteuses apparaît dans le Valanginien, l'Hauterivien et l'Albien.

Des vitesses variées caractérisent également ces évolutions. Ainsi, dans le Valanginien supérieur, les premiers organismes néritiques à disparaître vers le Nord appartiennent à la macrofaune benthique, puis vient le tour des macrofaunes nectoniques et enfin celui de la microfaune benthique.

Les modifications les plus importantes du biofaciès ont été notées dans le Berriasien et le Valanginien; les moins marquées affectent le Gargasien.

d) - Disparition de certains indices d'irrégularité sédimentaire.

La glauconie, les oolithes ferrugineuses, les nodules phosphatés et les surfaces durcies qui sont fréquents dans les séries néritiques se font de plus en plus rares à mesure que l'on se déplace vers l'intérieur de l'arc et sont généralement absents dans la province pélagique. Il existe cependant quelques exceptions à l'Hauterivien (glauconie de la sous-zone I_b) et au Gargasien (glauconie du Mont Gourdan, de Vergons et de Blieux).

L'importance et la rapidité de toutes ces variations ne furent pas les mêmes selon les époques. D'une manière générale elles se sont progressivement atténuées au cours du Crétacé inférieur, ce qui laisse supposer une homogénéisation croissante du milieu de dépôt.

B - ZONATION SEQUENTIELLE DE L'ARC DE CASTELLANE (fig. 9 et 10).

L'arc de Castellane compte autant de zones isoséquentielles qu'il y a de séries-types c'est-à-dire 7 pour l'Eocrétacé et 4 pour le Gargaso-albien.

Les zones s'allongent à peu près parallèlement les unes aux autres en dessinant un arc dont la convexité est tournée vers le Nord. Les plus externes (VI, VII, D), c'est-à-dire les plus néritiques, ne figurent que dans la moitié orientale de l'arc en raison des dénudations subies par le Grand Plan de Canjuers au SW.

Dans l'ensemble, les zones isoséquentielles ont des directions conformes à celles des unités structurales sauf à l'Est où elles prennent une direction SW-NE. Ces zones présentent deux particularités quant à leur allure :

1/ - Elles subissent presque toutes un amincissement d'Ouest en Est.

2/ - Elles présentent des déformations plus localisées, dues à la tectonique, matérialisant d'une façon fort suggestive quelques-uns des principaux chevauchements de l'arc de Castellane. Ainsi, la succession presque continue de contacts anormaux se suivant de Chabrières à Montblanc en passant par le pied du Mourre de Chanier et Castellane et qui marque la limite externe de la zone I implique-t-elle de par sa position un recouvrement total ou partiel des sous-zones I_C, II_a, II_b et II_C. Une fenêtre d'érosion entre le Mourre de Chanier et Castellane laisse ensuite apparaître un substratum, lui-même chevauchant, occupant les unités II et I_C.

Compte tenu de la largeur des bandes isoséquentielles à l'W de Castellane, on peut assigner à la flèche du chevauchement précité une valeur minimale d'environ 9 km.

Une situation analogue se retrouve plus à l'Est entre Var et Tinée : toutes les zones de I_C à VI sont interrompues par un important déferlement vers le Sud de la sous-zone I_b. La flèche du chevauchement est ici de 15 à 20 km.

Il apparaît donc que dans l'arc de Castellane une discontinuité tectonique majeure se situe entre les provinces pélagique et hémipélagique et non à la limite nord du faciès des calcaires blancs comme l'avait dit W. KILIAN (1920).

II - VARIATIONS LONGITUDINALES DES SERIES

Ces variations apparaissent lorsque l'on suit d'Ouest en Est l'évolution des séries le long des zones qui leur correspondent, donc pratiquement le long des unités structurales de la région.

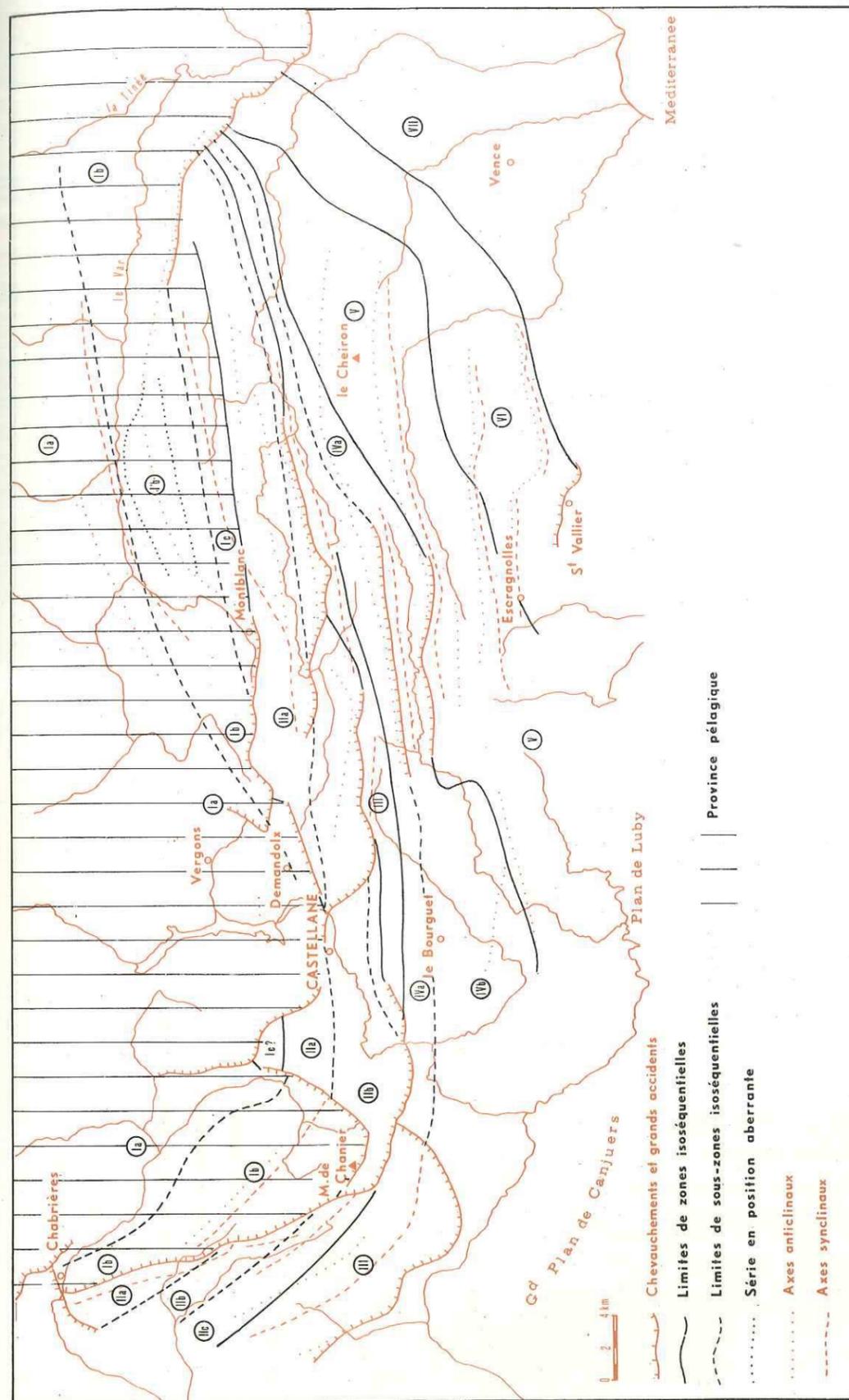


Fig. 9 - Carte séquentielle de l'Eocrétacé.

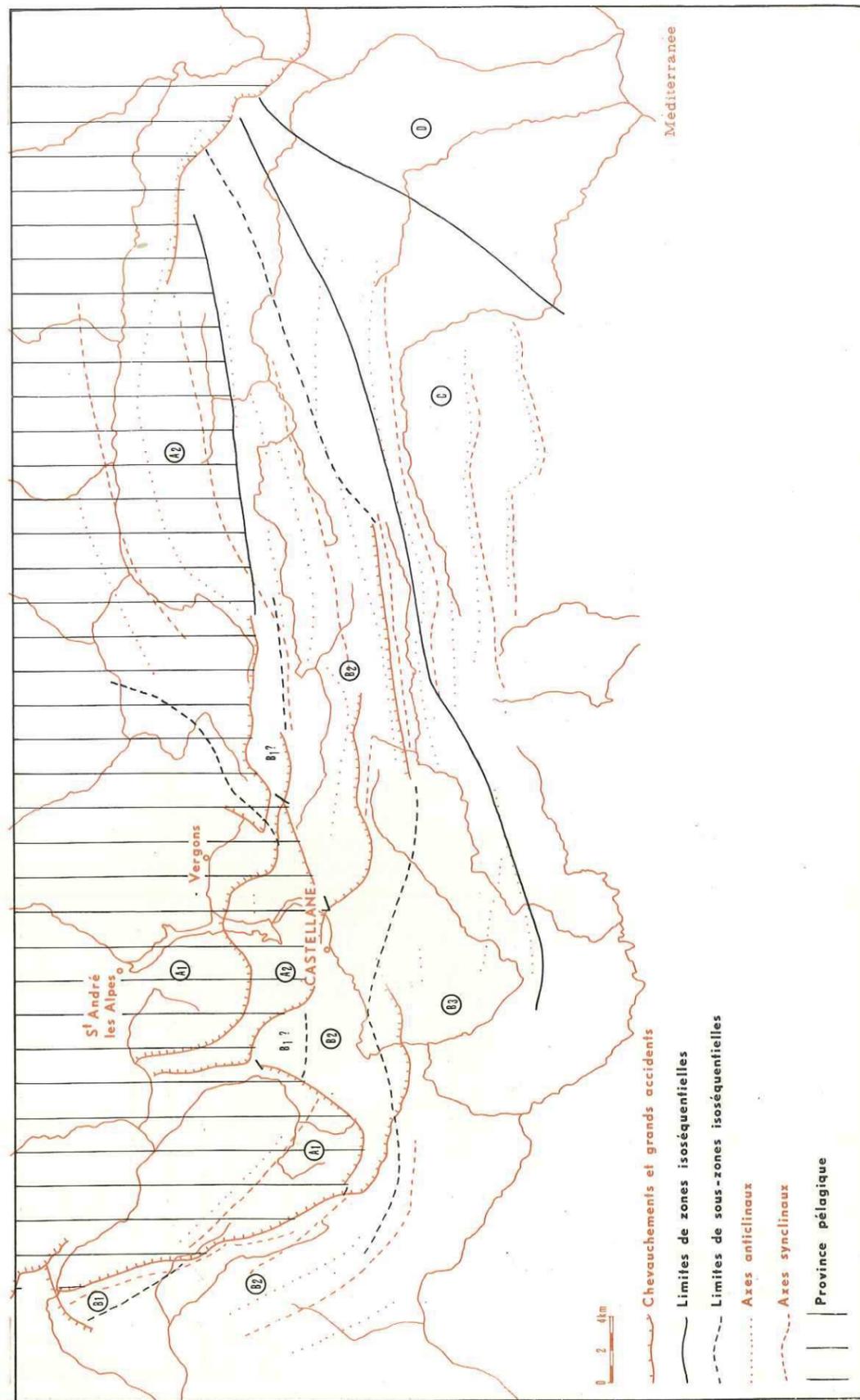


Fig. 10 - Carte séquentielle du Gargas-albien.

Nous avons choisi deux exemples, l'un dans l'Eocrétacé, l'autre dans le Gargas-albien, qui illustrent fort bien le fait, assez général, que les séries internes pélagiques se modifient le plus volontiers par le faciès alors que les autres le font plutôt par les épaisseurs et par les lacunes.

A - 1er exemple : VARIATIONS DE LA SERIE EOCRETACEE DU TYPE I DANS LE BASSIN DU VAR MOYEN.

Les affleurements tertiaires de la région d'Annot interrompent le prolongement direct, vers le NE, des épaissees successions d'Angles et Vergons caractérisées, nous le rappelons, par des litho- et biofaciès pélagiques.

Une série complète ne reparait que dans la vallée du Var au niveau de Sausses, affectée déjà de quelques modifications par rapport à la série de Vergons :

- réduction par lacune du Berriasien et du Valanginien basal (67 m contre 160 m);
- Valanginien terminal plus calcaire dans l'ensemble;
- zone à Angulicostata moins individualisée car moins calcaire;
- couleur plus sombre et débit plus schisteux de l'ensemble des sédiments;
- grande pauvreté en macro- et microfossiles.

L'Eocrétacé de Sausses subit vers l'Est et le SE deux types de variations :

- une variation progressive et irréversible se suivant le long du revers méridional du dôme de Barrot et sur le flanc nord de l'anticlinal du Vial. Elle concerne surtout le Valanginien qui subit un spectaculaire changement de faciès (passage à des calcaires).
- une variation brutale, réversible et localisée, au niveau de l'anticlinal de Gourdan, qui se traduit par une réduction de l'ensemble de la série.

1/ - Revers méridional du Dôme de Barrot et anticlinal du Vial (fig. 11).

a) - Dans la vallée de la Roudoule (N de Puget-Théniers) et au pied des monts Roccaforte et Rourebel, la succession est encore très semblable à celle de Sausses. Quelques changements cependant :

- à La Croix (vallée de la Roudoule) la zone à Angulicostata est très marneuse et se confond tant avec la zone à Sayni sous-jacente qu'avec le Barrémien inférieur à Claviedbergella gr. simplex,
- sous le mont Rourebel, de petites passées glauconieuses s'intercalent dans les couches de passage du Valanginien à l'Hauterivien où elles se retrouvent d'une manière constante tout au long de l'anticlinal du Vial. L'apparition de cette glauconie marque le passage de la sous-zone I_a à

la sous-zone I_b (fig. 9); elle ne correspond donc pas à une véritable variation longitudinale.

b) - Plus à l'Est, deux modifications importantes apparaissent :

• A partir de Rigaud et de Villars-sur-Var, Berriasien et Valanginien s'épaississent. Le Valanginien (marnes entrecoupées de bancs calcaréo-marneux) passe latéralement à des couches beaucoup plus indurées, calcaréo-marneuses, assez riches en petits débris d'Echinodermes.

A Rigaud, le faciès calcaréo-marneux épais d'une cinquantaine de mètres atteint déjà la base du Valanginien supérieur tandis qu'à Malaussène, la presque totalité de l'étage est envahie par lui.

De Malaussène à la Mescla, la dilatation du Berriasien se poursuit tandis que Berriasien et Valanginien se fondent en une masse calcaire très uniforme entaillée en gorges par le Var au même titre que le Tithonique. Seule l'étude des Calpionelles permet de placer des coupures stratigraphiques dans cet ensemble qui, selon J. GOGUEL (1944), passe latéralement aux calcaires blancs de Provence à l'E de la Tinée.

• A partir de Villars-sur-Var, l'Hauterivien diminue d'épaisseur puis sa partie inférieure calcaire, entrecoupée de deux passées glauconieuses, prend une teinte rousse et se charge de débris

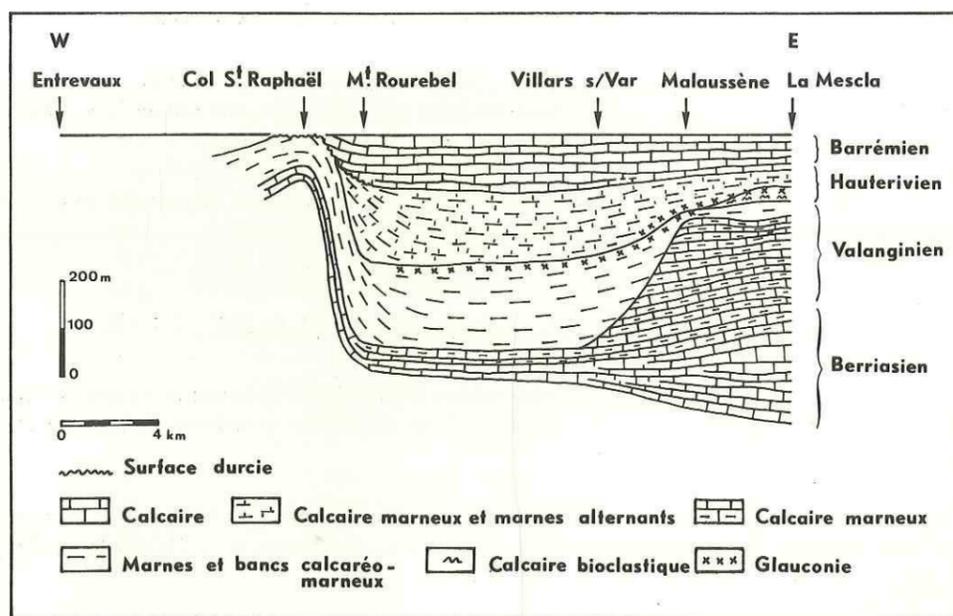


Fig. 11 - L'Eocène du Mont Gourdan et du flanc nord de l'anticlinal du Vial.

d'organismes (entroques essentiellement) sur une épaisseur pouvant atteindre 50 m. Les bancs glauconieux sont localement fossilifères : *Neocomites* gr. *nodosoplicatus*, *Spitidiscus* sp. (Cluas), *Pseudothurmannia cruasensis*, *Crioceratites* gr. *villersianus* (La Tour).

2/ - Anticlinal du Gourdan (fig. 11).

Les successions y sont très peu épaisses (100 m en moyenne contre près de 500 m sur le revers méridional du Barrot), souvent incomplètes, tandis que certains de leurs niveaux acquièrent un faciès subnérétique. Ces différentes particularités s'observent dans la coupe du col Saint-Raphaël (route N.211 A, SE de Puget-Théniers).

Sommet du Tithonique.

Gros bancs calcaires de couleur claire contrastant fortement avec la teinte très foncée des sédiments de même âge sur le revers sud du Barrot. Les premiers dépôts évoquent un milieu beaucoup plus ouvert et ventilé que celui où se sont formés les seconds.

Berriasien.

3 m : horizons α , β et δ p. partie ayant la même lithologie que le Tithonique terminal.
25 m : succession de bancs calcaires dont les joints s'épaississent progressivement de bas en haut (horizon δ).

Valanginien.

V - VI (1). 20 m : alternance aux bancs plus écartés, prolongeant la précédente.
VII. 26 m : marmo-calcaires à débris d'Echinodermes microscopiques et à microfaune benthique possédant un cachet nettement nérétique (nombreuses formes arénacées, Ostracodes).
VIII. 11 m : alternance de bancs marneux et calcaréo-marneux qui ont livré des Ammonites du Valanginien supérieur (*Neocomites campylotoxus*).
IX → XVII : lacune soulignée par une surface durcie.

Cette série, fortement tronquée en son sommet, a été interprétée comme une forme anormalement réduite et subnérétique (I_b) de la séquence pélagique I_b.

Conclusion.

Les variations notées d'Ouest en Est dans l'Eocène du bassin moyen du Var sont dues à l'instauration progressive et définitive, ou au contraire rapide et temporaire, d'un milieu nérétique à partir d'un milieu pélagique. Le premier cas constitue l'amorce des modifications aboutissant aux séries réduites et aux calcaires blancs situés à l'E de la Tinée (J. GOGUEL, 1944).

(1) Désignation des niveaux-types (fig. 2) auxquels correspondent les formations distinguées dans la coupe.

Le second traduit une variation brutale de la bathymétrie telle qu'on peut l'observer au niveau d'une importante ride sous-marine. J. GOGUEL, le premier, avait envisagé cette possibilité.

B - 2^e exemple : VARIATIONS DE LA SERIE GARGASO-ALBIENNE DU TYPE C DANS LA DEPRESSION SYNCLINALE COURANT DE SERANON A BEAUDUN (fig. 12).

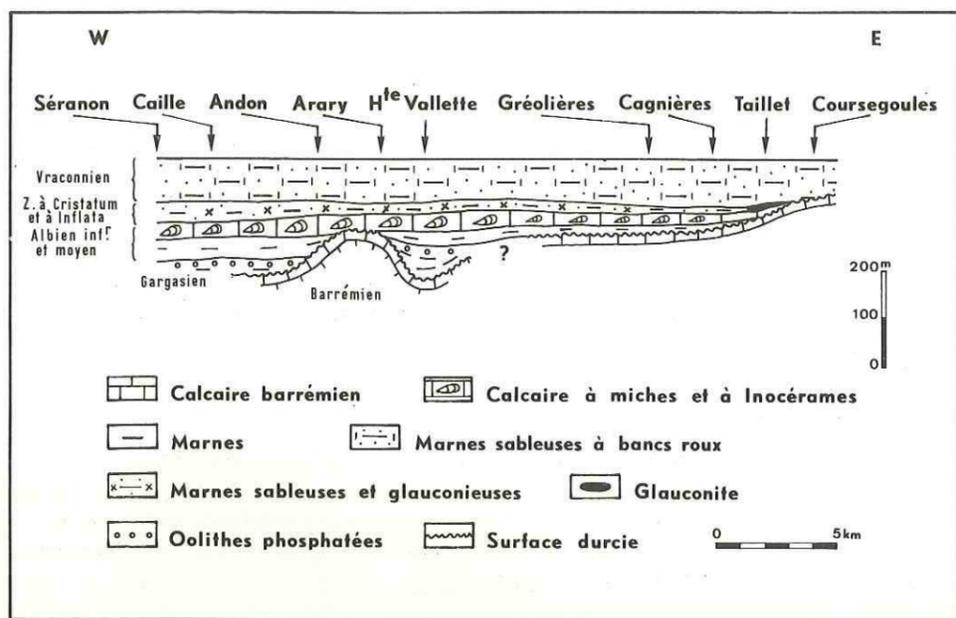


Fig. 12 - Le Gargaso-albien de Séranon à Béaudun.

La série envisagée, la plus complète de toute la zone C (1), ne se modifie que par le jeu simultané des lacunes et des variations d'épaisseur.

Gargasien. Sa présence, hypothétique à l'W de Caille, est certaine entre Caille et Andon sous la forme de marnes grises (10 à 15 m). Celles-ci disparaissent ensuite à l'E d'Andon

(1) Et qui en tant que telle constitue la séquence-type du Gargaso-albien oriental décrite dans le 1^{er} chapitre. Le lecteur est donc prié de se reporter au tableau de la fig. 6 ou au texte qui l'accompagne s'il désire compléter les brèves indications lithologiques qui vont être données.

jusqu'à la hauteur du Clos d'Arary (1) puis s'individualisent à nouveau au-delà, dans l'écaille de la Haute-Vallette où elles s'épaississent (35 m) et où elles contiennent des Ammonites pyrénées.

Plus à l'Est, dans la vallée du Loup, on perd toute trace de l'Aptien supérieur mais il est impossible de préciser si cette disparition est sédimentologique ou due aux conditions d'observation assez défavorables. A l'E de Gréolières, son absence est certaine.

Clansayésien. 1 à 2 m de marnes glauconieuses à oolithes phosphatées, connues seulement sous la ferme de la Haute-Vallette.

Albien. Zones à *Tardefurcata*, à *Mammillatum* et à *Dentatus*. Marnes noires essentiellement (20 m), disparaissant presque totalement entre le Castellans d'Andon et le Clos d'Arary, puis s'individualisant à nouveau dans l'écaille de la Haute-Vallette où leur base, seule, affleure dans de bonnes conditions.

Dans le ravin de la Cagnière, entre Gréolières et Coursegoules, l'ensemble des trois zones ne totalise plus que 6 m d'épaisseur et constitue un gisement fossilifère dont aucune mention ne figure dans la littérature. On relève de bas en haut :

- e. 0,9 m : marnes noires, glauconieuses et à oolithes phosphatées.
- f. 0,6 m : bancs calcaréo-glaucieux, irréguliers et rognoneux, bioclastiques et à spicules de Spongiaires, séparés par de petits interlits de marnes noires. Cet horizon avait une épaisseur de 3 m au Castellans d'Andon où il avait livré *Hypacanthoplites trivialis*.
- g. 1. 0,20 m : marnes noires glauconieuses.
2. 0,05 m : lit de nodules à *Douvilleiceras mammillatum* mais où figurent des Ammonites remaniées appartenant aux bancs sous-jacents (*Hypacanthoplites trivialis*, *H. inflatus*).
3. 0,40 m : glauconite.
4. 2,60 m : marnes noires, glauconieuses, parsemées de nodules et de fossiles phosphatés en partie remaniés se rapportant aux zones à *Tardefurcata*, *Mammillatum* et *Dentatus* : *Phylloceras subalpinum*, *Pictetia astieri*, *Hamites gr. rotundus*, *H. aff. tenuicostatus*, *Uhligella walleranti*, *U. rebouli*, *Beudanticeras sp.*, *Hypacanthoplites trivialis*, *Leymeriella tardefurcata*, *L. tardefurcata var. densicostata*, *L. regularis*, *Hoplites escragnolensis*, *H. gr. dentatus*, *Lyelliceras lyelli*, *Rhynchonella grasi*, *Terebratula dutempleana*, *Leptomaria sp.*, *Holactypus sp.* (dét. M. M. COLLIGNON).
5. 1,40 m : affleurements mameux en partie masqués.

Un peu plus à l'Est, dans le haut ravin de la Cagnière ou vallon de Taillet, le Barrémien ne supporte plus que quelques décimètres de marnes de la zone à *Dentatus*. Au-delà, ces dernières disparaissent définitivement.

Mésoalbien terminal (h). Couches à miches jaunes et à Inocérames, constan-

(1) 500 m à l'E de la Selle d'Andon (Castellane n° 8).

tes de Caille au vallon de Taillet, biseautées au-delà par lacune. A Andon, cette formation débute au milieu de la zone à Dentatus et se termine avec l'Albien moyen, tandis qu'au vallon de Taillet ses limites inférieure et supérieure se situent respectivement plus haut et plus bas dans la série stratigraphique. Le mur et le toit du niveau à miches sont donc obliques sur les isochrones.

Zones à Cristatum et à Inflata. 10 à 20 m de marnes noires et glauconieuses s'amincissant d'Ouest en Est et admettant au vallon de Taillet une passée glauconitique. Plus à l'Est, une lacune les biseaute rapidement.

Vraconnien. Lorsqu'il est complet, son épaisseur oscille entre 40 et 45 m. A l'E du vallon de Taillet il est à son tour affecté, mais partiellement, par la grande lacune supprimant à partir de cet endroit la totalité des terrains sous-jacents. Il repose alors sur le Barrémien par l'intermédiaire d'un conglomérat de nodules épais de quelques centimètres. Dans le haut bassin de la Siagne, des lits de nodules ayant la même position stratigraphique se sont révélés fortement polyzonaux par les fossiles brisés d'âges variés (Gargasien à Albien supérieur) qu'ils renferment.

Conclusions.

La série C entre Séranon et Bézaudun subit deux types de modifications :

- une réduction d'épaisseur affectant tous ses termes sauf peut-être le Vraconnien.
- des biseautages d'intensités et de positions stratigraphiques variées dûs à des lacunes. Ces suppressions sont tantôt irréversibles et très étalées dans l'espace (entre la Haute-Vallette et Coursegoules l'Aptien supérieur, l'Albien inférieur et moyen, les zones à Cristatum et à Inflata disparaissent successivement), tantôt rapides et réversibles (apparitions et disparitions du Gargasien et de l'Albien inférieur entre Caille et la Haute-Vallette).

Pour N. BOUTAKOFF (1930), cette répartition "en chapelet" des termes inférieurs de la série représentait une succession de laminages tectoniques jalonnant le front de la "nappe provençale de l'Audibergue" (1); elle dépend en réalité de causes sédimentologiques en relation directe avec une ancienne topographie sous-marine. En effet, le fait que les zones d'affleurements en question soient complètement entourées par des surfaces durcies prouve que les terrains correspondants représentent des remplissages de sillons ou de cuvettes accidentant une aire de non-dépôt sur laquelle les argiles gargasiennes ou albiennes transitaient sans s'arrêter; seuls des "pièges sédimentaires" en creux étaient capables de les retenir.

De telles "flaques-témoins" existent également à Bargême et à Thorenc, c'est-à-dire bien au-delà de la limite méridionale des dépôts aptiens fixée autrefois au parallèle de Castel-

(1) C'était alors l'époque où, à la suite de L. BERTRAND, beaucoup d'auteurs interprétaient l'arc de Castellane comme un ensemble de nappes provençales venues du Sud, reprises ultérieurement par les plissements alpins.

lane par W. KILIAN (1920). Elles condamnent définitivement toute idée de "transgression aptienne" (Ch. JACOB, 1907; E. HAUG, 1907) sur une surface exondée; elles montrent au contraire que la mer de l'époque a recouvert la totalité du secteur néritique de l'arc de Castellane mais que des conditions de milieu particulières ont empêché qu'il ne s'y dépose une couche uniforme de sédiments.

III - APERCU GENERAL SUR LES VARIATIONS DE FACIES

DU CRETACE INFERIEUR

L'étude des séries et de leurs variations devait être complétée par une analyse des modifications de faciès au sein de chaque étage ou sous-étage. L'exposé détaillé de cette analyse, qui s'appuie sur un nombre assez élevé de cartes de faciès, ne saurait trouver place ici aussi donnerons-nous directement une synthèse des conclusions auxquelles ces cartes ont permis d'aboutir.

A - MODALITES.

Les variations latérales de faciès peuvent s'effectuer par substitution (indentations ou biseau) ou par transition (P. RAT, 1959). Les plus importantes se font radialement et d'une manière irréversible à une vitesse qui, en moyenne, a diminué pendant le Crétacé inférieur. On peut en déduire que le milieu de dépôt s'est progressivement uniformisé.

D'autres variations s'effectuent longitudinalement (c'est-à-dire le plus souvent d'Ouest en Est) d'une manière soit réversible, soit irréversible. La plupart ont été guidées par des paléostructures qui, dès cette époque, possédaient les orientations des plis actuellement observés dans l'arc de Castellane.

B - SIGNIFICATIONS PALEOCEANOGRAPHIQUES.

1/ - Variations radiales.

Quelles que soient les époques envisagées, les variations radiales du lithofaciès, du biofaciès et du microfaciès des sédiments traduisent toujours une évolution graduelle d'un milieu pélagique vers un milieu plus ou beaucoup plus néritique et relativement moins profond. Ceci apparaît nettement lorsque l'on compare les extrêmes se correspondant au S et au N de l'arc à diverses époques (fig. 7 et 8).

Les profondeurs et leurs variations évoquées par les deux tableaux ne sont évidemment que relatives sauf dans deux cas précis :

a) - les calcaires blancs, par leurs intraclasts roulés, leurs Polypiers observés parfois en place, leurs Algues calcaires et les passées lacustres qui s'y intercalent au N de Saint-Vallier (P. DONZE, 1958), indiquent des profondeurs s'étageant entre 0 et 30 m au maximum.

b) - l'épaisseur de la tranche d'eau ne devait pas excéder 20 à 50 m au-dessus de la "grande lumachelle" valanginienne (P. COTILLON et B. WALTER, 1965). Les deux faits essentiels sur lesquels se fonde cette opinion sont :

- la présence, dans la grande lumachelle, de coquilles de Lamellibranches épaisses (Exogyres, Alectryonies, Trigonies) sur lesquelles se voient nettement des traces de fixation.

- le caractère roulé de tous les débris d'organismes.

Les fonds marins de l'époque devaient donc être soumis à l'agitation de surface.

Les tableaux font également ressortir des variations de la profondeur moyenne du milieu :

. Le recul vers le Sud du faciès des calcaires blancs de Provence durant le Berriasien et le Valanginien p. parte correspond à une augmentation de l'épaisseur de la tranche d'eau. Un retour momentané à une faible bathymétrie se produit à la fin du Valanginien (dépôt de la grande lumachelle).

. L'Hauterivien marque un nouvel approfondissement qui se maintient apparemment au Barrémien et à l'Aptien.

. Durant l'Albien inférieur et moyen les fonds se rapprochent de la surface (fossiles néritiques phosphatés, calcaires plus ou moins bioclastiques à Inocérames).

. L'Albien supérieur correspond à un nouvel enfoncement du substratum.

2/ - Variations longitudinales.

Parmi les variations de faciès guidées par la paléotectonique, la plupart, comme les envahissements de couches par la glauconie ou par les oolithes ferrugineuses, sont liées à une dynamique particulière du milieu du dépôt dépendant en partie de sa profondeur. D'autres trahissent des variations paléobathymétriques d'un type particulier, très localisées et souvent réversibles, en relation avec un modelé de détail du fond (couches déposées sur la ride du Gourdan).

Les autres variations, dépourvues de ligne directrice, sont plus rares. On peut y ranger par exemple le passage, vers le SW, de marnes glauconieuses à des grès calcaires roux dans la zone à Inflata; l'apparition de ce faciès traduit une arrivée importante et localisée d'apports sableux en provenance du SW.



CONCLUSIONS DU 2^e CHAPITRE

Malgré une grande diversité tenant à des variations de faciès latérales, les séries étudiées présentent toutes la même évolution lithologique dans le temps. Celle-ci se traduit par la superposition d'une séquence éocrétacée, débutant et se terminant par des couches thalassogènes en passant par des unités plus ou moins mameuses, et d'une séquence gargaso-albienne presque entièrement détritique. Cette unité prouve que des facteurs communs ont contrôlé le déroulement général de la sédimentation.

L'un des faits les plus intéressants reconnus lors de l'étude des variations radiales des faciès est l'hétérochronie du toit des calcaires blancs de Provence et la place importante qu'ils occupent dans la série éocrétacée néritique. Rappelons à ce propos la récente découverte (J.M. BELLEVILLE et J. CHEVALIER, 1966) de calcaires blancs atteignant le Valanginien supérieur dans le bassin du Bas-Verdon.

Ces constatations prouvent la lenteur avec laquelle le faciès "calcaire blanc intercalé d'argile verte", assimilé par M. GIGNOUX et L. MORET (1937) au faciès purbeckien, s'est retiré vers le Sud entre le Berriasien et le Valanginien supérieur.

L'étude des variations longitudinales des séries et des faciès a montré d'autre part que la répartition des unes et des autres avait été fortement influencée par les directions tectoniques de l'arc de Castellane.

La plupart des variations latérales de faciès indiquent à la fois un relèvement régulier et généralisé des anciens fonds marins du Nord au Sud et la présence d'une topographie sous-marine réglée selon les directions tectoniques actuelles. Cette topographie joua un rôle dans la localisation de certains dépôts thalassogènes et dans la répartition des matériaux terrigènes.

L'importance et la vitesse des changements de faciès ont varié elles-mêmes dans le temps ce qui prouve des modifications concomitantes de la topographie des fonds liées à une activité paléotectonique. De ce point de vue, les périodes éocrétacée et gargaso-albienne peuvent être opposées : durant la première, tout au moins jusqu'à l'Hauterivien, les faciès étaient tranchés et bien délimités; leurs variations radiales étaient rapides comme l'étaient celles de la profondeur de la mer. A partir du Barrémien, et surtout du Gargasien, le milieu tend à s'uniformiser : les faciès pélagiques gagnent vers le Sud tandis que certaines caractéristiques des séries néritiques (fortes concentrations glauconieuses, surfaces durcies) pénètrent dans le domaine pélagique.

Un nivellement progressif des fonds semble donc s'être produit durant le Crétacé inférieur, mais sans aller jusqu'à supprimer toute différence entre les biofaciès du N et du S de l'arc de Castellane.

3e chapitre : SEDIMENTOLOGIE

Le Crétacé inférieur de l'arc de Castellane tire une large part de son originalité d'un certain nombre de faits d'ordre sédimentologique dont la réalité est apparue peu à peu. Ce sont :

- les fortes variations d'épaisseur au sein des séries et de leurs unités composantes;
- l'apparition presque systématique, distincte ou conjointe, de glauconie et d'oolithes ferrugineuses dans les horizons réduits;
- la fréquence des lacunes et la variabilité de leurs caractères;
- la rythmicité de la sédimentation observée à des échelles variées;
- les fluctuations dans l'espace et dans le temps du régime des apports terrigènes.

Nous verrons comment ces faits ont été interprétés. Parmi les causes possibles dont ils dépendent, nous nous sommes efforcés de distinguer les facteurs internes ou régionaux, en relation avec le milieu même de dépôt, des facteurs externes ou généraux qui lui sont étrangers.

I - LES VARIATIONS DE L'ACTIVITE DE SEDIMENTATION

A - CARTES D'ISOPACHES DE L'EOCRÉTACÉ ET DU GARGASO-ALBIEN (fig. 13 et 14).

On note une décroissance générale des épaisseurs de l'intérieur vers l'extérieur de l'arc. Cependant, cette évolution est loin d'être régulière dans le détail comme le montrent certaines anomalies locales (région de Castellane, bassin de l'Estéron, vallée de la Lane, Mont Gourdan) correspondant à des zones d'épaisseurs anormalement fortes ou faibles compte tenu de leur situation.

Il y a moins d'écart entre les valeurs extrêmes de l'Eocrétacé (40-50 m à 600 m) qu'entre celles du Gargaso-albien (0 à 380 m). Cela tient en grande partie à ce que les lacunes furent moins nombreuses et moins importantes durant la première période que durant la seconde.

Compte tenu enfin des durées respectives, en temps absolus, de l'Eocrétacé et du Gargaso-albien (24 et 12 millions d'années) on peut constater que, d'une époque à l'autre, l'activité

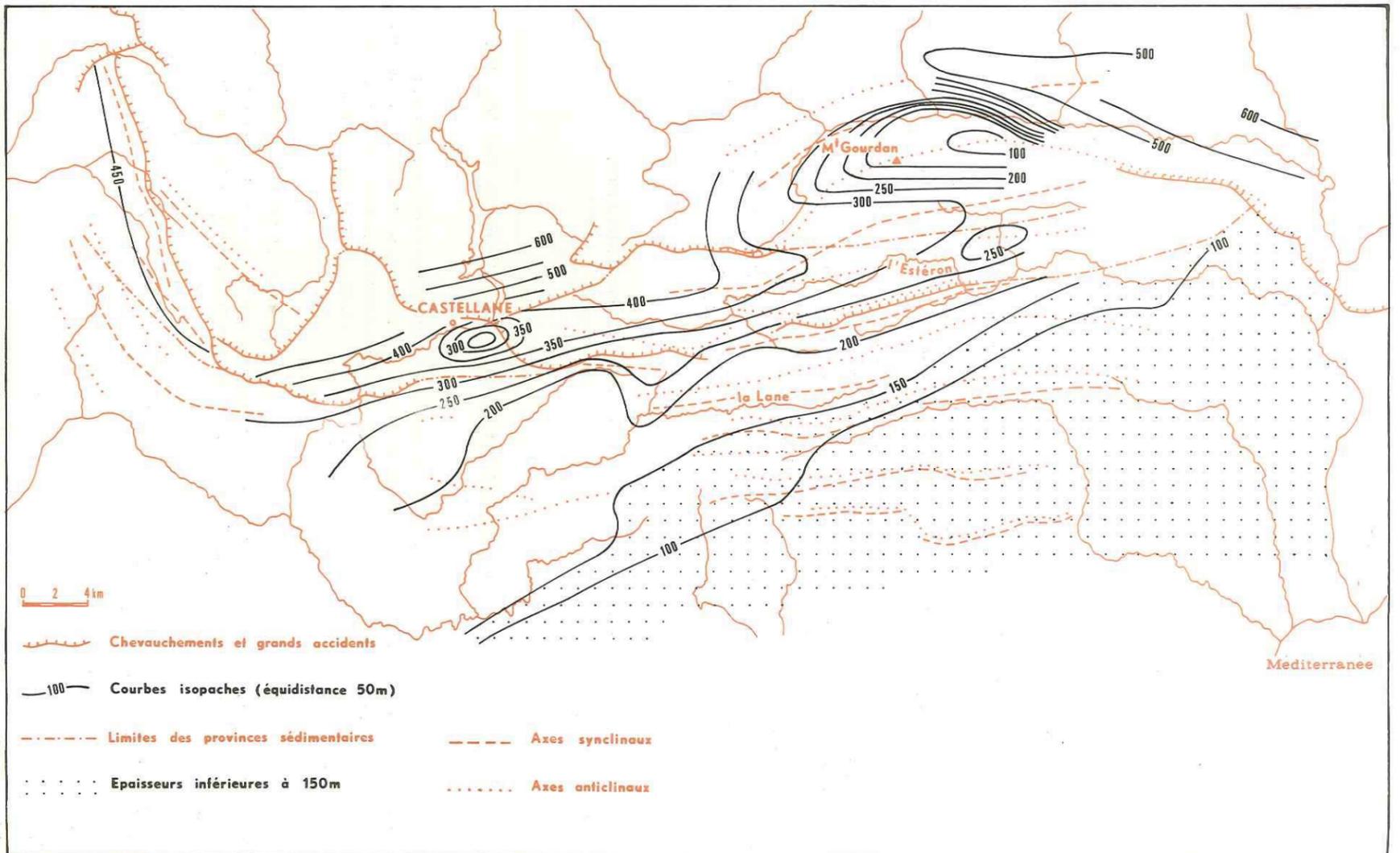


Fig. 13 - Carte des isopaches de l'Eocrétacé (en admettant que la partie crétacée des Calcaires blancs de Provence atteint en moyenne 40 à 50 m d'épaisseur).

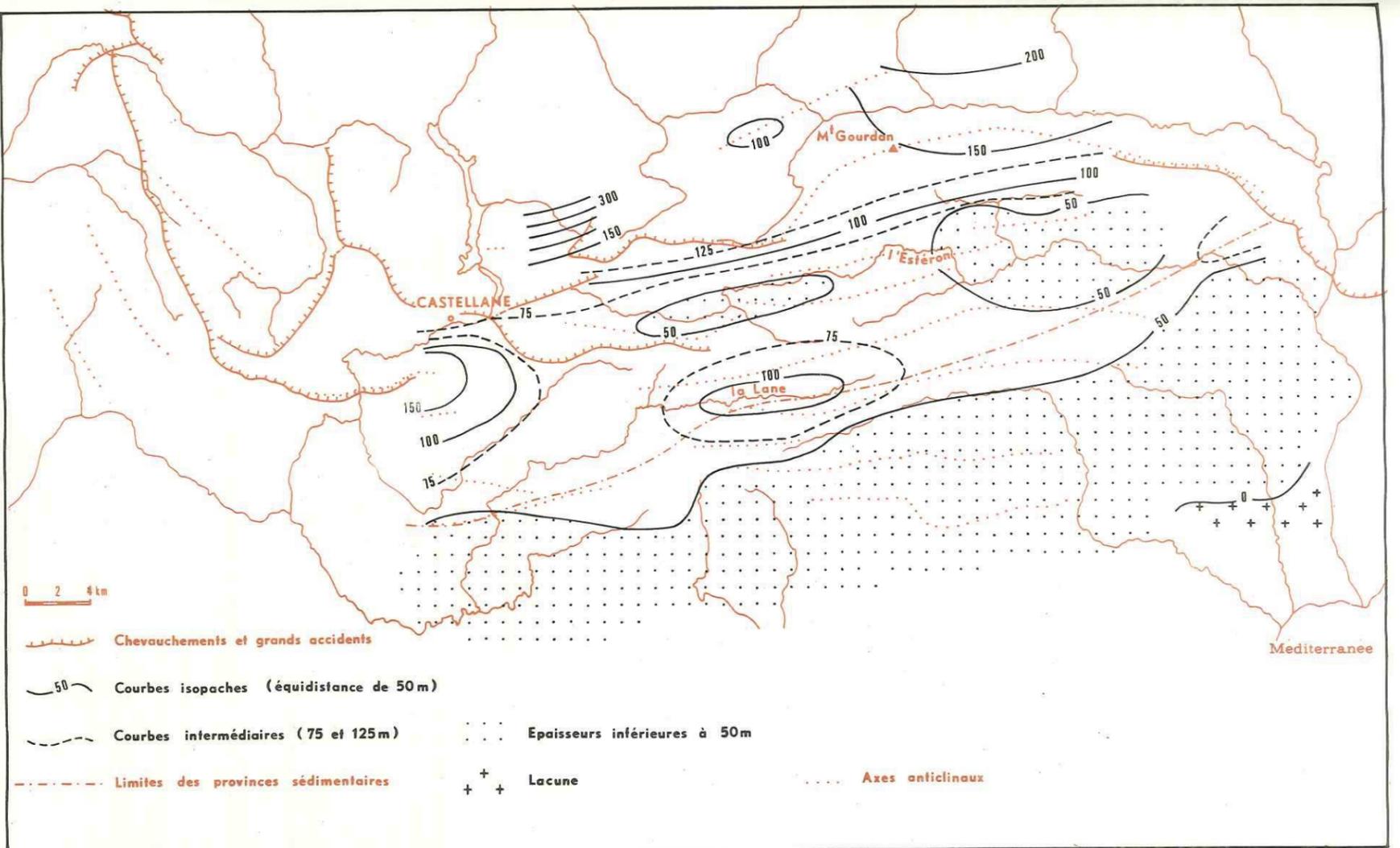


Fig. 14 - Carte des isopaches du Gargas-albien.

moyenne de sédimentation, estimée pour l'ensemble de l'arc, n'a pratiquement pas varié.

B - APERÇU GÉNÉRAL SUR LES VARIATIONS D'ÉPAISSEUR ET SUR LEUR SIGNIFICATION GEODYNAMIQUE.

L'étude de cartes d'isopaches moins compréhensives, relatives à chaque étage ou sous-étage du Crétacé inférieur, a permis de préciser la nature, l'histoire et les causes probables des irrégularités dans la distribution générale des épaisseurs. Voici une vue synthétique des résultats de cette étude.

A toutes les époques, les épaisseurs obéissent à deux modes de répartition :

- un mode de répartition général, à l'échelle de l'arc de Castellane tout entier. Les épaisseurs diminuent de l'intérieur vers l'extérieur de l'arc selon un gradient perpendiculaire aux lignes isopiques.

- un mode de répartition local, déterminant ce que l'on peut appeler des bassins ou des seuils. Ces derniers s'allongent presque tous parallèlement aux directions tectoniques. En multipliant les observations de terrain on peut s'apercevoir que cette forme particulière des surfaces isopaches, qui était aussi celle de beaucoup d'aires de répartition de faciès, est originelle. Il ne s'agit pas, ou pratiquement pas d'un effet de l'érosion sur le modelé structural actuel.

Les principaux facteurs de distribution appartiennent au bassin de sédimentation lui-même, ce sont les plus nombreux, ou lui sont extérieurs.

1/ - Facteurs "internes".

a) - Inclinaison générale des fonds.

L'approfondissement de la mer de l'extérieur vers l'intérieur de l'arc, déduit de la répartition des faciès (p. 71), explique à lui seul la localisation des dépôts les plus minces dans la partie méridionale du secteur étudié; c'est là en effet que l'énergie du milieu était la plus forte, suscitant les taux de sédimentation les plus bas et les lacunes les plus nombreuses. Cette pente sous-marine explique également que de fortes épaisseurs de calcaires à fins débris aient pu s'accumuler au Valanginien supérieur dans la zone hémipélagique; les débris, prélevés au voisinage de l'aire de dépôt des calcaires blancs, sont descendus par gravité jusqu'à des fonds situés plus au large.

b) - Gradient de subsidence générale.

On peut admettre que la sédimentation a été contrôlée par une subsidence générale croissant de l'extérieur vers l'intérieur de l'arc suivant un gradient perpendiculaire aux lignes

isopiques. On sait en effet que les épaisseurs globales de l'Eocrétacé et du Gargaso-albien augmentent dans la même direction et que le dépôt des séries les plus épaisses (1015 m à Vergons, 730 m dans les Gorges du Cians) s'est effectué dans un milieu où les variations de profondeur furent peu importantes au cours du Crétacé inférieur (1).

L'accélération radiale de la subsidence fut en moyenne plus forte à l'Eocrétacé qu'au Gargaso-albien.

c) - Activité tectonique des fonds.

Des déformations localisées du substratum, parallèles aux directions tectoniques de l'arc et capables de se déplacer dans le temps comme des ondes, ont été à l'origine d'une série de sillons, de bassins et de cuvettes ou de rides et de seuils qui, avec la subsidence générale, ont influé profondément sur la distribution des épaisseurs. Aux aires en voie d'affaissement, créant toujours un appel de sédimentation, devaient correspondre des dépressions, pas forcément très marquées; les seuils au contraire, résultant de mouvements positifs ou de simples arrêts et ralentissements locaux de subsidence, devaient se signaler par une certaine surélévation du fond. Nous avons admis que le raccord d'un seuil ou d'une ride à un bassin se faisait par une pente dont l'inclinaison dépendait :

- de l'écart entre les taux moyens de subsidence régnant sur le seuil et dans le bassin;
- de la rapidité avec laquelle on passait de l'un à l'autre;
- des différences pouvant être enregistrées de part et d'autre sur le plan du biofaciès.

Cela nous a permis de conclure à la présence d'un talus (le "talus occidental") délimitant les domaines hémipélagique et pélagique durant la presque totalité du Crétacé inférieur et de redémontrer (p. 68) l'existence d'une ride à l'emplacement de l'anticlinal de Gourdan en zone pélagique.

La topographie sous-marine fut en moyenne la plus vigoureuse pendant l'Eocrétacé. A partir du Gargasien, les déformations locales s'atténuent; il en résulte un effacement progressif des irrégularités du substratum. Au Vraconnien, celles-ci sont noyées sous une sédimentation parfaitement régularisée.

Si l'activité tectonique des fonds a varié d'une époque à une autre, ses modalités différaient selon les lieux :

Dans un territoire interne (province pélagique p.p. max.), la subsidence était régulière et active. Les sillons étaient rares. Le substratum réagissait donc seulement aux sollicitations tectoniques.

Dans un territoire médian (province hémipélagique essentiellement), un substratum encore très souple s'est déformé en seuils et en sillons assez allongés en général, mais s'est parfois figé en de vastes surfaces de non-dépôt.

(1) Les associations fauniques y présentent les mêmes caractères de bas en haut.

Dans un territoire externe (province néritique), les fonds étaient beaucoup plus stables et la subsidence faible, en partie à cause du voisinage plus ou moins immédiat, en profondeur, des calcaires blancs massifs, partiellement construits, jouant le rôle de socle rigide. Seuil et bassins, orientés d'Est en Ouest et du Nord au Sud, étaient caractérisés par des dimensions modestes et une assez grande instabilité.

d) - Voisinage du bassin de Gréoulx.

Il explique les fortes épaisseurs qui ont régné du Berriasien à l'Hauterivien dans le synclinal de Vénasclé ainsi que le gradient NE-SW de leur augmentation.

2/ - Facteurs externes.

Volume et sens des apports terrigènes : à l'Albien supérieur, les grès calcaires de la zone à Inflata coïncident avec une soudaine augmentation des épaisseurs dans le secteur sud-occidental de l'arc. Cette relation est sans doute l'indice d'un apport important venu du SW, apport qui est resté très localisé et paraît avoir été tracté.

C - RELATIONS ENTRE LES FACIES ET LES EPAISSEURS.

Sauf rares exceptions (Valanginien supérieur hémipélagique), aux plus fortes épaisseurs correspondent les sédiments les plus pélagiques qu'ils soient à dominance carbonatée ou terrigène.

Inversement, les plus faibles puissances caractérisent généralement les dépôts les plus néritiques sauf dans le cas où une sédimentation à vocation plutôt pélagique, qui aurait dû être normale et abondante, fut contrariée par des phénomènes inhibiteurs (forte énergie du milieu, hauts-fonds) qui l'ont ralenti ou même supprimée.

CONCLUSIONS.

L'aire sédimentaire étudiée se partageait en deux grandes unités :

- un bassin septentrional relativement profond, aux faciès pélagiques. Une subsidence active y déterminait une sédimentation abondante, à la fois biochimique et finement détritique.

- un bassin méridional moins profond, aux faciès beaucoup plus néritiques dans l'ensemble. On y trouvait au Nord une zone hémipélagique où se sont dessinés de grands sillons ou bassins allongés selon les directions tectoniques de l'arc. Ces sillons, capables de se déplacer

radialement, ont pu drainer d'importantes quantités de sédiments. Plus au Sud s'étendaient des fonds beaucoup plus stables, recouverts par des dépôts de plate-forme peu épais et de faible profondeur relative.

Cette opposition entre les deux bassins était celle de la marge du domaine miogéosynclinal alpin, au substratum mobile et souple, et d'un avant-pays provençal beaucoup plus rigide, solidaire de la masse sous-jacente des calcaires blancs. Pendant très longtemps, ces bassins ont été séparés par une ligne de paléoreliefs sous-marins : le "talus occidental", relayé à l'Est par la ride du Gourdan. Ces accidents topographiques, au sommet desquels la sédimentation était déficiente, délimitaient des panneaux animés de vitesses d'enfoncement très différentes, aussi devaient-ils marquer l'emplacement de flexures, voire de failles sous-marines constamment entretenues par le jeu de la subsidence différentielle.

II - LES ANOMALIES DE LA SEDIMENTATION

Nous avons admis l'existence d'une "anomalie de la sédimentation" dès l'instant où, dans une série réduite, apparaissent certains sédiments spéciaux comme la glauconie et les oolithes ferrugineuses ou bien lorsque se développent des surfaces durcies. Les premières sont l'indice, dans la plupart des cas, de ralentissements de la sédimentation, les secondes d'un arrêt total.

A - LES RALENTISSEMENTS DE LA SEDIMENTATION, LE PROBLEME DE LA GLAUCONIE ET DES OOLITHES FERRUGINEUSES.

1/ - Les séries glauconieuses et la glauconie.

a) - Répartition dans le temps.

La glauconie n'apparaît en quantités notables qu'à l'Hauterivien. Elle s'observe ensuite de manière constante jusqu'à la fin du Crétacé inférieur mais surtout au Barrémien et à l'Albien.

b) - Répartition dans l'espace.

A l'Hauterivien inférieur, la glauconie n'existe qu'à l'état de traces en province pélagique, du moins dans sa partie la plus interne. Elle se rencontre partout ailleurs, mais en quantités très variables d'un point à un autre. Les aires à fortes concentrations s'allongent pour la

plupart suivant les directions tectoniques et se rencontrent surtout sur le pourtour des aires de non-dépôt comme par exemple celle du Mont Gourdan ou du bassin de l'Estéron. D'une manière générale, les couches les plus minces sont les plus glauconieuses mais il y a des exceptions prouvant que la distribution de la glauconie dans l'espace ne relève pas que de facteurs proprement sédimentaires mais aussi de facteurs dynamiques.

Au Barrémien, la glauconie est strictement localisée dans les provinces néritique et hémipélagique tandis qu'à l'Albien elle peut à certains moments envahir l'arc entier.

c) - Caractères de la glauconie.

Qu'elle soit observée dans des échantillons macroscopiques ou en lames minces, en grains libre ou incluse dans la roche, la glauconie présente toujours des caractères de minéral allochtone. La question se pose alors de savoir où elle s'est formée et comment elle est parvenue jusqu'à son lieu de dépôt. Nous venons de dire qu'elle se rassemble de préférence au voisinage des surfaces durcies, aussi peut-on penser qu'elle s'est élaborée sur ces surfaces, où la sédimentation était très peu abondante et instable par suite du dynamisme du milieu, puis qu'elle a été entraînée par des courants dans des zones basses où elle se serait mélangée à des boues autochtones. Il est évident que, dans cette optique, plus on est proche d'un fond durci, moins les dépôts autochtones sont épais et plus la glauconie doit être abondante; c'est ce qui a été vérifié. Du coup, la relation existant entre la richesse en glauconie d'un banc et l'épaisseur de ce banc doit être exprimée comme suit :

La forte teneur en glauconie d'une couche sédimentaire anormalement peu épaisse n'est pas due au ralentissement de la sédimentation que cette minceur traduit; faible épaisseur et richesse en glauconie ne découlent pas l'une de l'autre, elles procèdent toutes deux d'un même facteur qui est la proximité d'une aire de non-dépôt.

d) - Histoire de la glauconie.

Compte tenu de toutes nos observations, une histoire en trois étapes peut être proposée pour la glauconie de l'arc de Castellane :

- une phase d'élaboration sur des surfaces durcies et dans un milieu oxydant.
- une phase de transport par courants assez peu dissociable de la précédente.
- une phase de mise en place et de diagenèse. A l'issue de son transport, la glauconie parvient dans une aire plus calme où la sédimentation s'est poursuivie normalement et où les conditions de milieu (pH, Rh), tout au moins à l'intérieur des vases dans lesquelles elle va s'enfouir, diffèrent notablement de celles de la première phase.

La succession de ces trois étapes fut donc de nature à assurer l'alternance de conditions oxydantes et réductrices qui semble nécessaire à la genèse glauconieuse (G. MILLOT, 1964).

Notons que les modalités du transport, la situation des fonds récepteurs par rapport aux

surfaces durcies émettrices de glauconie et la topographie de ces mêmes fonds favorisèrent quelquefois l'accumulation de glauconie pure ou presque pure sur de fortes épaisseurs (glauconite gargasienne du Pont de la Cerise, glauconite vracconienne de Colle-Belle et de Thorenc).

Jusqu'à l'Aptien supérieur, la source principale de la glauconie résidait dans des minéraux argileux de nature illitique. La transformation devait s'effectuer dans des agrégats, peut-être des faecal-pellets, roulés par les courants. Le fer nécessaire était puisé dans la mer, enrichie en cet élément à partir de l'Hauterivien du fait d'apports continentaux.

A l'Albien, une autre source de glauconie, constituée par de la muscovite, est venue compléter la première dans une proportion impossible à déterminer. Les divers stades du passage entre les deux minéraux ont été observés tant en lames minces qu'en échantillons isolés si bien qu'il est impossible de savoir si cette transformation s'est faite sur des surfaces durcies ou, diagenétiquement, dans des vases calcaréo-argileuses.

2/ - Les séries à oolithes ferrugineuses.

a) - Répartition dans le temps.

Les oolithes ferrugineuses sont connues à deux niveaux : dans l'Hauterivien inférieur (zone à *Radiatus* et horizon à *Nodosoplicatus*) où elles sont les plus abondantes et, plus rarement, à la base du Gargasien.

b) - Répartition dans l'espace.

Les oolithes ferrugineuses sont inconnues en province pélagique. A l'Hauterivien inférieur, elles occupent dans les autres provinces plusieurs aires distinctes dont la plus étendue, longue de 20 km et large de 4 km au maximum, va du Logis du Pin au Pont de la Cerise. Les oolithes se rencontrent de préférence au voisinage d'anciens fonds durcis en se concentrant d'autant plus que les couches qui les renferment sont moins épaisses.

Au Gargasien, elles ne forment de véritable gisement qu'à Bargême où elles s'intercalent en plusieurs lentilles dans la "flaque-témoin" mameuse connue en ce point (p. 48).

c) - Allochtonie des oolithes ferrugineuses.

Les précédents caractères ainsi que d'autres, visibles au microscope, plaident en faveur de concrétions allochtones. Comme elles sont en général associées à de la glauconie, on peut penser que les deux produits se sont formés sur les mêmes aires de non-dépôt. Il en découle pour les oolithes une histoire calquée sur celle de la glauconie : élaboration en milieu relativement agité sur des hauts-fonds, transport par courants puis sédimentation dans des vasières calcaréo-argileuses.

d) - Relations entre les oolithes ferrugineuses et la glauconie.

Une séquence minéralogique immuable occupe des niveaux variés de l'Hauterivien inférieur. On y observe de bas en haut :

- des oolithes ferrugineuses,
- des oolithes ferrugineuses et des grains glauconieux,
- de la glauconie et des oolithes phosphatées.

Une séquence identique, mais plus étalée et formée de produits beaucoup plus dilués, se retrouve dans le Gargasien.

Nous venons de dire que les oolithes ferrugineuses et la glauconie se sont formées sur les mêmes hauts-fonds en milieu oxydant; il faut désormais préciser que les deux productions ne furent pas simultanées ce qui suppose à un moment donné un changement de milieu tel que de la glauconie résultant de la transformation d'éléments phylliteux s'est substituée à des concrétions néoformées.

La nature de ce changement paraît bien être une variation de la profondeur de la mer comme le suggèrent certaines observations actuelles au large du Gabon, où le contrôle bathymétrique sur la différenciation des oolithes ferrugineuses et de la glauconie a été parfaitement vérifié (P. GIRESE, 1966).

La surface durcie valanginienne, lieu d'élaboration des deux composés étudiés, aurait donc accusé un mouvement de descente au début de l'Hauterivien, ce que confirme d'ailleurs la différence de faciès existant entre les couches terminales du Valanginien ("grande lumachelle") et les marnes hauteriviennes qui sont venues les recouvrir. Le même phénomène se serait produit pour la surface barrémo-bédoulienne durant le Gargasien.

Aux périodes de moindre profondeur, lorsque les courants étaient actifs, les argiles qui constituaient l'essentiel des apports terrigènes passaient rapidement au-dessus des fonds sans pouvoir s'y arrêter et allaient se sédimenter plus au large. On comprend que dans ces conditions seuls des éléments néoformés (oolithes) aient pu se former. Au contraire, dans un milieu un peu plus profond et un peu plus calme, l'illite eut la possibilité de séjourner temporairement sur le fond et de se transformer en glauconie. L'élément constant de cette production est le fer dissous d'origine continentale.

Conclusion.

Les oolithes ferrugineuses de l'arc de Castellane montrent par leur présence que la tranche d'eau du bassin méridional est passée par deux minima : l'un à la limite Valanginien-Hauterivien, l'autre à la limite Bédoulien-Gargasien. Ceci est l'indice d'une subsidence saccadée contrastant avec l'enfoncement lent et régulier du plancher océanique dans le bassin septentrional.

B - LES LACUNES SEDIMENTAIRES. LE PROBLEME DES SURFACES DURCIES ET DES NODULES PHOSPHATES.

Les lacunes stratigraphiques, qui sont fort nombreuses dans le Crétacé inférieur de l'arc de Castellane, obéissent à une répartition géographique assez stricte : toutes se rencontrent dans les provinces néritique et hémipélagique. Il existe cependant trois exceptions intéressantes :

- 1 - la sous-zone pélagique I_c au Berriasien et au Valanginien inférieur;
- 2 - le paléorelief du Gourdan au Valanginien supérieur et au Gargasien inférieur;
- 3 - la province pélagique à la limite Bédoulien-Gargasien.

Nous chercherons à classer les lacunes, à définir leurs caractères et à voir quelles peuvent être leurs significations géodynamique et paléocéanographique.

1/ - Divers types de lacunes observés.

a) - Selon leurs particularités sédimentologiques (fig. 15).

Designation	Lacunes cicatricielles	Lacunes non cicatricielles		
		Terrains manquants entièrement ou partiellement calcaires.	Terrains manquants marneux	
		Lacunes non cicatricielles à nodules	Lacunes non matérialisées	Lacunes non cicatricielles à glauconie
Caractères	Surface durcie et taradée au toit d'un banc induré	Discontinuité sédimentaire matérialisée par une traînée de nodules	Discontinuité sédimentaire non visible, Ravinement probable.	Discontinuité sédimentaire marquée par un film glauconieux
Exemples	Lacune du toit des calcaires blancs	Lacune de l'Hauterivobarrémien calcaire au col de la Craou (entre Jabron et Comps)	Sous-zone à Trocoldea (Gargasien de Vergons)	Limite Valanginien-Hauterivien dans l'anticlinal de Châteauevieux

Fig. 15 - Les divers types de lacunes dans le Crétacé inférieur de l'arc de Castellane.

Parmi les quelques exemples figurant sur le tableau, le plus démonstratif est celui des "lacunes non cicatricielles à nodules"; il mérite que quelques lignes lui soient consacrées. Il s'agit de la suppression locale des calcaires hauterivo-barrémiens entre Jabron et Comps, un peu au N du col de la Craou (fig. 16).

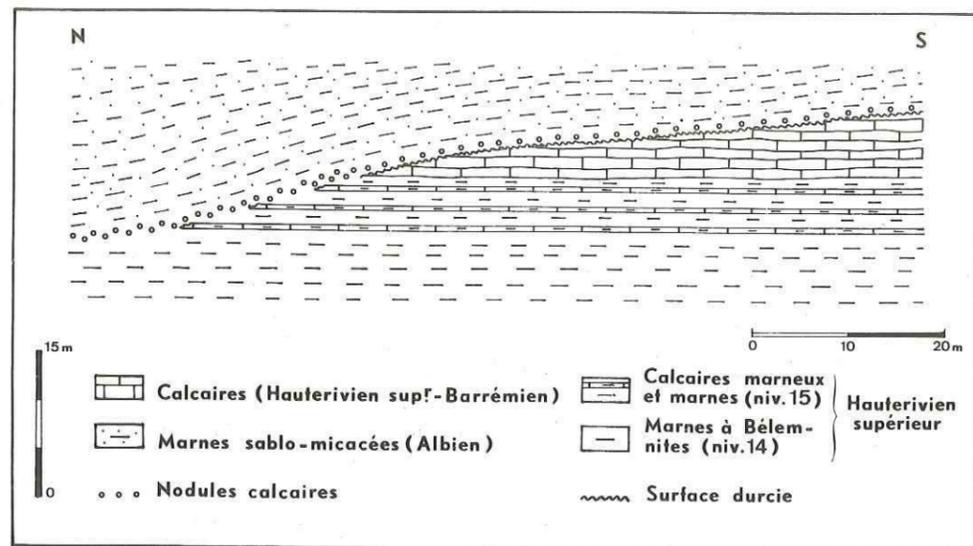


Fig. 16 - Ravinement du Barrémien au N du Col de la Craou, entre Jabron et Comps.

Le phénomène est visible de chaque côté de la R.N. 555. En l'espace de quelques centaines de mètres, les calcaires, épais normalement de 30 à 40 m, disparaissent complètement ainsi qu'une certaine partie des marnes à Bélemnites sous-jacentes dont on voit plusieurs bancs tranchés net par une surface de discontinuité. On observe finalement la superposition suivante :

- marnes à Bélemnites hauteriviennes;
- lit de quelques centimètres de nodules calcaires barrémo-hauteriviens localement emballés dans une matrice albienne marno-sableuse et glauconieuse;
- marnes grises sablo-micacées (Albien moyen et supérieur) (1).

Le phénomène s'observe sur 300 à 400 m puis, au col, les calcaires reparaissent aussi soudainement qu'ils avaient disparu.

Le même ravinement a été observé en deux autres points s'alignant parfaitement avec

(1) Qui, dans la région de Jabron, repose directement sur le Barrémien en raison d'une lacune de l'Aptien et de l'Albien inférieur.

le premier, l'ensemble formant une sorte de chenal étroit, long de 3 km, orienté du SW au NE. Cette lacune a été provoquée par l'action violente et localisée d'un courant qui a empêché le dépôt des calcaires barrémiens tout en érodant les couches mameuses sous-jacentes sur quelques mètres d'épaisseur.

b) - Selon leur importance.

* Les lacunes à discontinuités sédimentaires majeures.

Leur durée peut correspondre à plusieurs étages et la discontinuité sédimentaire qu'elles déterminent s'étend sur de vastes territoires.

- les discontinuités majeures du premier genre sont caractérisées par une période d'expansion et une période de régression toujours distinctes l'une de l'autre, que sépare un stade d'extension maximale. Nous en connaissons deux exemples :

- la discontinuité néocomienne qui existe dans une grande partie des provinces néritique et hémipélagique à la limite du Valanginien et de l'Hauterivien;

- la discontinuité aptienne qui s'intercale entre l'Eocrétacé et le Gargaso-albien dans l'arc entier.

- les discontinuités majeures du second genre voient leur expansion et leur effacement s'opérer simultanément en une seule phase évolutive (surfaces de discontinuité migrant dans l'espace). Le seul cas à signaler se traduit par une surface durcie, continue de Comps à la vallée du Var, s'interposant entre le toit des calcaires blancs et leur revêtement de Néocomien calcaréo-marneux à Céphalopodes.

* Les lacunes à discontinuités sédimentaires mineures.

Elles sont beaucoup plus restreintes dans l'espace et dans le temps. On les rencontre à des niveaux variés, en particulier dans le Barrémien où elles peuvent se multiplier et se répéter d'un banc à un autre (19 surfaces durcies sur 15 m d'épaisseur dans le Barrémien de la ferme de Mantagière près du Pont de Soleils). Il en existe aussi dans le Gargaso-albien où elles sont le plus souvent non cicatricielles.

2/ - Signification géodynamique et paléocéanographique des lacunes observées.

Les lacunes résultent à la fois de causes générales et de causes locales. Le facteur général le plus immédiat est une augmentation du dynamisme du milieu de dépôt (renforcement des courants, des mouvements dus à la houle, etc ...) empêchant l'accumulation des sédiments sur le fond. La réalité de forts courants au-dessus de surfaces durcies a été démontrée près de Jabron par des dragées de quartz, pesant parfois jusqu'à 6 g, reposant sur le toit tarauté du Barrémien.

Un second facteur est l'existence d'une "surface d'équilibre sédimentaire". Cette no-

tion, introduite par BARRELL en 1917 et reprise depuis par un certain nombre d'auteurs, rend compte de manière satisfaisante de la plupart des phénomènes observés dans le cas présent. Il s'agit d'une surface théorique dont la position est déterminée à un moment donné par les caractères morphologiques et dynamiques du bassin; elle peut se situer soit au-dessus du fond marin, soit au niveau de celui-ci, soit en-dessous. Dans le premier cas, une sédimentation normale peut se produire mais dans le second et surtout le troisième, il n'y a plus de dépôts possibles par suite d'une trop grande énergie du milieu.

Le problème des lacunes se ramène donc à celui de facteurs locaux (subsidence, déformations du substratum marin) contrôlant la position du fond par rapport à celle de la surface d'équilibre. L'apparition d'une lacune traduit en définitive un soulèvement du plancher marin; soulèvement soit actif, soit passif par arrêt local de la subsidence (M. DREYFUSS, 1960).

Nous avons observé cartographiquement la manière dont s'étaient constituées ou effacées les grandes surfaces de discontinuité, c'est-à-dire comment la subsidence avait pris possession du bassin étudié ou avait cessé de s'y exercer. Il ne s'est agi en aucun cas de phénomènes d'ensemble mais de mouvements progressifs, souvent multiples, ayant l'allure d'ondes tectoniques.

Plusieurs reprises de sédimentation ont été déterminées par ces mouvements. Nous dirons quelques mots de la plus importante qui s'est produite durant le Gargaso-albien sur le fond durci des calcaires barrémo-bédouliens. A la fin de l'Aptien inférieur cette surface s'étendait sur la totalité du territoire étudié. Dès le Gargasien inférieur, la sédimentation reprend en province pélagique tandis qu'en zone néritique le substratum fléchit en plusieurs endroits, déterminant ainsi de petites cuvettes; celles-ci joueront jusqu'à l'Albien le rôle de "pièges à sédiments" dont les remplissages apparaissent aujourd'hui comme des "flaques-témoins" (bassins de Bargême, de la Haute-Vallette, des Ferres, etc ...). Au Gargasien supérieur, une grande partie de l'aire du Haut-Estéron s'affaisse à son tour et se recouvre de marnes. Le mouvement d'enfoncement progresse ensuite du Nord au Sud sur la plate-forme néritique suivant un front parallèle aux directions isopiques. Il en sera ainsi jusqu'à la fin du Vraconnien.

Ch. JACOB et beaucoup d'autres auteurs (J. FROMAGET, 1950-1953, en particulier) pour qui toute surface de banc durcie était la marque d'une émergence, ont cru à une "transgression" gargaso-albienne sur une terre exondée. De même les phénomènes inverses furent qualifiés de "régression". Il s'agit en réalité de reprises et d'arrêts de sédimentation se déplaçant dans le temps à la surface des fonds marins. Nous les avons qualifiés de flux et reflux sédimentaires par analogie avec les mouvements de l'eau déterminés sur la côte par les marées océaniques.

3/ - Les phénomènes bio-physico-chimiques accompagnant les lacunes.

La plupart des arrêts de sédimentation se sont traduits par l'exposition de bancs calcaires à une eau de mer douée d'une grande mobilité. Compte tenu de la durée de certaines lacunes (jusqu'à 20 millions d'années) il n'est pas surprenant de trouver sur les surfaces de ces bancs les traces d'actions diverses d'ordre biologique, physique ou chimique.



Fig. 17 - LES PRINCIPAUX TYPES DE NODULES PHOSPHATÉS RENCONTRES DANS LE CRÉTACE INFÉRIEUR DE L'ARC DE CASTELLANE - LEUR SIGNIFICATION PALEOCEANOGRAPHIQUE.

Mode de gisement	Nodules liés de plus ou moins près à une surface durcie				Nodules sans aucun lien avec une surface durcie			
	Nodules et surface durcie ont des faciès semblables		Nodules et surface durcie ont des faciès différents		Gangue et nodules ont le même microfaciès	Gangue et nodules ont des microfaciès différents		
	Nodules reposant sur la surface elle-même	Nodules à une certaine distance verticale de la surface	Nodules reposant sur la surface elle-même	Nodules à une certaine distance verticale de la surface	X	Une lacune de la couche-mère au niveau du gisement	Pas de lacune de la couche-mère	
	Libres	Cimentés en conglomérats	Libres	Cimentés	Libres	Cimentés	Libres	Libres
Aspect des nodules	Clairs et corrodés	Jaunes et enrobés. Possibilité de nodules au 2ème degré	Clairs et corrodés	Jaunes et enrobés	Noirs et vernissés (Ecre) Clairs et corrodés (Soleilhas)	Clairs et corrodés	Noirs et vernissés	Noirs et vernissés
Signification paléocéanographique	Permanence des courants sur un haut-fond parsemé de nodules	Hydrodynamisme irrégulier. Les nodules ont pu être entraînés dans plusieurs cycles successifs de dépôts, encroûtements phosphatés et érosions.	Reprise de sédimentation asynchrone	Surface durcie hétérochrone	Reprise de sédimentation asynchrone sur une surface durcie hétérochrone	"Flaques" de sédiments parsemant une surface durcie	Le fond marin est accidenté de creux produits par des ravinements de courants	Le fond marin est accidenté de creux produits par des subsidences locales
Couche émetrice	Banc porteur de la surface durcie		Bancs lenticulaires ou non, d'âges variés postérieurs à celui de la surface durcie à l'endroit du gisement.		Banc porteur d'une surface durcie non visible dans le gisement	Banc calcaire non visible dans le gisement	Banc calcaire dont le prolongement est visible ou non dans le gisement	
Couche réceptrice	X	La partie basale du dépôt recouvrant la surface durcie	X	La partie basale du dépôt recouvrant la surface durcie	Dépôt lenticulaire	Couches marneuses plus anciennes que les nodules et occupant une position basse	Couches marneuses plus récentes que les nodules et occupant une position basse (rémaniements)	
Gisements-types	Vallon de la Fuby (toit du Barrémien)	Vallon de la Fuby au Sud de Jabron (Albien supérieur)	Ravin de l'Ecre (toit du Barrémien) Chapelle Sainte Marguerite (Sud de Gilette) (toit du Barrémien)	Ravin de l'Ecre à l'Est de Caussols (Vraconnien) Soleilhas (Albien)	Barrémien de la Ferme Mantagière (près du pont de Soleils)	La Bâtie (Gargaso-albien)	La Palud (Albien) Ravin des Cougourdières, NE de Gars (Gargasien supérieur)	

a) - Actions biologiques.

Elles ont été le fait d'organismes pour qui le fond durci constituait un support solide. Certains ont pu le tarauder (surface durcie du toit des calcaires blancs), d'autres y établir leurs terriers lorsqu'il n'était pas encore entièrement consolidé (Rhizocorallium en forme de U).

b) - Actions physico-chimiques.

Elles se sont exercées avec des modalités et une intensité très variables selon les endroits et les époques et indépendamment semble-t-il de la durée des lacunes. Un facteur important paraissant avoir conditionné ces actions fut la position du fond durci vis-à-vis de la surface d'équilibre de BARRELL.

* Si le fond coïncidait ou presque avec cette surface, le substratum durci ne fut jamais totalement à nu. Une pellicule de dépôts glauconieux en transit, objet d'incessants remaniements l'a recouvert et en partie isolé. Le substratum n'a fait alors que fixer certains ions dissous dans les eaux (limonitisation, phosphatisation) et des produits empruntés à son revêtement superficiel (glauconitisation). De telles surfaces, parfaitement conservées, apparaissent aujourd'hui faiblement taraudées et parcourues de terriers.

* Si le niveau du fond surpassait celui de la surface d'équilibre, l'exposition des bancs à l'eau de mer fut franche et brutale du fait de leur complète dénudation, aussi il s'ajouta aux actions précédentes une dissolution du calcaire par l'eau toujours plus ou moins chargée de gaz carbonique. Cette corrosion s'est traduite par une véritable karstification sous-marine du sédiment dont un bel exemple est visible au toit du Barrémien le long de la route de Jabron à Comps (débouché du vallon de la Fuby). En d'autres secteurs (E d'Andon) on peut observer le passage de tels bancs carriés à des morceaux complètement déconnectés de ce même banc, puis à des nodules plus ou moins phosphatés tandis que le banc sous-jacent est lui-même attaqué. Les nodules, surtout fréquents au Gargaso-albien, peuvent donc être considérés comme le résultat de l'émiettement de une ou plusieurs strates calcaires soumises à l'érosion chimique de l'eau de mer. Leur degré de phosphatisation, très variable, semble indépendant de leur temps d'exposition sur la surface-mère.

Les nodules phosphatés étant des éléments mobiles originaires de fonds durcis, nous avons pu les utiliser conjointement à la glauconie ou aux oolithes ferrugineuses pour déceler la présence proche ou lointaine de zones à sédimentation nulle ou ralentie. Ces rognons, qui ne pouvaient être déplacés que par traction par les courants, ont toujours eu tendance à se diriger vers des points bas et à s'accumuler dans des dépressions du plancher marin. Là, ils se sont enfouis dans des sédiments dont la nature lithologique pouvait différer de la leur.

Selon la pétrographie des nodules, de leur gangue et de la surface durcie la plus proche, selon aussi leur position par rapport à cette surface, d'intéressantes précisions paléocéanographiques et sédimentologiques ont pu être apportées au sujet de certains fonds (nature lithologique du substratum, topographie) et au sujet des reprises de sédimentation s'effectuant à leur surface. Un tableau résume ces observations (fig. 17).

CONCLUSIONS.

Les anomalies de la sédimentation se situent pour la plupart dans le bassin méridional de l'arc mais aussi et surtout dans la zone où il se raccorde avec le bassin septentrional, ce qui souligne une fois encore la double appartenance alpine et provençale du territoire étudié.

- appartenance alpine avec un secteur miogéosynclinal où la sédimentation était continue.

- appartenance provençale avec un avant-pays plus rigide, où la sédimentation fut fréquemment interrompue. Ces arrêts ont conditionné la genèse de la glauconie, des oolithes ferrugineuses et des nodules phosphatés. L'apparition des deux premiers produits à l'Hauterivien suppose une arrivée de fer en provenance de terres émergées à partir de cette époque, tandis que l'abondance et la haute teneur en phosphate des nodules albiens (1) sont peut-être à mettre en parallèle avec la luxuriance de la vie nectonique et benthique sur la plate-forme néritique de l'époque.

III - LES PHENOMENES RYTHMIQUES ET CYCLIQUES DE LA SEDIMENTATION

Les manifestations rythmiques et cycliques de la sédimentation (A. LOMBARD, 1956) ont été observées à quatre échelles différentes : depuis celle de la "formation" jusqu'à celle du feuilletage millimétrique en passant par les alternances de "groupes de bancs" et de "bancs". Seuls ont été étudiés les deux termes extrêmes de cette série auxquels on peut attribuer, pour la commodité de l'exposé, les préfixes de "méga" et de "micro".

Mégarythmes, mégacycles et microrhythmes sont à peu près également répartis dans le temps; par contre leur distribution spatiale n'est pas homogène. Les mégarythmes sont les plus courants dans les provinces néritique et hémipélagique contrairement aux mégacycles. Quant à la répartition des microrhythmes, elle est mal connue du fait de leur fugacité qui les rend assez peu perceptibles, du fait aussi que des structures aussi ténues et fragiles peuvent avoir disparu durant la diagenèse des sédiments par suite de phénomènes physico-chimiques (recristallisation, tassement) ou biologiques (limnivores).

Vu la faible superficie du secteur étudié, nous avons postulé ceci : les rythmes et les

(1) Caractères pouvant s'observer non seulement dans l'arc de Castellane mais aussi dans une grande partie de l'Europe (L. CAYEUX, 1939).

cycles, de quelque échelle qu'ils soient, n'offrant qu'une extension géographique limitée, ne relèvent que de causes intraocéaniques. Au contraire, ceux dont la constance a été reconnue sur de vastes surfaces, débordant largement le cadre qui nous est imparti, reflètent quelque phénomène périodique extérieur au bassin tel que climat ou activité tectonique des continents.

A - LES MEGARYTHMES DE L'EOCRETACE NERITIQUE.

1/ - Mégarythmes valanginiens.

Le Valanginien supérieur néritique est formé de six séquences, ou mégarythmes, superposées. Chacune comprend trois termes se succédant ainsi : abc, abc; a correspondant à des mames, c à des calcaires mameux ou à des calcaires devenant de plus en plus bioclastiques de bas en haut (1) tout en se chargeant d'une certaine quantité de petits quartz; b constitue une transition lithologique entre les deux. Une surface durcie sépare quelquefois deux séquences successives.

La répartition dans cette série des restes d'organismes et de leurs caractères (tri, usure, taille) montre que le milieu est passé par une alternance de faibles et de fortes profondeurs relatives produites vraisemblablement par une subsidence saccadée. Après chaque enfoncement, les termes mameux se sont déposés puis, progressivement, les termes plus carbonatés au fur et à mesure de l'exhaussement du fond marin par remblayage et de son rapprochement de la tranche d'eau soumise à l'agitation de surface. Dans cette zone, les courants ont vanné une partie des argiles qui sont allées se déposer plus au large au profit des particules sableuses, ce qui explique leur concentration à ces niveaux.

Dans la province hémipélagique certains de ces mégarythmes, en particulier les plus bas, s'effacent tandis que les autres tendent à se transformer en mégacycles. Enfin, ils disparaissent totalement en province pélagique.

L'ordonnance mégarythmique du Valanginien est donc purement régionale; elle dépend de la profondeur du milieu et non de causes lointaines (modalités des émissions détritiques par exemple).

2/ - Mégarythmes hauterivo-barrémiens.

Ils sont au nombre de deux : l'un pour l'Hauterivien inférieur (mames n° 12 puis calcaires mameux n° 13 de la zone à Radiatus), l'autre pour le reste de la série (mames à Bélemnites puis calcaires hauterivo-barrémiens). Les niveaux calcaires de ces deux séquences ne sont pas ou très peu bioclastiques contrairement à ceux du Valanginien; ils correspondent à des pé-

(1) Les deux derniers forment la petite et la grande lumachelle.

riodes où les apports terrigènes étaient partout les moins abondants; ils se retrouvent enfin dans un vaste périmètre recouvrant non seulement la totalité de l'arc de Castellane mais aussi une grande partie du domaine alpin et périalpin.

Les mégarythmes hauterivo-barrémiens peuvent être qualifiés de généraux par opposition aux premiers. Ils sont liés directement à l'histoire physiographique ou climatique des continents de l'époque.

Nous avons pu reconnaître pareillement que le Gargaso-albien se composait de mégacycles régionaux et généraux constituant des séries de type a b c b a b c ...

B - LES MICRORYTHMES.

Ils se traduisent dans des roches d'âges et de natures lithologiques variés par une succession de "séquences-unités" (J.P. MANGIN, 1963) dont l'épaisseur va d'une fraction de millimètre à plusieurs millimètres. Ces séquences sont déterminées par une répartition réglée de particules pouvant être considérées à divers titres comme détritiques et transportées, qu'elles soient terrigènes, thalassogènes ou bioclastiques. Les particules les plus nombreuses et les plus grossières se rencontrent dans la partie inférieure, de couleur claire, de chaque unité rythmique, la partie supérieure, foncée, étant la plus riche en ciment. Ce classement vertical et répété d'éléments apportés par traction implique une périodicité rythmée et relativement courte soit des courants, soit de leur charge.

Il n'y a guère que les courants de marée ou tout au moins les plus importants d'entre eux qui possèdent les caractères requis. De tels courants ont été invoqués dans les cas où les éléments constituant les feuillets sont purement thalassogènes ou bioclastiques (microrythmes dans des calcaires blancs absolument purs ou dans les calcaires spathiques des "lumachelles"). Quant aux rapides oscillations de charges, il est tentant de les relier aux variations climatiques saisonnières que l'on sait par ailleurs génératrices de varves. Ces variations auraient pu être à l'origine de la microrythmicité d'éléments terrigènes observable par exemple dans l'Albien (feuillets à grains de quartz) ou dans les calcaires blancs (feuillets calcaires et argileux alternants).

CONCLUSIONS.

Si l'on se place sur un plan général, cette étude des phénomènes rythmiques tend à prouver que dans les bassins néritiques, où pendant certaines périodes la profondeur du milieu a oscillé à la limite de la tranche d'eau soumise à l'agitation de surface, les facteurs sédimentologiques locaux (profondeur du milieu, topographie du fond) sont responsables pour une part au moins égale à celle de facteurs plus généraux (émissions terrigènes en liaison avec les climats ou avec l'activité orogénique des continents) de la superposition des lithofaciès sédimentaires.

Le feuilletage de certains bancs implique une formation progressive de ceux-ci par apports et empilements successifs de séquences-unités. Il s'oppose à une mise en place rapide et instantanée du banc tout entier par quelque processus de glissement ou d'écoulement sous-marin.

IV - LES VARIATIONS DU REGIME DES APPORTS TERRIGENES

DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE

Un simple examen de la succession lithologique des séries du Crétacé inférieur donne déjà des indications assez précises sur la manière dont les éléments terrigènes se sont répartis dans le temps. Par contre, l'étude de la distribution horizontale des apports n'a pu être abordée qu'après avoir réuni à leur sujet des données qualitatives et quantitatives plus objectives.

A - VARIATIONS DANS LE TEMPS.

1/ - Evolution générale de la sédimentation au Crétacé inférieur.

Toutes les séries étudiées dans l'arc sont formées par la superposition de deux ensembles :

- un cycle éocrétacé, constituant une biséquence - +, où se succèdent des calcaires (Berriasien inférieur), des marnes et des calcaires marneux (Berriasien supérieur à Hauterivien moyen), puis à nouveau des calcaires (Hauterivo-barrémo-bédoulien). Ce cycle est déterminé par l'établissement puis par l'effacement, tous deux progressifs, d'un régime d'apports terrigènes, l'ensemble évoquant une vague qui avance puis se retire.

- un demi-cycle gargaso-albien (marnes puis sédiments plus ou moins gréseux formant une séquence négative) déterminé par une seconde vague beaucoup plus chargée en sables que la première.

2/ - Données quantitatives sur l'évolution des apports globaux et des apports sableux.

Elles montrent que le cycle éocrétacé s'est déroulé partout dans un contexte essentiellement thalassogène, où les apports argileux (p.p. max.) et sableux (p.p. min.) (1) n'ont

(1) 0,001 à 0,01 % en moyenne de grains atteignant au plus 100 μ de diamètre.

constitué au maximum que 40 % du sédiment (Valanginien supérieur et Hauterivien supérieur de Vergons).

Le demi-cycle gargaso-albien s'est effectué au contraire dans un contexte nettement plus terrigène puisque la proportion des apports dans la roche peut atteindre 50 à 80 % dont 0,2 à 40 % représentés par du sable micacé fort bien trié. Une part importante de ce sable (0,5 à 3 % en province néritique) est constituée d'éléments de 125 à 200 μ . Il est à remarquer que l'amorce du demi-cycle envisagé se situe dans le Bédoulien qui, en moyenne, est moins calcaire que le Barrémien.

A tous les niveaux du Crétacé inférieur, il n'est pas rare de rencontrer dans la fraction sableuse des dépôts quelques éléments relativement grossiers (0,25 à 1 mm), ronds mats, probablement amenés par le vent.

3/ - Données qualitatives sur l'évolution des apports en minéraux argileux et en minéraux lourds.

La composition des argiles est à peu près uniforme durant tout le Crétacé inférieur. Deux minéraux sont constamment observés : l'illite, dominante en général, et la montmorillonite pure ou interstratifiée avec l'illite. Deux autres se rencontrent de manière beaucoup plus sporadique et en quantités beaucoup plus faibles : la chlorite et la kaolinite.

La recherche des minéraux lourds ne s'est faite que dans l'Albien, suffisamment riche en sables. Les associations, remarquablement constantes dans le temps et à travers tout le territoire, ne comportent que des espèces résistantes dont les plus abondantes sont la tourmaline, le zircon et l'anatase.

Conclusion.

Les séries du Crétacé inférieur de l'arc de Castellane offrent au point de vue qualitatif et quantitatif la même évolution verticale de leur contenu terrigène impliquant l'arrivée de deux vagues d'apports successives.

Ce trait commun, présenté par des séquences souvent fort différentes tant au point de vue des faciès que de l'épaisseur, prouve un contrôle général de la sédimentation par des événements de grande portée se situant sur les continents bordiers.

B - VARIATIONS DANS L'ESPACE.

La répartition horizontale des matériaux terrigènes fut loin d'être homogène dans l'arc de Castellane. Des facteurs distributifs "internes", tels que la topographie des fonds ou la di-

rection des courants vecteurs, doivent être mis une nouvelle fois en cause. Il existe des variations majeures interprovinciales provenant du fait que le secteur étudié se partageait en deux bassins très différents, et des variations mineures dues à des irrégularités dans l'alimentation de tel ou tel bassin en produits terrigènes.

1/ - Exemple de variation majeure.

Le passage des séries néritiques et hémipélagiques aux séries pélagiques de l'Eocrétacé est marqué par les modifications suivantes :

- déphasage sensible de l'évolution sédimentaire qui apparaît nettement lorsque l'on compare les deux types de courbes lithologiques (fig. 18).

- le maximum des apports globaux qui se situait dans le Valanginien supérieur est reporté dans l'Hauterivien.

- les apports deviennent plus abondants à tous niveaux mais moins riches en grains de sable.

- la montmorillonite vraie disparaît contrairement à la chlorite qui, jusque là assez rare, devient à peu près constante dans toute la série.

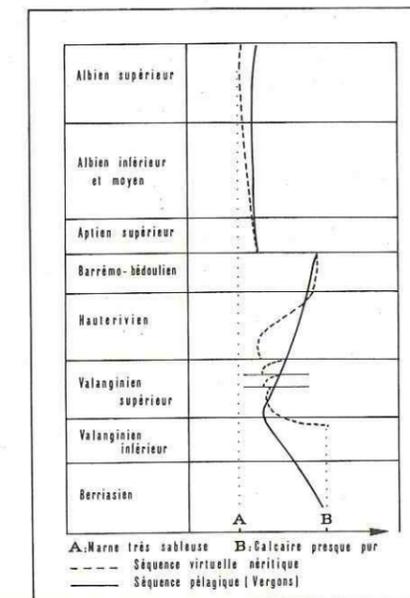


Fig. 18 - Allures comparées des courbes lithologiques des séries pélagique et néritique.

Des faits tendent à prouver qu'à l'Eocrétacé le cheminement des apports n'était sans doute pas le même dans les deux grands bassins du territoire étudié.

Le bassin septentrional, et lui seul, fut abordé par un courant d'apports dirigé du Nord vers le Sud, amenant entre autres de la chlorite d'origine alpine. Le bassin méridional fut au contraire alimenté par le Sud et le SW principalement. La ligne de reliefs sous-marins qui sépare les deux bassins a certainement contribué à délimiter les deux zones d'alimentation qui y correspondaient.

Une analyse semblable appliquée aux divers horizons du Gargaso-albien montre qu'une seule direction d'apports N-S ou SW-NE a sans doute intéressé l'ensemble des fonds marins ou tout au moins leur partie occidentale. Les atterrissements les plus importants et les plus sableux se sont produits au S et surtout au SW de la province néritique. A partir de là les matériaux déposés s'affinaient et diminuaient de volume en direction du Nord.

2/ - Exemples de variations mineures.

a) - Province pélagique.

De La Baume (N de Castellane) aux gorges du Cians, on note à partir du Valanginien une augmentation sensible d'Ouest en Est des apports globaux ou des apports sableux (Albien). La composition des argiles se modifie également dans la même direction (disparition de la chlorite et de la kaolinite); on peut en déduire que le secteur du Var moyen fut alimenté pendant tout le Crétacé inférieur par des apports particuliers provenant du Nord, un peu plus abondants et parfois un peu plus ensablés que dans les autres secteurs pélagiques, mais dépourvus de chlorite.

b) - Provinces néritique et hémipélagique.

La masse principale des produits terrigènes qui venait du SW ne s'est pas étalée de manière uniforme. Les secteurs de Bargême, Andon, Gréolières, Coursegoules ont été mieux pourvus que d'autres, soit en apports globaux, soit en apports sableux. Ils se trouvaient donc sur le trajet ou à proximité des principaux courants de l'époque. En outre, les régions de Coursegoules et de Gillette ont pu être alimentées en certaines périodes par des apports venus de l'Est.

CONCLUSIONS.

Des causes générales, extérieures au bassin étudié, ont assuré la répartition verticale des apports dans les séries du Crétacé inférieur. Les causes tectoniques, les plus classiquement invoquées, paraissent primordiales car nous avons noté un certain parallélisme entre l'importance et la nature de la sédimentation terrigène et le degré ainsi que la proximité de l'activité tectonique ou orogénique des terres émergées (H. et G. TERMIER, 1952; J. AUBOUIN, 1960; J. MERCIER, 1966; D. SODERO, 1968).

Les causes climatiques ont pu jouer à la rigueur, sous une forme biostatique, durant la zone à Radiatus, le Clansayésien et peut-être aussi de l'Hauterivien supérieur au Bédoulien, époques où une sédimentation plus ou moins calcaire a régné sur de très vastes surfaces.

A l'Eocrétacé, les apports pouvaient provenir soit de terres lointaines, soit de continents relativement proches mais très évolués au point de vue physiographique; ils ont atteint le fond de mer étudié aussi bien par le Nord que par le SW.

Au Gargaso-albien, l'afflux brutal de matériaux plus ou moins sableux et micacés, venus principalement du Sud ou du SW, laisse supposer des émissions à partir de roches-mères cristallines et cristallophylliennes appartenant au continent pyrénéo-corso-sarde (1). Par contre, une origine alpine est à peu près certaine pour les éléments détritiques de l'Albien dans le bassin du Var moyen.

Au Crétacé inférieur, l'aire sédimentaire de l'arc de Castellane apparaît donc comme une zone de confluence où plusieurs directions d'apports se sont rencontrées. Les deux directions principales furent N-S et SW-NE, la seconde ayant eu tendance à se généraliser au Gargaso-albien. Cependant, des arrivées plus temporaires ont pu également s'effectuer d'Ouest en Est ou vice-versa.

En dehors de tous ces facteurs "externes" dont le rôle fut décisif dans la distribution verticale et horizontale des apports, d'autres facteurs "internes" (dynamisme et profondeur du milieu, topographie sous-marine, subsidence) sont intervenus pour guider, répartir et trier les matériaux terrigènes parvenus au terme de leur parcours.

(1) L'hypothèse du Massif Central comme autre terre nourricière possible est assez peu vraisemblable car les sables du Gargaso-albien vocontien qui en sont issus et ceux de l'arc de Castellane sont très différents par leurs pourcentages respectifs en certaines espèces de minéraux lourds. Dans la fosse vocontienne, l'apatite et la staurotite sont les plus abondants contrairement à la tourmaline, à l'anatase et à la brookite (J.J. BLANC, 1959). C'est exactement l'inverse dans l'arc de Castellane.

ESQUISSE PALEOCEANOGRAPHIQUE

L'aire sédimentaire étudiée, empiétant sur deux domaines : l'un pélagique au Nord, l'autre néritique, eut une histoire contrôlée aussi bien par des événements paléogéographiques généraux que par une dynamique particulière tenant à sa localisation.

1/ - Les faits majeurs d'ordre orogénique, épeirogénique et climatique qui se sont produits sur les terres émergées durant le Crétacé inférieur ont retenti différemment selon leur nature :

- les pulsations orogéniques, d'abord lointaines ou peu importantes, se sont peu à peu amplifiées et généralisées au point d'affecter de manière sensible les domaines alpin et pyrénéo-provençal au Gargaso-albien. Corrélativement, les émissions terrigènes contrôlées par ces pulsations furent de plus en plus abondantes et de plus en plus riches en sables avec le temps.

- les mouvements épeirogéniques, qui ont suscité un peu partout en Europe une vaste transgression se développant progressivement du Berriasien à l'Albien, se sont traduits dans le milieu marin par des variations de la profondeur du milieu, variations dont nous avons montré la liaison avec les modalités de la subsidence. Ces fluctuations se situant dans un milieu tantôt "bathyal" tantôt épicontinental n'eurent pas partout les mêmes incidences. Dans le domaine pélagique profond, les mouvements relatifs du fond, très amortis dans leurs effets, n'ont pas ou très peu affecté la sédimentation : les séries se déposèrent de manière continue et les lithofaciès se succédèrent graduellement les uns aux autres. Dans le domaine néritique au contraire, où la profondeur moyenne n'était guère inférieure à celle de la surface d'équilibre des dépôts, tout blocage ou fort ralentissement de la subsidence fut rapidement suivi d'un arrêt de la sédimentation. Inversement, les reprises de la subsidence se traduisirent par des reprises de sédimentation.

L'étude du développement ou du rétrécissement des surfaces de discontinuité montre que la partie épicontinentale de l'arc vit se succéder trois "flux sédimentaires" sur des fonds marins durcis.

Le premier, dirigé du Nord au Sud, s'étend du Berriasien au Valanginien inclus sur le toit, souvent perforé et rubéfié, des calcaires blancs de Provence; toit hétérochrone dont l'âge varie du Berriasien inférieur au Valanginien supérieur. Ce flux sédimentaire donne lieu à des dépôts calcaires puis calcaréo-mameux et mameux.

Un "reflux" lui fait suite, déterminé par un arrêt progressif de la subsidence qui provoque une diminution momentanée de la profondeur du milieu à la fin du Valanginien.

Le second flux sédimentaire se développe à l'Hauterivien sur la surface de discontinuité précédente, amenant des sédiments plus pélagiques, dépourvus ou presque des faunes benthiques littorales si abondantes auparavant. C'est la preuve d'un approfondissement du milieu et, peut-être aussi, d'un éloignement des côtes.

Un deuxième reflux sédimentaire, plus important que le premier, se produit ensuite. Il intéresse la totalité de l'arc à la fin du Bédoulien. Une nouvelle diminution de la profondeur de la mer est enregistrée à cette occasion.

Du Gargasien au Vraconnien, le troisième et dernier "flux sédimentaire" recouvre progressivement la surface barrémo-bédoulienne de boues marneuses, beaucoup plus argileuses que tous les sédiments antérieurs, devenant avec le temps de plus en plus sableuses. Il aboutit pour la première fois à un effacement total des aires de non-dépôt.

Ces trois "vagues", qui se recouvrent les unes les autres en se dépassant et qui amènent des sédiments de plus en plus détritiques, peuvent être considérées comme les épisodes d'un vaste et unique flux sédimentaire entrecoupé de deux stades de retrait. On peut alors noter une certaine convergence entre le développement de ce phénomène, qui eut pour cadre des fonds durcis sous-marins, et les modalités de la transgression du Crétacé inférieur en Europe occidentale qui s'est étendue sur des terres émergées.

- les climats eurent une incidence probable, quoique moins évidente, sur la lithogénèse. Remarquons cependant que les plus "climatiques" de tous les dépôts du Crétacé inférieur sont les couches à oolithes ferrugineuses et à glauconie; elles témoignent de lessivages continentaux sous un climat chaud et humide qui ont enrichi le milieu marin en fer dissous.

2/ - Certains traits de l'histoire de l'arc de Castellane au Crétacé inférieur découlent de son emplacement géographique particulier.

a) - Sa situation dans un territoire subalpin énergiquement plissé au Tertiaire peut expliquer le fait que les directions tectoniques actuelles se soient dessinées dès le Crétacé inférieur en affectant les modalités de la subsidence, le modelé des fonds sous-marins et, par contre-coup, la sédimentation.

b) - Son appartenance à deux domaines : l'un proprement alpin au Nord, l'autre provençal au Sud, justifie son partage en deux bassins sédimentaires distincts :

- un bassin septentrional ou interne, pélagique et profond, au substratum souple et à la subsidence continue.

- un bassin méridional ou externe, moins profond et beaucoup plus néritique dans son ensemble,

faisant partie du "précontinent" pyrénéo-corso-sarde. L'effet de "socle" des calcaires très épais du Jurassique supérieur contribua à assurer une certaine rigidité du substratum dans ce secteur. De fait, la subsidence y fut souvent saccadée et discontinue. Dans la partie sud du bassin, la dynamique des fonds fut influencée et orientée non seulement par les directions provençales E-W mais par des directions orthogonales méridiennes qui sont celles des accidents de style cassant parcourant actuellement la région correspondante.

Jusqu'au Gargasien, les deux bassins ont été séparés par un alignement de reliefs sous-marins entretenus par des failles ou des flexures : le "talus occidental" et la "ride du Gourdan". A partir de l'Albien ces reliefs se sont estompés et c'est sur un fond entièrement régularisé que les dépôts vraconniens se sont accumulés.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Au Crétacé inférieur, les directions tectoniques de l'arc de Castellane étaient déjà parfaitement exprimées. Elles ont influé profondément sur l'histoire du bassin sédimentaire correspondant. Certains traits structuraux existant à l'époque paraissent même avoir survécu jusqu'au Tertiaire et avoir joué un rôle important durant les plissements alpins. Ainsi, la succession de grands chevauchements ou d'accidents qui se relaient depuis la région de Chabrières jusqu'à Montblanc en passant par Majastres, le pied du Mourre de Chanier et Castellane occupe-t-elle la même position relative que le "talus occidental" qui délimita les bassins septentrional et méridional. De même, les grands anticlinaux à coeur triasique du Gourdan et du Vial s'allongent à l'emplacement exact de l'ancienne "ride du Gourdan".

Il semble par contre que les faciès et les épaisseurs n'aient eu par la suite aucune influence réellement appréciable sur la tectogenèse de l'arc. Une exception concerne les calcaires blancs (d'âge essentiellement jurassique il est vrai) dont les variations de puissance peuvent expliquer les différences de comportement; au SW, où ils sont très épais, ils ont réagi comme un socle massif et rigide aux efforts tectoniques, alors qu'à l'Est, où leur puissance est beaucoup plus réduite, ils ont fait preuve d'une certaine souplesse en participant à des plis ou à des échelles chevauchantes.

Encore que, selon J. GOGUEL (1936), les structures et la tectonique profondes au niveau de l'arc de Castellane sont à la fois responsables de la distribution générale des faciès à différentes époques géologiques et de la façon dont les dépôts secondaires se sont déformés au cours de l'orogénèse alpine.

Bien que
9
1

LISTE DES FIGURES

	pages
Fig. 1 - Cadre géographique et structural avec ses unités régionales	28
Fig. 2 - Tableau-résumé des coupes de Vergons et de la vallée du Cheiron	35-36
Fig. 3 - Correspondance entre quelques biozonations du Crétacé basal par les Calpionelles	37
Fig. 4 - La série éocrétacée du Point-sublime de Rougon	40
Fig. 5 - Tableau-résumé des coupes de Vergons et de Blieux (Gargaso-albien)	45
Fig. 6 - Tableau-résumé des séquences occidentale et orientale du Gargaso-albien	49
Fig. 7 - Les séries de l'Eocrétacé dans l'arc de Castellane	57-58
Fig. 8 - Les séries du Gargaso-albien dans l'arc de Castellane	59-60
Fig. 9 - Carte séquentielle de l'Eocrétacé	63
Fig. 10 - Carte séquentielle du Gargaso-albien	64
Fig. 11 - L'Eocrétacé du Mont Gourdan et du flanc nord de l'anticlinal du Vial	66
Fig. 12 - Le Gargaso-albien de Séranon à Bézaudun	68
Fig. 13 - Carte des isopaches de l'Eocrétacé	76
Fig. 14 - Carte des isopaches du Gargaso-albien	77
Fig. 15 - Les divers types de lacunes dans le Crétacé inférieur de l'arc de Castellane	85
Fig. 16 - Ravinement du Barrémien au N du col de la Craou, entre Jabron et Comps	86
Fig. 17 - Les principaux types de nodules phosphatés rencontrés dans le Crétacé inférieur de l'arc de Castellane. Leur signification paléocéanographique	89-90
Fig. 18 - Allures comparées des courbes lithologiques des séries pélagique et néritique	97

TABLE DES MATIERES

	pages
AVANT-PROPOS	27
INTRODUCTION	29
Cadre géographique et structural	29
Généralités et historique	30
1er chapitre - STRATIGRAPHIE	33
I. L'Eocrétacé dans la partie occidentale de l'arc de Castellane	34
A. Eocrétacé pélagique	34
B. Eocrétacé néritique	39
II. Le Gargaso-albien dans la partie occidentale de l'arc de Castellane	44
A. Gargaso-albien pélagique	44
B. Gargaso-albien néritique	47
Conclusions du 1er chapitre	51
2e chapitre - LES VARIATIONS DE FACIES DU CRETACE INFERIEUR A TRAVERS L'ARC DE CASTELLANE	55
I. Variations radiales des séries	56
A. Evolution des séries néritiques vers les séries pélagiques	56
B. Zonation séquentielle de l'arc de Castellane	62
II. Variations longitudinales des séries	62
A. 1er exemple	65
B. 2e exemple	68
III. Aperçu général sur les variations de faciès du Crétacé inférieur	71
A. Modalités	71
B. Significations paléocéanographiques	71
Conclusions du 2e chapitre	73



DEUXIEME THESE

PROPOSITIONS DONNEES PAR LA FACULTE

Vu :
les Membres du Jury

MM. J. FLANDRIN
P. CIRY
L. DAVID
P. GEVIN

Vu et approuvé :
Le Doyen de la Faculté des Sciences,

J. BRACONNIER

Vu et accordé le permis d'imprimer :
Lyon, le 2 décembre 1968

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université,

P. LOUIS



3e chapitre - SEDIMENTOLOGIE 75

I. Les variations de l'activité de sédimentation 75

 A. Cartes d'isopaches de l'Eocrétacé et du Gargaso-albien 75

 B. Aperçu général sur les variations d'épaisseur et sur leur
 signification géodynamique 78

 C. Relations entre les faciès et les épaisseurs 80

 Conclusions 80

II. Les anomalies de la sédimentation ; 81

 A. Les ralentissements de la sédimentation. Le problème de la
 glauconie et des oolithes ferrugineuses 81

 B. Les lacunes sédimentaires. Le problème des surfaces durcies
 et des nodules phosphatés 85

 Conclusions 92

III. Les phénomènes rythmiques et cycliques de la sédimentation 92

 A. Les mégarythmes de l'Eocrétacé néritique 93

 B. Les microrhythmes 94

 Conclusions 94

IV. Les variations du régime des apports terrigènes dans le temps et
 dans l'espace 95

 A. Variations dans le temps 95

 B. Variations dans l'espace 96

 Conclusions 98

ESQUISSE PALEOCEANOGRAPHIQUE 101

CONCLUSIONS GENERALES 105

LISTE DES FIGURES 106

TABLE DES MATIERES 107