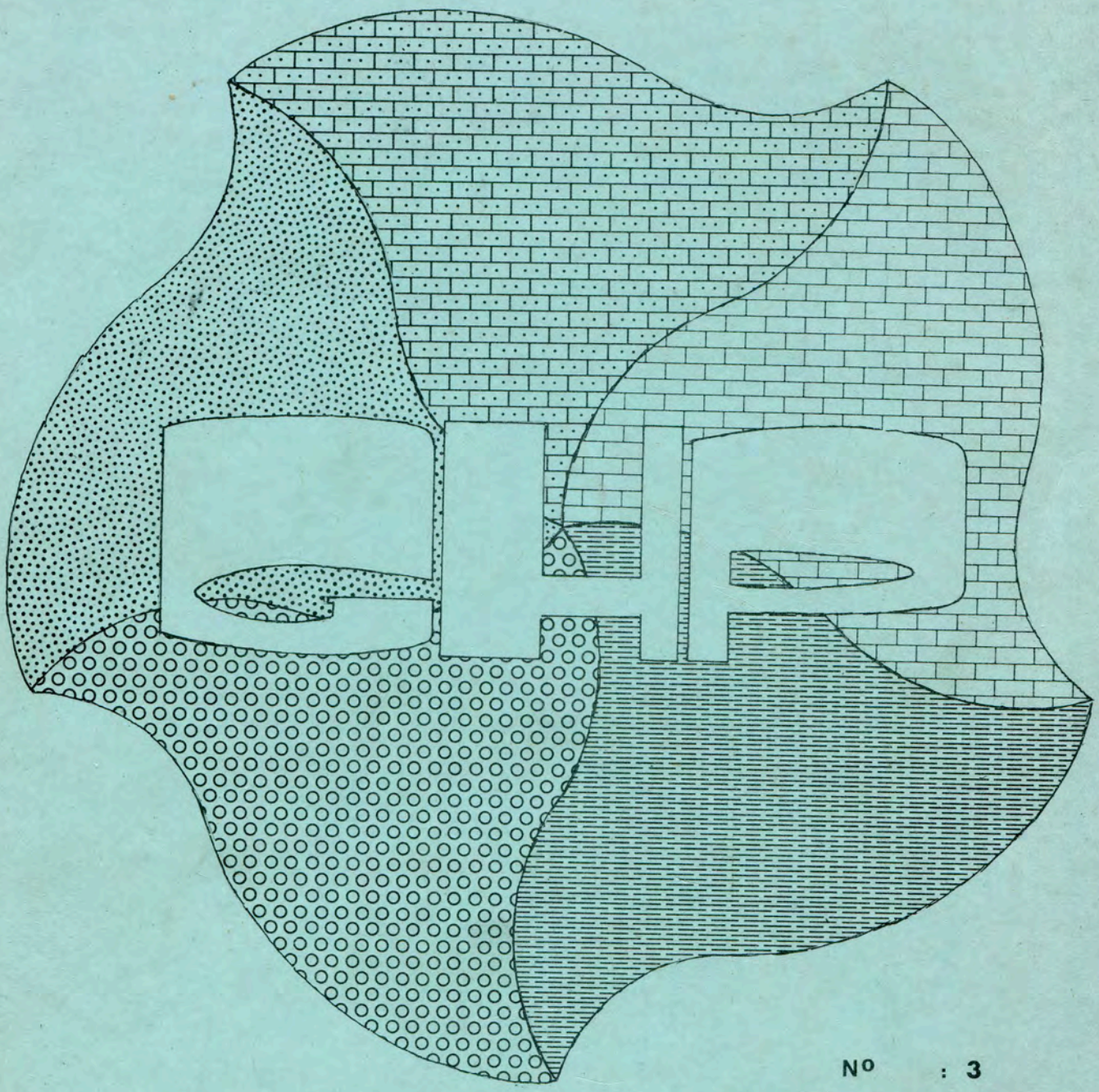
Chatelet H.

TRAVAUX DU LABORATOIRE DE GEOLOGIE HISTORIQUE ET DE PALEONTOLOGIE



N° : 3

ANNEE : 1972

UNIVERSITE DE PROVENCE *CENTRE SAINT CHARLES*

MARSEILLE

THESE

présentée

A L'UNIVERSITE DE PROVENCE

pour l'obtention

DU TITRE DE DOCTEUR DE SPECIALITE EN GEOLOGIE

PAR

Hervé CHATELET

ETUDE STRATIGRAPHIQUE ET PALEOECOLOGIQUE DU ROGNACIEN EN PROVENCE

Soutenue le 20 Décembre 1971 devant la Commission d'examen :

Mme	S. TAXY	Présidente
Melle	F. CATZIGRAS	Examinateurs
M.	J. PHILIP	Examinateurs
M.	J. ROGER	Examinateur invité

UNIVERSITE DE PROVENCE

--oOo--

Doyens honoraires :

M.M. J. MARCHAUD
C. CORROY
P. CHOUX

Professeurs Honoraires :

M.M. J. MARCHAUD
C. PETIT
J. BOSLER
A. TIAN
L. MARGAILLAN
P. BENOIT
H. CABANNES
P. CHOUX
G. LIANDRAT
R. CERIGHELLI
C. CORROY
L. ROYER
P. VINCENSINI
R. MOLINIER
H. PRAT

Président :

Mr. F. BOREL

Secrétaire principal honoraire :

Mr. H. LANFRANCHI

Secrétaire général :

Mr. C. MOYNAULT

Professeurs :

M.M.	J. VALENSI	Mécanique Expérimentale des Fluides
	P. ROUARD	Physique Générale
	P. DESNUELLE	Chimie Biologique
	M. ABELOOS	Biologie Générale
	M. MERIGOUX	Physique Industrielle
	C. FEHRENBACH	Astronomie
	A. FAVRE	Mécanique de l'Atmosphère
	A. GUILLEMONAT	Chimie Industrielle
	G. CARPENI	Chimie
	C. JAUSSERAN	Physique Expérimentale
	Y. DOUCET	Physique
	J.M. SOURIAU	Méthodes Mathématiques de la Physique
	J. METZGER	Chimie Organique
	L. FOURES	Mathématiques
	D. MALE	Physique

G. BODIOU	Mathématiques Appliquées
M. NAUDET	Chimie des Corps Gras
P. BOUSQUET	Physique
P. PESTEIL	Physique
P. CASAL	Mécanique Rationnelle et Appliquée
G. GOUVERNET	Géologie Appliquée
A. VISCONTI	Physique Théorique
A. BLANCHARD	Mathématiques Générales
M. DUSSADIER	Physiologie Animale
M. PERROT	Physique
P. QUEZEL	Botanique
E. CRAUSSE	Physique (Avignon)
A. JULG	Chimie Théorique
S. TAXI (Mme)	Géologie Historique
F. TESSIER	Géologie Générale
M.L. FURNESTIN (Mme)	Biologie Animale
M. BERTRAND	Chimie
J. TROMPETTE	Physique
M. LAFFITTE	Chimie
R. FRAISSE	Mathématiques
C. BLANCHARD (Mme)	Mathématiques
R. NEGRE	Biologie Végétale
R. COULON	Physique
R. KERN	Minéralogie
L. SIDERIADES	Physique
J.M. SURZUR	Chimie Organique
H. CHANTREL	Physique de l'Espace
J. SOUGY	Géologie
J. HERVE	Electronique
H. BODOT	Chimie
G. LAPLUYE	Chimie
J. CHOUTEAU	Physiologie Animale
R. PHILIP	Physique
L. CAPELLA	Minéralogie
P. BILLARD	Mathématiques
M. BONNEAU	Mathématiques
J.C. TRAYNARD	Chimie Industrielle
C. CLARION (Mle.)	Mécanique des Fluides
A. PONS	Botanique
A. GIRARDIE	Zoologie

Professeurs sans chaire :

M.M. R. AMAR	Zoologie
L. DEVEZE	Biologie Marine
J. MANDELBROJT	Physique
R. CHANDEBOIS (Mle)	Biologie Animale
M. BIZOUARD	Physique
H. GUENOCHE	Mathématiques Appliquées
J.F. DAVID	Physique

F. PECAUT (Mme)	Mathématiques (Avignon)
J. HENNEQUIN	Electronique
J.C. MAIRE	Chimie
Y. POIRIER	Physique
S. GUEIRARD (Mle)	Pétrographie
C. FEUGEAS	Chimie
J. CABANÉ	Chimie
G. RASIGNI	Physique
S. COMBET	Chimie
R. GARRON	Physique Expérimentale
M. CADILHAC	Physique
M. SIMON	Physiologie Animale
B. WAEGELL	Chimie
M. EGO	Mathématiques
L. LAGARDE (Mle)	Chimie Minérale
G. MARCHIS-MOUREN	Chimie Biologique
F. HALBWACHS	Physique (Avignon)
R. PETIT	Physique
M. HUGON	Psycho-Physiologie

Maitres de Conférences :

H. PATIN	Chimie
M. PICHENOT (Mle)	Biologie Végétale
M. GILLET	Physique
J.P. ROGGERO	Chimie (Avignon)
J. CRESP	Biologie Animale
L. SARDA	Biochimie
M. BENARROCHE	Physique
H. TACHOIRE	Chimie
C. ROMAN	Physiologie Animale
A. GILLET	Mathématiques
E.J. VINCENT	Chimie
L. VICENTE	Biologie Animale
S. MARTINUZZI	Physique
J. MANUCEAU	Mathématiques
R. GUEMEUR	Physique
M. DELAAGE	Biochimie
F. CATZIGRAS (Mle)	Géologie
M. SIRUGUE (Mme)	Physique
H. MERDY	Physique
L. PUJOL	Chimie
A. LAVAGNE	Biologie Végétale
J. GIUDICELLI	Biologie Animale
M. FOUGEREAU	Biochimie
G. NOAT	Physiologie Végétale
R. BOUDET	Mathématiques
G. FARDOUX	Mathématiques (chargé d'enseignement)
B. MORIN	Mathématiques (chargé d'enseignement)
B. BALLET	Mathématiques (chargé d'enseignement)
R. STREIFF	Chimie
J.P. BELAICH	Microbiologie
P. NEUVILLE	Biologie Végétale
J.P. SOUBLIN	Mathématiques.

*

R E S U M E

Les terrains du Crétacé terminal fluvio-lacustre (Rognacien) de Provence ont fait l'objet d'une étude nouvelle qui permet d'une part de préciser les notions de stratigraphie déjà acquises et, d'autre part, de mettre en évidence quelques traits généraux de la paléoécologie et de la paléogéographie.

Diverses coupes ont donné lieu à une analyse détaillée basée essentiellement sur l'observation microscopique, permettant la définition qualitative et quantitative de différents types de microfaciès.

Ces microfaciès sont caractérisés par divers facteurs, d'ordre sédimentologique (nature du ciment, structures, figures de remaniement, minéraux) et d'ordre paléontologique.

Des corrélations étroites apparaissent entre les faciès lithologiques et les faciès biologiques ; leur répartition géographique surtout est identique et permet de proposer une reconstitution paléobiogéographique du lac provençal au Rognacien.

Trois régions sont superposées du Sud au Nord :

- un chenal fluviatile divague largement au Sud (région de l'Etang de Berre) ; lesaccumulations de pisolithes y sont abondantes,

- une gouttière Est-Ouest, très évasée et peu profonde occupe la région centrale (région d'Aix) ; elle est le siège d'une sédimentation alternativement calcaire (milieu lacustre calme) et gréseuse (sédimentation fluviatile).

Les marges de cette gouttière sont représentées par des zones de hauts fonds palustres.

- Au Nord, la diminution de l'épaisseur du calcaire de Rognac et la présence de certains facteurs sédimentologiques et paléontologiques traduisent la proximité d'un continent émergé.

ooOooOoc

ABSTRACT

The upper cretaceous fresh-water deposits (Rognacian) have been the purpose of a new study which allows : first, to precise the stratigraphic notions already established, and also, to make obvious some general features of paleoecology and paleogeography.

Thanks to different sections, a detailed analysis was done : which was mostly based on the microscopic observation and allowed to define, qualitatively and quantitatively, different types of microfacies.

.../...

Different factors characterize these microfacies : sedimentological factors (nature of the cement, structures, figures of alteration, minerals...) and paleontological ones.

Close correlations appear between the lithological facies and the biological ones ; the geographical repartition in particular, is identical and allows to set up a paleobiogeographical reconstitution of the provencal lake during the Rognacien.

Three superposed regions can be found from South to North :

- a fluviatile channel shifts widely in the South (about the "Etang de Berre"). The algal balls accumulations are abundant there,

- an East-West very broad and rather low gut lays in the central regions (about Aix-en-Provence) there, sediments have settled, alternatively calcareous (still in a lacustral environment) and sandeous(fluviatile sedimentation).

The edges of this gut are represented by zones of high fenny shoals.

- We can infer the proximity of an emerged continent from the decrease of depth in the limestone of Rognac and the presence of some sedimentological and paleontological factors.

ooOooOoo

A V A N T P R O P O S

Lorsqu'il me fut proposé, j'acceptai très volontiers, mais non sans une certaine inquiètude, le sujet du présent travail.

Etait il possible, en effet, qu'après l'héritage laissé par plus d'un siècle de recherches, il y eut encore quelque chose à ajouter à la connaissance du Rognacien provençal.

En fait, c'est seulement par l'utilisation de méthodes nouvelles d'analyse, basées essentiellement sur l'observation microscopique, que je pouvais prétendre y parvenir.

Cependant, l'apport de cette étude ne constitue qu'une étape dans l'accroissement de notre savoir, auquel, cela ne fait aucun doute, le perfectionnement futur des techniques permettra d'ajouter encore de nombreuses et fructueuses informations.

Il m'est agréable d'exprimer aujourd'hui ma reconnaissance envers ceux qui ont dirigé mes premières recherches géologiques et envers ceux qui m'ont aidé, par leurs conseils ou leurs encouragements, dans la réalisation de ce mémoire.

Madame S. FABRE-TAXY, Professeur à l'Université de Provence, a su, dans les différents certificats où elle enseigne, accroître l'intérêt que portait à la géologie l'étudiant que j'étais.

Par la suite, chercheur débutant inscrit en 3 ème Cycle au Laboratoire de Géologie Historique et de Paléontologie, je bénéficiai de sa grande expérience et de ses précieux conseils, mettant de nombreuses fois à contribution sa connaissance approfondie des terrains lacustres du Crétacé supérieur.

Je souhaite que ce travail lui donne entière satisfaction et lui apporte ainsi le témoignage de toute ma gratitude.

Mademoiselle F. CATZIGRAS, Maître de Conférences, a mis à ma disposition tous les moyens matériels nécessaires à l'élaboration du travail de recherche.

Elle s'est attachée tout particulièrement à rendre ce mémoire aussi parfait que possible dans sa présentation et lui a, en outre, assuré une large diffusion.

Je lui adresse mes plus vifs remerciements.

Monsieur J. PHILIP, Maître Assistant chargé de cours, m'a initié aux techniques de la paléoécologie et m'a fait partager son enthousiasme pour la géologie de terrain. Il a été, pour ce travail, mon conseiller de tous les instants.

Je veux lui faire part ici de ma très haute considération.

Monsieur J. ROGER, Professeur à l'Université de Paris-Sud, me fait l'honneur d'être présent parmi les membres de mon jury. Nul doute que sa critique sera pour moi riche d'enseignements.
Je lui exprime toute ma reconnaissance.

J'ai beaucoup appris au contact de Monsieur C. GOUVERNET, Professeur à l'Université de Provence. C'est sous sa direction que, dans le cadre du certificat de Géologie Appliquée, j'effectuai mes premières recherches sur le terrain.
Je lui dois beaucoup.

Je suis tout particulièrement sensible à la collaboration apportée par les membres de l'équipe de micropaléontologie du Laboratoire de Géologie Historique et de Paléontologie, Messieurs R. ANGLADA, J.F. BABINOT, et G. TRONCHETTI, qui m'ont aidé dans le travail de détermination et de description des microfossiles.

J'ai eu avec Mademoiselle S. HUMBERT et Monsieur M. ARNAUD de nombreux et fructueux échanges.
Je tiens à leur témoigner mes sentiments les plus cordiaux.

Messieurs L. AUBERT, Y. ASSANTE et M. MALLEA ont mené à bien la réalisation de nombreuses lames minces et de nombreux lavages nécessaires à cette étude.
Je les remercie vivement.

Madame M. LOPEZ n'a jamais compté ni son temps ni sa peine pour m'assurer le concours de son aide technique.
Qu'elle en soit remerciée.

Mademoiselle E. OLIVIERI a eu la lourde charge d'effectuer le travail de dactylographie.
Son dévouement m'a été précieux.

Tout au long de ces deux années écoulées j'ai partagé quotidiennement mon temps de travail avec mon camarade de promotion C. MONLEAU.
Sa présence a toujours été pour moi source d'encouragement.

Je ne saurais trop remercier mon épouse ; sa contribution matérielle m'a été indispensable tant sur le terrain que pour la réalisation de la partie graphique du mémoire.
Qu'il me soit également permis de rendre hommage à la patience dont elle a su faire preuve pendant la durée de mes recherches ; son appui moral m'a été bien souvent bénéfique.

A mes parents, je dédie ce travail ; puisse-t-il leur faire honneur.

Marseille le 10 Novembre 1971

INTRODUCTION

Dans son mémoire sur les faunes lagunaires et continentales du Crétacé supérieur de Provence, S. Fabre-Taxy (1959) s'exprime en ces termes, en conclusion d'un aperçu paléogéographique du Bassin de l'Arc :
"A la fin du Danien (Rognacien), la sédimentation uniforme du Calcaire de Rognac semble indiquer que le calme revient dans ce domaine lacustre".

On peut s'étonner de cette uniformité, incompatible avec l'extension géographique du Rognacien en Provence.

Cette conception est sans nul doute la conséquence de la simple observation macroscopique, seul moyen d'investigation à la disposition des chercheurs, il y a quelques années encore.

Depuis, grâce au développement de techniques nouvelles, et surtout à cause de la généralisation des études microscopiques, des analyses très précises sont possibles et apportent leur précieux complément aux travaux antérieurs.

L'objet du présent travail est donc d'utiliser des méthodes nouvelles afin de recueillir des renseignements d'ordre stratigraphique, paléoécologique, et paléogéographique.

L'étude porte sur un grand nombre d'échantillons de sédiments provenant de coupes détaillées. Le relevé de ces dernières permet d'effectuer au préalable des observations macroscopiques non négligeables.

G E N E R A L I T E S

I - APERCU GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE (Fig. 1)

Il n'était certainement pas possible, dans le cadre de ce travail, d'étudier tous les affleurements du Rognacien en Basse Provence occidentale. Il nous a donc fallu d'une part choisir les coupes qui s'avéraient les plus complètes et d'autre part faire en sorte que leur répartition géographique soit suffisamment régulière afin d'effectuer des corrélations et de mettre en évidence des variations latérales de faciès.

Notre étude a donc porté sur cinq secteurs principaux qui sont d'Ouest en Est :

1 - La vallée du Gard :

Entre Alès et Uzès, où il affleure, le Crétacé supérieur lacustre est mal daté ; Campanien pour certains auteurs (Sarran d'Allard - 1884), Bégudo-Rognacien pour d'autres (Sornay - 1950), il repose sur le Coniacien gréseux et il est surmonté par un Eocène conglomératique lui même d'âge incertain.

2 - Les Alpilles :

Ce chaînon provençal situé au Nord-Est d'Arles est allongé d'Ouest en Est sur une trentaine de kilomètres.
Sur les deux versants, la série lacustre du Crétacé supérieur semble complète (Valdonnien, Fuvélien, Bégudien, Rognacien) ; elle repose en discordance sur la Bauxite dont le mur est tantôt Hauterivien tantôt Barrêmien à faciès urgonien (De Brun - 1923). Au dessus du Rognacien, l'Eocène bréchoïde est assimilé au Vitrollien.

3 - Le Bassin d'Aix :

Il s'ouvre à l'Ouest sur l'Etang de Berre, exutoire de l'Arc qui draine la dépression dans toute sa longueur (Bassin d'Aix appelé aussi Bassin de l'Arc).

On peut subdiviser cette unité géographique en deux ensembles situés approximativement de part et d'autre d'un méridien passant par Aix en Provence.

a - Le secteur occidental.

Au Nord de celui-ci les premiers termes de la série lacustre existent (lignite jadis exploité dans le Fuvélien à la Fare) ; plus au Sud ils disparaissent sous les alluvions de l'Arc et sous l'Etang de Berre.

Une coupe passant par Rognac et se prolongeant vers l'Est présente la succession stratigraphique suivante :

- Calcaires et marnes du Bégudien terminal
- Grès et argiles bariolées à oeufs de Dinosaures (Rognacien inférieur)
- Calcaire de Rognac formant corniche
- Argiles inférieures de Vitrolles avec intercalation de calcaires à affinité rognacienne (Vitrollien inférieur)
- Calcaire (marbre rose) de Vitrolles

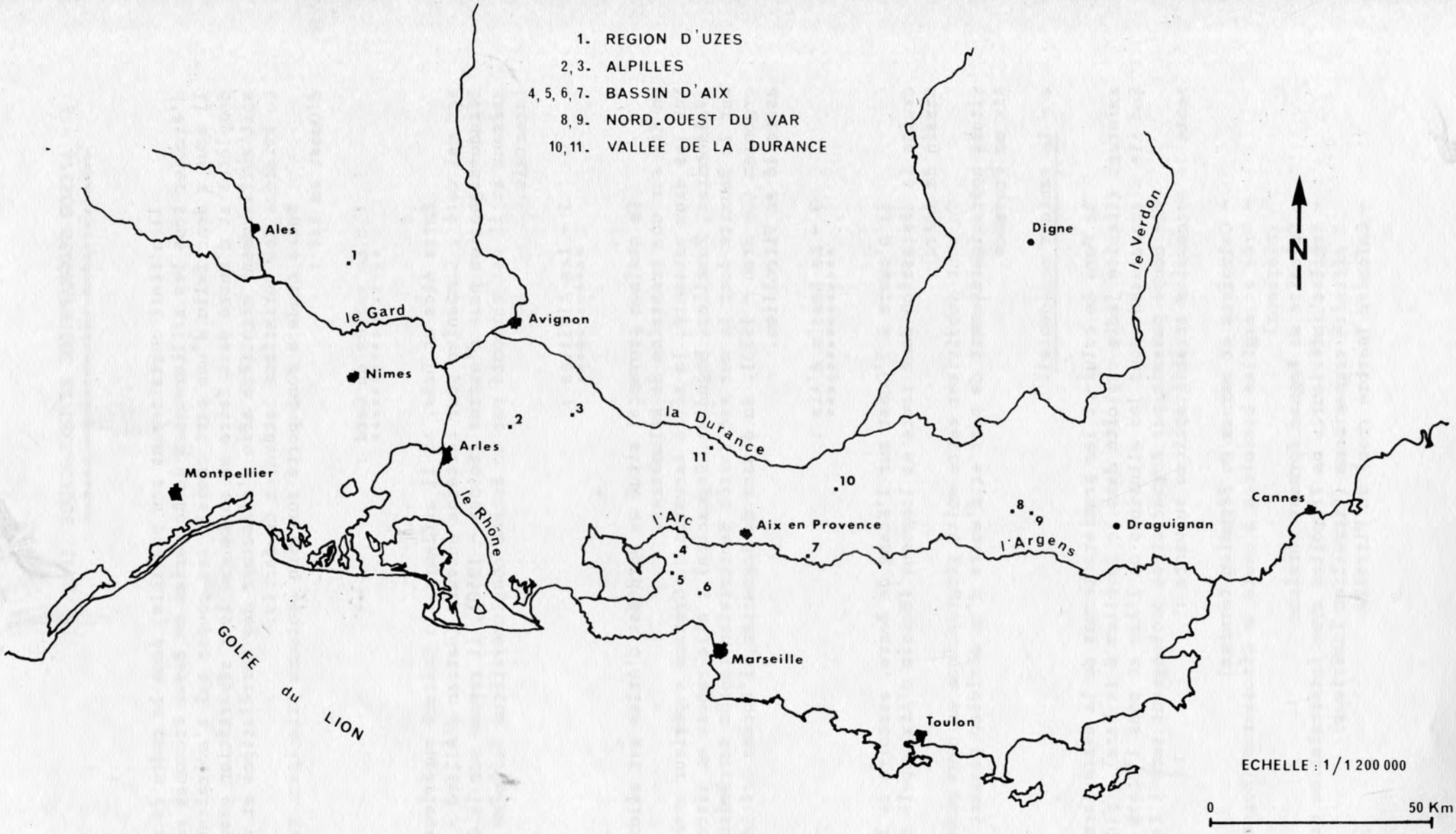


Fig. 1: REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES DIFFERENTS SECTEURS ETUDIES

- Argiles rutilantes supérieures de Vitrolles
- Puis, successivement, les barres thanétiennes (plateau d'Arbois), sparnaciennes, yprésiennes, lutétiennes, toujours de faciès lacustre, et enfin le Sannoisien et le Stampien qui occupent le centre de la dépression aixoise.

Nous verrons ultérieurement pour quelles raisons il y a lieu de considérer comme limite Crétacé - Tertiaire le sommet des argiles inférieures de Vitrolles.

L'affleurement du calcaire de Rognac débute à Ventabren, puis, vers le Sud, passe par Velaux, Rognac, jusqu'à Saint Victoret où il prend une direction Ouest-Est vers les Pennes Mirabeau et le Plan de Campagne.

b - Le secteur oriental.

Il consiste en un synclinal très dissymétrique et dont le coeur est lutétien (sommet du plateau du Cengle) ; sur le flanc sud de ce synclinal les terrains lacustres présentent un pendage nord peu accentué alors qu'ils sont redressés à la verticale au pied de Sainte Victoire.

Par rapport au secteur occidental, la série stratigraphique diffère essentiellement sur un point : l'intercalation entre les argiles inférieures et le calcaire de Vitrolles d'un niveau conglomératique dit Poudingue de la Galante à éléments de grès, quartzites et quartz.
La dimension des galets diminue d'Est en Ouest et les minéraux lourds d'origine métamorphique sont identiques à ceux des Maures.

Dans ce secteur on peut suivre l'affleurement du calcaire de Rognac depuis Gardanne puis vers le Nord-Est vers Chateauneuf le Rouge et Rousset ; à partir de cette localité il contourne le plateau du Cengle, passant non loin à l'Ouest du village de Puyloubier ; il affleure également au Nord-Est du Tholonet.

4 - La vallée de la Durance :

Entre Mallemort et Jouques la rive gauche de la rivière est dominée d'Ouest en Est par les chaînons des Costes, de la Trévaresse et du Concors ; si le second d'entre eux est constitué essentiellement par des terrains tertiaires, les deux autres correspondent à des anticlinaux de Crétacé inférieur et le Rognacien repose en discordance sur l'Hauterivien.

Les affleurements sont très localisés, masqués soit par le Miocène soit par les alluvions de la Durance ; dans la région de Jouques, à l'Est du Concors, on peut cependant observer, au dessus du Rognacien, le Montien (marnes lie de vin) et le Thanétien (argiles rouge vif à grains de quartz et brèches à éléments calcaires).

5 - Le Nord-Ouest du Var :

Le cadre géologique est complexe ; les effets de la tectonique sont importants et le bassin lacustre a été démantelé.
Les premiers termes de la série (Valdonnien, Fuvélien) n'existent pas ; le Bégudo - Rognacien, en général réduit, apparaît donc seul ; il est le plus souvent discordant sur le Jurassique supérieur dolomitique ou sur les calcaires portlandiens (De Lapparent - 1947). L'Eocène qui le recouvre par place a été attribué, sans plus de précision, au Sparnacien - Montien.

Il existe deux affleurements principaux ; le premier, en forme de U, débute à Montmeyan, descend vers le Sud-Est et passe par Fox Amphoux puis remonte vers le Nord-Est en direction d'Aups ; le second correspond à une bande de terrain visible d'Ouest en Est depuis Rians jusqu'à Salernes.

II - HISTORIQUE

1 - L'étage "Rognacien" :

Parmi les pionniers qui ont abordé l'étude des séries lacustres de Basse Provence occidentale, Philippe Matheron est sans doute celui qui de 1832 à 1891 nous a apporté le plus de renseignements de nature paléontologique et stratigraphique sur ces terrains.

En 1864 puis en 1868 cet auteur place dans le Crétacé supérieur une partie des assises lacustres du Bassin d'Aix alors qu'auparavant l'ensemble était attribué au Tertiaire. Il distingue "le grand groupe des lignites de Fuveau", les "étage de Rognac et étage du Cengle" ; en 1875 il subdivise "l'étage de Rognac" en trois ensembles :

à la base, un complexe constitué de marnes, calcaires marneux et calcaires massifs à faune de Gastéropodes ; au dessus, des grès et argiles multicolores ; enfin au sommet, un second complexe marneux et surtout calcaire, également à faune de Gastéropodes, qu'il met en équivalence avec le Garummnien.

En 1883, Villot attribue le nom de Bégudien à l'assise inférieure mise en évidence par Matheron et celui de Rognacien aux deux autres.

Cette classification est reprise en 1890 par Collot : le Bégudien est l'équivalent de la partie inférieure de l'étage de Rognac de Matheron ; le Rognacien comprend à la base des grès et argiles à Reptiles et au sommet le calcaire de Rognac.

2 - Problème de la limite Crétacé - Tertiaire :

En 1891, Collot confirme la définition des étages locaux Bégudien et Rognacien et propose de situer la limite entre le Crétacé et le Tertiaire au sommet du calcaire de Rognac ; les argiles inférieures de Vitrolles, le calcaire de Vitrolles et les argiles supérieures (l'ensemble constitue le Vitrollien de Matheron) étant alors éocènes.

Cependant Vasseur découvre en 1898 des Gastéropodes à affinité rognacienne (genre Bauxia) dans un niveau calcaire intercalé dans les argiles inférieures de Vitrolles ; il en conclut par conséquent que celles-ci devraient être considérées comme d'âge encore crétacé.

Beaucoup plus tard, en 1951, A. Frigaria découvre dans ces mêmes argiles, mais à Rousset, des restes d'oeufs de Dinosauriens. R. Dughi, F. Sirugues, et A.F. de Lapparent (1957) attribuent ces oeufs à l'espèce Hypselosaurus priscus déjà décrite par Matheron (1869 et 1891) dans les environs de Rognac.

Or il est admis que dans le Monde entier l'extinction des Dinosauriens s'est produite à la fin du Crétacé.

Deux auteurs aboutissent successivement à la conclusion qui s'impose, G. Corroy (1957) et S. Fabre-Taxy (1959) qui écrit en effet : "Il y a lieu, par conséquent, de remonter la limite du Crétacé supérieur provençal et d'admettre que le Tertiaire commence seulement avec le calcaire de Vitrolles à Physa montensis."

3 - Synchronisme du Rognacien avec les dépots marins :

Les équivalences entre les étages lacustres locaux et les étages marins sont difficiles et ont donné lieu à diverses conceptions.

Rappelons seulement qu'en 1936 Répelin observe en Catalogne un Rognacien bien caractérisé au dessus du Maestrichtien marin ; il en conclut que le Rognacien est l'équivalent du Danien considéré jusqu'alors comme le dernier étage du Crétacé.

En 1942 cette conception est partagée par G. Denizot.

Mais une interprétation différente nous a été fournie récemment par J. C. Plaziat (1970) : Dans le secteur d'Alavada (Espagne) " le Rognacien apparaît intercalé dans le Maestrichtien sableux, sous le Danien marin. L'attribution du Danien au Crétacé n'est donc plus justifiée par l'identification du Rognacien au Danien... Il semble que le Rognacien et le Bégudien doivent constituer l'équivalent continental du Maestrichtien (le Vitrollien pouvant représenter l'ensemble Dano-Montien)."

III - METHODES ET TECHNIQUES DE L'ANALYSE PALEOECOLOGIQUE

1 - Sur le terrain :

L'étude macroscopique consiste d'abord dans un relevé de la coupe lithologique, chaque banc donnant lieu à une prise d'échantillon en vue de l'analyse du microfaciès. Nous considérons comme banc toute unité sédimentaire limitée par deux joints.

Au cours du relevé, la nature pétrographique de chaque niveau est notée ainsi que la présence des macrofossiles. En ce qui concerne ces derniers il est souhaitable de les déterminer autant que possible sur place et d'apprécier leur densité par rapport à l'ensemble du sédiment (critères d'abondance - dominance).

Dans le cas des terrains rognaciens, le problème est assez simplifié ; en effet, lorsque la macrofaune existe elle est représentée dans la majorité des cas par l'association de Gastéropodes, Cyclophorus, Viviparus, Bauxia qui sont presque toujours soit abondants soit très abondants.

2 - Au laboratoire :

a - Analyse quantitative.

Le but recherché est d'établir pour chaque échantillon la fréquence des différents types de microfossiles, des minéraux détritiques et du ciment. On pourra par la suite essayer de regrouper les niveaux qui présentent des associations statistiquement apparentées.

La technique utilisée, aussi bien pour les lames minces que pour les lavages est celle du comptage par points (300) avec la maille de 1 x 1 mm, pour les échantillons présentant une grande diversité de la fraction clastique ; par contre, pour les échantillons faiblement diversifiés quant à leur contenu (exemple Gastéropodes + Quartz + ciment), nous avons préféré utiliser les chartes visuelles.

b - Granulométrie.

Quelques mesures ont été effectuées sur des échantillons représentatifs de toutes les catégories de faciès rencontrées ; mais les résultats obtenus ne sont pas significatifs.

En effet les courbes granulométriques présentent toutes (exception faite des niveaux à pisolithes et de quelques niveaux remaniés) un faciès hyperbolique facilement expliqué par le fait que le pourcentage de ciment micritique ou argileux (donc la fraction fine inférieure à 0,1 mm) est toujours beaucoup plus important que celui de la fraction clastique (80 % en moyenne de l'ensemble du sédiment).

c - Dosage du calcaire.

Des calcimétries, effectuées systématiquement dans tous les niveaux permettent de mettre en évidence les variations de la teneur en carbonate de calcium dans l'ensemble d'une coupe et d'attribuer à chaque faciès lithologique un pourcentage moyen en CO_3Ca.

Ces mesures ont été effectuées pour la coupe de Rognac qui tient lieu de référence.

d - Représentation graphique des résultats.

Nous avons utilisé en premier lieu des tableaux inspirés du type de diagramme mis au point par A. Fédiaevsky (1963) et permettant de faire figurer, en regard de la coupe lithologique, les proportions relatives de tous les éléments fossiles et minéraux contenus dans chaque banc.

Nous avons cependant abandonné la représentation des pourcentages par des pics, peu lisible dans le cas de niveaux peu épais et rapprochés, et préféré utiliser une courbe en histogramme (la base du rectangle représente l'épaisseur du banc et la hauteur, le pourcentage de l'organisme ou du minéral considéré).

Chaque élément de la fraction bioclastique et lithoclastique est matérialisé par un figuré particulier.

Ce tableau ne fait pas intervenir le pourcentage du ciment ; en effet celui-ci est toujours proportionnellement très abondant, sauf dans quelques cas (calcaires concrétionnés) et il n'aurait pas été possible, en le faisant figurer sur le même graphique de détailler la fraction biodétritique. Pour cette raison, le rapport Bioclastes + Lithoclastes / ciment a été reporté séparément sur un second diagramme parallèle au précédent.

Le deuxième type de représentation graphique utilisé consiste en des diagrammes circulaires récapitulatifs des proportions respectives des différents constituants de la fraction clastique et du ciment pour l'ensemble de chaque coupe étudiée.

IV - PLAN DU MEMOIRE

Ce travail est composé de la façon suivante :

Première partie : STRATIGRAPHIE

- Analyse stratigraphique
- Analyse pétrographique
- Analyse paléoécologique

Deuxième partie : SEDIMENTOLOGIE, PALEOECOLOGIE

- Sédimentologie
- Paléoécologie
- Reconstitution paléogéographique

PREMIERE PARTIE

STRATIGRAPHIE

I - LE BASSIN DE L'ARC

A - LE SECTEUR OCCIDENTAL

1 - Coupe de Rognac : (Fig. 2)

a - Etude macroscopique. (Fig. 3, hors texte)

C'est dans cette localité qu'a été défini le stratotype, aussi nous a-t-il paru intéressant d'étudier en détail le Bégudien et le Vitrollien afin de pouvoir préciser le contexte stratigraphique du Rognacien et essayer d'établir les caractères propres à ces trois étages locaux par une étude de leurs microfaciès.

Les niveaux du Bégudien terminal ont été échantillonnés le long de la coupe classique de la gare de Rognac ; le Rognacien a pu être étudié à la faveur des tranchées nouvelles creusées lors des travaux de terrassement de l'Autoroute A7, au lieu dit Pont du Baou ; pour le Vitrollien, des relevés ont été effectués au Nord du cimetière de Vitrolles.

- Le Bégudien :

Il est essentiellement marneux avec quelques intercalations de bancs calcaires renfermant une macrofaune assez abondante de Gastéropodes, Cyclophorus, Viviparus (Réf. 129 et 138).

L'aspect bariolé des marnes rappelle certains faciès triasiques. On remarque également la présence de gypse que l'on trouve bien cristallisé au pied du chateau d'eau de la station de Rognac (Réf. 134).

- Le Rognacien :

Il débute avec environ 80 mètres d'argiles gréseuses bariolées dans lesquelles sont localement intercalés des niveaux indurés plus ou moins pisolithiques.

Les débris d'oeufs de Dinosaures, abondants à Ventabren, sont extrêmement rares ici.

La barre de Rognac comprend trois assises de calcaires massifs (Réf. 120 à 124 et 31 ; 19 à 22 et 64,65 ; 70 à 73) renfermant quelques pisolithes et des Gastéropodes, et séparées par deux horizons (Réf. 23 à 30 et 66 à 68) constitués par des bancs d'argiles ligniteuses feuilletées ou des calcaires argileux (appelés aussi calcaires cendreux) à odeur fétide et riches en Gastéropodes écrasés à tests blancs.

L'horizon ligniteux inférieur est discontinu et disparaît latéralement en biseau.

On peut observer à la base de la deuxième assise calcaire (Réf. 21 et 22) des microséquences du type : calcaire argileux - calcaire à petits pisolithes - calcaire massif à Charophytes (photo hors texte).

Le niveau N° 69 sur lequel repose l'assise calcaire supérieure se distingue de l'ensemble par sa couleur rouge foncé ; la roche est extrêmement peu cohérente et se désagrège en petits cristaux rombhoèdriques de calcite.

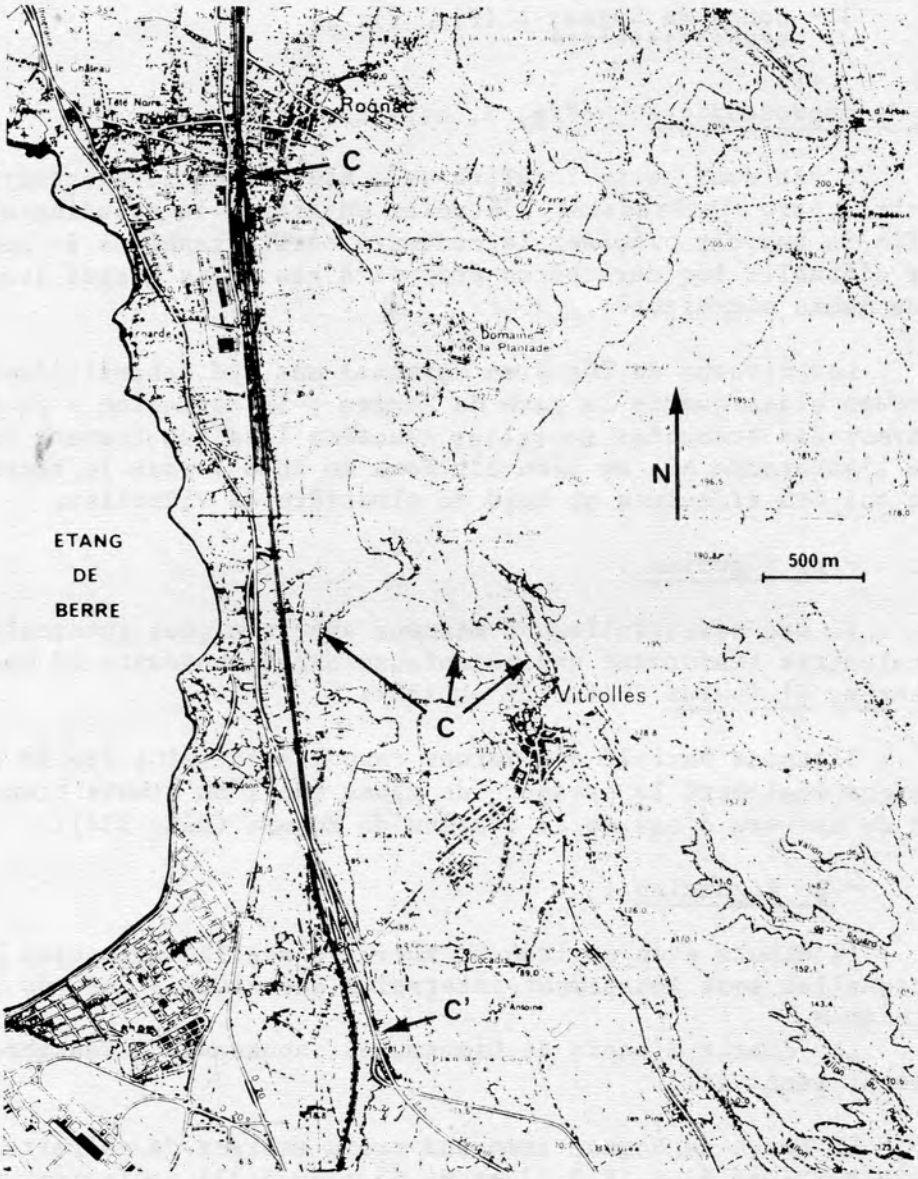


Fig. 2 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DES COUPES DE ROGNAC (C) ET DE VITROLLES (C')

Le sommet de la barre de Rognac présente un banc de calcaire blanc (Réf. 73) qui renferme en abondance des graines de Charophytes de très grande taille (2 mm de diamètre) ainsi que de grands Cyclophores et des Paludines (Viviparus) ; l'abondance des restes de Gastéropodes à cet endroit fait penser à une véritable hécatombe au moment où commence le dépôt des argiles inférieures de Vitrolles.

L'épaisseur totale du calcaire de Rognac est d'environ 30 mètres.

- Le Vitrollien :

Les argiles inférieures de Vitrolles, rouges, gréseuses, plus ou moins indurées, sont azoïques ; cependant nous avons pu recueillir quelques débris de Gastéropodes non identifiables dans les niveaux calcaires qui s'y trouvent intercalés. Ceux-ci présentent des traces de remaniement ainsi que des tubes verticaux dont le remplissage est de couleur différente de celle du ciment de la roche ; il peut s'agir soit de traces d'organismes fouisseurs soit de vestiges de racines.

On peut observer également des intercalations lenticulaires constituées par de très gros pisolithes (Réf. 88 et 92) pouvant dépasser 20 centimètres de diamètre ; les valves d'Unio encroûtées sont fréquentes.

Au dessus des argiles inférieures dont la puissance est d'environ 30 mètres, se dresse la barre du calcaire rose de Vitrolles ; nous y avons cherché vainement le moindre fossile. Ce calcaire présente de nombreuses traces de remaniement qui en font une belle pierre d'ornementation (marbre de Vitrolles).
Son épaisseur est de 20 mètres environ.

b - Etude microscopique. (Fig. 3 et légende hors texte)

- Le Bégudien :

Le diagramme de l'évolution des fréquences des différents constituants de la fraction clastique montre que celle-ci est essentiellement d'origine biologique.
On constate que les bancs calcaires sont plus riches en oogones de Characées et en tiges de Clavatoracées que les niveaux marneux ; ces derniers, par contre, renferment davantage de restes de grands Ostracodes et de Gastéropodes. Ceci s'explique sans doute par le fait que les Algues devaient trouver de meilleures conditions de vie dans un milieu plus riche en CO_3 Ca.

Les tiges de Characées sont rares (Réf. 129), les oogones de Clavatoracées présents (Réf. 126, 135, 136), les petits Ostracodes et les minéraux détritiques presque inexistants.

Pour l'ensemble du Bégudien (Fig. 4), les Algues, parmi lesquelles les Clavatoracées sont dominantes, constituent le groupe le mieux représenté. Cependant les microfossiles les plus caractéristiques sont d'une part la petite Physa cf. pygmea que l'on trouve dans la plupart des niveaux marneux et les grandes formes d'Ostracodes qui sont beaucoup plus rares dans le Rognacien.

Aucune structure particulière n'apparaît en lame mince dans les horizons calcaires ; le ciment micritique est très fin et homogène ;

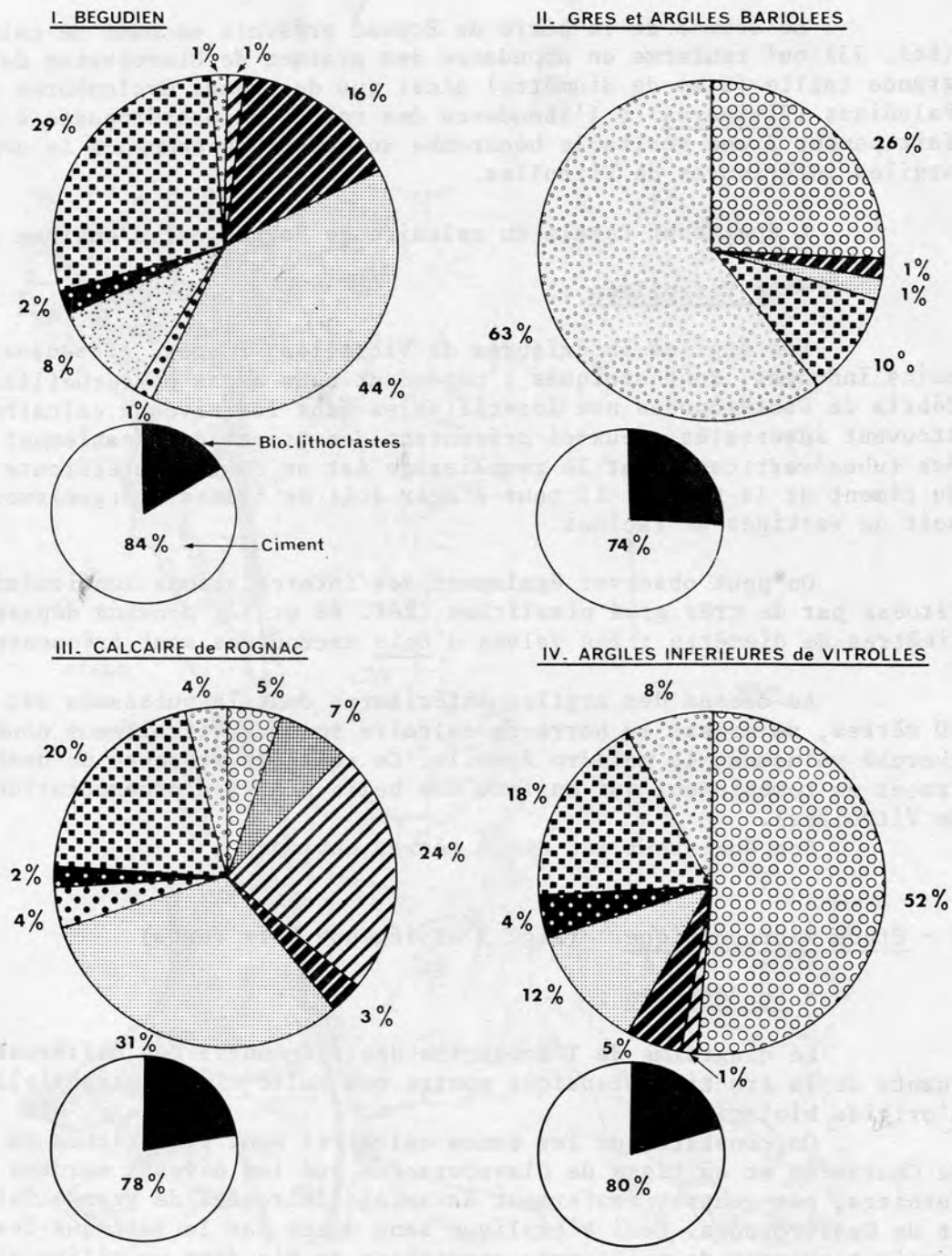


Fig. 4 : Coupe de Rognac ; composition de la fraction clastique de divers ensembles stratigraphiques.

les articles d'Algues, dissociés, sont cependant bien conservés.
La sédimentation devait correspondre à un mode de décantation en milieu calme.

- Le Rognacien :

. Les grès et argiles bariolées.

A l'inverse du Bégudien, la fraction bioclastique est extrêmement réduite et la constante organique est assurée seulement par les Gastéropodes. Quelques niveaux cependant (Réf. 118, 243, 247) renferment des vestiges de Charophytes et les bancs indurés (Réf. 112, 110, 240, 242, 246) sont assez riches en pisolithes de petite taille.

Les minéraux détritiques, et le Quartz surtout, sont présents avec de forts pourcentages dans l'ensemble de la formation (Fig. 4).

Les grès montrent, en lame mince, une structure qui correspond en fait davantage à celle d'une microbrèche polygénique. Les grains de Quartz sont anguleux, les pisolithes fragmentés ; le ciment est en général une microsparite.

. Le calcaire de Rognac.

La base de l'assise inférieure montre la disparition brutale des apports de minéraux détritiques et les Gastéropodes qui s'étaient maintenus dans toute la formation des grès et argiles bariolées, deviennent exclusifs.
C'est seulement au niveau de la première intercalation de calcaires argileux et d'argiles ligniteuses (Réf. 24 à 31) que l'on constate une discrète réapparition des Charophytes avec les deux familles déjà rencontrées au Bégudien : Characées et Clavatoracées.

Dans l'assise moyenne (Réf. 64, 65 et 19 à 22) les Algues calcaires dominent à nouveau l'ensemble de la fraction bioclastique ; les Characées sont prépondérantes à la base puis régressent légèrement pour être finalement supplantées par les Clavatoracées.
Les petites formes d'Ostracodes font leur apparition ; leur présence sera constante pendant toute la durée du Rognacien et même une partie du Vitrollien. Elles semblent prendre le relai des grandes formes du Bégudien dans le lac provençal.

L'assise supérieure peut être subdivisée en trois unités.
La première (Réf. 70) est caractérisée par un fort pourcentage d'Ostracodes et de Gastéropodes et par l'absence d'Algues ; la deuxième (Réf. 71) par l'abondance des Microcodium, très bien conservés et montrant l'habituelle structure en épis de maïs ou en rosette. Dans la troisième unité (Réf. 72 et 73) les Charophytes réapparaissent en grand nombre. On peut étudier de belles sections d'oogones de Clavatoracées déjà observés sur le terrain.

Le diagramme récapitulatif de la composition de la fraction clastique pour l'ensemble du calcaire de Rognac (Fig. 4) permet de mettre en évidence quelques différences avec le Bégudien :
- Apparition des constructions dues à l'activité des Cyanophycées et apparition des Microcodium.
- Egale abondance, chez les Charophytes, des Characées et des Clavatoracées, alors qu'au Bégudien, les secondes dominaient.
D'autre part, les Characées sont surtout représentées par les tiges et non plus par leurs fructifications.

- Disparition des grandes formes d'Ostracodes.
Toutefois la proportion des Gastéropodes varie peu, et le pourcentage de minéraux détritiques dans les calcaires reste faible.

En ce qui concerne la microstructure des sédiments, l'assise inférieure du calcaire de Rognac (Réf. 120 à 124) se distingue par la présence de remaniements intraformationnels qui s'expriment le plus souvent par des fissures à l'intérieur du ciment micritique.
Ces fissures, remplies de sparite ou de microsparite, sont rectilignes ou bien peuvent former des auréoles et isoler plus ou moins des nodules de micrite ; ces derniers, de même nature que la roche soumise aux effets du remaniement, présentent quelquefois (Réf. 121) une pigmentation différente, plus claire ou plus foncée (photo hors texte).
Dans d'autres cas (Réf. 120) de larges plages de calcite hyaline, plus ou moins cristallisée, se développent ; on y observe en filigrane un réseau de filaments dont l'origine est peut être algaire.
Des phénomènes de remaniement analogues existent également dans la partie supérieure de la barre de Rognac et en particulier dans les niveaux 68, 70 et 71 à Microcodium ; ils sont donc localisés ici au début et à la fin du cycle calcaire.

Une autre particularité des horizons calcaires réside dans le fait que les tests de Gastéropodes sont le plus souvent recristallisés en calcite alors que dans les bancs argileux ou calcaréoargileux à odeur fétide, la structure de la coquille reste toujours parfaitement conservée. Cette observation est, par ailleurs, générale pour l'ensemble du Rognacien en Provence.

- Le Vitrollien :

. Les argiles inférieures de Vitrolles.

Elles sont essentiellement gréseuses et renferment seulement quelques restes de Gastéropodes à la base ; elles sont surtout intéressantes par les niveaux calcaires qui s'y trouvent intercalés.
Ceux-ci sont caractérisés par une fraction clastique dont la composition globale est assez voisine de celle du Rognacien (Fig. 4).
Les pourcentages d'Ostracodes, de Gastéropodes, de minéraux détritiques sont approximativement les mêmes dans l'un et l'autre cas.
La seule différence provient de l'abondance des constructions de Cyanophycées qui supplantent les Charophytes dans les calcaires du Vitrollien inférieur.

L'étude qualitative et quantitative des microfaciès apporte donc un argument supplémentaire à l'appartenance des argiles inférieures de Vitrolles au Crétacé.

. Le calcaire de Vitrolles.

Il diffère beaucoup de celui de Rognac ; d'une part il ne présente aucune zonation biologique verticale et, d'autre part, la fraction bioclastique, extrêmement pauvre, est réduite aux seuls Microcodium.
Cependant la majorité des bancs montre, en lames minces, des figures de remaniements analogues à celles que l'on peut observer dans le Rognacien.

c - Analyses calcimétriques.

Ces mesures ont permis de montrer que le lac qui, du Bégudien au Vitrollien, a recouvert l'actuelle région de Rognac, présentait une concentration en carbonate de calcium toujours élevée même lorsque ce secteur était soumis à d'importantes arrivées de matériel terrigène.

Les teneurs moyennes pour les différents ensembles stratigraphiques de la coupe sont les suivantes : Bégudien 74 %, grès et argiles bariolées 52 %, calcaire de Rognac 83 %, calcaires intercalés dans les argiles inférieures de Vitrolles 85 %, calcaire de Vitrolles 91 %.

Des teneurs moyennes ont également été établies pour les différents faciès lithologiques de la barre de Rognac :

- calcaires 90 %
- calcaires cendreux 70 %
- "argiles ligniteuses" 50 %

La forte teneur en CO3 Ca des deux derniers types de sédiments est liée à la présence de très nombreux organismes calcaires (Algues ou Gastéropodes).

2 - Coupe de Vitrolles : (Fig. 2)

Cette coupe classique, située à 2 km. environ au Sud de la précédente, est visible au sommet de la côte que gravit la route RN 113 en direction de Marseille et d'où on domine l'Aéroport de Marignane.

Seuls le sommet des grès et argiles bariolées et le calcaire de Rognac affleurent ici.

a - Etude macroscopique. (Fig. 5)

L'ensemble de la série rognacienne est caractérisé par des rythmes sédimentaires plus ou moins réguliers. La séquence type, figurée en entier par les niveaux 42, 43, 44, et 45, comprend les termes suivants : marnes argileuses - calcaire argileux - calcaire pisolithique - calcaire massif.

La base de la coupe (grès et argiles bariolées) est constituée par la répétition des trois premiers termes alors qu'au sommet (calcaire de Rognac) on ne trouve que les deux derniers.

En fait, l'appellation " grès et argiles bariolées" est impropre dans ce secteur ; ces formations présentent ici une couleur gris foncé homogène et les faciès observés paraissent nettement moins détritiques qu'ils ne l'étaient à Rognac même.

De plus ces niveaux renferment une riche faune de Gastéropodes, le plus souvent écrasés, mais dont le test a conservé une structure intacte ; nous avons reconnu Cyclophorus heberti Roule, C. galloprovincialis Matheron, Bauxia sp., Melania sp., Pyrgulifera armata Math. .

Quelques fragments de valves d'Unio ont pu être recueillis isolément, mais des valves entières momifiées existent en grand nombre dans les bancs à pisolithes de la base (Réf. 33 et 35).

Comme à Rognac la barre calcaire est subdivisée en trois unités séparées par deux horizons argileux (Rèf. 54 et 61).

Dans l'assise inférieure, des bancs rouges renferment Pyrgulifera armata Math. à l'exclusion semble-t-il, de tout autre fossile (Réf. 47, 50, 54).

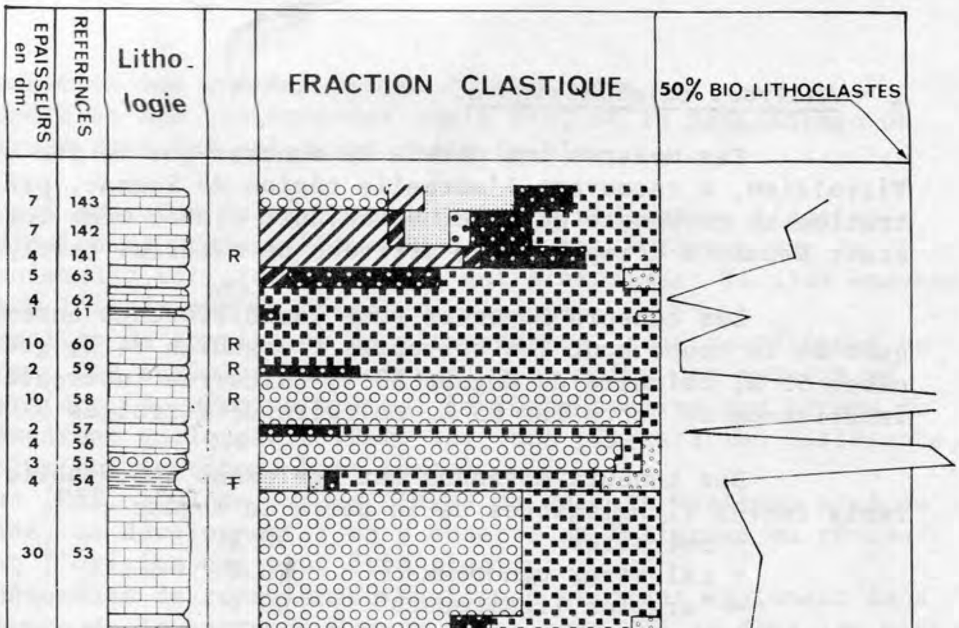


Fig. 5 : Coupe de VITROLLES

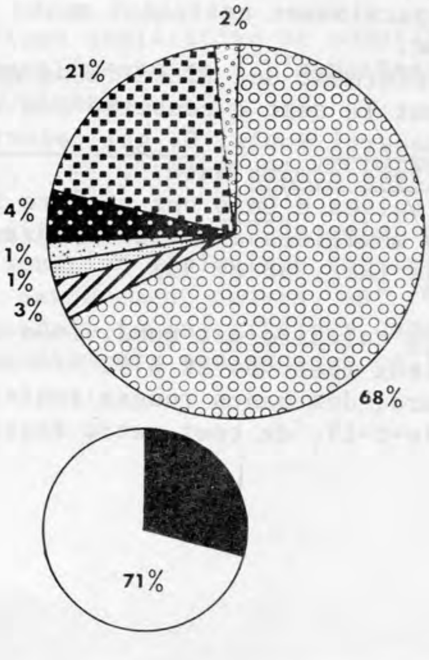


Fig. 6 : Coupe de Vitrolles; composition de la fraction clastique.

b - Etude microscopique. (Fig. 5)

Elle confirme, pour la formation des "grès et argiles bariolées" les observations effectuées au cours de l'analyse macroscopique.

Les minéraux détritiques sont rares et la fraction bioclastique est dominée alternativement par les constructions de Cyanophycées et par les Gastéropodes auxquels sont associées quelques petites formes d'Ostracodes. Par contre les Charophytes, comme à Rognac, sont absentes de ces niveaux.

Dans les deux premières assises de la barre calcaire (Réf. 44 à 54 et 55 à 61), malgré des faciès lithologiques différents, la composition de la fraction clastique varie peu par rapport à celle de la formation précédente ; les minéraux détritiques sont présents sporadiquement, les pisolithes et les Gastéropodes sont également abondants et les Ostracodes persistent.

Deux niveaux seulement renferment des vestiges de Charophytes, tiges de Characées dans le banc N° 45 et de Clavatoracées dans le banc argileux N° 54.

C'est seulement dans l'unité supérieure (Réf. 62, 63 et 141 à 143) que ces Algues se développent davantage, événement qui a pour corollaire la disparition presque totale des colonies de Cyanophycées et la régression des Gastéropodes. Le pourcentage des Ostracodes augmente légèrement.

La composition globale de la fraction clastique (Fig. 6) est très comparable à celle du Rognacien de Rognac ; les Ostracodes, les Gastéropodes, les minéraux détritiques présentent en effet des proportions analogues dans les deux cas.

La seule différence majeure vient du fait qu'à Vitrolles les Charophytes sont très peu abondantes et remplacées par les constructions de Cyanophycées. Ces dernières, observées en lames minces, présentent dans certains niveaux (Réf. 38, 51, 52, 55, etc...) une structure particulière. Il semble que la plupart soit de forme allongée et on peut en observer des sections longitudinales, obliques ou transversales. Le "canal axial" fantôme du nucléus (sans doute branche ou brindille) sur lequel s'est fixée la colonie, est rempli de calcite hyaline. De plus, les contours de chaque concrétion sont diffus dans le ciment micritique de la roche ce qui lui confère un aspect tufacé caractéristique.

On retrouve également dans certains bancs (Réf. 58, 59, 60, 141) les figures de remaniement avec recristallisation déjà observées par ailleurs. Ces horizons remaniés sont donc situés ici en fin de cycle calcaire.

3 - Coupe des Pennes Mirabeau : (Fig. 7)

L'affleurement du calcaire de Rognac est ici bien visible dans l'excavation qui surplombe l'entrée Sud du tunnel autoroutier à l'Ouest du pittoresque village des Pennes.

a - Etude macroscopique. (Fig. 8)

Le sommet des grès et argiles bariolées présente des faciès détritiques analogues à ceux qui ont été observés à Rognac ; cependant on remarque également la présence de bancs calcaires (Réf. 144), calcaires argileux (Réf. 146) et ligniteux (Réf. 147).

Le passage de cette formation à la barre calcaire proprement dite (Réf. 149 à 159) montre une séquence du même type que celles qui ont pu être mises en évidence à Vitrolles ; cependant celle-ci débute par un terme supplémentaire, détritique : grès - argile gréseuse - calcaire argileux - calcaire pisolithique - calcaire massif.

La barre de Rognac présente à la base une superposition complexe de bancs peu épais (30 à 40 cm en moyenne) où domine le faciès calcaire argileux. Celui-ci présente deux modalités : Il s'agit soit d'horizons gris, compacts, à faune de Gastéropodes écrasés à tests blancs (Réf. 163, 165, 169) comme il en a été observés dans les deux coupes précédentes, soit de niveaux blancs ou jaunes, poreux, friables, légers, renfermant avec quelques Gastéropodes de nombreux petits pisolithes parmi lesquels les formes allongées sont abondantes (Réf. 164, 170, 174) ; une telle structure n'est pas sans rappeler celle des tufs.

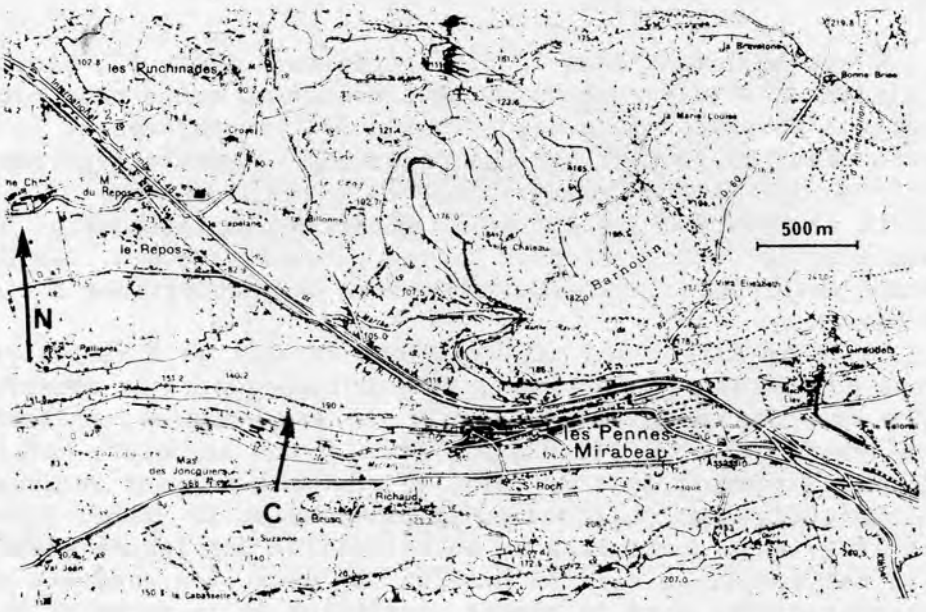


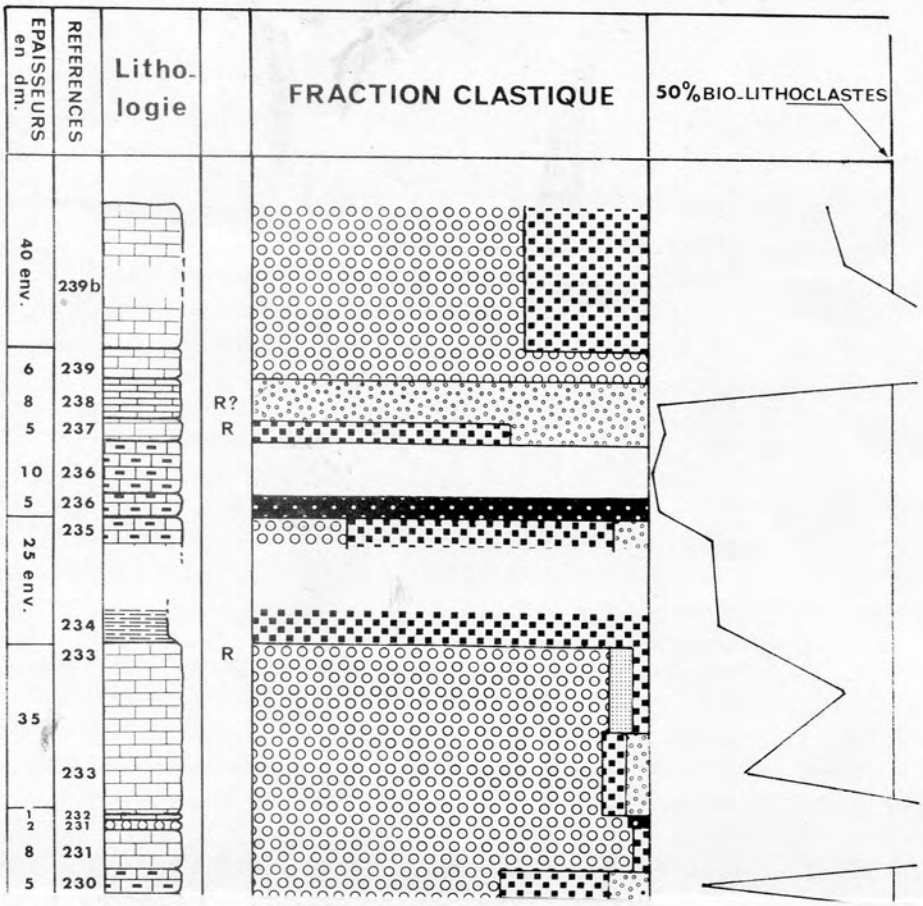
Fig. 7 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COUPE DES PENNES MIRABEAU

Au dessus de ce premier ensemble s'individualise une assise plus calcaire (Réf. 177 à 193) elle même surmontée par un complexe (Réf. 194 à 204) constitué en grande partie par des bancs d'argile ligniteuse (Réf. 195, 201, 204) et qui pourrait correspondre aux horizons de même faciès qui séparent, à Rognac, les deux premières unités de la barre calcaire.

La séquence sédimentaire déjà observée par ailleurs se répète ici de façon plus ou moins complète.

La coupe s'achève par la superposition de deux formations (Réf.205 à 233 et 236 à 239 bis) encore à dominance calcaire et entre lesquelles s'intercalent des bancs ligniteux et calcaréoargileux alternants (Réf. 234, 235).

A proximité du sommet, le niveau N° 238, rubéfié et très remanié, est remarquable ; il rappelle par son faciès et sa position dans la série stratigraphique le niveau N° 69 mentionné à Rognac.


EPAISSEURS en dm.
REFERENCES
Litho-logie
FRACTION CLASTIQUE
50% BIO-LITHOCLASTES
40 env.
6
8
5
10
5
25 env.
35
½
8
5
239b
239
238
237
236
236
235
234
233
233
232
231
231
230
R?
R
R

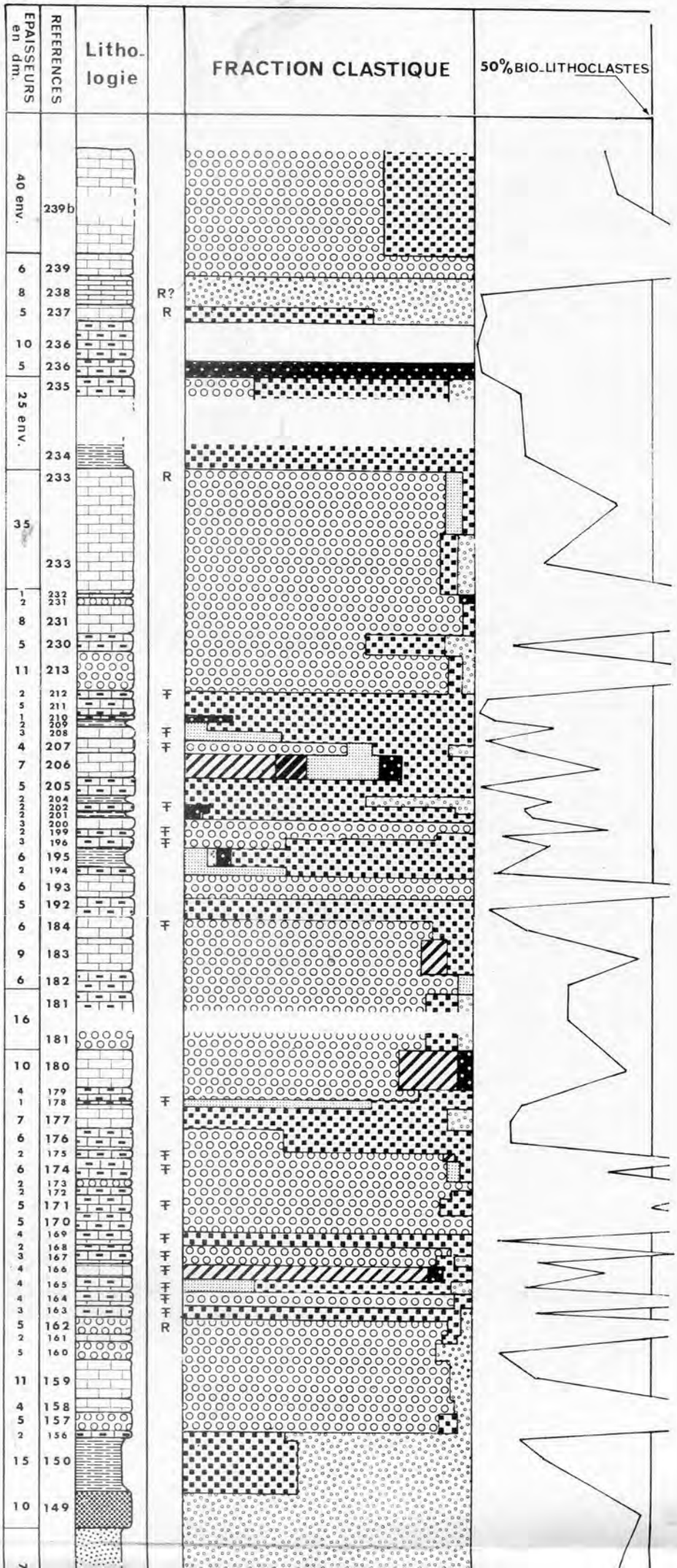

EPAISSEURS en dm.
REFERENCES
Litho-logie
FRACTION CLASTIQUE
50% BIO-LITHOCLASTES
40 env.
239b
6 239
8 238
5 237
10 236
5 236
25 env.
235
234
233
35
233
232
231
8 231
5 230
11 213
212
211
210
209
208
207
206
205
204
202
201
200
199
196
195
194
193
192
184
183
182
181
16
181
10 180
179
178
177
176
175
174
173
172
171
170
169
168
167
166
165
164
163
162
161
160
159
158
157
156
150
149
R?
R
R
R

Fig. 8 : Coupe des PENNES MIRABEAU

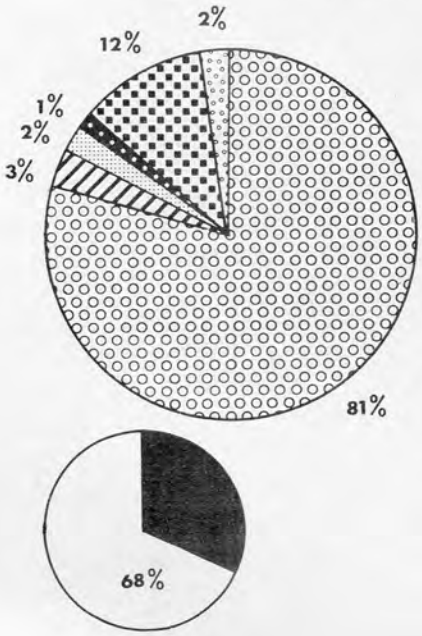


Fig. 9 : Coupe des Pennes ; composition de la fraction clastique.

Les dernières assises calcaires (Réf. 239 bis) constituent une surface structurale sur le flanc nord de la colline des Pennes Mirabeau et sont recouvertes par la végétation ; il n'a pas été possible, pour ces raisons, de les étudier en détail.

b - Etude microscopique. (Fif. 8)

Comme à Rognac, les seuls constituants de la fraction bioclastique, dans les grès et argiles bariolées, sont les Gastéropodes. Les lithoclastes, très abondants, disparaissent au sommet de la formation.

La majeure partie des niveaux qui constituent l'assise de base de la barre calcaire est caractérisée par la très grande abondance des colonies de Cyanophycées.

D'autres bancs (Réf. 163, 169, 177, 192), moins nombreux, renferment presque exclusivement des débris de Gastéropodes.

Enfin, quelques rares horizons (Réf. 165, 166, 178, 180) présentent une richesse relative en Charophytes auxquelles sont associés parfois des Ostracodes.

L'ensemble des niveaux N° 194 à 212 se distingue par une diminution de la proportion des pisolithes ; les Gastéropodes demeurent abondants et le pourcentage des Charophytes semble marquer une progression.

Dans l'assise calcaire moyenne (Réf. 213 à 233) les constructions de Cyanophycées redeviennent prépondérantes ; les Charophytes et les Ostracodes sont presque inexistants, et les Gastéropodes plus rares que dans les unités précédentes.

Enfin, l'assise supérieure (Réf. 234 à 239 bis) débute par quelques bancs où la fraction clastique, très peu importante par rapport à l'ensemble de la roche,est représentée tour à tour par les Gastéropodes, les Ostracodes, les minéraux détritiques.

Le sommet de la coupe est constitué par des niveaux riches en pisolithes.

Le diagramme récapitulatif de la composition de la fraction clastique (Fig. 9) illustre la prédominance des colonies de Cyanophycées (81 %) ; les autres constituants, Charophytes, petites formes d'Ostracodes, Gastéropodes, minéraux détritiques, sont, par conséquent, moins abondants que dans les deux secteurs étudiés précédemment.

Les constructions dues à l'activité des Cyanophycées présentent, en lames minces, deux modalités qui ne figurent jamais simultanément dans un même niveau.

La première, la plus fréquente, est celle que nous avons déjà décrite lors de l'étude de la coupe de Vitrolles : il s'agit de pisolithes de forme allongée, dont le nucléus actuellement constitué de sparite, pouvait être à l'origine un morceau de branche ou une brindille. Ce type de construction est visible dans les niveaux auxquels l'examen macroscopique avait déjà permis d'attribuer un aspect de tuf (Réf. 164, 170, 174).

La deuxième modalité s'observe dans des bancs de calcaire plus massif (Réf. 233). Les colonies, de petite taille (1 cm en moyenne), sphériques, ont un contour diffus dans le ciment micritique de la roche.
Les zones claires et sombres alternent régulièrement et réalisent des dessins très complexes avec de nombreux replis. Les filaments radiaires sont très visibles, par contre, les nucléus, supports initiaux des édifices, semblent inexistants (photo hors texte). Cette dernière observation paraît avoir une double cause : d'une part les germes sont de petite taille et d'autre

part les sections observées ne passent pas nécessairement par le plan équatorial de chaque construction.

Un autre type de structure est figuré par le niveau N° 238 déjà mentionné lors de l'analyse macroscopique ; il présente un microfaciès très particulier (photo hors texte) : la roche, rubéfiée, est entièrement constituée par une sparite dont les cristaux, de forme irrégulière, sont étroitement engrenés les uns dans les autres. Les clivages habituels de la calcite sont invisibles ici et la structure de chaque grain rappelle à peu près celle des Microcodium en rosette. Quelques fragments de Quartz sont disséminés dans la roche mais ne sont jamais inclus à l'intérieur d'un cristal de calcite.

4 - Conclusion :

L'étude des coupes de Rognac, Vitrolles et des Pennes Mirabeau permet de mettre en évidence l'évolution, du Nord vers le Sud, de deux caractères principaux :

- Le premier traduit vraisemblablement une instabilité croissante des conditions de sédimentation ; il s'exprime par la multiplication, au sein de la barre calcaire, du nombre des bancs et par la réduction de leur épaisseur.
- Le second caractère, perceptible dès l'examen macroscopique est confirmé par l'analyse quantitative du microfaciès. Il s'agit de l'enrichissement du calcaire en constructions de Cyanophycées ; ce fait a d'ailleurs pour corollaire l'accroissement de la proportion de la fraction clastique par rapport à l'ensemble de la roche, ce que confirment les résultats reportés sur le tableau suivant :

	% fraction clastique	% Cyanophycées
Rognac	22 %	5 %
Vitrolles	29 %	68 %
Pennes Mirabeau	32 %	81 %

B - LE SECTEUR ORIENTAL : Coupe de Rousset (Fig. 10)

La base et la partie moyenne de cette coupe classique sont bien visibles dans les carrières qui se situent immédiatement au Nord-Ouest du village de Rousset ; par contre, les derniers bancs de la barre du calcaire de Rognac ont été étudiés en bordure de la route RN 7 au lieu dit les Bannettes.

a - Etude Macroscopique. (Fig. 11)

C'est l'abondance des fragments de coquilles d'oeufs de Dinosaurien dans la formation des grès et argiles bariolées qui a valu à cette coupe sa célébrité (A. Frigaria - 1956).

L'aspect de ces fossiles est désormais bien connu ; il s'agit de petites plaques de 2 à 3 mm d'épaisseur, présentant une légère convexité et dont la surface externe est granuleuse.

Ces débris sont particulièrement abondants dans les niveaux argileux. Les bancs indurés renferment essentiellement de gros cristaux de

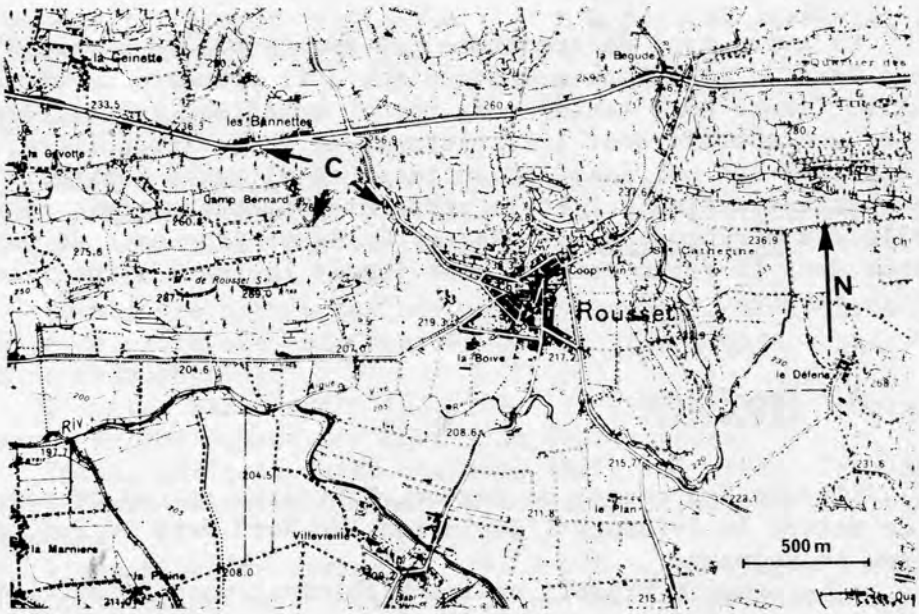


Fig. 10 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COUPE DE ROUSSET

Quartz, des galets et des pisolithes d'assez grande taille (jusqu'à 10 cm de diamètre).

Le passage à la barre calcaire est masqué par la végétation ; il s'agit probablement d'une zone argileuse.

Ici encore le calcaire de Rognac est divisé en trois unités séparées par deux assises détritiques assez puissantes (5 mètres et 15 mètres environ) ; ces dernières seraient donc les homologues des horizons calcaréo-argileux et ligniteux observés dans le secteur occidental du Bassin d'Aix.

L'unité de base (Réf. 241 à 257) débute par des bancs d'argile ligniteuse et de calcaire cendreux à faune de Gastéropodes à tests blancs et écrasés, parmi lesquels on reconnaît le cortège habituel, Cyclophorus, Bauxia et quelques rares Viviparus.

Au dessus, on observe des bancs plus massifs et de couleur beige, puis à nouveau des calaires gris foncé (Réf. 254) présentant une certaine zonation (lits avec des tests de Gastéropodes écrasés).

L'ensemble est couronné par un hard ground représenté par un niveau très remanié et tapissé par des encroûtements ferrugineux.

La passée détritique qui sépare cette unité de l'assise calcaire moyenne débute avec un mince horizon gypsifère, surmonté par 1 mètre environ d'argiles gréseuses, puis par un banc induré (Réf. 259) présentant de nombreuses traces d'activités d'organismes fouisseurs.

Le deuxième ensemble calcaire (Réf. 260 à 269) est constitué par une alternance de bancs massifs, de couleur beige, et de niveaux argileux gris (Réf. 261, 264, 268).

Au sommet affleure un calcaire très noir, à débit en plaquettes et riche en débris de Gastéropodes.

Enfin, la dernière unité est représentée par trois bancs de calcaire massif, foncé et apparemment azoïque.
Le niveau N° 271 présente quelques indices de remaniement.

Au dessus, le Vitrollien débute avec les argiles inférieures de Vitrolles, riches en débris d'oeufs de Dinosauriens à l'Ouest du lieu dit la Bégude. Des lentilles grèseuses indurées sont localement visibles dans cette formation.

Le Vitrollien s'achève ici avec le dépôt du poudingue de la Galante.

b - Etude microscopique. (Fig. 11)

Les premiers bancs de la barre calcaire (Réf. 241 à 245) sont comparables par la composition de leur fraction clastique. Celle-ci est constituée pour l'essentiel par des oogones de Characées, des tiges de Clavatoracées, de grandes et de petites formes d'Ostracodes et des Gastéropodes. Il existe également une grande quantité de petits corps sphériques mesurant en moyenne 0,1 mm de diamètre, pédonculés, et dont la surface externe est ornée par un réseau polyédrique assez lache. Ils sont très comparables par leur morphologie à des oogones de Characées, quoique de taille beaucoup plus réduite ; leur origine est probablement algaire.

Les tiges de Characées, rares jusqu'alors, font une apparition progressive à partir du niveau N° 246 pour atteindre un maximum dans le banc N° 248. Par la suite, leur proportion subit quelques fluctuations ; les pics des Characées correspondent en général à un recul des Gastéropodes et non pas à une régression des Clavatoracées dont le pourcentage reste à peu près constant dans toute l'assise calcaire de base.

Il faut remarquer que les petites formes d'Ostracodes sont toujours présentes dans les niveaux où la fraction algaire est importante.

Plusieurs horizons renferment encore en abondance les petits corps sphériques précédemment décrits (Réf. 246, 247, 249, 250).

Dans la passée détritique (Réf. 259) qui surmonte ce premier ensemble, les Gastéropodes sont les seuls éléments d'origine biologique.

L'unité calcaire moyenne présente des microfaciès en tous points semblables à ceux de la première assise.

Les Algues sont presque exclusives à la base (Réf. 260, 261, 262) mais voient leur proportion se réduire vers le sommet (Réf. 268 et 269) ; corrélativement les fragments de Gastéropodes deviennent plus abondants.

Les petits Ostracodes sont présents de façon à peu près constante ; on observe également quelques grandes formes (Réf. 261 et 264).

Au niveau de l'unité calcaire sommitale peu de changements se produisent dans la composition de la fraction bioclastique. On observe seulement dans le banc N° 271 des figures de remaniement qui se manifestent par l'isolement de nodules micritiques au sein d'une calcite hyaline secondaire.

Le diagramme général de la fraction clastique présente quelques analogies avec celui de la coupe de Rognac ; la fraction algaire, les Gastéropodes et les minéraux détritiques présentent sensiblement les mêmes proportions dans les deux cas. (Fig. 12)

Cependant, à Rousset il n'existe ni colonies de Cyanophycées ni Microcodium, les oogones de Clavatoracées sont rares ; par contre les petits Ostracodes sont relativement abondants et semblent liés à un milieu riche en Charophytes. La présence de petits corps sphériques probablement d'origine algaire constitue une originalité supplémentaire de cette coupe.

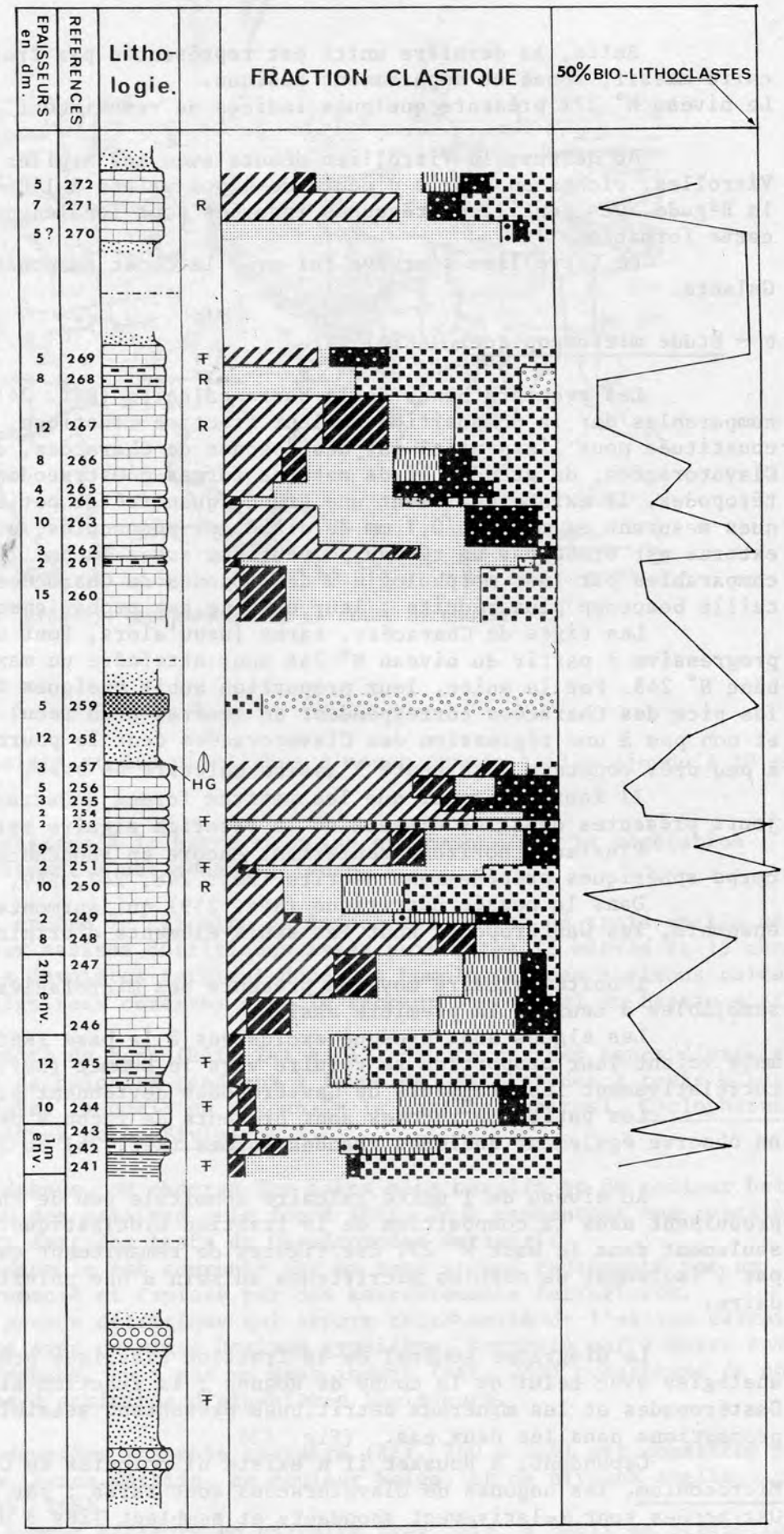


Fig. 11 : Coupe de ROUSSET

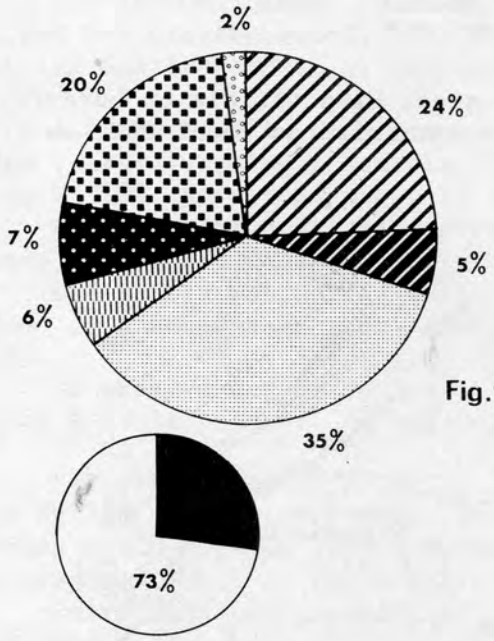


Fig.12 : Coupe de Rousset ; composition de la fraction clastique.

La région de Rousset est également remarquable du fait que, dans l'ensemble de la barre calcaire, le lithofaciès et la composition du microfaciès varient très peu. Ceci n'était certes pas le cas dans les coupes du secteur occidental du Bassin d'Aix, et en particulier au Pennes Mirabeau.

La nature du ciment, micritique, sa couleur sombre, la rareté des figures de remaniement, l'absence de colonies de Cyanophycées, et au contraire l'abondance des Charophytes, font penser ici à un milieu calme de décantation, qui ne serait pas nécessairement profond mais éloigné des influences littorales ou abrité des zones à forte turbulence où se développent les pisolithes.

Au contraire la coupe des Pennes traduit la proximité immédiate d'un chenal qui fonctionnait pendant toute la durée du Rognacien.

Le secteur de Rognac constituerait alors un milieu intermédiaire, atteint périodiquement par les divagations du domaine fluviatile installé plus au Sud.

Enfin, durant les périodes rhexistasiques et tectoniques pendant lesquelles les massifs cristallins situés au Sud et au Sud-Est étaient soumis à une intense érosion, la région de Rousset se trouvait sans doute directement dans l'axe des apports terrigènes, ce dont témoignent d'une part la grande puissance des grès et argiles bariolées et d'autre part la présence de deux intercalations grèseuses importantes, à l'intérieur de la barre calcaire.

II - LA VALLEE DE LA DURANCE

1 - Coupe de Saint Estève Janson : (Fig. 13)

L'affleurement du Rognacien est bien visible en bordure de la route D 66, Saint Estève - Rognes, à proximité du canal EDF, au lieu dit l'Escale.

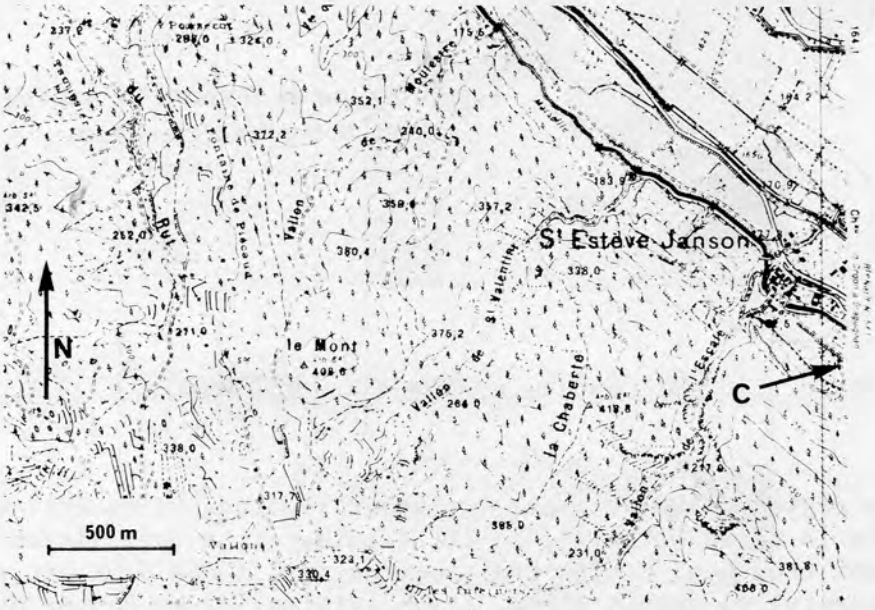


Fig. 13 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COUPE DE St ESTEVE JANSON

a - Etude macroscopique. (Fig. 14)

Les grès et argiles bariolées, d'une puissance de 25 à 30 mètres, sont discordants sur l'Hauterivien. Le creusement du canal EDF, qui traverse cette formation, a permis, à plusieurs reprises de mettre à jour des ossements de Dinosauriens.

Le calcaire de Rognac débute par un ensemble de bancs (Réf. 417 à 422) massifs et de couleur claire. A ce premier calcaire succède un groupe de petits niveaux plus foncés, alternant avec des horizons argileux (Réf. 422 bis à 430).

Au dessus s'élève une puissante barre (Réf. 431 à 449) constituée par des bancs épais de calcaire massif. L'ensemble est peu fossilifère ; seuls les niveaux N° 438 et 447 renferment en abondance des tests de Bauxia.

A cause de la grande disproportion de leurs puissances respectives, il ne semble pas possible de mettre en parallèle ces trois unités avec celles qui constituent la barre calcaire à Rognac, Vitrolles, aux Pennes Mirabeau et à Rousset.

b - Etude microscopique. (Fig. 14)

Vers le sommet des argiles bariolées on constate la disparition brutale des minéraux détritiques qui constituaient jusqu'alors l'essentiel de la fraction clastique.

Ils sont remplacés, dans le niveau N° 416 qui termine cette formation, par les Clavatoracées, très abondantes, les petites formes d'Ostracodes et les Gastéropodes.

A la base de la première unité calcaire apparaissent les tiges de Characées ; leur quantité s'accroît régulièrement pour atteindre un maximum au niveau N° 420, puis régresse vers le sommet (Réf. 422).

La répartition des Clavatoracées présente une évolution inverse. Ces Algues sont rares dans la partie moyenne de l'assise.

Les petits Ostracodes existent seulement, avec un faible pourcentage, dans le premier banc ; quant aux Gastéropodes, leur présence est constante.

On observe dans l'horizon N° 419 les petits corps sphériques déjà rencontrés à Rousset, ainsi qu'une petite fraction de minéraux détritiques.

L'évolution du microfaciès, dans la deuxième unité individualisée au cours de l'étude macroscopique, ne semble pas obéir à une loi mathématique. On constate seulement que les Characées sont rares, les Clavatoracées et les Gastéropodes étant de façon égale les organismes les plus abondants.

On retrouve en quantité réduite les petites sphères et les petites formes d'Ostracodes.

D'autre part, le niveau N° 429, situé au sommet de cet ensemble, est remarquable par la présence de Microcodium.

L'analyse microscopique permet de subdiviser l'épaisse barre supérieure (Réf. 431 à 449) en deux ensembles.

Le premier (Réf. 431 à 439) est caractérisé par l'abondance croissante des Microcodium, de la base vers le sommet.

Les Characées sont constantes avec un maximum dans les bancs N° 436 et 437, quant aux Clavatoracées, elles régressent de façon régulière vers le haut pour disparaître presque complètement dans l'ensemble supérieur.

Le niveau N° 433 renferme encore quelques petits corps sphériques.

Les petits Ostracodes sont présents épisodiquement (Réf. 431, 432, 433, 435) alors qu'on peut observer des débris de Gastéropodes et des minéraux détritiques dans tous les bancs.

Trois événements majeurs caractérisent la dernière unité, l'extinction progressive du groupe des Characées, la disparition brutale des Clavatoracées et enfin, l'appauvrissement de la roche en éléments d'origine clastique, les derniers bancs étant presque exclusivement constitués de ciment micritique.

Les Algues devenant rares, les petites formes d'Ostracodes et les Gastéropodes demeurent les seuls constituants de la fraction bioclastique.

D'autre part, les minéraux détritiques deviennent plus abondants dans les derniers niveaux.

On remarque encore la présence de débris de Microcodium dans le banc N° 446.

Les effets du remaniement sont assez fréquents dans cette coupe. Ils sont visibles très régulièrement au sommet de chacune des unités étudiées précédemment, et en particulier dans les niveaux N° 421 pour la première,

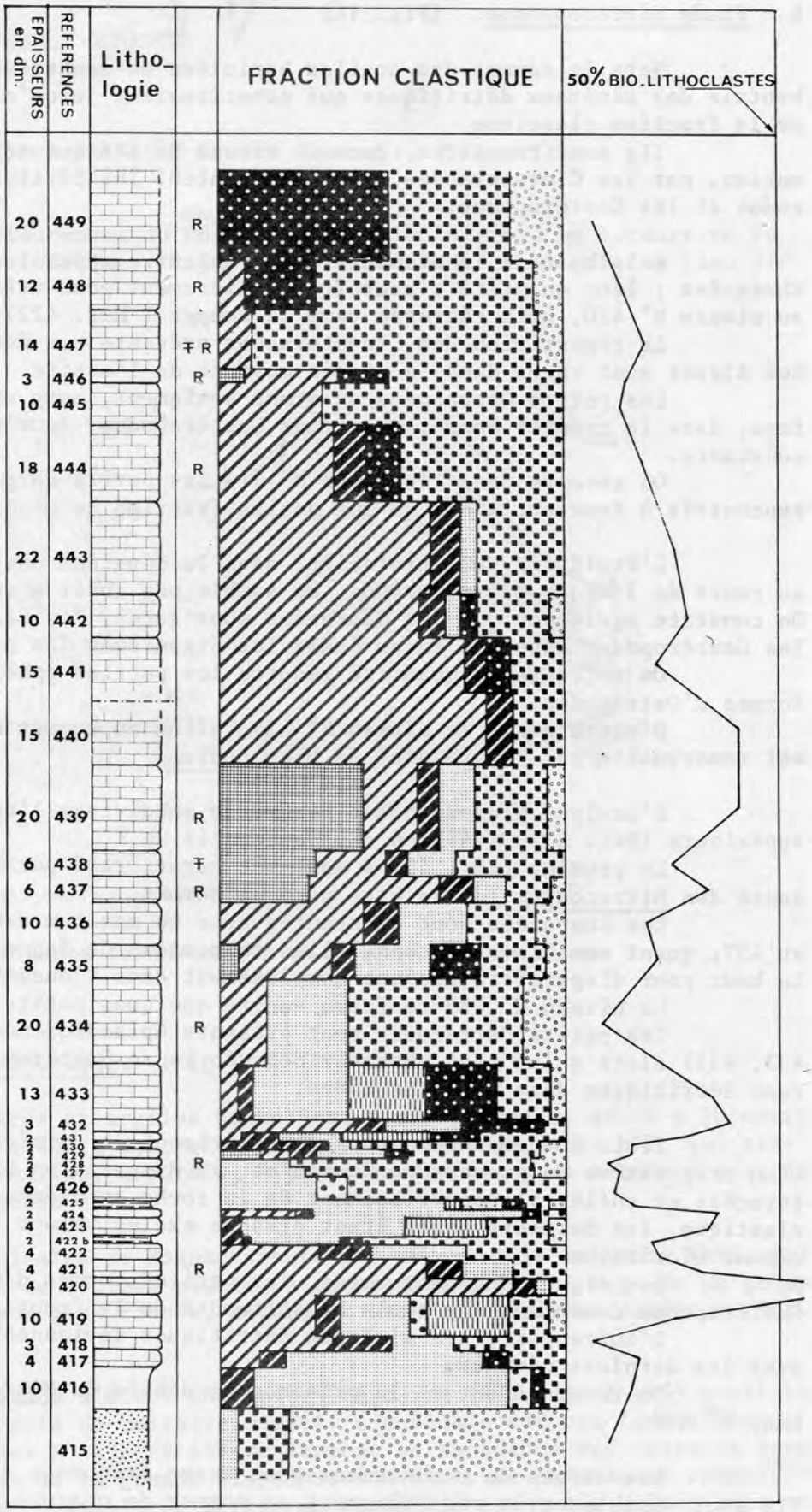


Fig. 14 : Coupe de St ESTEVE JANSON

N° 428 pour la seconde, N° 437, 438, 439 pour la troisième, N° 444, 446,447, 448, 449 pour la dernière.

On remarque que tous les bancs qui renferment des Microcodium correspondent à des horizons remaniés ; ce même phénomène a déjà été observé dans le Rognacien de Rognac (Réf. 71).

Quelques horizons présentent des modalités particulières de remaniement :

- Banc N° 421 : De larges plages de sparite se développent aux dépens du ciment micritique. La limite de la zone remaniée est soulignée par une auréole plus sombre constituée par des cristaux aciculaires de calcite (photo hors texte).
- Banc N° 444 : Des nodules de micrite sont enrobés dans une sparite largement cristallisée, dans laquelle on observe par place des accumulations de carapaces d'Ostracodes dont l'origine est probablement secondaire, contemporaine du remaniement (photo hors texte).
- Banc N° 448 : Ce niveau est particulièrement intéressant car on peut y observer différents stades du processus de remaniement.

Le phénomène débute par la dépigmentation locale du ciment micritique, accompagnée d'un début de cristallisation. On voit apparaître ensuite, à l'intérieur des plages claires ainsi individualisées, une sorte de réseau qui peut encercler des débris d'origine organique ou minérale.

Ensuite, la cristallisation devient de plus en plus importante, oblitérant totalement la texture originelle de la roche.

Le dernier stade est représenté par de larges plages sparitiques dans lesquelles se développe en filigrane un réseau filamenteux diffus.

Des figures de remaniement semblables ont déjà été observées dans le Rognacien de Rognac (Réf. 120). (photo hors texte)

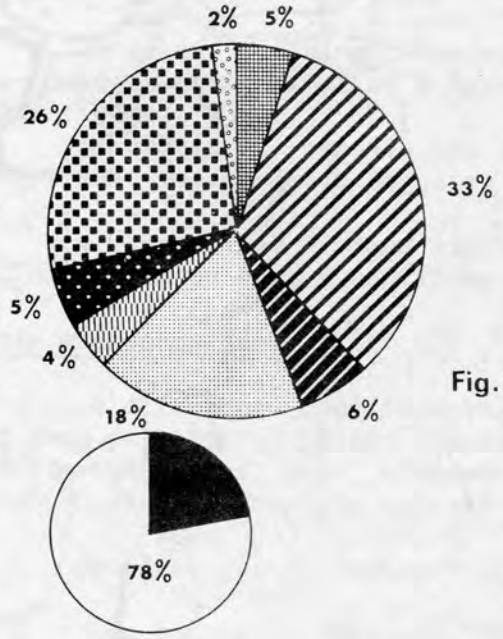


Fig. 15 : Coupe de St Estève Janson ; composition de la fraction clastique.

Par la composition générale de la fraction clastique, cette coupe présente une analogie certaine avec celle de Rousset ; cependant la présence de niveaux remaniés fait penser ici à une région soumise épisodiquement à des variations de l'épaisseur de la tranche d'eau sous laquelle se déposaient les sédiments. (Fig. 15)

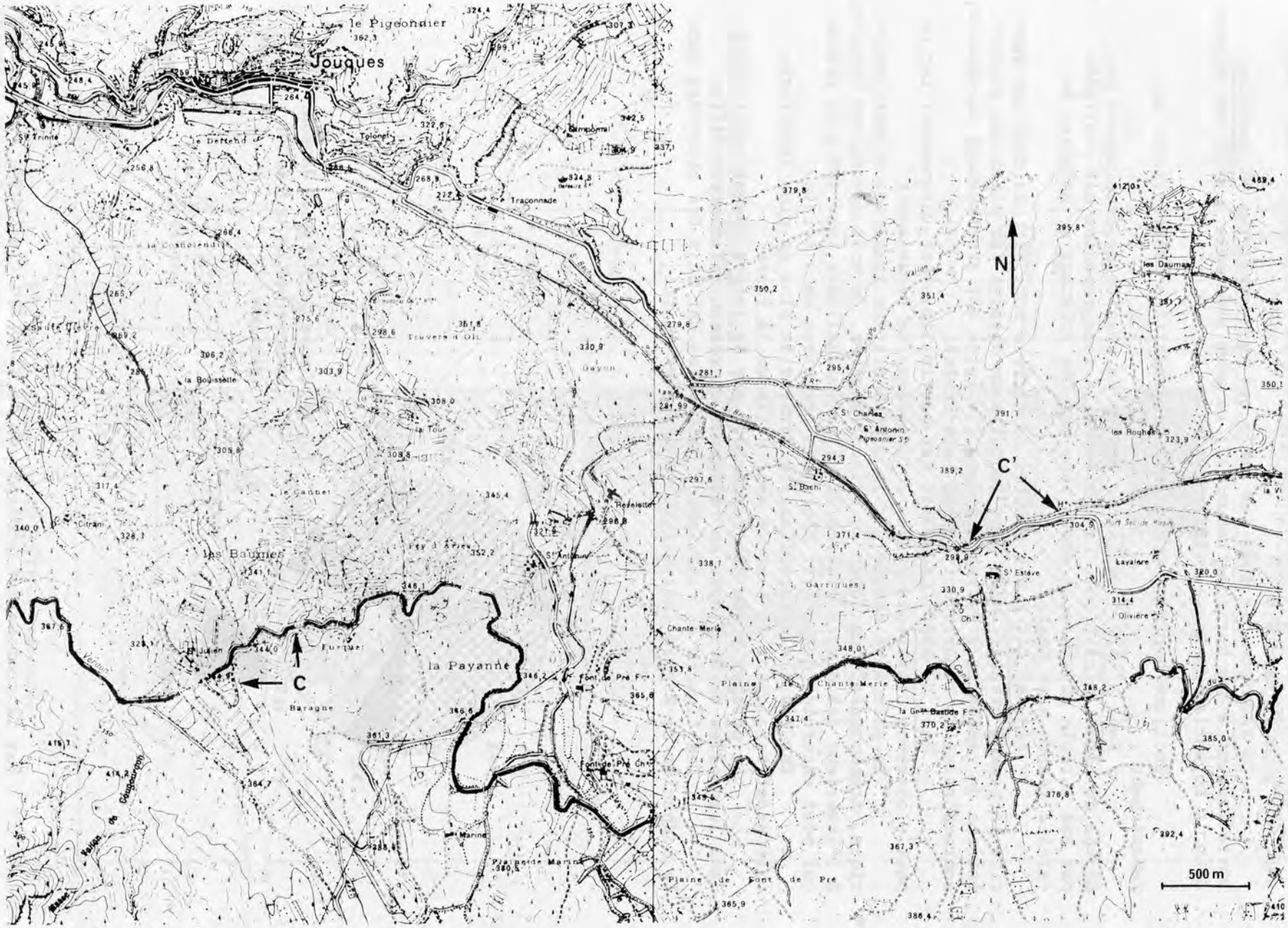


Fig. 16 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DES COUPES DE LA FERME St JULIEN (C) ET DE LA FERME St ESTEVE (C') A JOUQUES

2 - Région de Jouques : (Fig. 16)

Dans ce secteur les formations dénommées "argiles inférieures à Reptiles" dans la feuille d'Aix au 80.000 ème (3ème édition) et le calcaire de Rognac n'ont pu faire l'objet d'une coupe continue.

Les premières ont été échantillonnées au Sud de Jouques, à proximité du canal du Verdon, non loin du mas de Saint Julien.

Le second a été étudié dans la tranchée de la voie ferrée désaffectée qui longe la route RN 561, Orgon - Draguignan, au Sud-Ouest de Jouques, près de la ferme de Saint Estève.

Les deux coupes, situées approximativement sur la même latitude, sont distantes de 4 km.

2a - Coupe de la ferme Saint Julien :

a - Etude macroscopique. (Fig. 17)

Au dessus d'un horizon argileux (Réf. 286), la coupe débute avec un banc calcaire, épais, remanié au sommet et surmonté par une assise de grès jaune, finement lité, et présentant des figures de sédimentation oblique.

On observe ensuite, jusqu'au sommet de la formation, un puissant ensemble argileux à l'intérieur duquel se trouvent régulièrement intercalés des bancs de calcaire massif ou de calcaire grèseux (Réf. 297).

Les argiles sont bleutées ou grises, sauf dans le dernier niveau, où elles sont bariolées et où la couleur rouge domine.

Le sommet de la coupe est masqué par des éboulis grossiers provenant du démantellement de la barre calcaire supérieure.

Cet appareil sédimentaire ne correspond pas à ce que l'on a pu observer dans la même formation à Rognac où les faciès étaient beaucoup plus détritiques.

Par contre il rappelle les alternances de calcaires et d'argiles qui constituent le sommet du Bégudien dans cette même localité.

La plupart des niveaux argileux, peu épais et envahis par la végétation, n'ont pu être échantillonnés.

b - Etude microscopique. (Fig. 17)

Les différents constituants de la fraction clastique subissent tout au long de cette coupe des fluctuations qui ne paraissent pas obéir à une loi mathématique. Aussi n'est-il pas possible de mettre en évidence une zonation dans ce complexe calcaréoargileux.

Cependant quatre facteurs apparaissent intéressants :

- Les restes de Characées sont plus abondants dans les niveaux calcaires que dans les niveaux argileux.
- La lecture du diagramme circulaire (Fig. 18) montre la dominance des Clavatoracées sur l'ensemble de la fraction bioclastique.
- Les grandes formes d'Ostracodes sont fréquentes dans tous les bancs alors que les petites formes sont rares.
- Les Gastéropodes sont peu nombreux mais présents dans toute la coupe.

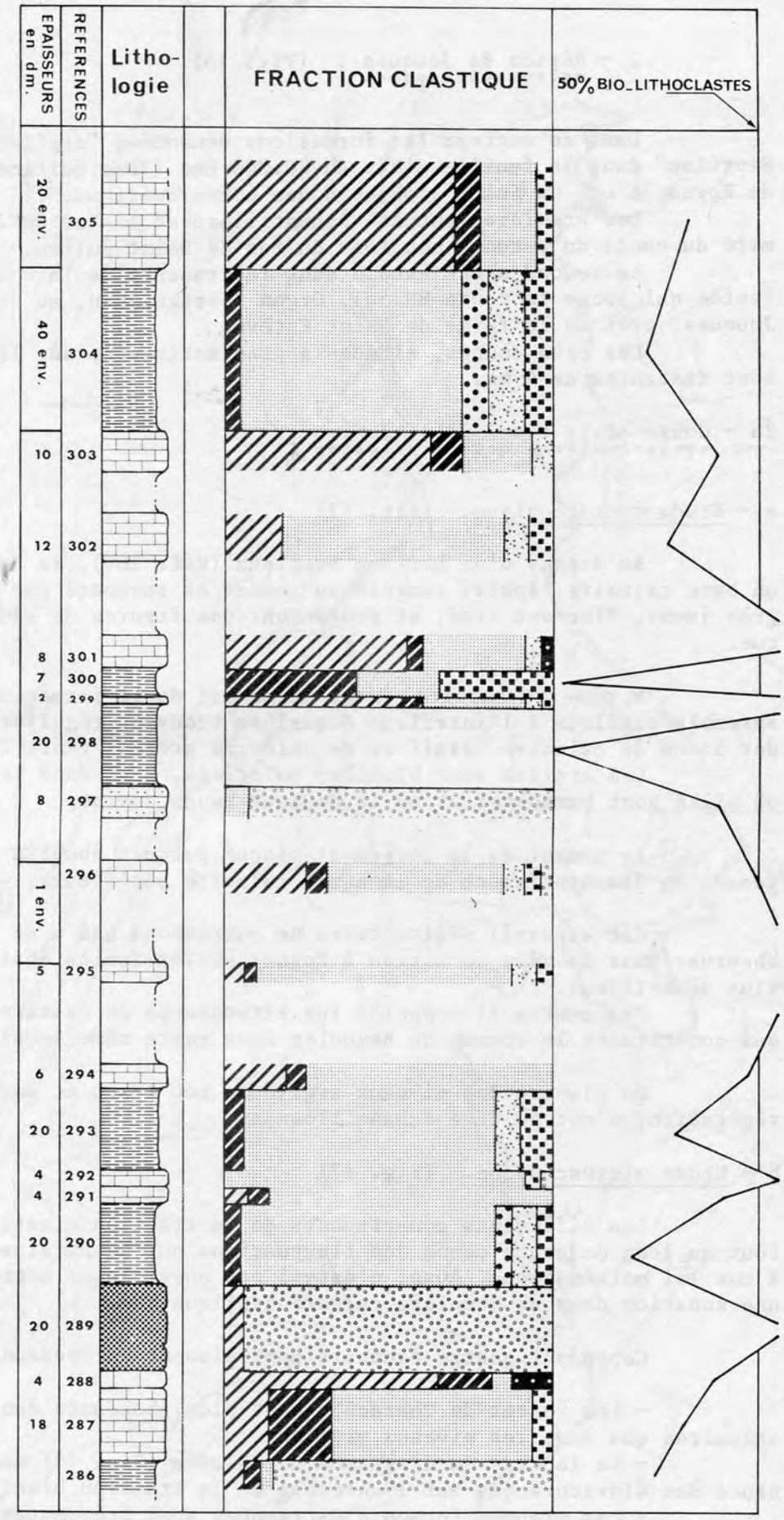


Fig. 17: Coupe de JOUQUES_ Fme de St JULIEN

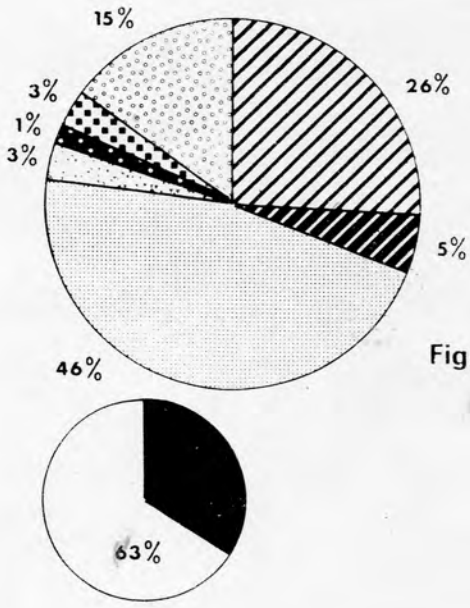


Fig. 18 : Coupe de la ferme St Julien ; composition de la fraction clastique.

Or, parmi ces facteurs, les trois premiers ont déjà été observés et considérés comme des traits caractéristiques des microfaciès du Bégudien.

Dès lors se pose un problème d'ordre stratigraphique relatif à l'âge de ces formations et deux solutions possibles peuvent être retenues :

- Soit ces terrains sont réellement bégudiens et il faut admettre que les grès et argiles bariolées à oeufs de Dinosaures n'affleurent pas ici.
- Soit ces dépôts sont contemporains des grès et argiles bariolées de Rognac et de Rousset, mais ils se sont formés dans des conditions différentes. Alors que se produisaient dans ces localités des accumulations importantes de matériel détritique, ont persisté à Jouques les conditions lacustres qui régnaient au Bégudien dans d'autres régions.

2b - Coupe de la ferme Saint Estève :

a - Etude macroscopique. (Fig. 19)

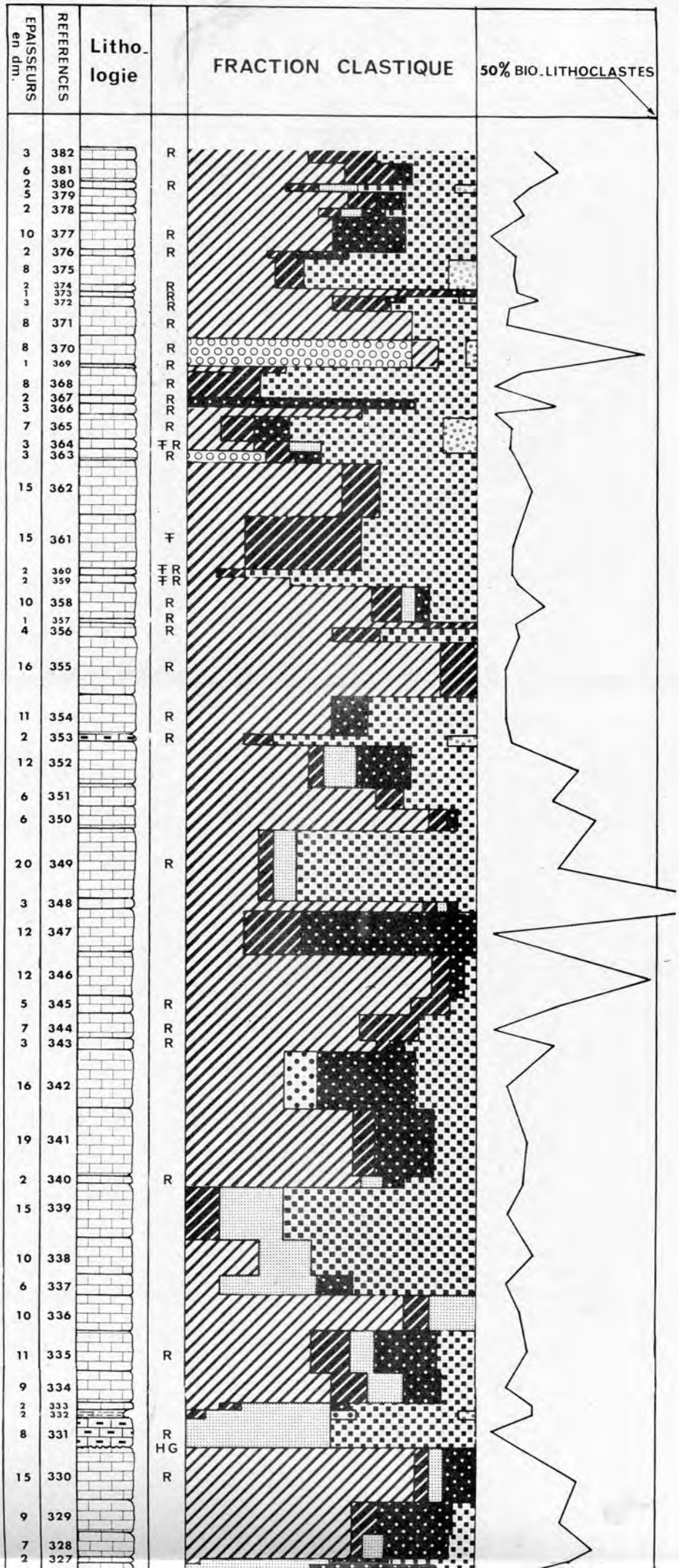
Ici encore, la barre du calcaire de Rognac, dont la puissance dépasse 50 mètres, peut être subdivisée en trois assises superposées, d'épaisseurs sensiblement égales.

Mais les limites, comme à Saint Estève Janson, ne sont pas évidentes et doivent être confirmées par l'analyse microscopique.

La base de la première unité (Réf. 306 à 330) est masquée par des éboulis.

L'ensemble est calcaire à l'exception de l'horizon N° 325, argileux, imperméable, et au niveau duquel sourdent les eaux d'infiltration.

Le dernier banc (Réf. 330) est couronné par un hard ground.


EPAISSEURS en dm.
REFERENCES
Litho-logie
FRACTION CLASTIQUE
50% BIO-LITHOCLASTES
3 382
6 381
2 380
5 379
2 378
10 377
2 376
8 375
2 374
1 373
3 372
8 371
8 370
1 369
8 368
2 367
3 366
7 365
3 364
3 363
15 362
15 361
2 360
2 359
10 358
1 357
4 356
16 355
11 354
2 353
12 352
6 351
6 350
20 349
3 348
12 347
12 346
5 345
7 344
3 343
16 342
19 341
2 340
15 339
10 338
6 337
10 336
11 335
9 334
2 333
2 332
8 331
15 330
9 329
7 328
2 327
R
HG

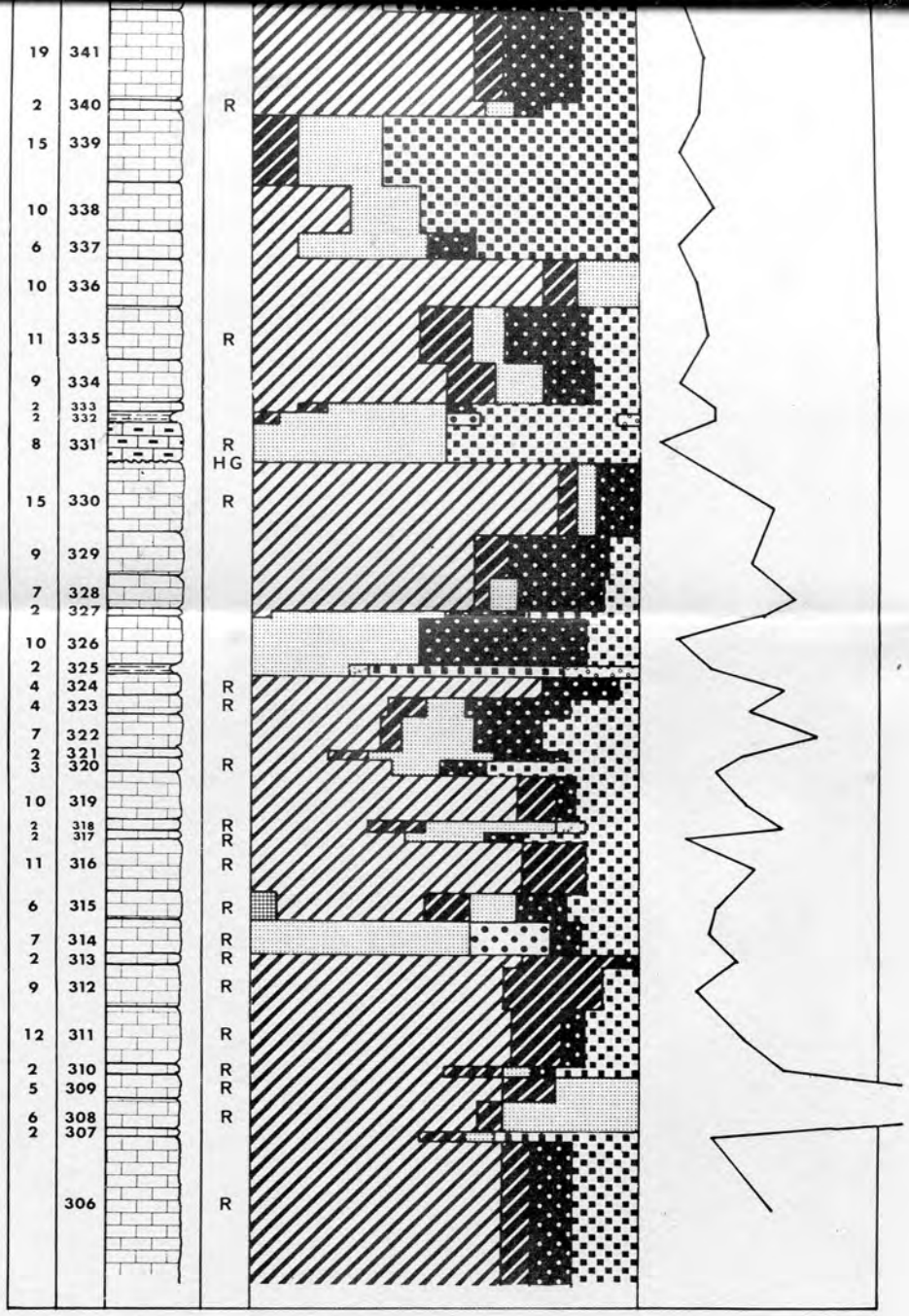


Fig. 19 : Coupe de JOUQUES_ Fme de St ESTEVE

L'unité suivante (Réf. 331 à 352) débute avec un banc de calcaire marneux rose à aspect bréchoïde, surmonté par un joint d'argile rouge, puis devient essentiellement calcaire.

C'est à nouveau un banc de calcaire marneux rose (Réf. 353) qui sépare cet ensemble de la formation sommitale (Réf. 353 à 382), calcaire, dont certains horizons fossilifères ont livré en particulier Bauxia, Viviparus et Cyclophorus (Réf. 359, 360, 361 et 364).

b - Etude microscopique. (Fig. 19)

Il est possible de distinguer, à l'intérieur du premier ensemble calcaire, trois zones liées à l'évolution du groupe des Characées et limitées par deux horizons (Réf. 314 et 325, 326) d'où ces Algues sont absentes.

A la base, la proportion des Characées est pratiquement constante, voisine de 75 % ; dans la partie moyenne, au contraire, elle subit d'importantes variations et ses minimums correspondent à des maximums pour les Clavatoracées ; enfin, au sommet, elle marque une progression nette puis s'annule brusquement.

Le pourcentage des petites formes d'Ostracodes s'accroit régulièrement vers le haut de cette première unité, alors que celui des Gastéropodes varie peu.

D'autre part, on remarque la présence de quelques débris de Microcodium dans le banc N° 315.

Dans l'horizon de passage à l'unité calcaire moyenne (Réf. 331 et 332) les Algues sont seulement représentées par les Clavatoracées qui constituent, avec les Gastéropodes, la quasi totalité de la fraction bioclastique.

On observe également un petit pic de la fraction lithoclastique ; son intérêt n'est pas négligeable car il permet d'effectuer des corrélations entre la coupe de Jouques et celles qui ont été étudiées dans d'autres secteurs.

Dans la deuxième assise (Réf. 333 à 352), la proportion des Characées s'accroît plus ou moins régulièrement pour atteindre deux maximums très rapprochés et d'autant plus importants, du point de vue quantitatif, qu'ils correspondent à deux pics de la fraction clastique. Le groupe régresse ensuite vers le sommet de cette unité.

Les Clavatoracées, encore relativement abondantes à la base, affichent également un recul dans les niveaux plus élevés.

Quant aux petits Ostracodes et aux Gastéropodes, leurs pourcentages respectifs connaissent en moyenne une hausse sensible.

Le banc N° 353, deuxième horizon de transition, présente, tout comme le précédent, un léger pic de la fraction lithoclastique.

Dans l'assise calcaire supérieure, les Characées sont à nouveau abondantes ; par contre, les Clavatoracées, comme à Saint Estève Janson, disparaissent presque totalement de ces niveaux.

Deux bancs (Réf. 363 et 370) renferment des constructions de Cyanophycées ; mais celles-ci ne sont pas du type pisolithe ; les colonies sont lamellaires et peu épaisses.

Les petites formes d'Ostracodes deviennent plus rares, par contre la proportion des Gastéropodes varie peu.

Alors qu'ils étaient pratiquement inexistants dans l'ensemble de la barre calcaire, les minéraux détritiques sont plus fréquents vers le sommet de la coupe.

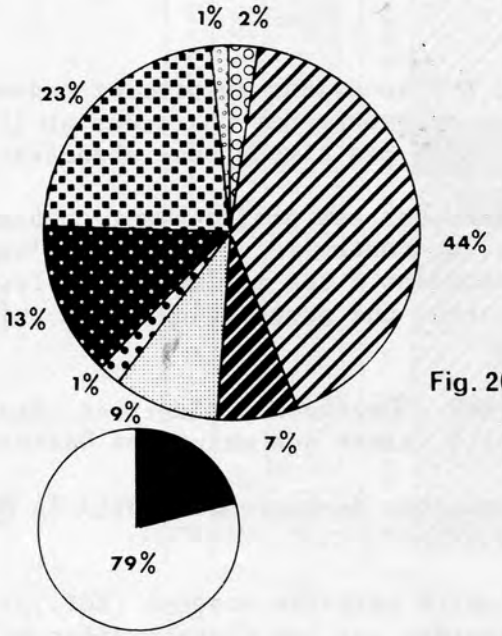


Fig. 20 : Coupe de la ferme St Estève ; composition de la fraction clastique.

La composition globale de la fraction clastique (Fig. 20) est comparable à celles des coupes de Saint Estève Janson et même de Rousset, surtout en ce qui concerne l'importance des Algues calcaires par rapport aux autres constituants.

Une certaine évolution apparaît cependant à l'intérieur de la fraction algaire. A Rousset, Characées et Clavatoracées sont également abondantes ; à Saint Estève Janson, les premières supplantent déjà les secondes ; enfin, à Jouques, la proportion de Clavatoracées est très réduite.

Cependant cette dernière région se singularise par l'absence des petites sphérules observées dans les deux autres secteurs, et surtout par un fort pourcentage des petites formes d'Ostracodes.

Un autre caractère distinctif provient de la densité importante de la coupe en niveaux remaniés ; en effet, sur les 75 bancs qui ont été échantillonnés, 45 présentent des figures de remaniement, soit 62 %.

Dans ce domaine encore, il semble y avoir une évolution avec augmentation du nombre des horizons remaniés depuis Rousset, où ils sont presque inexistants, jusqu'à Jouques, en pensant par Saint Estève Janson où leur proportion, par rapport à l'ensemble de la coupe, est voisine de 30 %.

3 - Conclusion :

Les nombreux points de comparaison qui existent entre la région de Rousset et la vallée de la Durance ne permettent pas d'établir, dans ce dernier secteur, la présence d'un bassin sédimentaire évoluant pour son propre compte.

Il devait exister au contraire de nombreuses et très larges communications.

Cependant, la région de Jouques, caractérisée par l'extrême pauvreté de la fraction lithoclastique pendant toute la durée du Rognacien, devait constituer un zone protégée des apports terrigènes.

III - LE NORD-OUEST DU VAR

1 - Coupe de Sillans la Cascade : (Fig. 21)

Les échantillons de Rognacien ont été prélevés le long d'une coupe située au Nord-Ouest de Sillans, au lieu dit Jas de Loubière, et qui a déjà donné lieu à une étude détaillée due à A. F. de Lapparent (1947) et F. Touraine (1963).

L'ensemble de la série fluvio-lacustre débute au Bégudien et s'achève avec le Thanétien à oeufs d'Oiseaux.

a - Etude macroscopique. (Fig. 22)

Le Bégudien (niveau 1 de F. Touraine), discordant sur la dolomie jurassique, est représenté par 3 à 4 mètres de calcaire jaune orangé, remanié, et qui renferme une riche faune de Gastéropodes : Cyclophorus heliciformis est très abondant ; on trouve également quelques Viviparus et des Bauxia.

Au dessus, on observe 40 mètres environ d'argiles rouges grèseuses avec bancs de grès intercalés (assises 2, 3, 4 et 5 de Touraine) ; on trouve, surtout à la base, de nombreux fragments d'os de Dinosauriens ainsi que des débris d'oeufs. Ces derniers sont ornés de gros tubercules, mais ils sont surtout remarquables de par l'épaisseur de la coquille qui peut dépasser 5 mm.

La barre de Rognac est représentée par 5 mètres environ de calcaire gris (niveau 6 de Touraine) ; le premier banc (Réf. 397) montre un réseau de fissures horizontales, parallèles, remplies de calcite hyaline, et que l'on peut interpréter comme des craquelures de dessication.

On retrouve des figures semblables dans le niveau N° F 10 de la coupe des Baux (versant Sud des Alpilles).

b - Etude microscopique. (Fig. 22)

Alors qu'au Bégudien les Gastéropodes sont les seuls constituants de la fraction clastique, dans les argiles à Reptiles, les minéraux détritiques sont exclusifs.

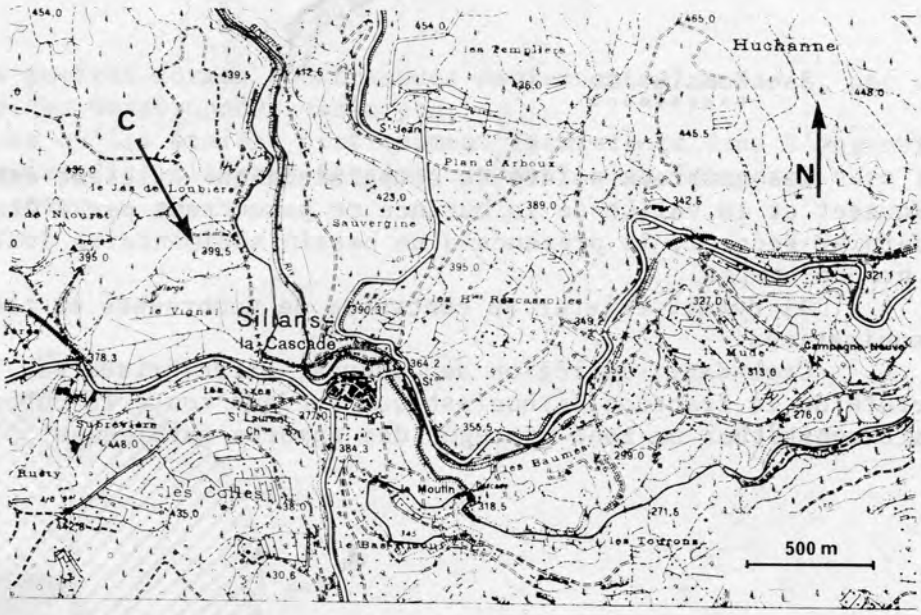


Fig. 21: SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COUPE DE SILLANS LA CASCADE

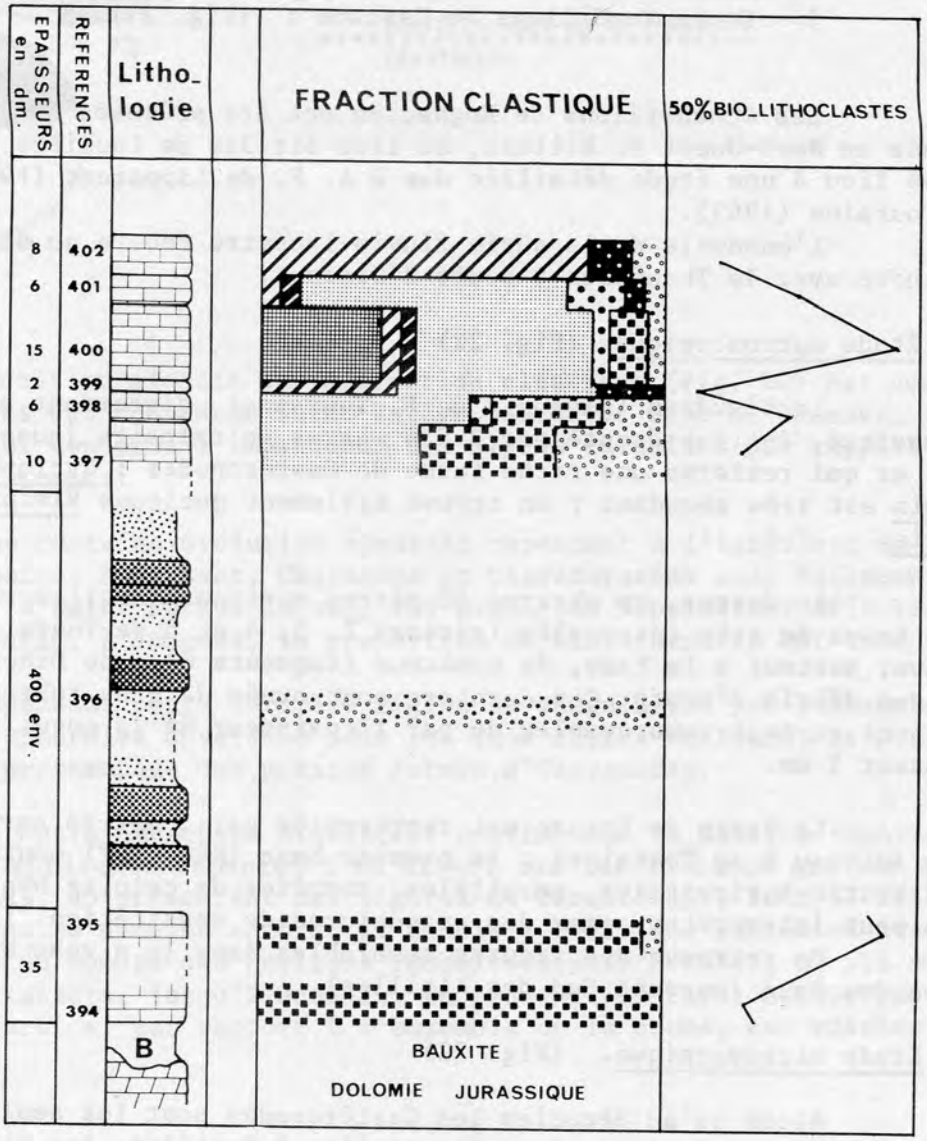


Fig. 22 : Coupe de SILLANS la CASCADE

Le calcaire de Rognac présente un ensemble de microfaciès classiques.

Les Clavatoracées sont bien représentées, avec les tiges et les oogones, sauf dans le dernier niveau où les Characées deviennent prépondérantes.

Les petites formes d'Ostracodes sont présentes dans les horizons (Réf. 399, 401 et 402) où les Algues calcaires sont abondantes.

Les proportions respectives des Gastéropodes et des minéraux détritiques décroissent régulièrement vers le sommet de la coupe.

Enfin, les Microcodium apparaissent dans le niveau N° 400 qui présente par ailleurs des figures de remaniement.

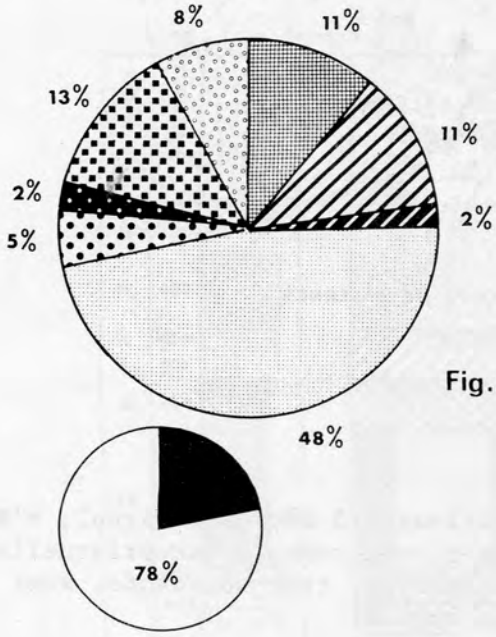


Fig. 23: Coupe de Sillans ; composition de la fraction clastique.

L'étude du diagramme circulaire récapitulatif de la composition de la fraction clastique (Fig. 23) est peu significative, étant donnée la faible puissance du calcaire de Rognac dans ce secteur.

Cependant les éléments d'origine détritique représentent 22 % de l'ensemble du sédiment. Notons que cette proportion est la même dans la plupart des autres coupes étudiées (Rognac, Saint Estève Janson, Jouques).

2 - Coupe de Salernes : (Fig. 24)

L'affleurement du Rognacien est localisé au Nord-Ouest de Salernes au lieu dit la Combe. La coupe est visible à droite, dans le premier grand virage qu'effectue la route D 31 lorsqu'on se dirige vers Aups.

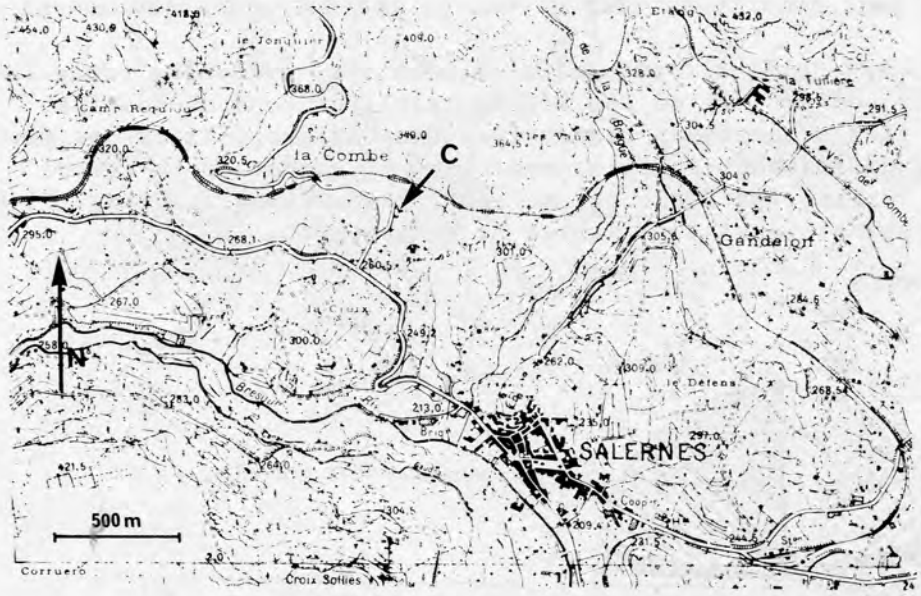


Fig. 24 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COUPE DE SALERNES

a - Etude macroscopique. (Fig. 25)

Le Bégudien, plus épais qu'à Sillans (15 mètres environ), s'achève comme dans cette dernière localité par un niveau remanié exceptionnellement riche en tests de Gastéropodes ; les Cyclophorus, très abondants, sont accompagnés par quelques Viviparus et quelques Bauxia.

Au dessus s'élèvent 3 mètres environ d'argiles rouges plus ou moins sableuses et compactes.

Le calcaire de Rognac, très réduit, est seulement représenté par deux bancs massifs ; il est surmonté par un horizon de grès grossier riche en gros pisolithes qui résultent, pour la plupart, de la momification de valves d'Unio.

b - Etude microscopique. (Fig. 25)

Confirmant les observations de l'analyse macroscopique, l'examen des lames minces permet de mettre en évidence l'abondance des restes de Gastéropodes ainsi que l'importance des effets du remaniement au sommet du Bégudien.

Le passage aux argiles gréseuses s'effectue par l'intermédiaire d'un horizon peu épais (Réf. 404) dans lequel la fraction clastique est réduite (5 % du sédiment) ; quelques Clavatoracées sont accompagnées par de petits Ostracodes.

La base des argiles est riche en Quartz mais les Algues calcaires sont cependant bien représentées ainsi que les Gastéropodes. Les petites formes d'Ostracodes sont également présentes.

Au sommet de cette formation le pourcentage des minéraux détritiques

est sensiblement le même mais la fraction bioclastique ne se compose plus que de débris de Gastéropodes.

Le microfaciès des deux bancs calcaires est spécifiquement rognacien ; cependant les proportions de chaque constituant varient d'un niveau à l'autre ; les Algues, abondantes dans le premier, marquent un recul dans le second, et parallèlement, les Gastéropodes deviennent plus nombreux.

Le grès terminal renferme un assez fort pourcentage de fragments de pisolithes ; d'autre part on y observe une quantité non négligeable de cristaux de Muscovite plus ou moins altérée (3 % environ).

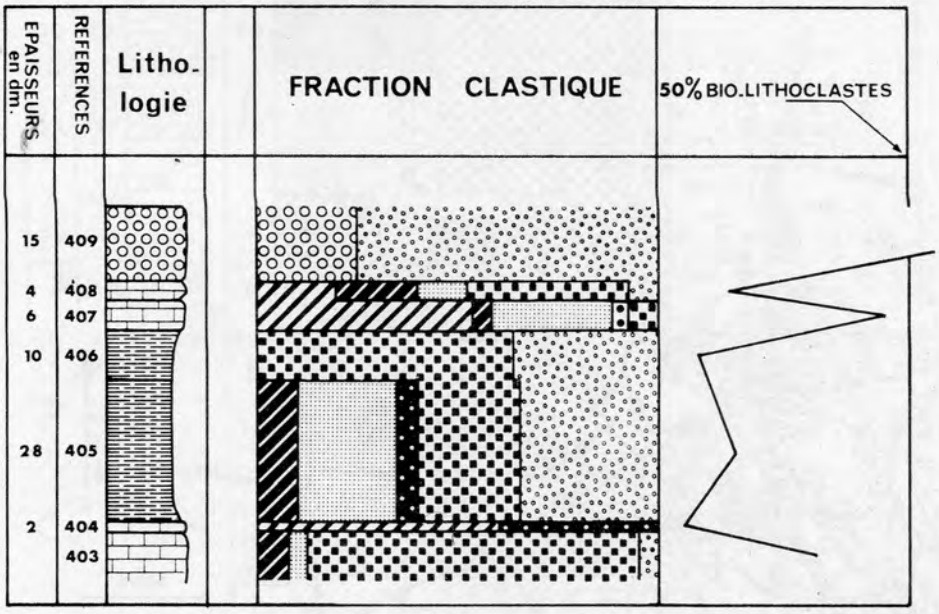


Fig. 25 : Coupe de SALERNES

Plus encore qu'à Sillans la Cascade, l'étude de la composition globale de la fraction bioclastique paraît dénuée d'intérêt, à cause de la réduction extrême de la sédimentation calcaire.

Au contraire, c'est cette diminution de l'épaisseur des terrains vers l'Est qui caractérise les affleurements du Var ; il s'agit sans aucun doute là d'une région périphérique qui a dû être inondée seulement lors des maximums d'extension du lac rognacien.

IV - LES ALPILLES

1 - Versant Sud ; coupe des Baux : (Fig. 26)

Le calcaire de Rognac constitue ici le terme ultime de la série fluvio-lacustre. Il affleure largement dans l'escarpement de la Catalane, promontoire situé au Nord-Est des Baux. Il est couronné par des entablements miocènes, discordants.

Le centre de la dépression située immédiatement au Sud, est occupé par les grès et argiles bariolées qui reposent sur les calcaires bégudiens de la barre du Colombier.

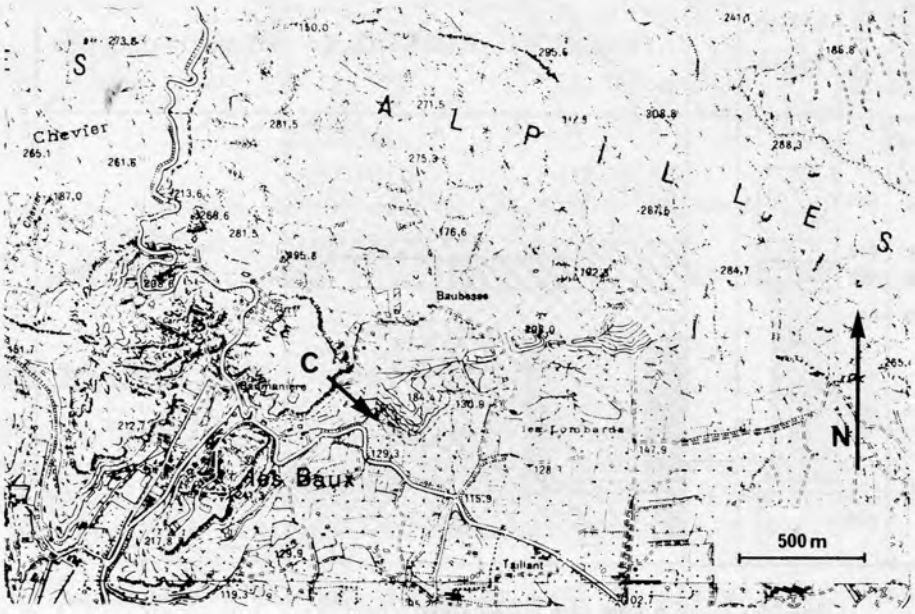


Fig. 26 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COUPE DES BAUX

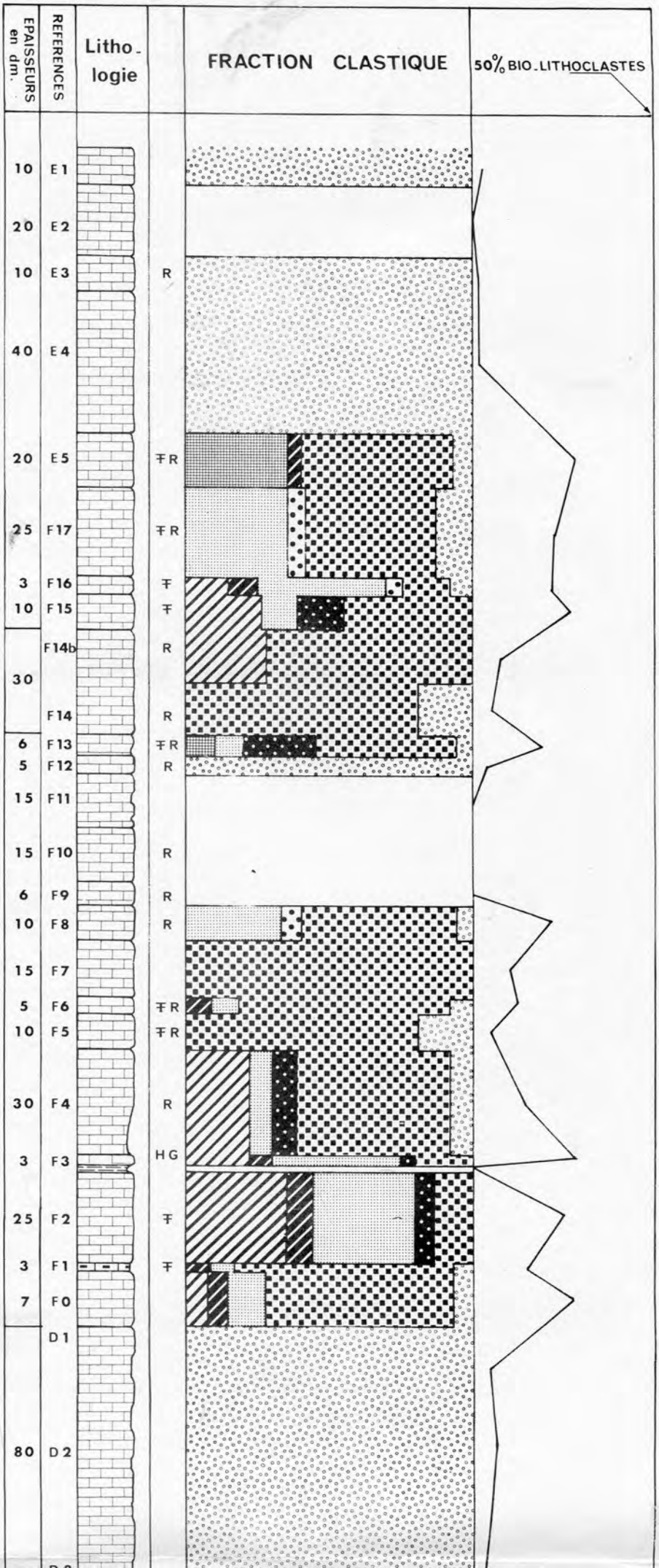
a - Etude macroscopique. (Fig. 27)

La formation détritique de la base, d'une puissance de 40 mètres environ, est représentée par des argiles rutilantes, sableuses, bien visibles au col des Baux. A l'intérieur de celles-ci sont intercalés des bancs de grès pisolithique qui ont livré quelques rares débris d'oeufs de Dinosauriens.

La barre de Rognac débute avec une assise constituée par 8 mètres environ de calcaire très blanc, d'aspect crayeux, à débit en plaquettes, et paraissant rigoureusement azoïque.

La base de cet ensemble, au contact des argiles bariolées, est caractérisée par la présence de gros silex noirs qui n'ont leur équivalent, au même niveau, dans aucune autre coupe relevée en Provence.

Au dessus, deux bancs de calcaire massif, brun, renferment Bauxia, Cyclophorus heliciformis, Viviparus, abondants, ainsi que quelques rares Lychnus.


EPAISSEURS en dm.
REFERENCES
Litho-logie
FRACTION CLASTIQUE
50% BIO.-LITHOCLASTES
10 E1
20 E2
10 E3 R
40 E4
20 E5 ∓R
25 F17 ∓R
3 F16 ∓
10 F15 ∓
F14b R
30
F14 R
6 F13 ∓R
5 F12 R
15 F11
15 F10 R
6 F9 R
10 F8 R
15 F7
5 F6 ∓R
10 F5 ∓R
30 F4 R
3 F3 HG
25 F2 ∓
3 F1 ∓
7 F0
D1
80 D2

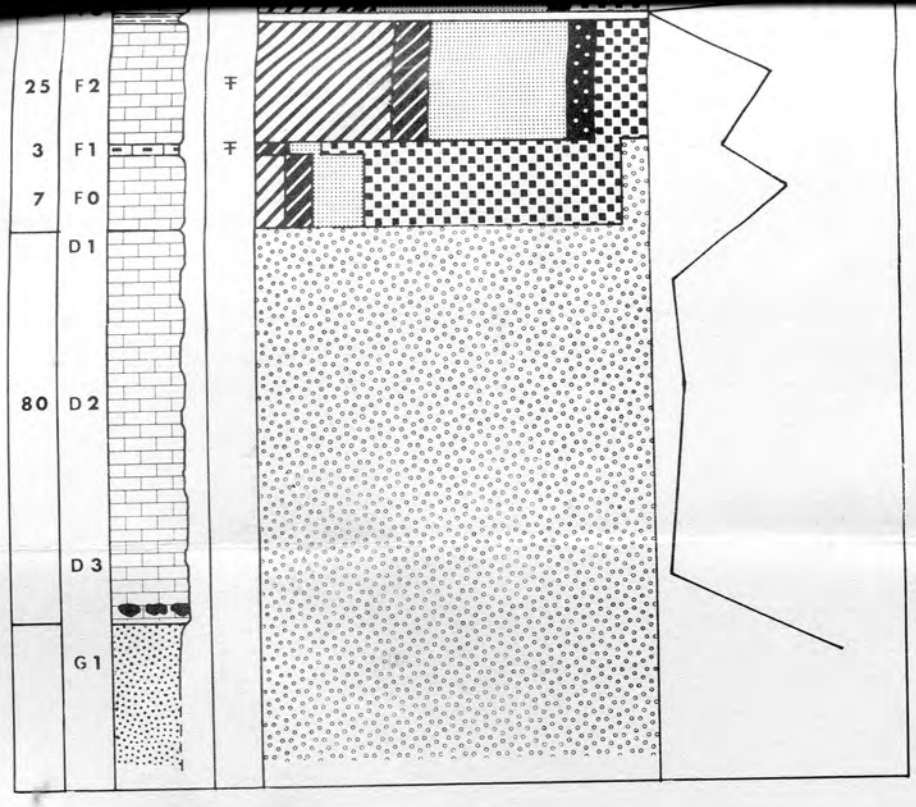


Fig. 27: Coupe des BAUX

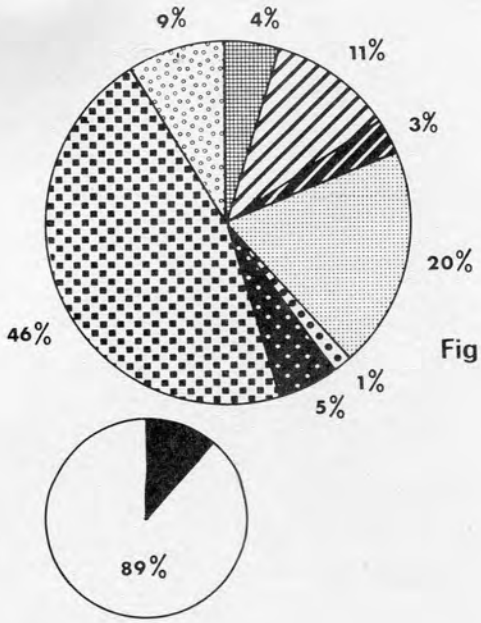


Fig. 28: Coupe des Baux; composition de la fraction clastique.

Ces deux bancs encadrent un horizon plus argileux (Réf. F1) où les fossiles (Bauxia, C. galloprovincialis, C. heberti) sont écrasés.
Un banc très dur, séparé des précédents par un joint argileux, est couronné par un hard ground.

Ensuite, des niveaux remaniés (Réf. F4, F13 et F17), de consistance crayeuse et de couleur rose ou orangée, s'intercalent dans un ensemble de calcaire massif. Les fossiles y sont abondants et variés : Bauxia, Cyclophorus heliciformis, C. solarium, Viviparus, Clausilia, Palaeostoa.

b - Etude microscopique. (Fig. 27)

Comme le laissait supposer l'observation macroscopique, l'assise calcaire de base ne renferme aucun débris de fossile ; seuls quelques grains de Quartz sont présents.

La fraction bioclastique apparaît dans les bancs suivants. Les Gastéropodes sont d'abord dominants (Réf. F0 et F1) puis les Algues marquent une progression. Les proportions respectives des Characées et des Clavatoracées sont voisines. Les petites formes d'Ostracodes sont peu abondantes.

Au dessus du hard ground qui limite au sommet l'unité précédente, les débris de Gastéropodes redeviennent progressivement plus nombreux et représentent temporairement (Réf. F5 et F7) la totalité de la fraction bioclastique.
Au banc suivant (Réf. F8), dans lequel on observe des tiges et des oogones de Clavatoracées, succède un ensemble de niveaux (Réf. F9 à F11) dans lesquels la fraction clastique est totalement absente. Cette zone constitue le passage de l'unité calcaire moyenne à l'unité supérieure.

Celle-ci débute avec un banc encore azoïque mais qui présente cependant une faible proportion de Quartz.
L'assise supérieure est nettement subdivisée en deux parties.
La base est caractérisée par la présence d'une fraction bioclastique relativement abondante et dans la composition de laquelle apparaissent les Microcodium. Pour le reste, les microfaciès observés sont en tous points comparables à ceux des deux précédentes unités.
Au sommet, au contraire, les débris d'origine organique sont inexistants et seuls quelques rares grains de Quartz sont clairsemés sur le fond micritique de la roche.

Le diagramme récapitulatif de la composition de la fraction clastique (Fig. 28) met en évidence la prédominance des Gastéropodes qui représentent près de 50 % de l'ensemble ; la proportion des minéraux détritiques est également relativement importante.
Mais le fait le plus remarquable réside dans la pauvreté de la coupe en éléments d'origine détritique ; en effet, la fraction clastique ne représente que 11 % du sédiment alors que cette proportion est de 25 % en moyenne dans les autres secteurs étudiés.

D'autre part, les horizons remaniés sont nombreux ; ils constituent environ 50 % de l'ensemble de la coupe.
Les figures de remaniement observées sont classiques ; il s'agit dans la plupart des cas de nodules hétérométriques de micrite, enveloppés dans des plages sparitiques.
Cependant le niveau N° F10 est caractérisé par un processus original ; des fissures allongées, horizontales, donc parallèles à la sédimentation, sont remplies d'une sparite qui enrobe localement des nodules micritiques (photo hors texte).

Il peut s'agir de craquelures de dessication en masse du sédiment ; ces figures s'apparentent beaucoup avec celles qui sont décrites dans la littérature anglo-saxonne sous le terme de birdseyes (structures particulières aux sédiments marins intertidaux).

2 - Versant Nord ; coupe d'Eygalières : (Fig. 29)

Dans ce secteur nos observations sont en désaccord avec les relevés de la feuille au 50.000 ème des Alpilles (édition de 1960). En effet, sur ce document, la limite entre le Bégudien et le Rognacien passe au niveau du mas de Péchier situé à l'Est d'Eygalières, à 400 mètres sur la droite de la route qui mène à Orgon.

D'autre part, les grès à Reptiles du Rognacien inférieur ne figurent pas. Or nous avons retrouvé cette formation, en bordure de la route, à proximité du mas du Roucas, et nous avons pu y recueillir quelques fragments d'oeufs de Dinosauriens.

Nous considérons donc, comme seul Rognacien, l'ensemble calcaire qui s'élève en butte au dessus des grès.

L'affleurement de ce calcaire se prolonge d'une part vers la Chapelle Saint Sixte, au Sud-Ouest, et d'autre part vers la Chapelle Saint Roch, d'Orgon, au Nord-Est.

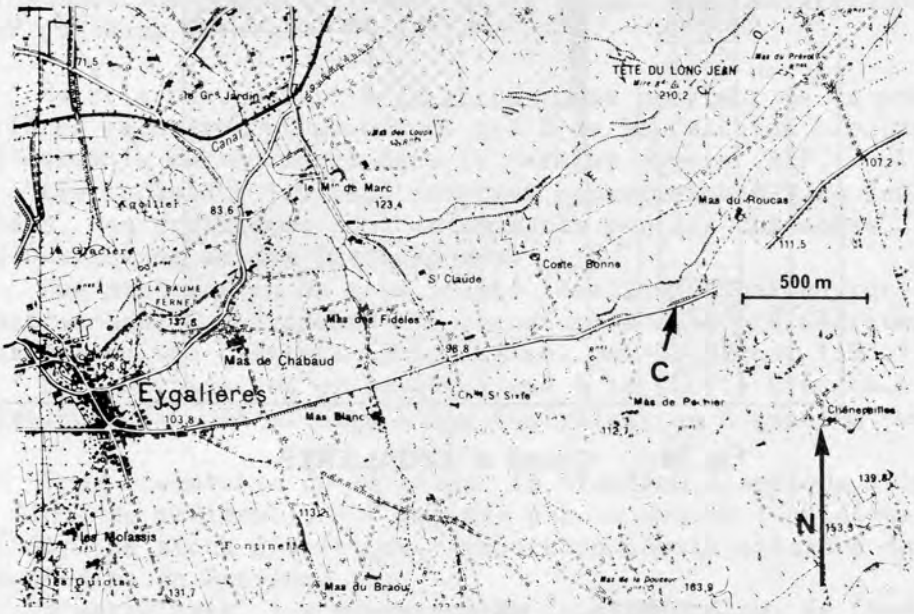


Fig. 29 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COUPE D' EYGALIERES

a - Etude macroscopique. (Fig. 30)

Les argiles gréseuses rouges de la base sont peu épaisses.

Au dessus, le calcaire de Rognac débute avec un banc massif à patine jaune, azoïque, auquel succèdent deux horizons plus argileux.

Puis la barre calcaire proprement dite s'élève en gradins ; les replats correspondent en général à des niveaux rubéfiés et remaniés.

Les fossiles sont abondants dans un seul banc (Réf. 227) ; les plus fréquents sont Bauxia, Cyclophorus heliciformis, Clausilia et Palaeostoa.

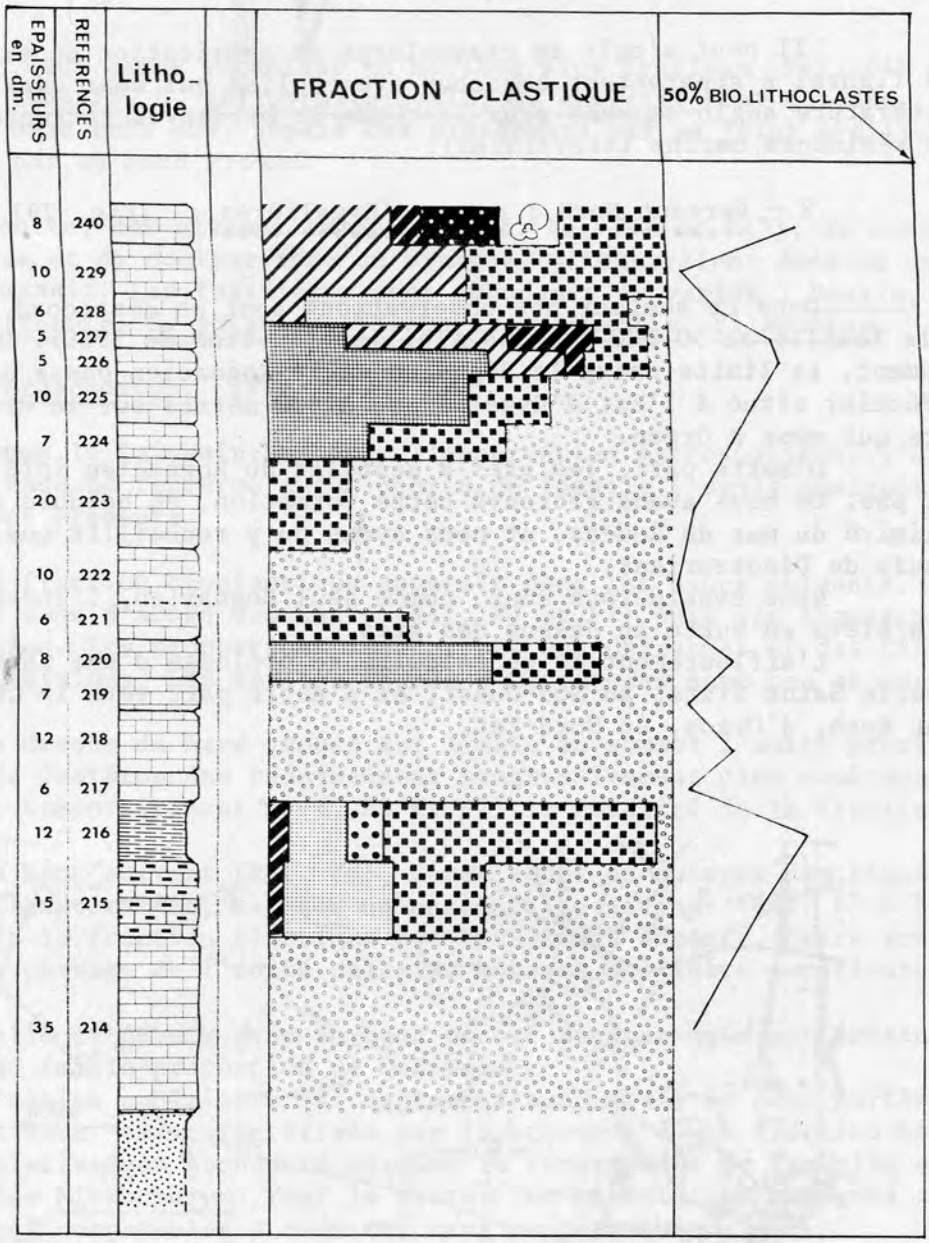


Fig. 30: Coupe d' EYGALIERES

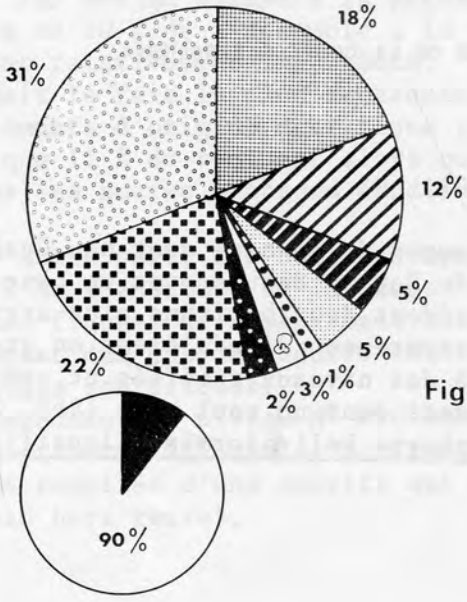


Fig. 31: Coupe d'Eygalières ; composition de la fraction clastique.

b - Etude microscopique. (Fig. 30)

Trois ensembles biologiques d'importance inégale sont séparés par des horizons dans lesquels la fraction lithoclastique figure seule (Réf. 217 à 219 et 222).

Comme cela a déjà été observé dans le Bassin des Baux, le microfaciès de la première assise, au contact des argiles à Reptiles est seulement caractérisé par la présence de quelques grains de Quartz dans un ciment micritique homogène.

Par contre, les deux bancs suivants (Réf. 215 et 216) renferment quelques oogones de Characées, des tiges et des sporanges de Clavatoracées, et surtout des fragments de tests de Gastéropodes.

Au sommet de la deuxième unité (Réf. 220 et 221) la fraction clastique est peu diversifiée ; elle est essentiellement constituée par les Microcodium et les Gastéropodes ; les minéraux détritiques sont également abondants.

Dans le dernier ensemble, on observe la disparition très progressive des minéraux détritiques au profit de la fraction bioclastique ; celle-ci, d'abord représentée uniquement par les Gastéropodes, s'enrichit ensuite régulièrement en débris de Microcodium.

Le maximum de développement de ces organismes (Réf. 226) coïncide avec l'apparition des Characées (tiges et oogones) dont le pourcentage demeure à peu près constant jusqu'au sommet de la coupe. Les Clavatoracées ne sont présentes que dans le niveau N° 228.

Mais la particularité de cette coupe provient de la présence de Foraminifères relativement abondants (19 % de la fraction bioclastique ; 5 % de l'ensemble du sédiment) dans le dernier niveau (Réf. 240).

Les individus les plus nombreux appartiennent à la famille des Discorbidés. Ces organismes sont accompagnés par des Characées, de petites formes d'Ostracodes et des Gastéropodes.

Une association en tous points identique (Charophytes, Foraminifères, Ostracodes, Gastéropodes, Microcodium) a déjà été décrite dans les calcaires liburniens d'Istrie (Yougoslavie) par G. Bignot (1966).

Le Liburnien est un faciès situé à la limite Crétacé - Tertiaire, donc représenté par des niveaux d'âge équivalent au Rognacien terminal.

Pour l'ensemble de la coupe, la fraction clastique (Fig. 31), réduite (10 % du sédiment), est dominée par le Quartz ; celui-ci représente en effet 31 % du stock détritique, proportion jamais atteinte dans les autres secteurs étudiés en Provence.

D'autre part, les pourcentages de Microcodium, de Charophytes et de Gastéropodes sont sensiblement identiques (18, 23 et 22 %) ; ceux des Foraminifères et des Ostracodes sont beaucoup plus modestes (3 et 2 %).

Les horizons remaniés sont très nombreux (67 % de l'ensemble) mais c'est surtout l'intensité des effets du remaniement dans certains bancs (Réf. 217, 220, 223, 225, 226) qui est remarquable.

L'ensemble du sédiment est trituré et on observe une grande quantité de nodules micritiques hétérométriques noyés dans le ciment sparitique ; chacun de ces nodules, même de très petite taille, renferme un débris d'origine organique ou minérale.

Il est à noter qu'une fois encore la plupart de ces horizons remaniés sont riches en fragments de Microcodium.

3 - Conclusion :

En définitive, le Rognacien des Alpilles est caractérisé par un ensemble de facteurs parmi lesquels certains sont communs aux deux versants.

Il s'agit en particulier de la faible proportion de la fraction clastique par rapport à l'ensemble du sédiment et du fait que les niveaux remaniés sont nombreux et les effets du remaniement importants.

On remarque d'autre part que le pourcentage des Characées (tiges et oogones) est identique dans les deux coupes.

Le Bassin des Baux se distingue d'abord par la puissance supérieure de la série sédimentaire (40 mètres d'argiles bariolées et 40 mètres de calcaire, alors que sur le versant Nord l'ensemble des deux formations ne dépasse pas 25 mètres) et également par le fait que les Gastéropodes constituent près de la moitié de la fraction bioclastique.

Dans la région d'Eygalières les minéraux détritiques et les Microcodium sont abondants mais la principale caractéristique de ce secteur provient de la présence de Foraminifères au sommet du Rognacien.

V - LA REGION D'UZES : Coupe de Marignac. (Fig. 32)

Bien que le Crétacé supérieur lacustre soit mal daté dans ce secteur (J. Sornay - 1950), son étude a paru intéressante du fait de sa position intermédiaire entre les affleurements de Provence et ceux du Languedoc.

Le hameau de Marignac est situé à 10 km environ d'Uzès, légèrement au Nord de la route RN 581 qui mène à Alès.

La coupe est visible au lieu dit "Les Ponts de Tardre".

a - Etude macroscopique. (Fig. 33)

Au dessus des grès coniaciens, affleurent, sur une épaisseur de 8 à 10 mètres, des argiles rouges dans lesquelles sont intercalés localement des niveaux à pisolithes.

Les seuls macrofossiles rencontrés dans cette formation sont des fragments de gros Gastéropodes et des débris d'origine énigmatique.

On peut reconstituer, en assemblant ces derniers, des organismes en forme de gouttière évasée à une extrémité et présentant une sole de fixation à l'autre ; l'ensemble mesure 4 cm environ. (photo hors texte)

Il est probable qu'il s'agit là d'une espèce de Lamellibranche, ce que paraît confirmer la structure du test.

Au dessus, s'élève une unité calcaire où les niveaux pisolithiques dominent ; la coupe s'achève avec un horizon lité de couleur rose orangé et un banc d'aspect crayeux.

Fig. 32 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COUPE DE MARIGNAC

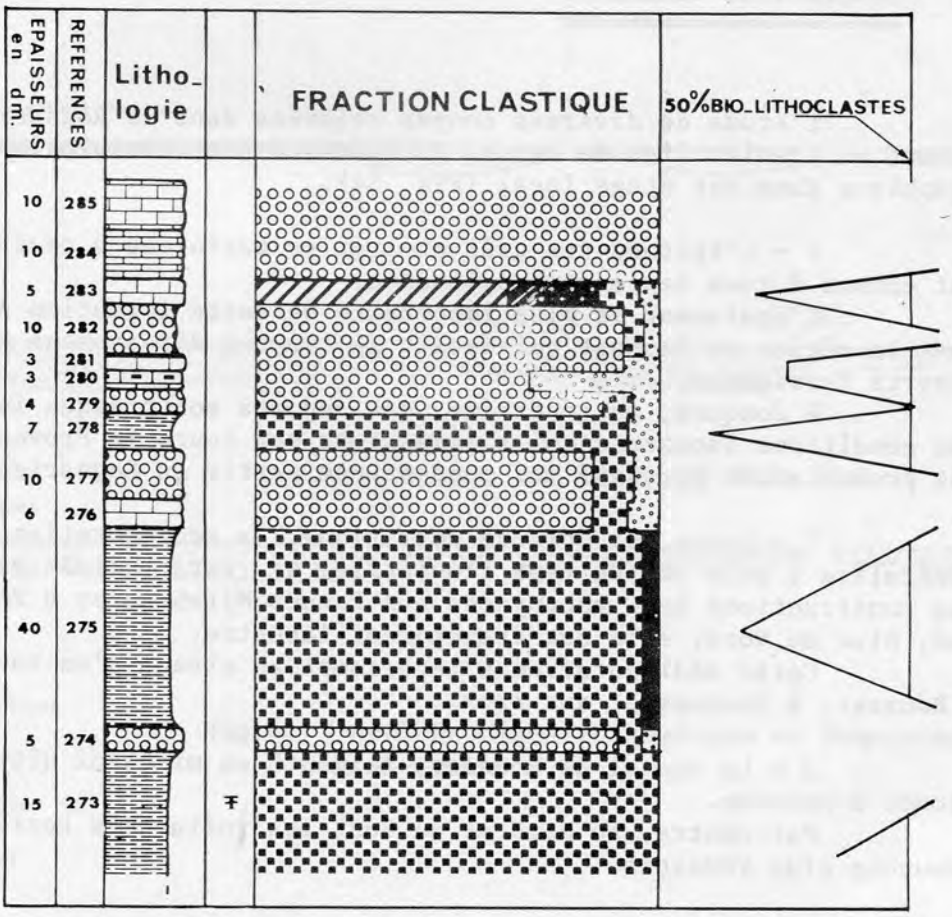


Fig. 33 : Coupe de MARIGNAC

b - Etude microscopique. (Fig. 33)

Le premier niveau argileux (Réf. 273) a livré une petite faune de Gastéropodes, très riche et très variée. Les espèces qui la constituent, sont, par ordre d'abondance décroissante :

Cyclophorus sp., Melania sp., Viviparus sp., Viviparus aff. cingulatus, une forme proche du genre Hydrobia, Palaeostoa sp., etc...

D'autre part, on remarque la présence de nombreux opercules.

Le niveau argileux suivant (Réf. 275) renferme les mêmes Gastéropodes mais en moins grande quantité ; on observe également quelques petites formes d'Ostracodes d'affinité bégudienne.

Dans les bancs durs intercalés dans ces argiles, les constructions de Cyanophycées sont très abondantes, et on observe, en lame mince, des sections de Gastéropodes momifiés (photo hors texte).

Au sommet, la barre calcaire est également très riche en colonies de Cyanophycées, et les derniers bancs ont un aspect tufacé caractéristique.

Un seul niveau (Réf. 283) présente une association que l'on retrouve fréquemment dans le Rognacien provençal ; des tiges et des oogones de Characées sont accompagnés par de petits Ostracodes et des Gastéropodes.

Cependant ce dernier argument est insuffisant pour permettre de se prononcer avec certitude sur l'âge de ces terrains et par conséquent nous ne ferons pas intervenir l'étude de cette coupe dans notre synthèse paléoécologique et paléogéographique.

VI - CONCLUSIONS GENERALES

L'étude de diverses coupes relevées dans le Rognacien de Provence permet en premier lieu de mettre en évidence une chronologie lithostratigraphique dans cet étage local (Fig. 34).

1 - L'épisode des grès et argiles bariolées à oeufs de Dinosauriens est commun à tous les secteurs étudiés.

L'épaisseur la plus importante de cette formation est atteinte dans la région de Rousset qui devait se trouver directement dans l'axe des apports terrigènes.

A Jouques, au contraire, ces apports sontpresque inexistants et les conditions lacustres qui s'étendaient sur toute la Provence au Bégudien ont probablement persisté ici pendant une partie du Rognacien.

2 - Après cet épisode détritique, la sédimentation calcaire se généralise ; elle est de type fluviatile, et caractérisée par l'abondance des constructions de Cyanophycées aux Pennes Mirabeau et à Rognac, alors que, plus au Nord, elle est franchement lacustre.

Cette sédimentation s'interrompt au niveau d'un hard ground visible à Rousset, à Jouques et aux Baux.

3 - Le chenal de Rousset, alimenté en minéraux détritiques, fonctionne à nouveau.

Par contre, au Nord et au Sud, les influences terrigènes sont beaucoup plus réduites.

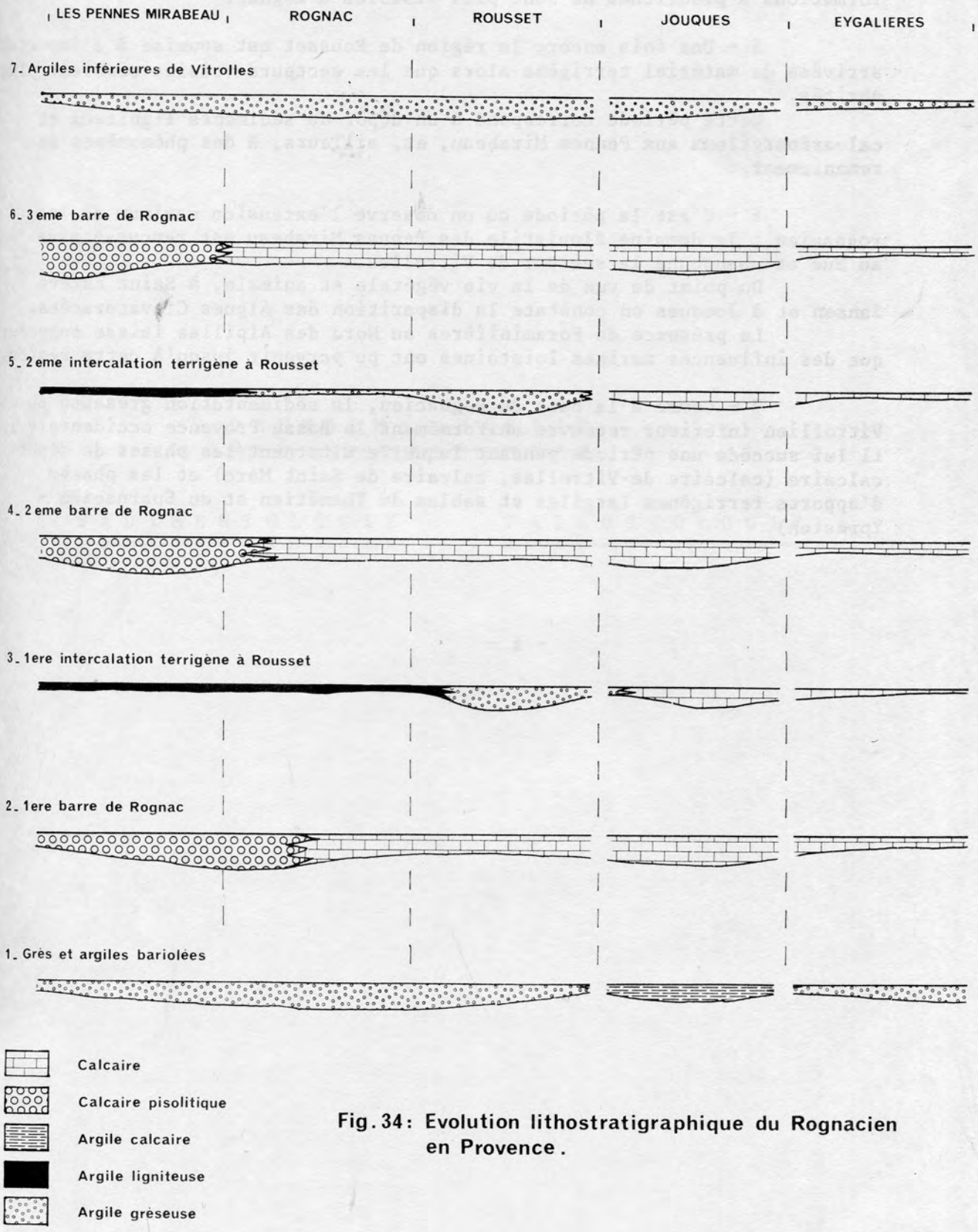


Fig. 34 : Evolution lithostratigraphique du Rognacien en Provence.

Aux Pennes Mirabeau et à Rognac on observe des niveaux ligniteux et calcaréoargileux ; à Jouques la sédimentation calcaire persiste.

4 - Les conditions lacustres qui ont contribué à l'édification de la première barre calcaire réapparaissent ainsi que le chenal des Pennes Mirabeau. Toutefois celui-ci semble se déplacer vers le Sud ; en effet, les formations à pisolithes ne sont plus visibles à Rognac.

5 - Une fois encore la région de Rousset est soumise à d'importantes arrivées de matériel terrigène alors que les secteurs voisins semblent plus abrités.

Cette période correspond à un dépôt de sédiments ligniteux et calcaréoargileux aux Pennes Mirabeau, et, ailleurs, à des phénomènes de remaniement.

6 - C'est la période où on observe l'extension maximum du lac rognacien ; le domaine fluviatile des Pennes Mirabeau est repoussé plus au Sud et abandonne le secteur de Vitrolles.

Du point de vue de la vie végétale et animale, à Saint Estève Janson et à Jouques on constate la disparition des Algues Clavatoracées.

La présence de Foraminifères au Nord des Alpilles laisse supposer que des influences marines lointaines ont pu parvenir jusqu'à cette région.

7 - Comme à la base du Rognacien, la sédimentation gréseuse du Vitrollien inférieur recouvre uniformément la Basse Provence occidentale ; il lui succède une période pendant laquelle alternent les phases de dépôt calcaire (calcaire de Vitrolles, calcaire de Saint Marc) et les phases d'apports terrigènes (argiles et sables du Thanétien et du Sparnacien - Yprésien).

- § -

D E U X I E M E P A R T I E

S E D I M E N T O L O G I E

P A L E O E C O L O G I E

I - SEDIMENTOLOGIE

L'étude préalable du contexte sédimentaire paraît nécessaire ; elle permet en effet d'obtenir une image plus ou moins approchée des milieux de sédimentation et de mettre en évidence des corrélations spécifiques entre les communautés fossiles (notion de communauté fossile précisée par J. Philip - 1970) et les dépôts dans lesquels elles se trouvent.

On pourra ainsi différencier dans ces communautés celles qui représentent des paléobiocoenoses, des groupements fortuits, souvent post-mortem, d'organismes qui ne vivaient pas dans un même biotope.

A - FACIES TYPES

L'analyse pétrographique permet de mettre en évidence l'existence de trois principaux faciès lithologiques dans le Rognacien de Provence :
Le faciès fluviatile correspond aux grès et argiles bariolées et aux amoncellements de pisolithes ; les faciès d'accumulation sont représentés par les lignites et les calcaires cendreux, les faciès de décantation, par les calcaires massifs.

1 - Faciès fluviatiles :

On peut distinguer trois types liés à la variation de la teneur en CO3 Ca du sédiment et au mode, calme ou agité du dépôt.

a - Type argilo-sableux.

Il est illustré par les niveaux d'argiles gréseuses bariolées du Rognacien inférieur (cf. coupe de Rognac).
Le sédiment présente la composition suivante :
- Minéraux argileux (d'après C. Sittler - 1965)
La Montmorillonite (30 % environ) serait d'origine pédologique, remaniée à partir de sols ; l'Illite (65 % environ) et la Chlorite (5 % environ) seraient détritiques.
Ces minéraux représentent près de 80 % en moyenne de l'ensemble du dépôt.
- Minéraux détritiques
Le Quartz, pratiquement exclusif, est figuré par des cristaux de petite taille en général brillants et anguleux.
- Organismes
Dans ces niveaux argileux, les fragments d'oeufs de Dinosauriens sont fréquents, en particulier à Rousset.
En ce qui concerne les microfossiles, ils ne sont guère représentés que par quelques débris de tests de Gastéropodes.

b - Type calcaréo-gréseux.

On l'observe dans les bancs consolidés, à pisolithes, intercalés dans les argiles précédemment décrites.
La teneur moyenne en CO3 Ca est supérieure (60 % environ au lieu de 40 % pour le type précédent) et le matériel détritique est en général plus grossier.

Mises à part les Cyanophycées, édificatrices des pisolithes (ces derniers sont cependant assez peu abondants et surtout fragmentaires), les seuls organismes présents sont les Gastéropodes.

Une interprétation satisfaisante de ces deux premiers types de faciès est possible à la suite des très intéressants travaux de P. Freytet (1964 - 1967) sur les milieux fluviatiles fossiles du Languedoc.

La très grande extension géographique des grès et argiles bariolées et l'origine manifestement allochtone des dépôts suggèrent une sédimentation détritique due à "une divagation fluviatile dans une vaste plaine d'épandage située au pied de régions en cours d'érosion" (P. Freytet - 1967).

Lors de crues catastrophiques, des chenaux turbulents drainent un matériel grossier, et, si le milieu est suffisamment calcaire, des colonies de Cyanophycées peuvent se développer ; au contraire, les aires d'épandage latéral sont soumises à des dépôts plus fins (limons de crue, argiles rouges).

c - Type à dominance calcaire.

Il est bien représenté dans les niveaux riches en pisolithes et qui sont nombreux aux Pennes Mirabeau.

Les édifices, de dimensions moyennes (quelques cm), sont coalescents et, par conséquent, le ciment de la roche est peu abondant.

D'autre part, les minéraux détritiques sont rares.

Dans les travaux qu'ils ont consacrés aux constructions dues à des Cyanophycées, P. Freytet et J.C. Plaziat (1965) distinguent deux types de colonies, les colonies mineures et les colonies majeures.

Les premières sont représentées par des structures élémentaires, dues au mode d'association des filaments radiaires, à l'intérieur de chaque couche concentrique.

Les secondes ne sont autres que les édifices eux-mêmes (pisolithes au sens large), constitués par une alternance de couches claires (microfaciès lacuneux) et sombres (microfaciès compact).

Ces deux types de colonies se présentent selon diverses modalités :

- Colonies mineures.

La plupart des microstructures, décrites dans le Crétacé supérieur et l'Eocène du Languedoc par les auteurs précités, se retrouvent dans les diverses constructions du Rognacien de Provence.

. Gazonnement.

Les filaments sont approximativement parallèles entre eux et disposés perpendiculairement aux surfaces limitant la couche concentrique qu'ils constituent.

Cette structure est commune dans le microfaciès compact (photo hors texte).

. Touffes.

Les filaments sont assemblés en touffes arbustives plus ou moins jointives, ce qui confère aux couches concentriques un aspect mamelonné.

Ce type est caractéristique du microfaciès lacuneux.

. Structure celluleuse.

Des alvéoles plus ou moins allongées, concentriques, disposées grossièrement en quinconce et remplies de calcite hyaline, sont cernées par

des assemblages de colonies mineures, en forme d'arceaux.

Dans la grande majorité des pisolithes rognaciens étudiés, on remarque que la structure en touffes et par conséquent le microfaciès lacuneux sont très développés. On peut reconnaître dans ce fait l'indice du caractère très favorable du milieu.

Le microfaciès compact proviendrait de l'étouffement des colonies par précipitation de calcaire lacustre autour de l'extrémité vivante des filaments.

C'est l'alternance de périodes favorables et défavorables (saisons ?) qui détermine la zonation de ces constructions.

- Colonies majeures.

P. Freytet et J.C. Plaziat ont mis en évidence, en Languedoc, le fait que la morphologie des édifices est en relation avec leur mode de gisement.

On peut distinguer, dans le Crétacé supérieur provençal, trois types essentiels.

. Boulets algaires (Algal balls des auteurs anglo-saxons).

Ce sont des colonies sphériques ou ovoïdes dont la taille moyenne est voisine de 4 cm. Cependant, certaines peuvent atteindre 20 cm de diamètre, en particulier dans les horizons calcaires intercalés dans les argiles inférieures de Vitrolles.

Le nucléus qui sert de support au germe de la colonie est de taille réduite par rapport à l'ensemble ; sa nature peut être très diverse, grain de sable, galet mou, fragment de construction ou association de plusieurs pisolithes de petites dimensions.

. Encroûtements cylindriques.

Ils correspondent au développement de colonies de Cyanophycées sur des branches ou des brindilles.

Dans le Rognacien de Provence, les formes observées sont toujours de petite taille (diamètre de 0,5 à 1 cm, longueur de 1 à 5 cm en moyenne). Le vide laissé après disparition du reste végétal est rempli postérieurement par le ciment matriciel de la roche ou par une sparite largement cristallisée.

Lorsque ce type de construction devient prépondérant, la roche acquiert un aspect de tuf ; cette structure particulière est bien représentée dans de nombreux niveaux de la coupe des Pennes Mirabeau.

. Momies .

Le nucléus de l'édifice est un organisme (en général Lamellibranche ou Gastéropode). Les coquilles le plus souvent encroûtées sont les valves d'Unio, mais il n'est pas rare de trouver dans les mêmes conditions de fossilisation Bauxia ou Cyclophorus.

Les boulets et les momies d'une part, les encroûtements cylindriques d'autre part, semblent liés à deux modalités de sédimentation fluviatile distinctes.

. Les chenaux : Les constructions les plus fréquentes dans ce milieu sont les boulets (pisolithes au sens strict) et les momies.

On connaît d'ailleurs des exemples actuels d'encroûtement de valves d'Unio en milieu fluviatile turbulent.

Les dépôts ont une forme lenticulaire et les formations antérieures sont quelquefois ravinées. D'autre part, le Quartz est relativement abondant dans le ciment matriciel.

. Les bordures de chenaux et les rivages lacustres : Les effets de l'hydrodynamisme sont moins importants et les apports gréseux presque nuls. Cependant une certaine agitation permet l'édification de colonies cylindriques autour de débris issus d'une végétation implantée sur les rivages.

En résumé, la sédimention fluviatile au Rognacien présente deux aspects fondamentaux liés à la nature des matériaux transportés.

Pendant les périodes rhexistasiques, ou d'activité orogénique au cours desquelles les massifs cristallins sont simultanément en voie de surrection et érodés, les dépôts sont chargés en éléments d'origine terrigène, galets, minéraux détritiques, argiles rouges.

Au contraire, pendant les périodes biostasiques ou de calme orogénique, les apports terrigènes sont très réduits, et le milieu, devenu plus calcaire, est favorable à l'épanouissement des édifices dûs à l'activité encroûtante des Cyanophycées.

2 - Faciès d'accumulation :

Il est représenté dans les horizons ligniteux et les calcaires argileux gris cendré riches en Gastéropodes à tests blancs écrasés.

Des travaux antérieurs (Nivière - 1959 ; Chatelet - 1970) ont mis en évidence la richesse relative de ces sédiments en matière organique.
Cependant la teneur en CO_3 Ca est élevée, 50 % en moyenne pour les niveaux ligniteux, 70 % pour les calcaires cendreux. Ce calcaire est en grande partie d'origine biologique (tests de Gastéropodes, articles d'Algues).

Etudiée en lames minces, la texture du ciment se présente sous la forme d'un feutrage de couleur sombre, extrêmement diffus et vacuolaire ; la structure des tests de Gastéropodes, qui sont les organismes prédominants, est très bien conservée.

Divers points de comparaison existent entre ces sédiments anciens et le Gyttja actuel des pédologues suédois (in B. Dussart - 1966).
Ce sol aquatique à horizon humifère est constitué par un dépôt gris ou noir, riche en débris végétaux et en organismes, et qui s'effectue dans une eau très peu acide (la dissolution des tests calcaires est donc peu probable).
La structure du Gyttja est lâche, son odeur,caractéristique (phénolique ou putride).
La présence de CO_3 Ca est fréquente mais ne dépasse pas 10 % dans les Gyttja calcimorphes.
Les horizons ligniteux et les calcaires cendreux du Rognacien pourraient donc représenter les termes de passage entre ces Gyttja calcimorphes et la craie lacustre.

3 - Faciès de décantation :

C'est le faciès des calcaires massifs gris ou blancs qui forment barre dans la série rognacienne.
Leur teneur en CO_3 Ca est en général voisine de 90 %.
L'observation microscopique montre des organismes divers (Algues,

Ostracodes, Gastéropodes, etc...), plus ou moins abondants, emballés dans une matrice micritique opaque et très homogène, quantitativement très importante par rapport à l'ensemble du sédiment (80 % en moyenne).

Plusieurs hypothèses, dont la plupart sont classiques, peuvent être envisagées au sujet de l'origine de cette micrite.

a - Origine géochimique.

Les eaux souterraines et de ruissellement, chargées en gaz carbonique dissolvent le carbonate de calcium et le résolvent en bicarbonate. Puis, après transport sous cette forme, sous l'influence de divers facteurs physico-chimiques, le CO3 Ca précipite dans le lac.

Cependant, dans les milieux lacustres actuels, ce phénomène n'atteint jamais des proportions suffisantes pour provoquer le dépôt d'une quantité de craie lacustre comparable à celle qui s'est sédimentée sur le fond du lac rognacien.

b - Origine biochimique.

La précipitation du CO3 Ca peut s'effectuer soit indirectement, soit directement.

Dans le premier cas, les organismes utilisent le gaz carbonique comme source de carbone organique, ce qui entraine la précipitation du CO3 Ca.

Parmi les organismes responsables de ce phénomène, les Cyanophycées tiennent sans doute une grande place.

Si elles sont, en milieu agité, les principaux agents de concrétionnement, elles sont également présentes dans les sédiments de milieu calme. Ce fait a été mis en évidence par C. Caudwell (1968) au cours de ses travaux sur les calcaires lacustres tertiaires d'Aquitaine.

Cet auteur a pu en effet isoler, par décalcification lente d'échantillons de roche, des vestiges de Cyanophycées, de Chlorophycées, des Champignons et des restes de végétaux supérieurs.

La précipitation directe de la craie lacustre serait due à l'accumulation de microorganismes, insoupçonnables en microscopie optique, et qui utilisent les bicarbonates en solution dans l'eau pour construire leur test.

L'hypothèse d'une telle origine est très séduisante, mais seule l'étude de micrites rognaciennes en microscopie électronique permettra ou non de la confirmer.

Par contre, l'hypothèse d'une précipitation biochimique indirecte paraît plus satisfaisante. Elle permet en effet d'expliquer l'abondante sédimentation calcaire du Rognacien, en présence d'organismes habituels dans les eaux douces.

B - STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Ces structures sont liées aux phénomènes de remaniements intraformationnels décrits au cours de l'étude stratigraphique des différentes coupes.

On peut retenir trois types principaux, le panachage (= bariolage

= marmorisation) dans les argiles gréseuses, la nodulisation et la formation de "birdseyes" dans les calcaires.

1 - Panachage :

L'interprétation qu'en donne P. Freytet (1967) découle d'observations effectuées sur certains horizons pédogénétiques actuels, dans lesquels les phénomènes de marmorisation sont connus.

Cet auteur met en évidence l'influence, sur des dépôts argileux entièrement rouges à l'origine, de deux facteurs : "La végétation qui colonise tout ce qui est émergé, et une nappe phréatique, plus ou moins profonde, le résultat étant l'établissement d'un sol hydromorphe avec phénomènes de panachage et de nodulisation dans la zone de balancement de la nappe".

En Provence, on observe de telles structures dans les grès et argiles bariolées du Rognacien inférieur de Rognac, et dans les argiles inférieures de Vitrolles.

2 - Nodulisation :

C'est le type de remaniement le plus fréquemment observé dans les calcaires lacustres rognaciens (Eygalières, Saint Estève Janson, Jouques).

Il peut résulter de l'influence de quatre facteurs.

a - Pédogénèse.

Le développement de la végétation sur une boue calcaire en voie de consolidation détermine des circulations d'eau en profondeur, qui provoquent la formation de nodules. Les vides qui persistent entre ces derniers sont postérieurement remplis par une sparite.

Selon P. Freytet (1964), la présence de traces de pédogénèse est l'indice d'une sédimentation qui s'effectue dans des conditions palustres et non pas dans des conditions lacustres proprement dites.

b - Activité diagénétique d'organismes hétérotrophes.

Il a été possible d'observer à plusieurs reprises, dans des horizons très remaniés, le développement d'un réseau de filaments diffus à l'intérieur de plages largement recristallisées isolant des nodules micritiques.

Si ces filaments sont des vestiges d'organismes vivant à l'intérieur même du sédiment non encore consolidé, c'est à dire dans un milieu confiné, abrité de la lumière, la transformation de la micrite en sparite pourrait résulter de leur activité physiologique.

Actuellement, les auteurs (G. Lucas et C. Montenat - 1967) prêtent à d'autres organismes, les Microcodium, des conditions de vie et des facultés identiques : "Ces organismes seraient susceptibles de corroder leur support calcaire et de précipiter le CO_3Ca autour d'eux sous forme de cristaux qui fossilisent du même coup les microstructures".

Les mêmes auteurs signalent également que dans le Lutétien des Baronnies, les Microcodium ont pu se développer aux dépens de la vase calcaire encore meuble.

Enfin, il faut rappeler la grande fréquence des restes de Microcodium

dans de nombreux niveaux remaniés du Rognacien provençal ; mais cet organisme n'est probablement pas le seul, dans ces terrains, qui soit doté d'une activité diagénétique.

c - Trituration du sédiment par des animaux fouisseurs.

Si des terriers existent dans certains niveaux gréseux, il n'a jamais été possible d'en observer dans des horizons essentiellement calcaires.

d - Hydrodynamisme.

Probablement engendré par une influence éolienne (houle), son action sur les sédiments meubles déposés à faible profondeur, peut être à l'origine de la formation des nodules.

Dans ce cas, ces derniers seraient très comparables aux "intraclasts" décrits par les auteurs anglo-saxons dans le milieu marin, voire récifal. Ces intraclasts sont définis comme des éléments provenant du remaniement intraformationnel (c'est à dire sur place) d'un sédiment calcaire non encore consolidé.

3 - Birdseyes :

Ce type de structure a été également défini par les auteurs anglo-saxons dans les sédiments carbonatés marins.

A. Shinn (1968) distingue deux types ; le premier est représenté par des cavités sphériques remplies de sparite, et disséminées plus ou moins régulièrement (alignements) au sein de certains sédiments calcaires.

Le second type différe seulement par la forme des cavités qui sont allongées et aplaties.

Les recristallisations observées dans le Rognacien (les Baux ; Sillans la Cascade) peuvent être rapportées à cette deuxième forme.

Alors que le premier type est interprété par les auteurs comme résultant de la fossilisation de bulles de gaz, le second aurait pour origine une dessication et une contraction en masse du sédiment, accompagnées de la formation de fissures horizontales qui sont secondairement remplies de calcite.

Des observations effectuées sur des dépôts carbonatés actuels montrent que de telles structures ne peuvent être produites que dans les zones supratidales et intertidales donc sous une très faible tranche d'eau, avec même des possibilités d'exondations périodiques.

En conclusion, les structures sédimentaires étudiées dans le Rognacien de Provence, présentent un caractère commun ; leur mise en place est pénécontemporaine d'une sédimentation qui s'effectuait à une très faible profondeur, voire en milieu subaérien.

C - INTERPRETATION DE LA SEQUENCE SEDIMENTAIRE OBSERVEE DANS LA COUPE DE VITROLLES

Elle est constituée par les termes suivants : argile ligniteuse - calcaire cendreux - calcaire à gros pisolithes - calcaires massifs à petits

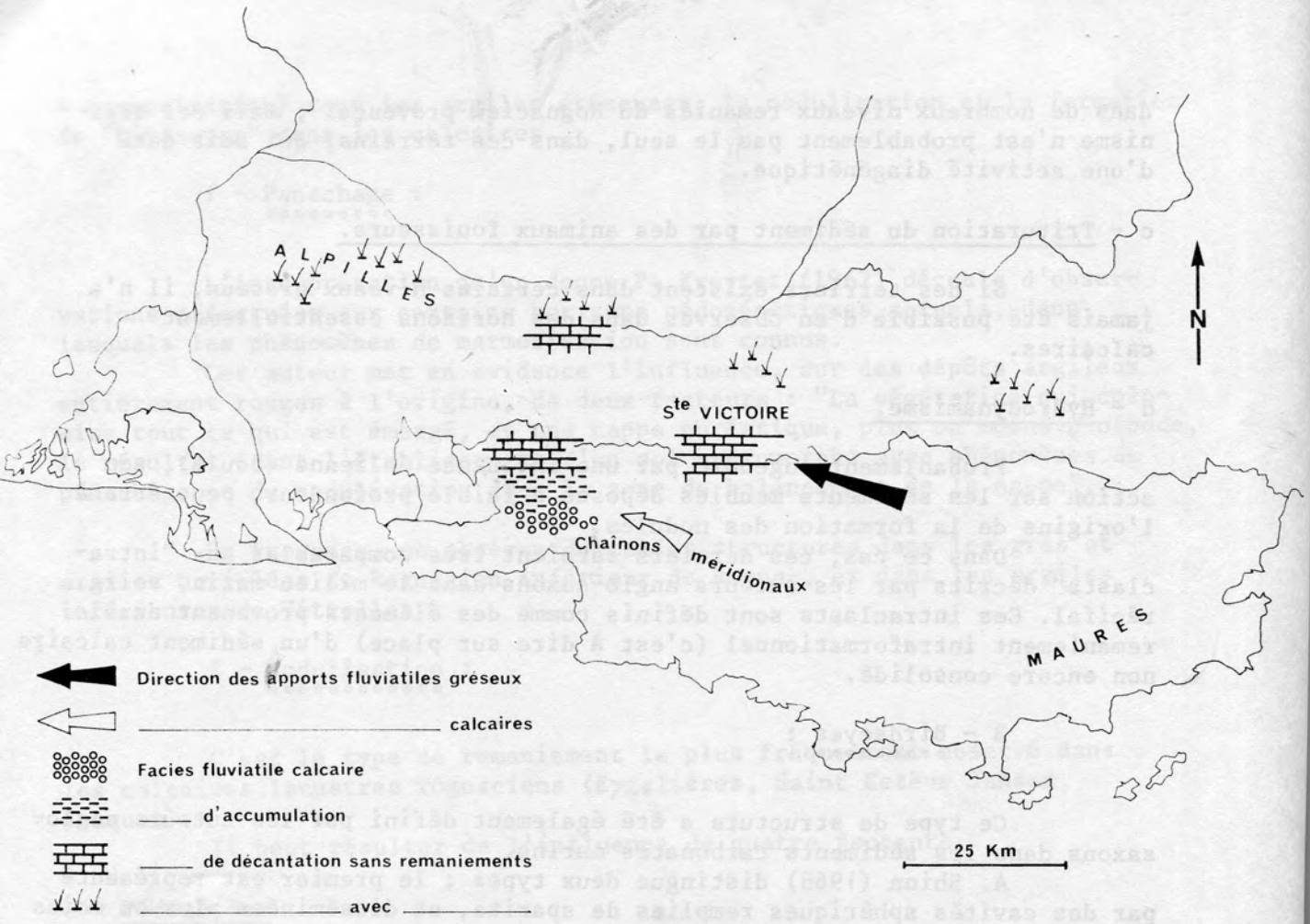


Fig. 35 : Répartition géographique des faciès lithologiques.

pisolithes.

La répétition rythmique de cette séquence implique une oscillation entre des périodes d'accumulation (argiles ligniteuses et calcaires cendreux) au cours desquelles l'hydrodynamisme est nul, et des périodes de sédimentation fluviatile (calcaires pisolithiques).

Ce fait s'explique par la position géographique du secteur de Vitrolles, soumis épisodiquement aux divagations du complexe fluviatile installé plus au Sud (Pennes Mirabeau) et qui fonctionne de façon permanente pendant toute la durée du Rognacien.

Lorsque ces conditions s'interrompent, se développe une végétation marécageuse dont les débris s'accumulent sur place.

Plus au Nord, à Rognac, les influences fluviatiles sont moins sensibles et la sédimentation s'effectue en milieu lacustre peu profond.

D - REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES DIFFERENTS FACIES LITHOLOGIQUES (Fig. 35)

Il n'est pas possible de tenir compte, dans cette reconstitution, des variations de détail observables dans les différentes coupes.

Chaque secteur est donc caractérisé par le ou les faciès lithologiques dominants.

On peut distinguer du Sud au Nord trois zones principales :

- Le chenal fluviatile des Pennes Mirabeau et ses dépendances (région de Vitrolles) ; l'orientation générale du réseau hydrographique étant probablement Sud-Est - Nord-Ouest (apports calcaires provenant de chaînons provençaux en voie de surrection ?).

- Le centre du Bassin d'Aix (Rousset), où les apports terrigènes, provenant des Maures, alternent avec une sédimentation franchement lacustre correspondant à un faciès de décantation ; ce faciès est également représenté, mais de façon moins précise, au Nord (Saint Estève Janson) et au Sud (Rognac) de ce secteur.

- Au Nord, une auréole passant par les Alpilles, la vallée de la Durance, le Var, caractérisée par des dépôts marécageux plutôt que lacustres (faciès de décantation, mais présentant de nombreuses traces de remaniement).

II - PALEOECOLOGIE

A - PALEONTOLOGIE ET PALEOAUTECOLOGIE

Le but recherché est de préciser la position systématique et si possible le mode de vie des différents organismes fossilisés dans les niveaux étudiés.

1 - Microcodium :

Les travaux de G. Lucas et C. Montenat (1967) mettent sans doute un terme à la controverse qui a longtemps partagé les auteurs, au sujet de l'origine organique ou minérale des Microcodium.

La présence de filaments régulièrement agencés à l'intérieur de prismes de calcite résulte très probablement d'une activité biologique.

Un seul doute persiste cependant, relatif à la position systématique de l'organisme ou du groupement d'organismes qui est à l'origine de ces édifices.

Une hypothèse satisfaisante est proposée par les auteurs précités : "La finesse et la discontinuité des filaments n'autorisent guère de rapprochement avec les Cyanophycées, mais plus probablement avec les Bactéries filamenteuses".

Dans le Rognacien de Provence, les grandes colonies laminaires qui constituent de véritables récifs, n'existent pas ; on observe seulement des colonies en épis de maïs, d'extension réduite, et plus souvent encore les prismes dissociés et éparpillés dans le ciment micritique de la roche.

Ce dernier cas laisse supposer le développement des Microcodium aux dépens d'un substrat meuble.

En ce qui concerne l'écologie de ces organismes, M. Gottis (1963) a mis en évidence leur mode de vie hétérotrophe ; d'autre part, leur présence dans les séries marines reste à démontrer et ils semblent bien liés aux milieux franchement déssalés.

2 - Cyanophycées :

L'étude sédimentologique a déjà permis de préciser le mode de gisement de ces organismes qui ont été longtemps considérés comme des Algues.

Il s'agit en fait de Protocaryotes, caractérisés par leur cellule imparfaite, leur reproduction assexuée et leur grande faculté d'adaptation à des milieux très divers.

Dans le domaine lacustre actuel, les Cyanophycées se distinguent par plusieurs caractères (in B. Dussart - 1966) :

- Production de substances métaboliques qui entravent le développement des Algues.
- Adaptation à des milieux très confinés, même saturés en H_2S.
- Mode de vie indifféremment autotrophe ou hétérotrophe.
- Développement dans des eaux présentant des températures et les chimismes les plus divers.

P. Freytet et J.C. Plaziat rapprochent les Cyanophycées rognaciennes du groupe des actuelles Rivulariacées.

3 - Charophytes :

Elles sont représentées par deux familles, les Characées et les Clavatoracées.

a - Characées.

La morphologie et la structure de la tige et de l'oogone sont

désormais classiques, et il serait inutile de vouloir en donner à nouveau une description précise.

L'étude de diverses gyrogonites isolées en lavage a permis cependant de distinguer différents genres, parmi lesquels Peckichara, Psilochara, Nodosochara, etc...

b - Clavatoracées.

Une étude détaillée (S. Fabre-Taxy et H. Chatelet - 1971) a permis de préciser certains points relatifs à leur structure et à leur position systématique.

Il s'agit en effet de formes anciennement attribuées au genre Clypeina (S. Fabre-Taxy, S. Gueirard, G. Lebeault - 1959) plus récemment, au genre Munieria (A. Poignant - 1969) tous deux rattachés au groupe des Dasycladacées.

La tige est constituée par un empilement d'articles courts, traversés de part en part par un canal axial.

Les cellules corticales sont dépourvues de calcification externe, ce qui confère aux sections transversales observées en lames minces, un aspect étoilé (photo hors texte). Ceci est sans doute à l'origine de l'attribution de cette forme aux Dasycladacées.

La structure de chaque article est caractérisée par la superposition de trois enveloppes concentriques autour du canal axial :

- couche de calcite en dent de cochon, interne, entourant directement la cellule axiale.
- couche moyenne friable.
- couche externe cannelée.

Ces deux dernières enveloppes, très fragiles, peuvent être dégradées. La couche externe ne persiste plus que dans la région verticillaire et le reste de l'article n'est plus représenté que par le manchon interne de calcite en dent de cochon.

Les articles sains et les articles altérés correspondent aux formes Munieria sp. 1 et Munieria sp. 2 de A. Poignant.

Des articles identiques, mais porteurs de sporanges, ont été observés à plusieurs reprises. Or ces sporanges ont une structure particulière ; il s'agit d'oogones comparables à ceux des Characées, mais recouverts d'une enveloppe supplémentaire appelée utricule et caractéristique de la famille des Clavatoracées.

La même association article - sporange a été décrite par L. Grambast (1962) et attribuée au genre Septorella.

Cette dénomination doit être conservée, cet auteur étant le premier à décrire l'ensemble appareil végétatif - appareil reproducteur et à établir la position systématique la plus logique pour cette Algue.

En effet, la présence de Dasycladacées, qui sont des formes marines, voire récifales, en milieu lacustre, constituait un paradoxe et engageait les auteurs (in S. Taxy - 1959) à admettre la possibilité d'une certaine salure du lac rognacien.

La morphologie des Clavatoracées, et en particulier la structure rudimentaire de l'articulation de la tige suggère un mode de vie en milieu calme.

C'est ce que semble confirmer le fait que dans les faciès de décantation relativement profonds, comme à Rousset, ces Algues sont très abondantes.

Par contre, dans les horizons qui présentent de nombreuses figures de remaniement (par exemple à Jouques), et qui correspondent sans doute à un hydrodynamisme plus important, les Characées dominent.

Dans les milieux lacustres actuels une zonation végétale a été mise en évidence depuis le rivage jusqu'à la limite de pénétration de la lumière (in B. Dussart - 1966).

Les Charophytes constituent une unité particulière, le Characion, zone la plus profonde de l'étage sublittoral, où les végétaux n'arrivent plus à atteindre la surface.

Etant donné que les Charophytes sont réparties de façon constante sur toute la surface du lac rognacien, il est probable que celui-ci était toujours peu profond. La zone bathyale et à plus forte raison la zone abyssale étaient sans doute inexistantes.

Enfin, il est nécessaire de rappeler que ces Algues sont des formes euryhalines, communes dans les régions chaudes. Elles sont absentes des eaux acides et ont une prédilection certaine pour les fortes concentrations en carbonate de calcium.

4 - Foraminifères : (photo hors texte)

Ce sont de petites formes très semblables à celles que G. Bignot (1966) décrit dans la formation de Vreme (Liburnien inférieur = limite Crétacé - Tertiaire de Yougoslavie).

On observe en lames minces les caractères suivants :

- enroulement trochospiral plan-convexe,
- périphérie lobée (sutures déprimées),
- tours non carénés,
- 5 à 6 loges globuleuses, disposées sur un seul tour,
- ouverture ombilicale caractérisée par la présence d'un labre proéminent masquant l'ombilic,
- diamètre du test, 0,5 mm environ, épaisseur, 0,2 mm,
- paroi mince, fibroradiée et monolamellaire.

Ce dernier caractère est primordial ; en effet, cette forme rappelle dans ses grands traits la morphologie habituelle des Foraminifères planctoniques.

Mais précisément, le caractère distinctif de ces derniers réside dans la structure bilamellaire de leur test.

En l'absence d'individus dégagés, il est difficile de déterminer avec précision les formes rognaciennes, mais la plupart des caractères décrits permet de les rattacher à la famille des Discorbidés.

Si on peut considérer la présence de Foraminifères dans le lac rognacien comme exceptionnelle, les formes benthiques adaptées à la dessalure ne constituent pas une rareté, aussi bien dans les milieux fossiles que dans l'actuel (L. Gauthier-Lièvre - 1935 ; Le Calvez - 1951 ; F.B. Phleger - 1965 ; R. Anglada et G. Truc - 1969).

Enfin, l'abondance d'individus appartenant à une seule espèce témoigne de l'extrême spécialisation de ces formes et n'implique pas forcément la nature marine des dépôts correspondants.

5 - Ostracodes : (1)

Lors de l'analyse stratigraphique ils ont été répartis dans deux groupes distingués artificiellement, les grandes formes et les petites formes ; il s'avère en fait que cette distinction ne correspond pas à une coupure systématique.

Deux familles sont représentées, les Cyprididae et les Cytheridae.

a - Cyprididae.

Les différents genres sont caractérisés par une charnière de type adonte ; le bord dorsal de la valve droite s'emboîte dans un sillon peu profond sur la valve gauche.

Les "grandes formes" sont à rapporter à cette famille ; les individus sont toujours fragmentés et se présentent sous forme de débris peu incurvés, translucides, lisses, réticulés ou ornés de tubercules, montrant parfois une portion de zone marginale (présence de fins canaux de pores marginaux), ou de charnière, et d'une dimension moyenne variant entre 1 et 1,5 mm. L'individu reconstitué doit mesurer 2,5 mm environ.

Ces formes sont très abondantes au Bégudien, mais beaucoup plus rares au delà de cet étage (voir Rognacien de Rousset, Réf. 245 et 264).

D'autre part, des individus adultes et des jeunes attribuables au genre non décrit Trapezocandona (Cyprididae, Candoninae) ont été recueillis à Marignac (Réf. 275). N. Grekoff signale également leur présence dans le Bégudien du versant Nord des Alpilles.

b - Cytheridae.

- Genre Theriosinoecum, Cytheridae, Limnocytherinae ? (in Van Morkhoven - 1963).

Il est représenté par une espèce inédite, déjà observée dans le Paléocène de Cernay les Reims (communication orale de V. Apostolescu) et dans le Montien de Mons (découverte de I. Godfriaux, communication orale de N. Grekoff).

Il est remarquable de constater que les individus de cette espèce constituent plus de 90 % des petites formes du Rognacien provençal (voir Rognac, Réf. 16 et 39).

L'aspect général cordiforme de ce fossile rend son identification facile en lames minces (photo hors texte).

(1) - Je remercie Monsieur N. GREKOFF (IFP) qui a accepté de déterminer quelques échantillons que nous lui avons confiés.

Les Ostracodes lacustres n'ayant pas encore donné lieu à des études détaillées, les indications que nous donnons à propos des formes rognaciennes ont donc une origine en grande partie orale.

- Genre Dusormidea, Cytheridae, Loxoconchinae (diagnose in Zalanyi - 1959).

Les individus attribués à ce genre sont rares (voir Rousset, Réf. 241) ; on les trouve en général associés à des tiges de Clavatoracées.
Or Zalanyi signale la présence de l'Algue Munieria baconica, dont on sait désormais qu'il s'agit d'une Charophyte, dans le même gisement que celui de cet Ostracode (Aptien continental des Monts Bakony - Hongrie).
Ainsi, une association comparable a pu exister dans deux provinces éloignées dans l'espace, et dans des terrains d'âge très différent.

En ce qui concerne les renseignements qu'ils apportent du point de vue paléoécologique, les Ostracodes rognaciens sont sans grand intérêt.
On peut seulement conclure à un mode de vie en eau douce.

Dans les milieux actuels, d'après B. Dussart (1966) : "Ils sont la plupart du temps benthiques et fourmillent dans les petites collections d'eau (flaques riches en végétation)".
De fait, dans les sédiments du Crétacé supérieur lacustre, on les trouve le plus souvent associés à une riche flore de Charophytes.

6 - Gastéropodes :

Tout comme les Ostracodes, leur intérêt paléoécologique est limité ; on ne peut guère que distinguer les formes aquatiques des formes terrestres et il est souvent difficile de déduire leur mode de vie de celui des Gastéropodes actuels.

Les espèces rognaciennes sont nombreuses ; elles ont donné lieu à une importante mise au point de la part de S. Fabre-Taxy (1959) qui les décrit de façon précise et confirme la position systématique de chacune.
Cet auteur propose également une interprétation écologique des différents genres.

a - Gastéropodes aquatiques.

- Viviparus beaumonti Matheron (Rognacien des Baux, Rognac, Sillans, Salernes).
- Vivip. cf. cingulatus Math. (Bégudien ? de Marignac)

Les Paludines actuelles sont représentées par des populations nombreuses qui colonisent les vasières, étangs et marais.

- Hydrobia sp. (Bégudien ? de Marignac).
- Cyclophorus heliciformis Math. (Rognacien des Baux, Rognac, Vitrolles, Sillans, Salernes).
- Cycloph. luneli Math. (sommet du Rognacien de Rognac).
- Cycloph. solarium Math. (Rognacien des Baux).
- Cycloph. galloprovincialis Math. (Rognacien des Baux, Vitrolles, les Pennes, Rousset).
- Bauxia sp. (Bégudien de Sillans et Salernes ; Bégudien et Rognacien des Baux ; Rognacien de Rognac, Vitrolles, les Pennes, Rousset).

A l'heure actuelle, les Cyclophoridés (genre Cyclophorus) et les Cyclostomidés (Bauxia) sont bien représentés dans les régions chaudes et humides de l'Asie.

- Melania sp. (la même espèce à Vitrolles et aux Pennes ; une autre à Marignac).
- Pyrgulifera armata Math. (Vitrolles).

Ces deux derniers genres sont actuellement connus dans les lacs Nyassa et Tanganika.

Le genre Melania présente une adaptation à une légère salure.

b - Gastéropodes terrestres.

- Physa cf. pygmea Nicolas (Bégudien de Rognac).

Cette espèce naine représente sans doute un cas d'adaptation à des conditions de vie difficiles (milieu confiné ?).

- Bulimus salernensis Math. (Bégudien de Salernes).
- Lychnus cf. ellipticus Math. (les Baux).
- Lychnus sp. (Rognac).
- Clausilia patula Math. (les Baux).

Ce genre affectionne actuellement les stations humides (feuilles mortes, anfractuosités).

- Palaeostoa tenuicostata Math. (Marignac, les Baux).

On constate que, en valeur absolue, les genres terrestres sont abondants aux Baux ; ceci est moins vrai en valeur relative du fait du pullulement des Bauxia dans les mêmes gisements.

Dans les autres secteurs étudiés, les formes aquatiques sont presque exclusives.

Les restes de Gastéropodes sont particulièrement nombreux dans les niveaux ligniteux et calcaréoargileux (faciès d'accumulation).

Les tests sont en général comprimés et déformés mais les débris ne sont pas dissociés (donc pas de transport probable).

D'autre part, leur structure est intacte (pas de recristallisation); ce phénomène correspond sans doute aux conditions physico-chimiques particulières du milieu de sédimentation (cf. Gyttja calcimorphe).

Dans les horizons de calcaire massif, les Gastéropodes sont épars, mais on peut trouver des accumulations importantes au sommet de certains bancs.

C'est le cas du dernier niveau couronnant le Rognacien de Rognac, juste au contact avec les premiers dépôts d'argiles inférieures de Vitrolles ; c'est également le cas à Sillans la Cascade et à Salernes, à la limite du Bégudien et des grès à Reptiles du Rognacien inférieur.

Ces accumulations peuvent être considérées comme des hécatombes, provoquées par un changement brutal des conditions de milieu, passant du type lacustre ou marécageux calme et calcaire, au type fluviatile chargé en éléments d'origine terrigène.

7 - Lamellibranches :

Unio cuvieri Math. est le seul représentant de ce groupe.

C'est une forme essentiellement fluviatile, aussi bien dans les milieux anciens qu'actuels ; les individus sont généralement encroûtés par les Cyanophycées.

8 - Divers :

Les fragments d'oeufs de Dinosauriens sont cités ici pour mémoire ; toutefois les spécimens de Sillans, remarquablement épais sont à l'origine d'une hypothèse relative à l'extinction de ce groupe de Reptiles.

Selon L. Thaler (1965) cette épaisseur anormale serait due à la pluristratification des coquilles, provoquée par la répétition de périodes froides, influant sur la physiologie des femelles de Dinosauriens.

Les dents de Poissons constituent une rareté observable dans quelques lavages provenant de niveaux marneux du Bégudien de Rognac.

Enfin, les terriers, abondants dans certains niveaux gréseux, résulteraient de l'activité fouisseuse d'Annélides ou de Crustacés (Lessertisseur in S. Fabre-Taxy - 1959).

B - PALEOSYNECOLOGIE

La synécologie a pour objet l'étude des communautés vivantes en rapport avec leur environnement physico-chimique et biologique.

La mise en évidence de ces interactions, dans les milieux fossiles, est malaisée ; cependant la paléosynécologie fait intervenir une dimension nouvelle, le temps, et permet l'étude de l'évolution des populations.

1 - Composition globale de la fraction clastique dans les calcaires rognaciens : (Fig. 36)

Cette notion quantitative est obtenue à partir de l'étude des diagrammes circulaires relatifs à chaque coupe étudiée.

Les proportions représentées dans le diagramme général constituent des moyennes établies pour chaque constituant de la fraction clastique.

La place occupée par cette fraction dans la sédimentation rognacienne est assez réduite (23 %) ce qui permet de souligner à nouveau l'importance du ciment micritique (77 %).

Sur l'ensemble de la fraction clastique, les minéraux détritiques sont peu abondants (3 %) et on peut en déduire la rareté des influences rhexistasiques pendant la période de dépôt du calcaire de Rognac.

La fraction bioclastique est dominée par les Algues calcaires (Charophytes) dont la proportion est voisine de 40 % (Characées 25 %, Clavatoracées 14 %).

Viennent ensuite les colonies de Cyanophycées (30 %), mais leur pourcentage doit être discuté.

Il faut rappeler que ces formes sont très abondantes dans de nombreux horizons qu'elles constituent en presque totalité, mais ceci dans un secteur très localisé.

Les Charophytes au contraire n'atteignent jamais les mêmes proportions dans les niveaux où elles sont fossilisées, mais présentent une vaste répartition géographique.

Les Gastéropodes, essentiellement aquatiques, sont relativement abondants puisqu'ils constituent près du quart de la fraction bioclastique.

Enfin, les petites formes d'Ostracodes représentent 5 % de cette fraction et les petites sphérules observées à Rousset et à Saint Estève Janson, 1 % seulement.

Les proportions des grandes formes d'Ostracodes et des Foraminifères, organismes exceptionnellement présents, n'ont pu être reportées sur le diagramme.

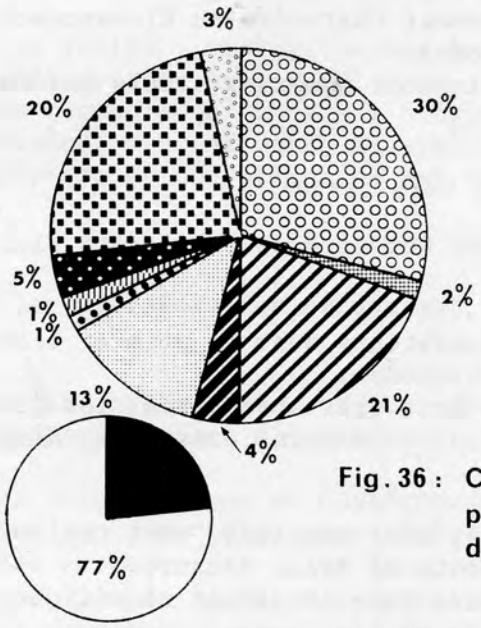


Fig. 36 : Composition de la fraction clastique pour l'ensemble du calcaire de Rognac, en Provence.

2 - Faciès biologiques :

Ils sont individualisés par des caractères distinctifs mis en évidence au cours de l'analyse microscopique.

Ces caractères proviennent soit de l'importance quantitative acquise par un type d'organismes (exemple : Algues calcaires), soit de la seule présence, même en quantité réduite, d'un fossile qui implique des conditions particulières de milieu (exemple : Foraminifères).

Cinq faciès biologiques ont pu être ainsi distingués :

a - Faciès à Cyanophycées.

Du fait de l'activité constructrice de ces formes, ce faciès a été analysé et interprété au cours de l'étude sédimentologique.

Etant donné le milieu dans lequel elles se développent (chenaux turbulents), les colonies sont rarement accompagnées par d'autres organismes; mises à part les Unio, on peut trouver dans les mêmes gisements, des

fragments de tests de Gastéropodes plus ou moins recouverts de concrétionnements.

Par contre les Charophytes semblent être totalement exclues.

b - Faciès à Microcodium. (photo hors texte)

Il a été également traité en grande partie au cours de l'étude sédimentologique.

On peut considérer qu'il est caractéristique quand les Microcodium représentent au moins 20 % de la fraction clastique.

Dans le cas où ils sont peu abondants, ils sont accompagnés par des Algues calcaires, indifféremment Characées ou Clavatoracées, par des Gastéropodes et quelques Ostracodes.

Lorsqu'au contraire ils sont nombreux, seuls les Gastéropodes leur sont associés.

c - Faciès à Characées. (photo hors texte)

L'ensemble des tiges et des oogones représente plus de la moitié de la fraction algaire.

Les organismes accompagnateurs sont en premier lieu les Ostracodes (25 % en moyenne) puis les Gastéropodes.

Lorsque les Characées sont très abondantes, les Clavatoracées, dont la présence est en général plus ou moins constante, disparaissent totalement.

Les tiges de Characées, très fragiles, sont toujours fragmentées ; cependant aucun fossile ne présente de trace d'usure.

Les individus sont épars dans le ciment micritique ; les traces de remaniement intraformationnel sont fréquentes.

d - Faciès à Clavatoracées. (photo hors texte)

Le schéma de distribution quantitative des différents organismes est inversé par rapport au cas précédent.

Cependant on peut considérer que ce faciès est représenté lorsque les Clavatoracées existent, même en quantité relativement réduite, et que les Characées sont très peu abondantes (moins de 10 %).

Les Gastéropodes sont en général plus nombreux que les Ostracodes.

Les articles de Clavatoracées sont le plus souvent dissociés ; on observe également des rameaux constitués par l'association de trois ou quatre articles.

Le mode de gisement est identique à celui que l'on observe dans le faciès à Characées ; cependant les horizons à Clavatoracées dominantes sont rarement remaniés.

e - Faciès à Foraminifères. (photo hors texte)

Il est très comparable à celui que décrit G. Bignot (1966) dans le Liburnien de Yougoslavie.

Dans le Rognacien terminal d'Eygalières, les Discorbidés représentent 20 % environ de l'ensemble de la fraction bioclastique ; ils sont

associés à des Characées particulières dotées d'un grand nombre de cellules corticantes disposées sur plusieurs rangs.

Ces Algues sont abondantes (40 %) ; les petites formes d'Ostracodes (genre Theriosinoecum) sont présentes (15 %).

Hormis les Gastéropodes (25 %) qui sont fragmentaires tous ces fossiles sont remarquablement bien conservés dans un ciment micritique homogène.

Mis à part le faciès à Cyanophycées, les types de communautés fossiles précédemment décrites présentent trois caractères communs :

- Le faciès lithologique qui leur est associé traduit une décantation des sédiments en milieu calme ou peu agité.

Les facteurs qui sont à l'origine des phénomènes de remaniement n'ont probablement pas influencé la sédimentation elle même, mais ont agi pendant la période de consolidation des dépôts.

- Les constituants de nature bioclastique sont hétérométriques.

- Les microfossiles présentent, en général, un très bon état de conservation.

De ces observations, on peut déduire que chaque faciès biologique représente une association d'organismes qui ont vécu ensemble.

Les accumulations de Gastéropodes observées au cours de l'étude de terrain, ne sauraient être considérées comme des faciès biologiques.

Dans certains cas elles sont étroitement liées au faciès lithologique d'accumulation (lignites, calcaires cendreux) ; dans d'autres cas elles sont la conséquence de causes fortuites (hécatombes provoquées par des arrivées terrigènes ?).

En fait, ces accumulations ne représentent que des particularités du faciès à Characées et du faciès à Microcodium.

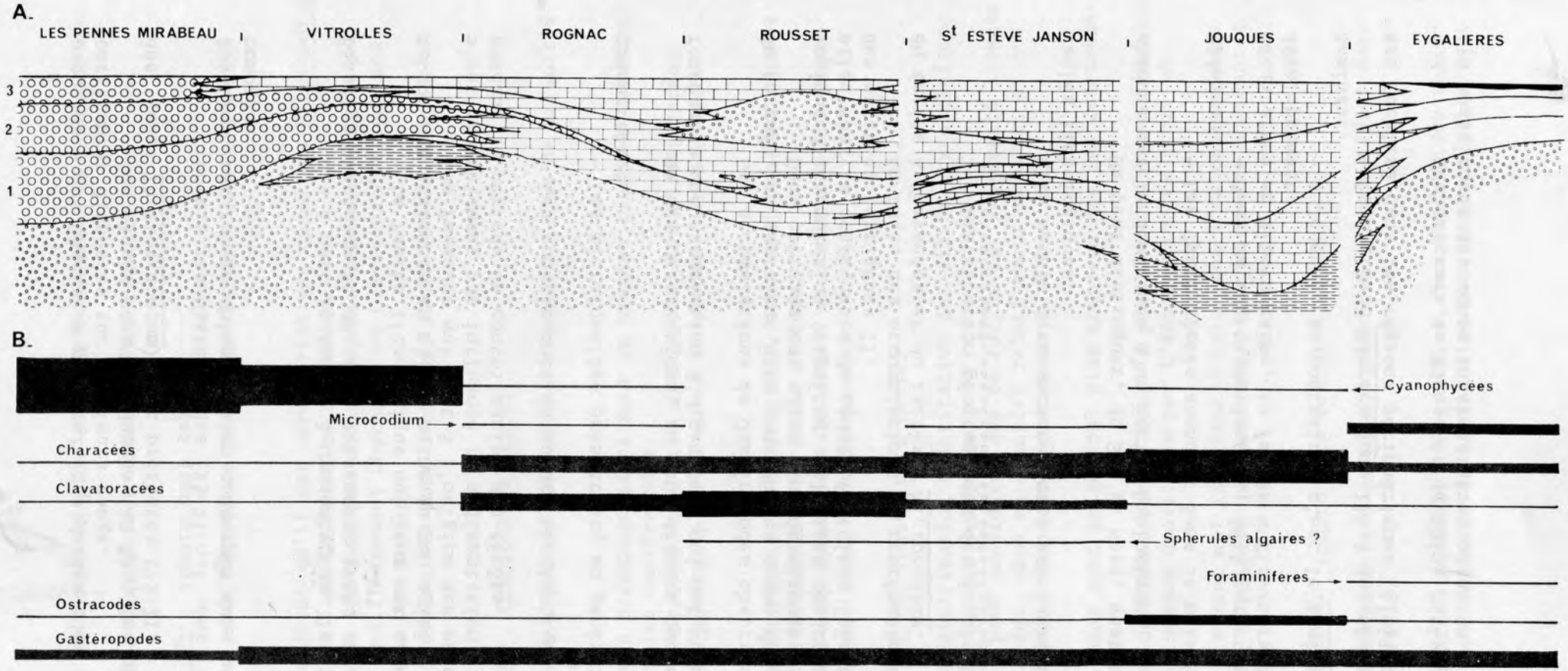
3 - Distribution géographique des faciès biologiques : (Fig. 37)

Elle semble correspondre assez précisément à la répartition des faciès lithologiques.

On peut distinguer, du Sud au Nord, quatre régions caractérisées chacune par la dominance d'un faciès biologique :

- Les Cyanophycées abondent dans le milieu fluviatile des Pennes Mirabeau.
- Dans la région de Rousset, déjà caractérisée par un faciès de décantation en milieu calme, le faciès à Clavatoracées connaît un grand développement.
- A Jouques, au contraire, c'est le faciès à Characées qui est dominant.
- Le faciès à Microcodium, lié à des sédiments souvent remaniés, est localisé dans les régions périphériques (Alpilles, Var).

Les secteurs de Rognac et de Saint Estève Janson sont particuliers; ils constituent des zones intermédiaires où aucun faciès ne paraît dominer.



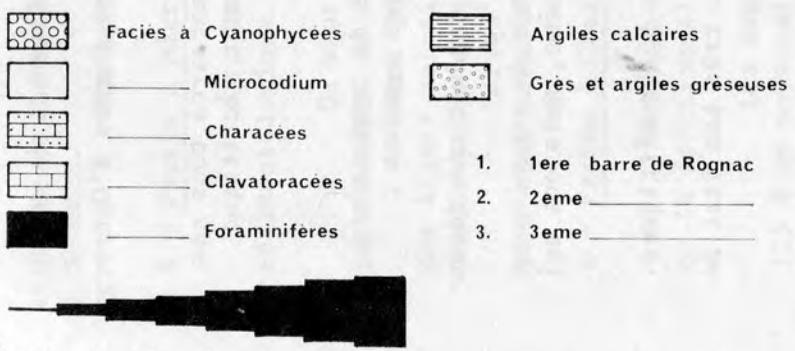


Fig. 37: A. Répartition géographique et stratigraphique des faciès biologiques.

B. Distribution géographique des divers types d'organismes.

A Rognac les faciès à Characées et à Clavatoracées alternent.
A Saint Estève Janson on observe l'interpénétration des faciès à Characées et à Microcodium. (Fig. 3, hors texte, et Fig. 14)

Le faciès à Foraminifères est localisé dans le Rognacien terminal du versant Nord des Alpilles (région la plus occidentale et la plus septentrionale) ; la présence de ces organismes est probablement liée à des influences marines d'origine lointaine (Aquitaine ?).

4 - Successions paléobiocoenotiques :

Le but recherché ici est de reconstituer l'évolution du milieu lacustre rognacien.
Cette évolution serait caractérisée par la succession de divers stades, installation, développement, dégradation, auxquels correspondent des associations d'organismes différentes et des conditions de sédimentation particulières.

Il s'agit bien en fait d'une reconstitution, c'est à dire d'une interprétation appuyée sur l'observation de faits réels ; cependant aucune des coupes étudiées ne permet à elle seule de retracer l'évolution complète du milieu lacustre rognacien.

a - Stades initiaux (J. M. Perès, J. Picard - 1964).

Ils correspondent à l'installation d'espèces pionnières de la biocoenose et leur extension dans l'espace et dans le temps est réduite.
Pour cette raison il n'est pas possible de les observer sur une aire géographique très étendue.

Ces stades sont probablement représentés à Rognac.
L'étude stratigraphique a mis en évidence dans ce secteur la rareté des organismes, représentés par les seuls Gastéropodes, dans les niveaux argileux et gréseux du Rognacien inférieur.
A la base du calcaire de Rognac, au contraire, si les Gastéropodes restent exclusifs, leur pourcentage s'accroît de façon constante par rapport à l'ensemble du sédiment.
C'est seulement après cette phase de prolifération des Gastéropodes que les Algues, essentiellement des Characées, apparaissent.

b - Stades de développement.

Ils correspondent à une communauté biologique considérée comme l'aboutissement de l'évolution des biocoenoses, et caractérisée par sa stabilité (Climax des écologistes).

Dans le Rognacien, ce stade coïncide avec la période où les conditions de milieu sont le plus franchement lacustres ; le peuplement associé présente le maximum de diversité.
Il est caractérisé par l'abondance des Clavatoracées ; les organismes accompagnateurs sont d'abord les Characées (les Algues calcaires constituent donc l'ossature principale de la communauté), puis les Ostracodes et les Gastéropodes.

A Rognac, ce stade fait suite aux biocoenoses à Gastéropodes et à Characées ; il est présent dans la totalité de la coupe à Rousset, et à la partie inférieure des coupes de Saint Estève Janson et Jouques.

c - Stades de dégradation.

Seules quelques espèces résistantes persistent dans un milieu de plus en plus défavorable.

La dégradation des conditions lacustres est bien visible dans la coupe de Saint Estève Janson.

Le pourcentage des Clavatoracées diminue progressivement, puis ces Algues disparaissent et sont remplacées par les Characées.

Ces dernières subissent un sort analogue et, au sommet de la coupe, les seuls organismes présents sont les Gastéropodes.

Parallèlement, on constate un appauvrissement du sédiment en éléments d'origine bioclastique.

Ce processus de dégradation n'est pas visible dans tous les secteurs étudiés en Provence ; l'évolution des biocoenoses a été tronquée à des stades différents, selon les régions, par l'installation brutale du domaine fluviatile, à dominance terrigène, du Vitrollien inférieur.

III - RECONSTITUTION ET EVOLUTION DU CADRE PALEOGEOGRAPHIQUE (Fig. 38)

Les données fournies par les études stratigraphiques, sédimentologiques et paléoécologiques permettent de retracer les grands traits du paysage rognacien.

Ce paysage est caractérisé pour l'essentiel par la présence d'une vaste plaine d'épandage, aux reliefs peu accusés, entièrement inondable, située au pied de chaînons en voie de surrection et plus ou moins érodés.

Des variations, même peu importantes, de la topographie du fond du lac, suffisent à engendrer une zonation qui se traduit par des conditions de sédimentation et des associations biologiques différentes.

Le chenal fluviatile du Sud appartient probablement à un réseau hydrographique d'orientation générale Sud-Est - Nord-Ouest, et dont l'origine est à rechercher dans les chaînons Sud-Provençaux (Nerthe, Etoile) à l'état d'ébauche.

La présence d'un Bégudien à faciès bréchoïde et conglomératique, ainsi que l'absence d'affleurements rognaciens, constituent en effet les preuves tangibles d'une émersion de ces chaînons dès la fin du Crétacé (G. Guieu - 1968).

Le chenal inonde la plaine de piedmont dans laquelle il aboutit et y divague largement.

Il provoque ainsi, sur une très grande surface, d'importantes accumulations de pisolithes dûs à l'intense activité constructrice des Cyanophycées qui prolifèrent dans ce milieu.

Les aires d'épandage latéral (méandres abandonnés) sont occupées par une importante végétation marécageuse dont les débris s'accumulent sur place et nourrissent une sédimentation plus ou moins ligniteuse.

Cette zone de hauts fonds palustres isole le milieu fluviatile calcaire du domaine suivant où alternent des conditions fluviatiles détritiques et des conditions franchement lacustres.

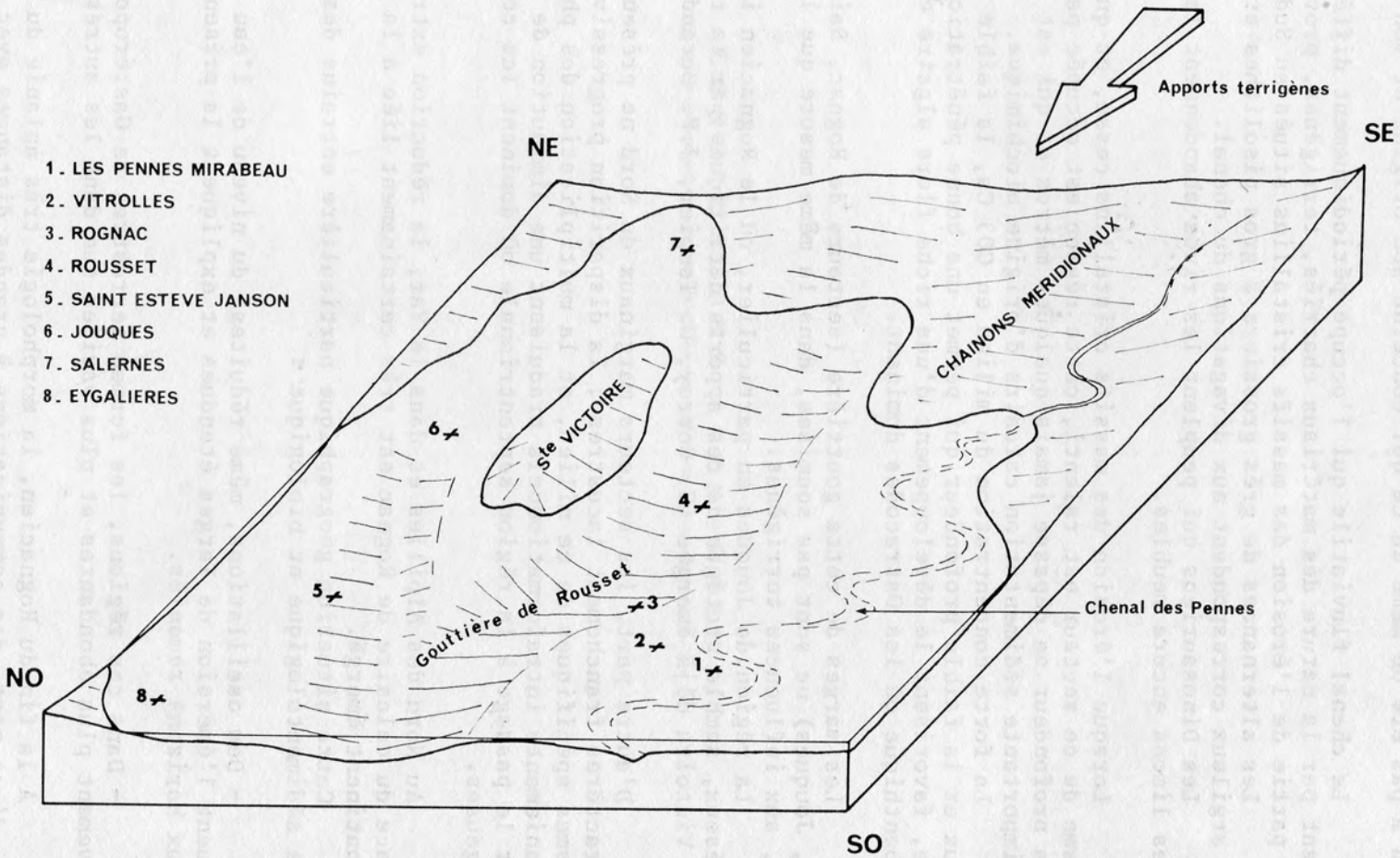


Fig. 38 : Reconstitution paléogéographique du lac rognacien .

La partie centrale du lac (secteur de Rousset) est occupée par une vaste gouttière orientée Est-Ouest, très évasée et peu profonde (s'il a été possible de mettre en évidence les bordures de cette gouttière il n'en a pas été de même en ce qui concerne son origine et son aboutissement).

Le chenal fluviatile qui l'occupe périodiquement diffère du précédent par la nature des matériaux charriés, terrigènes, provenant en grande partie de l'érosion des massifs cristallins situés au Sud-Est (Maures).

Les alternances de grés grossiers à gros pisolithes et d'horizons rouges argileux correspondent aux divagations du chenal.

Les Dinosauriens qui peuplent les rives abandonnent leurs pontes dans les limons encore meubles.

Lorsque l'érosion des massifs cristallins cesse, et que l'hydrodynamisme de ce secteur est ralenti, cette région est occupée par un lac dont la profondeur ne dépasse jamais quelques mètres et qui est le siège d'une importante sédimentation calcaire d'origine biochimique.

La forte concentration du milieu en CO3 Ca, la faible agitation des eaux et la faible profondeur qui permet une bonne pénétration de la lumière, favorisent le développement d'une riche flore algaire et d'une faune benthique où les Ostracodes dominent.

Les marges de cette gouttière (secteurs de Rognac, Saint Estève Janson, Jouques) ne sont pas soumises, dans la même mesure que la région axiale, aux influences terrigènes.

La région de Jouques en particulier, où le Rognacien inférieur est peu gréseux, semble protégée de ces apports détritiques par la ride de Sainte Victoire déjà émergée (G. Corroy, C. Tempier, J.P. Durand - 1964).

D'autre part, les secteurs marginaux du Nord ne présentent plus des caractères franchement lacustres ; la disparition progressive des organismes spécifiques de ce milieu, et la multiplication des phénomènes de remaniements intraformationnels traduisent une diminution de la profondeur et le passage à la région septentrionale où dominent les conditions marécageuses.

Au Nord des Alpilles et dans le Var, la réduction extrême de la puissance du calcaire de Rognac est très certainement liée à la proximité d'un continent émergé.

Cette situation géographique particulière entraine des conséquences d'ordre sédimentologique et biologique :

- Des oscillations, même réduites, du niveau de l'eau dans le lac, provoquent l'émersion de larges étendues et expliquent la présence de nombreux horizons remaniés.

- Dans ces régions, les formes terrestres de Gastéropodes sont relativement plus abondantes et plus variées que dans les autres secteurs.

A la fin du Rognacien, la morphologie très aplanie du relief permet, d'une part, des communications à grandes distances avec d'autres bassins sédimentaires lacustres ou marins (Foraminifères au sommet du Rognacien des Alpilles) et favorise, d'autre part, la grande extension du domaine fluviatile à dominance terrigène du Vitrollien inférieur.

CONCLUSIONS GENERALES

I - STRATIGRAPHIE

L'observation macroscopique et microscopique de plusieurs affleurements étudiés en Provence a permis d'établir une chronologie dans la formation des dépôts qui constituent le Rognacien.

Six périodes distinctes ont pu être mises en évidence ; chacune d'entre elles est caractérisée alternativement par la dominance de la sédimentation terrigène ou par la dominance des dépôts calcaires.
Ces deux modalités correspondent généralement à des conditions climatiques respectivement rhexistasiques et biostasiques.

Mais la bio-rhexistasie climatique est un phénomène dont l'extension géographique est toujours considérable. Les bassins sédimentaires reçoivent simultanément soit uniquement des sédiments biostasiques soit uniquement des sédiments rhexistasiques.

En fait, au cours du Rognacien, la juxtaposition de ces deux types de sédimentation existe fréquemment (intercalations gréseuses de Rousset contemporaines de la sédimentation calcaire de Jouques et de l'accumulation de pisolithes aux Pennes Mirabeau).

La fin du Crétacé est une période essentiellement biostasique, dotée d'un climat de type tropical à saisons alternativement sèches et humides (zonation des édifices à Cyanophycées).
Périodiquement, des pulsations tectoniques engendrent une reprise de l'érosion et les apports terrigènes envahissent localement le paysage lacustre (notion de rhexistasie tectonique - P. Freytet - 1967).

II - PALEOECOLOGIE

Cette étude fait ressortir la présence de plusieurs peuplements, en relation avec des conditions particulières de sédimentation.

- Peuplement de milieu fluviatile calcaire :

Les Cyanophycées sont les seuls organismes représentés ; leur activité édificatrice est intense et aboutit à d'importantes accumulations de pisolithes.

- Peuplement de littoral marécageux :

Il est caractérisé par l'abondance des Microcodium accompagnés par les Gastéropodes plus ou moins nombreux ; les figures de remaniements intraformationnels sont fréquentes et témoignent d'une sédimentation instable dans un milieu souvent exondé.

- Peuplement de la zone marginale du lac :

Cette zone constitue le passage entre le littoral marécageux et le lac proprement dit.

Les Algues calcaires (Characées) acquièrent une grande extension, cependant les formes typiquement lacustres (Clavatoracées) sont peu nombreuses.

Les effets de l'hydrodynamisme, dû à une faible profondeur, sont sensibles et provoquent quelques phénomènes de remaniement.

- Peuplement du lac :

Les organismes qui le constituent sont, par ordre d'importance décroissante, les Clavatoracées, les Characées, les Gastéropodes et les Ostracodes.

Le développement des Algues calcaires, et en particulier des Clavatoracées correspond à des conditions physico-chimiques particulières du milieu : forte concentration en CO_3 Ca, hydrodynamisme faible, profondeur peu importante (pénétration possible des rayons lumineux).

Le sédiment associé est une micrite homogène.

- Peuplement exceptionnel :

Il est très localisé dans le temps et dans l'espace (Rognacien terminal du versant Nord des Alpilles) et caractérisé par la présence de Foraminifères benthiques (Discorbidés). Les individus sont relativement nombreux et constituent des formes adaptées à la dessalure ; ils sont associés à des Ostracodes, des Gastéropodes et des Charophytes particulières dotées d'un grand nombre de cellules corticantes.

III - PALEOGEOGRAPHIE

La répartition géographique des faciès lithologiques et biologiques ayant été établie, les grands traits de la paléogéographie du lac rognacien ont pu être reconstitués.

Trois zones superposées du Sud au Nord ont été ainsi mises en évidence :

- Au Sud, un chenal fluviatile divague largement sur une vaste plaine d'épandage située au pied des Chaînons Sud-Provençaux en voie de surrection.

Le matériel transporté est essentiellement calcaire et le chenal est le siège de l'activité constructrice des Cyanophycées qui prolifèrent dans ce milieu.

- La zone centrale est occupée par le lac proprement dit, séparé du domaine méridional par un ensemble de hauts fonds palustres.

La sédimentation calcaire est caractérisée par un mode calme (décantation).

Périodiquement, l'installation d'un chenal fluviatile chargé en éléments terrigènes provenant des massifs cristallins du Sud-Est, détruit les conditions lacustres et recouvre la plaine d'inondation de limons rouges.

Les marges de cette région sont protégées des apports détritiques (ébauche de Sainte Victoire exondée) et présentent des conditions lacustres dégradées (plus littorales).

- Enfin, la zone septentrionale traduit la proximité d'un continent émergé ; l'épaisseur du calcaire de Rognac y est très réduite et la multiplication des horizons remaniés témoigne de la répétition de nombreuses périodes d'exondation.

Cette reconstitution paléogéographique est, certes, imparfaite et n'apporte qu'un élément supplémentaire à la connaissance du Rognacien provençal ; elle se doit d'être complétée par l'étude d'un plus grand nombre de coupes, utilisant les méthodes de la paléoécologie et de l'observation microscopique qui fournissent une somme de renseignements d'un grand intérêt.

- § -

BIBLIOGRAPHIE

ANGLADA R., TRUC G. (1969) - Présence de foraminifères dans l'Oligocène inférieur du synclinal d'Apt (Vaucluse - France) ; conséquences paléo-écologiques et paléogéographiques.
C.R.Acad. Sc., 269, p. 312.

ARLHAC P. (1964) - Le pli de Concors.
DES Fac. Sciences, Marseille (ronéot.)

BARBOT D. (1961) - Etude stratigraphique et sédimentologique de la colline de Ventabren (Bouches du Rhône).
DES Fac. Sciences, Marseille (ronéot.)

BASTIEN C. (1960) - Contribution à l'étude géologique du Bassin d'Aix en Provence (Aix N° 2 et 3).
DES Fac. Sciences, Marseille (ronéot.)

BERTRAND-SARFATI J., FREYTET P., PLAZIAT J.C. (1966) - Les calcaires concrétionnés de la limite Oligocène - Miocène des environs de Saint Pourçain sur Sioule (Limagne d'Allier) : Rôle des Algues dans leur édification ; analogie avec les stromatolites et rapports avec la sédimentation.
B.S.G.F., 7, VIII, p. 652.

BIGNOT G. (1966) - L'association Charophytes - Foraminifères dans les calcaires "liburniens" d'Istrie (limite Crétacé - Tertiaire, Italie - Yougoslavie).
C.R.S.S.G.F., p. 56.

BOURRELY P. (1966) - Les Algues d'eau douce - Algues vertes.
Ed. N. Boubée & Cie., Paris.

BRUN P. de (1923) - Révision de la Feuille d'Avignon au 80.000 ème.
Bull. Carte Géol. France, 155, XXVIII.
Compte rendu des collaborateurs pour la campagne de 1923.

CALVEZ J. le et CALVEZ Y. le (1951) - Contribution à l'étude des Foraminifères des eaux saumâtres.
Vie et Milieu, II, 2, p. 237.

CAUDWELL C. (1968) - Restes végétaux mis en évidence dans les calcaires lacustres tertiaires d'Aquitaine.
B.S.G.F., 7, X, p. 618.

CAZIOT E. (1890) - Etude stratigraphique et nouvelles recherches sur les Mollusques du terrain lacustre inférieur de Provence (Danien).
B.S.G.F., 3, XVIII, p. 223.

CHATELET H. (1970) - Etude stratigraphique et paléoécologique du Crétacé supérieur fluvio-lacustre du Bassin des Baux.
DEA Fac. Sciences, Marseille (ronéot.)

CHATELET H. (1971) - Le Rognacien et le Vitrollien dans leur région type : Etude paléoécologique.
96 ème Congrés National des Sociétés Savantes.
Colloque de Paléolimnologie du Tertiaire du Midi méditérranéen, du Languedoc et de l'Aquitaine. Toulouse (à paraître)

CHILINGAR G.V., BISSELL H.J., FAIRBRIDGE R.W. (1967) - Carbonate rocks.
Elsevier publishing comp., Amsterdam.

COLLOT L. (1890) - Description du terrain crétacé dans une partie de la Basse Provence - 2ème partie : Couches d'eau douce et généralités.
B.S.G.F., 3, XIX, p. 39.

(1891) - Constitution de la série d'eau douce d'Orgon.
B.S.G.F., 3, XIX, p. 756.

(1891) - Lettre de M. Collot adressée à M. Pellat à l'occasion de l'excursion aux Baux.
B.S.G.F., 3, XX, p. 1216.

CORROY G. (1957) - Limite entre le Crétacé et le Tertiaire en Provence occidentale.
C.R.S.S.G.F., p. 286.

CORROY G., TEMPIER C., DURAND J.P. (1964) - Evolution tectonique de la montagne Sainte Victoire en Provence.
C.R. Acad. Sc., 258, p. 1556.

CUVILLIER J. (1955) - Sur l'origine de Microcodium.
B.S.G.F., 6, V, p. 295.

DENIZOT G. (1942) - Bassins de Fuveau et de l'Arc. Feuilles d'Aix et Martigues au 50.000 ème.
Bull. Carte Géol., France, XLIII, 211, p. 137.

DUGHI R., SIRUGUES F. (1957) - Les oeufs de Dinosauriens du Bassin d'Aix en Provence.
C.R. Acad. Sc., 245, p. 707.

DURAND J.P. (1961) - Les formations fluvio-lacustres du Crétacé supérieur et de l'Eocène dans le Bassin de l'Arc, près de Rousset (Bouches du Rhône).
DES Fac. Sciences, Marseille (ronéot.)

(1962) - Rôle et répartition des Microcodium dans les formations fluvio-lacustres provençales du Crétacé supérieur et de l'Eocène.
C.R.S.S.G.F., p. 264.

DUSSART B. (1966) - Limnologie - L'étude des eaux continentales.
Coll. Géobiologie - Ecologie - Aménagement
Gauthier - Villars Ed., Paris

EMBERGER L. (1968) - Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants.
Masson Ed., Paris

ERHART H. (1967) - La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique. Biostasie et Rhexistasie.
Coll. Evolution des Sciences - Masson Ed., Paris

FABRE-TAXY S. (1959) - Faunes lagunaires et continentales du Crétacé supérieur de Provence - III - Le Maestrichtien et le Danien.
Ann. de Pal., XLV, p. 55.

FABRE-TAXY S., CHATELET H. (1971) - Précisions paléontologiques sur les Algues Munieria Deecke et Septorella Grambast.
C.R. Acad. Sc., 272, p. 3021.

FABRE-TAXY S., GUEIRARD S., LEBEAULT G. (1959) - Etude pétrographique des sédiments maestrichtiens dans la partie orientale du Bassin de l'Arc.
Trav. Labo. Géol., Fac. Sciences, Marseille, p. 265.

FABRE-TAXY S., TOURAINE F. (1960) - Nouveau gisement d'oeufs de Dinosaures dans le Rognacien (Danien) du Var.
C.R.S.S.G.F., p. 224.

FABRE-TAXY S., RAT P. (1959) - Le Domaine mésogéen au Crétacé supérieur.
84 ème Congrés des Sociétés Savantes. Dijon.
Colloque sur le Crétacé supérieur, p. 879

FEDIAEVSKY A. (1963) - Méthode d'étude quantitative des microfaciès calcaires.
Rev. Micropal., 6, N° 3, p. 175.

FRANCOIS S., SIGAL J. (1957) - Quelques données nouvelles sur la morphologie et la répartition stratigraphique de Microcodium Glück 1912.
C.R.S.S.G.F., p. 168.

FREYTET P. (1964) - Le Vitrollien des Corbières orientales - Réflexions sur la sédimentation "lacustre" nord-pyrénéenne - Divagations fluviatiles, biorhexistasie, pédogénèse.
Rev. Géog. phys. et Géol. dynam., VI, 3, p. 179.

(1965) - Sédimentation microcyclothémique avec croûtes zonaires à Algues dans le calcaire de Beauce de Chauffour-Etrechy (Seine et Oise).
B.S.G.F., 7, VII, p. 309.

(1967) - Généralisation du rôle de la pédogénèse en tant que phénomène cyclique associé à la sédimentation fluviatile dans les "grès à reptiles" (Crétacé supérieur) de Saint Chinian (Hérault).
C.R. Acad. Sciences, 264, p. 237.

FREYTET P. (1967) - A propos du Crétacé supérieur du Languedoc - Réflexions sur l'évolution paléobiogéographique de la France méridionale - Existence simultanée d'aires biostasiques à côté d'aires rhexistasiques.
Colloque sur la Biogéographie du Crétacé-Eocène de la France méridionale. Paris.

(1967) - A propos des milieux fluviatiles fossiles du Languedoc (Crétacé supérieur et Eocène inférieur) : Réflexions sur les méthodes de la paléobiogéographie.
C.R. Soc. Biogéographie, 382, p. 28.

(1968) - Esquisse paléogéographique et structurale du Vitrollien languedocien.
C.R. Acad. Sciences, 266, p. 1709.

(1969) - Essai de classification des paléosols du Crétacé supérieur et de l'Eocène inférieur du Languedoc, et implications climatiques.
C.R. Acad. Sciences, 269, p. 2316.

(1970) - Esquisse paléogéographique et structurale du Bégudo-Rognacien languedocien.
C.R. Acad. Sciences, 270, p. 2620.

FREYTET P., PLAZIAT J.C. (1965) - Importance des constructions algaires dues à des Cyanophycées dans les formations continentales du Crétacé supérieur et de l'Eocène du Languedoc.
B.S.G.F., 7, VII, p. 679.

FRIGARIA A. (1956) - Les oeufs de Dinosauriens de Rousset (Bouches du Rhône).
Bull. Soc. Linn. Provence, XXI.

GAUTHIER-LIEVRE L. (1935) - Sur une des singularités de l'Oued Rhir : des Foraminifères thalassoïdes vivant dans des eaux sahariennes.
Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord, 26, p. 142.

GIROD M. (1960) - Etude géologique détaillée de la région centrale des Alpilles, entre Mouriès et Saint Remy de Provence.
DES Fac. Sciences, Paris (ronéot.)

GOTTIS M. (1963) - Sur un cas d'hétérotrophie de Microcodium.
B.S.G.F., 7, V, p. 838.

GRAMBAST L. (1964) - Sur des Charophytes remarquables du Crétacé terminal.
C.R. Acad. Sciences, 258, p. 643.

GUIEU G. (1968) - Etude tectonique de la Région de Marseille.
Thèse Doctorat Etat, Fac. Sciences, Marseille (ronéot.)

HOUSSE B. (1950) - Etude géologique de la Vallée des Baux et de ses abords.
DES Fac. Sciences, Marseille (ronéot.)

JOHNSON J.H. (1961) - Limestone building Algae and Algal Limestone.
Colorado School of Mines.

KUKAL Z. (1971) - Geology of Recent Sediments.
Central Geological Survey, Prague.
Academic Press, London

LAPPARENT A.F. de (1947) - Etudes géologiques dans les régions provençales et alpines entre le Var et la Durance.
Bull. Service Carte Géol., France, XL, 198.

(1957) - Les oeufs de Dinosauriens fossiles de Rousset (Bouches du Rhône)
C.R. Acad. Sciences, 245, p. 546.

LEMEE G. (1967) - Précis de Biogéographie.
Masson Ed. Paris.

LEVY A., LUCAS G. (1971) - Remarques sur le rôle des Charophytes dans les milieux margino-littoraux.
C.R. Acad. Sciences, 272, p. 2527.

LUCAS G., MONTENAT C. (1967) - Observations sur les structures internes et le développement des Microcodium.
B.S.G.F., 7, IX, p. 909.

MATHERON P. (1832) - Observations sur les terrains tertiaires des Bouches du Rhône et description des coquilles fossiles inédites ou peu connues qu'ils renferment.
Ann. Sc. et Industrie du Midi de la France, t. III.

(1862) - Recherches comparatives sur les dépôts fluviolacustres tertiaires des environs de Montpellier, de l'Aude et de la Provence.
Mem. Soc. d'Emul. de Provence. Marseille, I, p. 173.

(1864) - Compte rendu de l'excursion de la Société géologique à Fuveau et dans les environs d'Aix.
B.S.G.F., 2, XXV, p. 109.

(1868) - Note sur l'âge des calcaires lacustres à Strophostoma lapicida des environs d'Aix et de Montpellier et sur la position de l'étage de Rognac par rapport à la série des dépôts fluviolacustres du Bassin de Fuveau.
B.S.G.F., 2, XXV, p. 762.

(1869) - Notice sur les reptiles fossiles des dépôts fluviolacustres crétacés du bassin à lignite de Fuveau.
Mém. Acad. de Marseille, p. 26.

(1875) - Note sur les dépôts crétacés lacustres et d'eau saumâtre du Midi de la France.
B.S.G.F., 3, IV, p. 415.

(1878) - Recherches paléontologiques dans le Midi de la France.
Barlatier Imprimeur. Marseille

MATHERON P. (1891) - Note sur l'âge de la série saumâtre et d'eau douce de Fuveau et de Rognac.
B.S.G.F., 3, XIX, p. 1046.

MICROFACIES ITALIANE (1959) - Agip mineraria. Milan

MORKHOVEN F.P.C.M. VAN (1963) - Post Palaeozoïc Ostracoda. (2 tomes)
Elsevier publishing comp., Amsterdam.

NIVIERE A. (1959) - Etude stratigraphique et sédimentologique de la barre de calcaire de Rognac.
DES Fac. Sciences, Marseille (ronéot.)

PAVLOVEC R. (1963) - Stratigraphie des couches liburniennes au Nord-Ouest de la Yougoslavie.
Colloque sur le Paléogéne, Bordeaux.
Mém. Bur. Rech. Géol. et Min., 28, p. 711.

PELLAT E. (1891) - Compte rendu de l'excursion au Baux. (Bouches du Rhône)
B.S.G.F., 3, XX, p. 1208.

PERES J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée.
Rec. Trav. Station marine Endoume, 31, 47. Marseille

PHILIP J. (1970) - Les formations calcaires à Rudistes du Crétacé supérieur provençal et rhodanien.
Thèse Doctorat Etat, Fac. Sciences, Marseille (offset)

PHLEGER F.B. (1960) - Ecology and distribution of recent Foraminifera
John Hopkins Press, Baltimore.

PIA J. (1920) - Les Siphonés verticillées du Carbonifère au Crétacé ; traduit par M. Gubler.
Technip Edit.

PLAZIAT J.C. (1970) - La limite Crétacé - Tertiaire en Alava méridionale (Pays basque espagnol) : le Rognacien n'y est pas l'équivalent continental du Danien.
C.R.S.S.G.F., 3, p. 77.

(1970) - Conséquences stratigraphiques de l'interstratification de Rognacien dans le Maestrichtien supérieur d'Alava (Espagne).
C.R. Acad. Sciences, 270, p. 2768.

POIGNANT A. (1969) - Les Algues du toit des bauxites des environs de Mazaugues (Var).
Rev. Micropal, 11, 4, p. 233.

RECH-FROLLO M. (1948) - Conditions lacustres en milieu marin - le Danien de la partie orientale du sillon nord-pyrénéen.
B.S.G.F., 5, XVIII, p. 115.

REPELIN J. (1936) - Quelques précisions sur le synchronisme des dépôts du Crétacé supérieur marin du Nord de la France et de la série fluvio-lacustre du Midi.
C.R.S.S.G.F., 8, p. 133.

ROULE L. (1885) - Recherches sur le terrain fluvio-lacustre inférieur de Provence.
Ann. Sc. Géologiques, XVIII, 2.

ROUSSET C. (1963) - Faciès continentaux et fluvio-lacustres crétacés du bassin de Jouques. (Bouches du Rhône)
C.R.S.S.G.F., p. 114.

SARRAN d'ALLARD L. de (1884) - Recherches sur les dépôts fluvio-lacustres antérieurs et postérieurs aux assises marines de la craie supérieure du département du Gard.
B.S.G.F., XII, p.553.

SHINN E.A. (1968) - Practical significance of birdseyes structures in carbonate rocks.
Journ. of. Sedimentary petrology, 38, 1, p. 215.

SITTLER C. (1965) - Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques.
Mém. Service Carte Géol. Alsace Lorraine, 24.

SORNAY J. (1950) - Etude stratigraphique sur le Crétacé supérieur de la vallée du Rhône entre Valence et Avignon et des régions voisines.
Imprimerie Allier - Grenoble.

THALER L. (1965) - Les oeufs des Dinosaures du Midi de la France livrent le secret de leur extinction.
Science progrès - La Nature. p. 41.

TOURAINE F. (1963) - Quelques précisions nouvelles sur la série fluvio-lacustre de Sillans (Var)
C.R.S.S.G.F., p. 167.

TRICHET J. (1968) - Etude de la composition de la fraction organique des oolites. Comparaison avec celle des membranes des bactéries et des Cyanophycées.
C.R. Acad. Sciences, 267, p. 1492.

VASSEUR G. (1898) - Bassin d'Aix et de Fuveau.
C.R. Acad. Sciences, 28 nov. 1898.

VILLOT (1883) - Etude sur le Bassin de Fuveau et sur un grand travail à y exécuter.
Ann. des Mines, 8, IV, p. 5.

ZALANYI B. (1959) - Ostracoden faunen aus der aptstufe des nördlichen Bakony-Gebirges.
Jahrbuch der Ungarischen Geologischen Anstalt, XLVII, 2.

REPELIN J. (1936) - Quelques précisions sur le synchronisme des dépôts du Crétacé supérieur marin du Nord de la France et de la série fluvio-lacustre du Midi.
C.R.S.S.G.F., 8, p. 133.

ROULE L. (1885) - Recherches sur le terrain fluvio-lacustre inférieur de Provence.
Ann. Sc. Géologiques, XVIII, 2.

ROUSSET C. (1963) - Faciès continentaux et fluvio-lacustres crétacés du bassin de Jouques. (Bouches du Rhône)
C.R.S.S.G.F., p. 114.

SARRAN d'ALLARD L. de (1884) - Recherches sur les dépôts fluvio-lacustres antérieurs et postérieurs aux assises marines de la craie supérieure du département du Gard.
B.S.G.F., XII, p.553.

SHINN E.A. (1968) - Practical significance of birdseyes structures in carbonate rocks.
Journ. of. Sedimentary petrology, 38, 1, p. 215.

SITTLER C. (1965) - Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques.
Mém. Service Carte Géol. Alsace Lorraine, 24.

SORNAY J. (1950) - Etude stratigraphique sur le Crétacé supérieur de la vallée du Rhône entre Valence et Avignon et des régions voisines.
Imprimerie Allier - Grenoble.

THALER L. (1965) - Les oeufs des Dinosaures du Midi de la France livrent le secret de leur extinction.
Science progrès - La Nature. p. 41.

TOURAINE F. (1963) - Quelques précisions nouvelles sur la série fluvio-lacustre de Sillans (Var)
C.R.S.S.G.F., p. 167.

TRICHET J. (1968) - Etude de la composition de la fraction organique des oolites. Comparaison avec celle des membranes des bactéries et des Cyanophycées.
C.R. Acad. Sciences, 267, p. 1492.

VASSEUR G. (1898) - Bassin d'Aix et de Fuveau.
C.R. Acad. Sciences, 28 nov. 1898.

VILLOT (1883) - Etude sur le Bassin de Fuveau et sur un grand travail à y exécuter.
Ann. des Mines, 8, IV, p. 5.

ZALANYI B. (1959) - Ostracoden faunen aus der aptstufe des nördlichen Bakony-Gebirges.
Jahrbuch der Ungarischen Geologischen Anstalt, XLVII, 2.

DOCUMENTS CONSULTES

Cartes géologiques :

Carte de France au 80.000 ème :

- 221 - Le Vigan (2 ème ed.)
- 223 - Forcalquier (3ème ed.)
- 235 - Aix (3ème ed.)
- 236 - Draguignan (2ème ed.)

Carte de France au 50.000 ème :

- Aix en Provence (2ème ed.)
- Alpilles (1960)
- Martigues (1963)
- Salernes (1963)
- Tavernes (1966)
- Uzès (1967)

Fonds topographiques :

Plans directeurs au 20.000 ème :

- Aix N° 3
- Chateaurenard N° 6 et 8
- Eyguières N° 2
- Pertuis N° 7 et 8
- Salernes N° 5 et 6
- Salon N° 4

Plans directeurs au 25.000 ème :

- Anduze N° 3 - 4
- Martigues N° 3 - 4 et 7 - 8

LISTE DES FIGURES

TABLE DES MATIERES

PLANCHES HORS TEXTE

PLANCHE I

Fig. 1. - Réf. 105 (coupe de Rognac - texte p. 14 et 58)
Nodules pigmentés mais de même nature (fraction clastique et ciment) que la roche matricielle.
Présence d'une auréole sparitique. Fragment de Microcodium à la partie inférieure du nodule de gauche.
(Gr x 15).

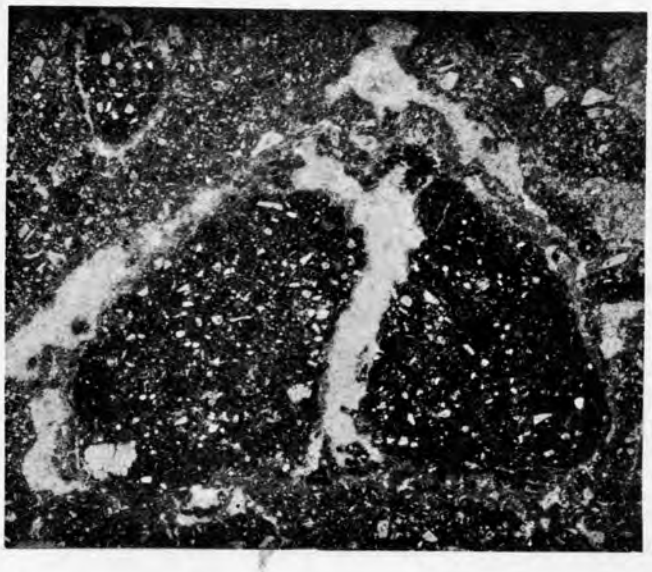
Fig. 2. - Réf. 444 (coupe de St Estève Janson. - texte p. 29 et 58)
Nodules hétérométriques (intraclasts) enrobés dans un ciment sparitique.
(Gr x 15).

Fig. 3 et 4. - Réf. 448 (coupe de St Estève Janson - texte p. 29 et 58)
et Réf. 120 (coupe de Rognac - texte p. 14)
Exemples de réseaux filamenteux diffus dans un ciment micritique ou en cours de recristallisation. Formation de nodules (Fig. 3 en haut à gauche) - (Fig. 3 ; Gr x 15 - Fig. 4 ; Gr x 40).

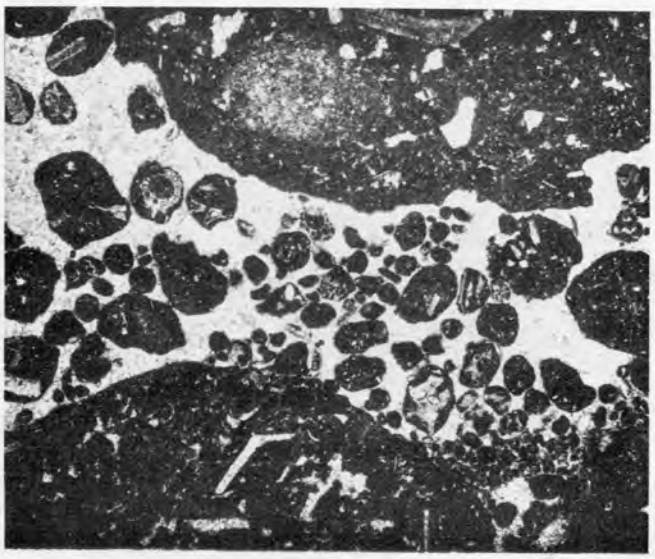
Fig. 5.- Réf. 421 (coupe de St Estève Janson - texte p. 29)
Auréole de calcite en cristaux aciculaires, au contact d'un ciment micritique et d'une plage sparitique.
(Gr x 15).

Fig. 6. - Réf. F 10 (coupe des Baux - texte p. 44 et 59)
Birds eyes. Vacuoles sparitiques plus ou moins régulièrement alignées.
(Gr x 15)

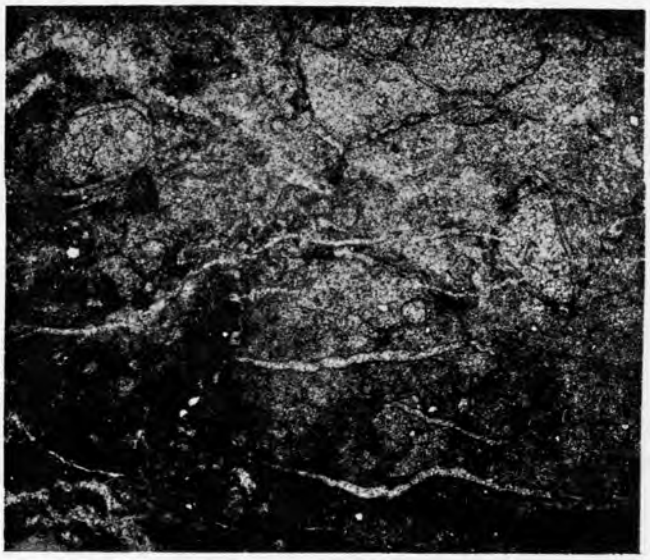
1



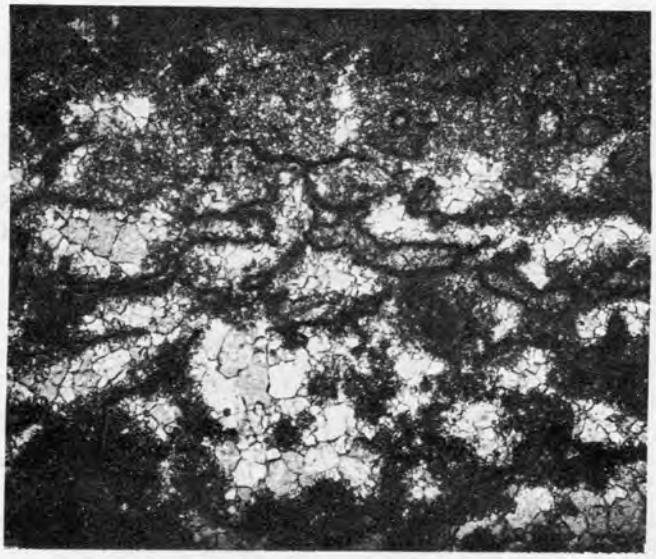
2



3



4



5

6

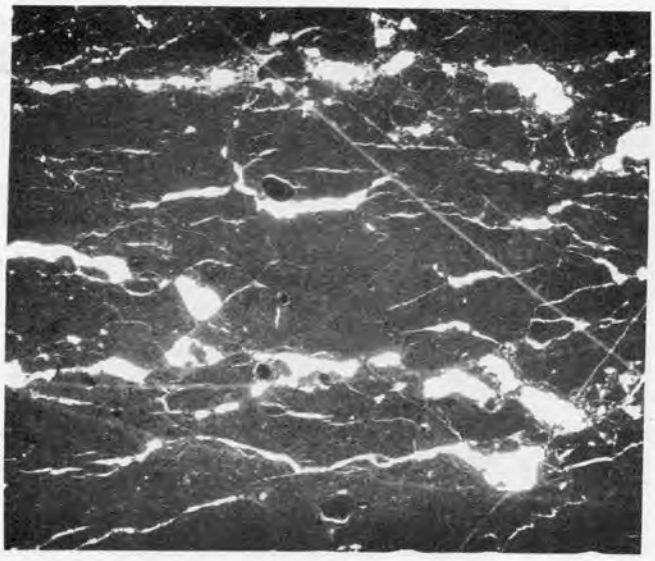


PLANCHE II

Fig. 1. - Réf. 367 (coupe de Jouques, ferme St Estève)
Accumulation de carapaces et de valves libres d'Ostracodes dans un niveau nodulisé (même phénomène qu'à St Estève Janson ; Réf. 444 - texte p. 29).
(Gr x 15).

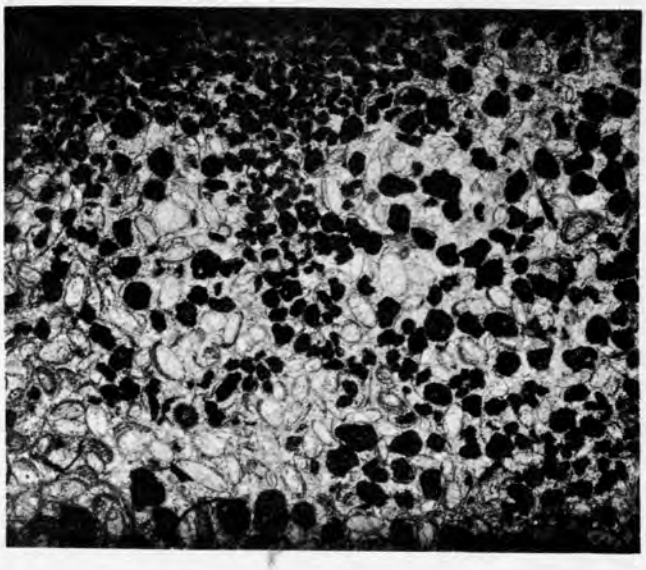
Fig. 2. - Réf. 184 (coupe des Pennes Mirabeau - texte p. 20 et 55)
Faciès à Cyanophycées. Fragment de test de Gastéropode momifié.
(Gr x 15).

Fig. 3. - Réf. 233 (coupe des Pennes Mirabeau - texte p. 20 et 54)
Faciès à Cyanophycées. Structure en touffes. Filaments disposés en éventail et conférant à l'ensemble de la colonie un aspectmamelonné.
(Gr x 15).

Fig. 4. - Réf. 282 (coupe de Marignac - texte p. 54)
Faciès à Cyanophycées. Structure celluleuse.
(Gr x 15).

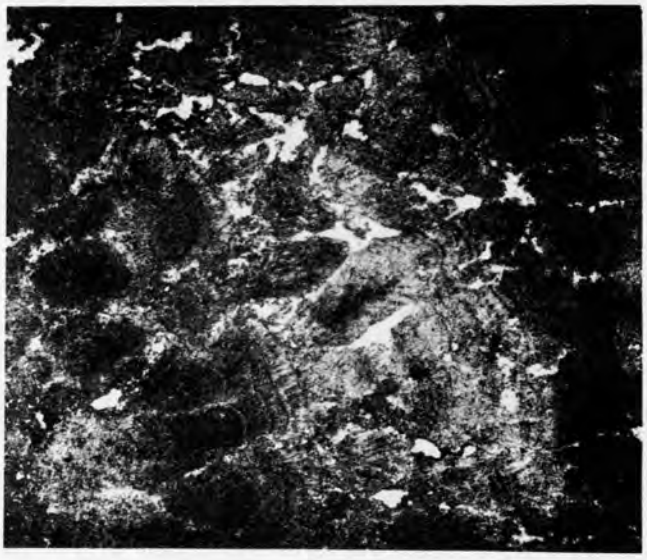
Fig. 5 et 6. - Réf. 71 (coupe de Rognac - texte p. 14, 62 et 70)
Faciès à Microcodium. Colonies en rosettes ou en épis de maïs .
(Gr x 15).

1

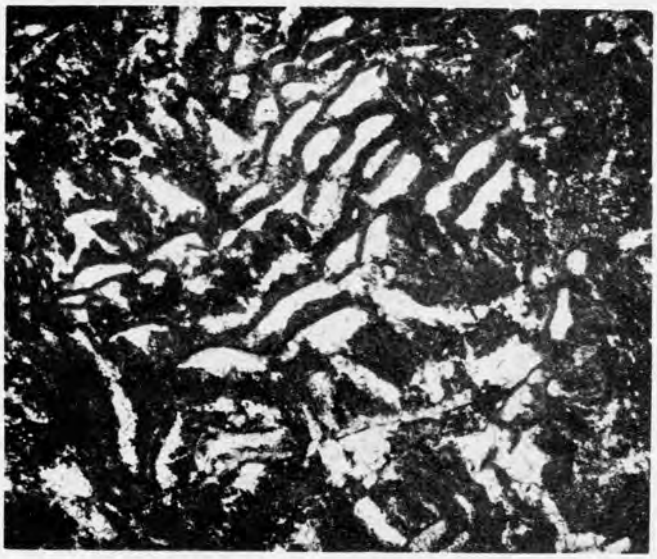


2

3



4



5

6

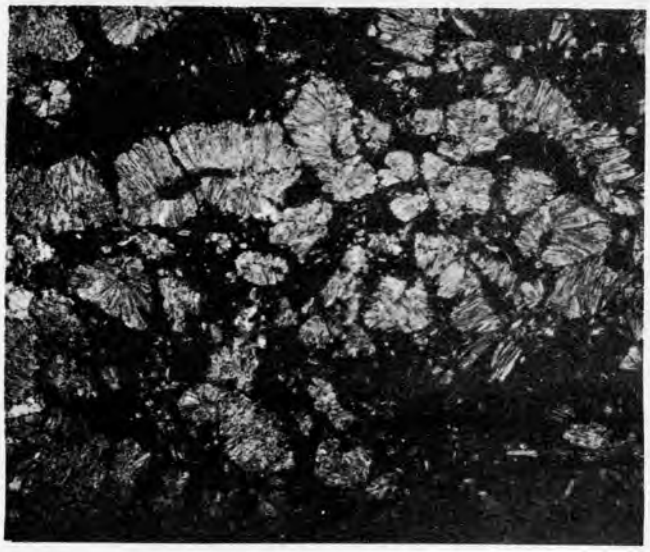


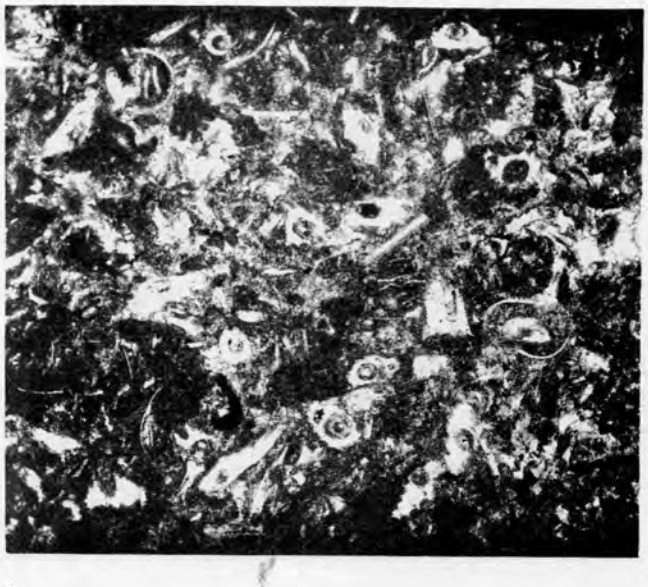
PLANCHE III

Fig. 1, 2, 3, 4. - Réf. 251 et 263 (coupe de Rousset - texte p. 23, 63 et 70).
Faciès à Clavatoracées - Sections transversales (étoilées) et longitudinales (en forme de T) d'articles.
(Gr x 40)

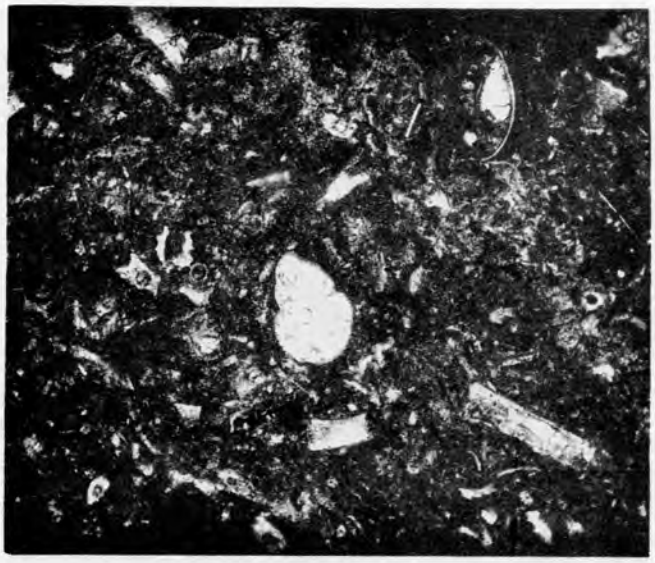
Fig. 5. - Réf. 64 (coupe de Rognac - texte p. 13, 63 et 70)
Faciès à Clavatoracées - Sections de sporanges.
(Gr x 15)

Fig. 6. - Réf. F 17 (coupe des Baux - texte p. 44, 63 et 70)
Dimensions comparées d'un sporange de Clavatoracée et d'un oogone de Characée.
(Gr x 30)

1



2



3

4

5

6

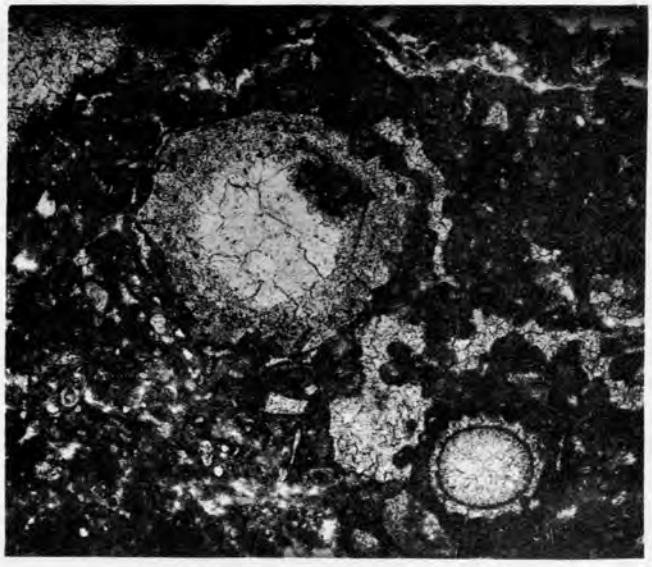


PLANCHE IV

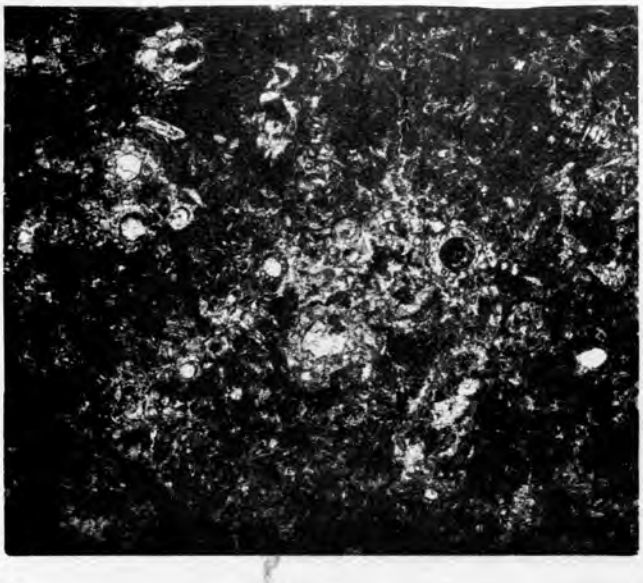
Fig. 1. et 2. - Réf. 364 (coupe de Jouques, Ferme St Estève) et Réf. 255 (coupe de Rousset).
Faciès à Characées . Nombreuses sections de tiges (texte p. 70) (Gr. x 15).

Fig. 3. - Réf. 255 (coupe de Rousset - Texte p. 65 et 70)
Faciès à Characées. Sections transversales de tiges (cellules corticantes bien visibles). Section d'Ostracode Theriosinoecum (à gauche).
(Gr x 40).

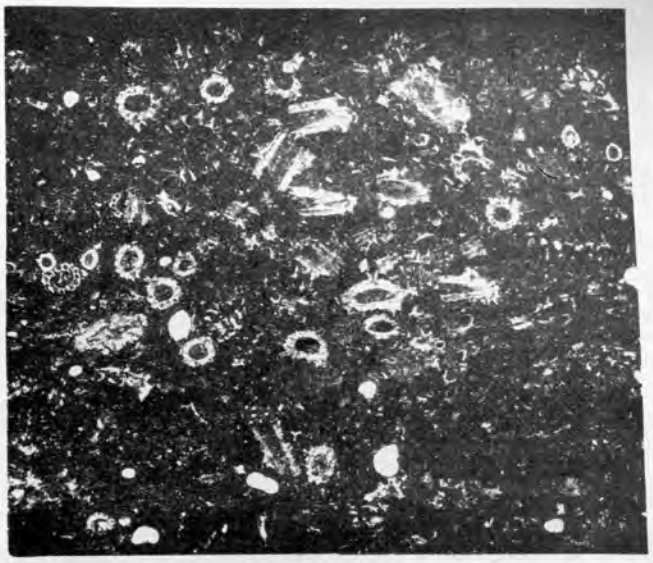
Fig . 4. - Réf. 240 (coupe d'Eygalières - Texte p. 47, 64, 70)
Faciès à Foraminifères. Sections de Discorbidés et de Charophytes particulières présentant un grand nombre de cellules corticantes.
(Gr x 15).

Fig. 5 et 6. - Réf. 240 (coupe d'Eygalières - Texte p. 47, 64 et 70)
Faciès à Foraminifères. Sections équatoriales et axiales de Discorbidés. Oogone de Characée (Fig. 5) et section de Theriosinoecum (Fig. 6).
(Gr x 40).

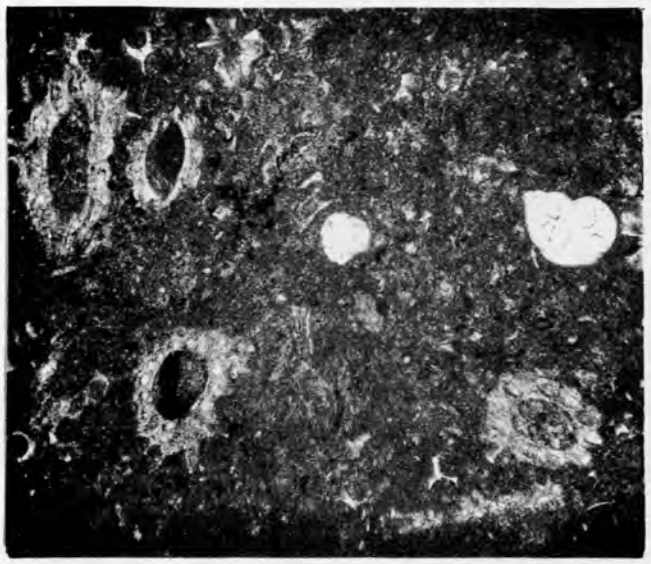
1



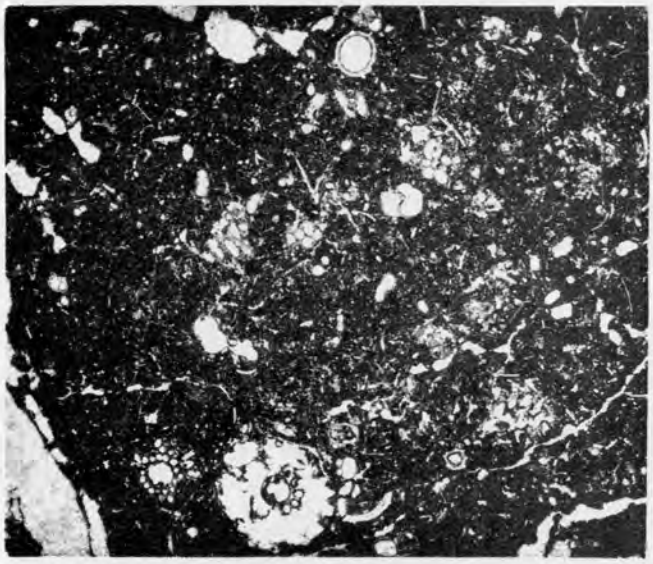
2



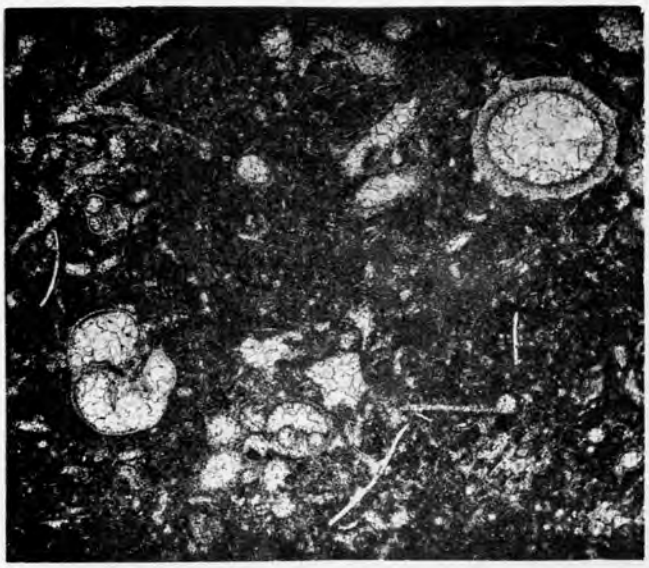
3



4



5



6

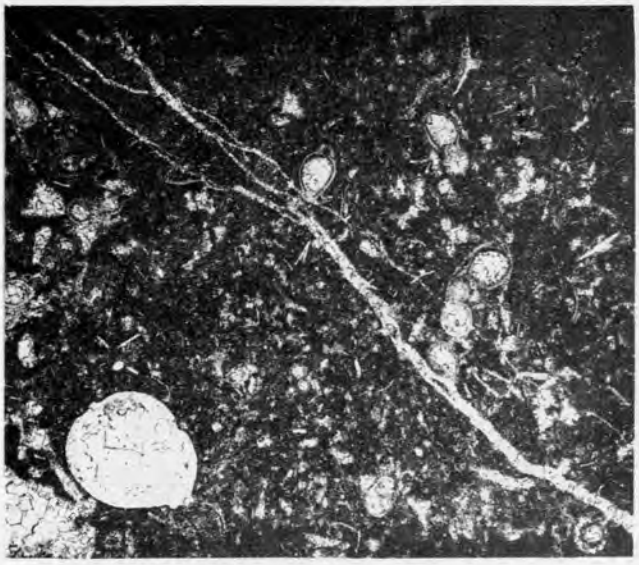


PLANCHE V

Fig. 1. - Réf. 238 (coupe des Pennes Mirabeau - Texte p. 21).
"Fleurs" de calcite rappelant la structure des Microcodium
(Gr x 15).

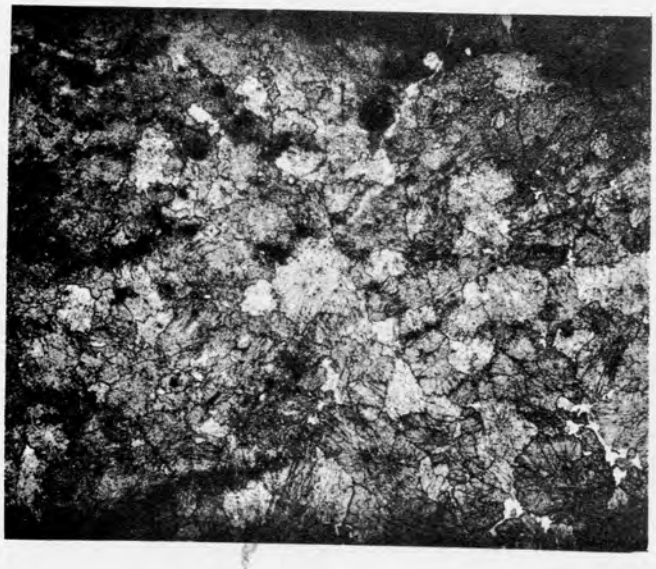
Fig. 2. - Réf. 22 (coupe de Rognac - Texte p. 9).
Microséquence sédimentaire : calcaire cendreux compact puis calcaires à petits pisolithes à la base. Calcaire à Characées et calcaire à débris ligniteux au centre. Calcaire cendreux friable au sommet. Epaisseur 15 cm environ.

Fig. 3. - Réf. 94 (coupe de Rognac .)
Calcaire pisolithique. Boulets algaires et momies. Alternance régulière de couches claires et sombres.
(Gr x 1/2).

Fig. 4. - Réf. 397 (coupe de Sillans la Cascade - Texte p. 37 et 59)
Birds eyes et phénomène de pigmentation avec individualisation de nodules.
(Gr x 1).

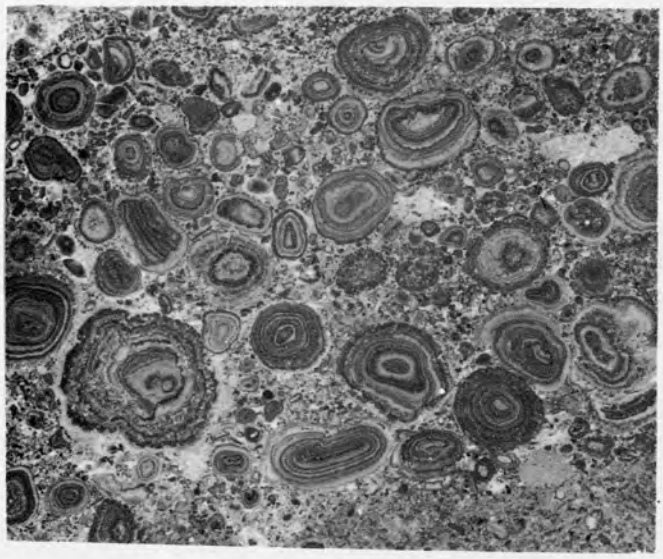
Fig. 5. - Réf. 273. (coupe de Marignac - Texte p. 48).
Organismes non identifiés. Sole de fixation visible à l'extrémité gauche.
(Gr x 1).

1



2

3



4

5

IMPRIMÉ AU LABORATOIRE
de GEOLOGIE HISTORIQUE et de PALEONTOLOGIE
Université de Provence - Saint-Charles
MARSEILLE

Dépôt légal
Avril 1972