

## ÉTUDES SUR LA SÉDIMENTATION CALCAIRE RÉCIFALE

### I - L'EXEMPLE DES CALCAIRES BLANCS PORTLANDIENS DE LA RÉGION DU VERDON

*par Jean Joseph BLANC et Claude TEMPIER*

#### SOMMAIRE

Essai d'interprétation lithologique et océanographique des calcaires portlandiens du Verdon (Haute Provence). A la base d'une puissante série atteignant près de 500 m, on observe une masse de calcaires compacts correspondant, en général, à l'établissement de récifs à Polypiers formant des biohermes. Modalités locales de la sédimentation sur une plate-forme stable.

Très brusquement, le développement du récif est arrêté tandis que vont se déposer, sur plusieurs centaines de mètres, les formations calcaires d'origine bio-détritique succédant aux biohermes. Problème de cet apport d'origine biologique et importance de la subsidence. Description des faciès et termes hors-série. La fin de la séquence bio-détritique correspond à une instabilité générale du fond annonçant l'arrivée des sédiments terrigènes.

#### SUMMARY

This is an essay at a lithologic and oceanographic interpretation of the portlandien limestones of the Verdon (Higher Provence). At the lower part of a strong sequence which is about fifteen hundred yards high we can notice a mass of compact limestones, corresponding generally to the settlement of polypians reefs buildings Bioherms. They are the local modalities of the sedimentation on a stable platform.

The growth of the reef is stopped very abruptly whereas the limestones members of bio-accumulated origin, following after the bioherms, goes and settles on many hundred yards. Problem of this biological origin deposit and consequence of the subsidence.

Description of the faciès and unconformable terms. The end of the bio-accumulated sequence corresponds with a general instability of the bottom announcing the arrival of terrigenous sediments.

## PLAN

I° / INTRODUCTION GEOGRAPHIQUE et HISTORIQUE .

II° / DEFINITION DES PRINCIPAUX TERMES EMPLOYES.

III° / LA SEQUENCE.

1.) Introduction.

2.) La séquence récifale inférieure.

A.) LE CYCLOTHEME.

B.) LES TERMES HORS-SERIE.

3.) Les séquences bio-détritiques supérieures.

A.) LE CYCLOTHEME INCOMPLET.

1°) Essai d'interprétation.

2°) Modalités de sédimentation.

3°) Description des principaux facies.

B.) LES TERMES HORS-SERIE.

C.) LES HARD-GROUNDS.

IV° / ESSAI D'INTERPRETATION OCEANOGRAPHIQUE - CONCLUSIONS.

1.) L'établissement du récif.

2.) Développement du récif.

3.) Les stades bio-détritiques.

4.) La fin des calcaires blancs.

BIBLIOGRAPHIE.

## 1°/ INTRODUCTION GEOGRAPHIQUE et HISTORIQUE

Dans le SE de la France, le Jurassique supérieur est constitué par des assises essentiellement calcaires, qui, formant l'ossature de la plupart des reliefs, sont le trait majeur de l'originalité du pays.

L'étude détaillée de ce Jurassique supérieur a été entreprise par les premiers chercheurs qui se sont intéressés à ces régions. Il faut, en particulier, citer W. KILIAN qui, dans sa thèse, (1888), et surtout sa note stratigraphique sur les environs de Sisteron (1895), a le premier fourni une synthèse sur le Jurassique supérieur des Basses Alpes, des Hautes Alpes et de la Drôme. V. PAQUIER a fourni un peu plus tard des précisions sur le Diois et les Baronnies (1900), mettant en évidence une zone sédimentaire particulière : la "fosse vocontienne".

Plus tard, A. LANQUINE, étendant vers le NE. ses recherches sur le Jurassique provençal, a donné d'importantes précisions sur le Néojurassique du Var septentrional et du Sud des Basses Alpes (1935). Les études tectoniques de J. GOGUEL (1937), et celles plus récentes de G. MENNESSIER (1959) ont également fourni d'importantes précisions stratigraphiques.

### 1.) GENERALITES SUR LE JURASSIQUE SUPERIEUR AU S.E DE LA DURANCE

Depuis Digne jusqu'à la bordure des Maures, le Jurassique supérieur forme presque tous les reliefs. Deux régions très différentes peuvent être distinguées :

a) Au nord d'une ligne passant par St Jurs, Chateauneuf-de-Moustier et Castellane, les calcaires néojurassiques forment une cuesta qui surmonte les "terres noires" du Callovo-Oxfordien. Leur puissance est relativement faible (150 à 250 m).

Au dessus de l'Argovien marno-grumeleux qui forme transition avec les marnes oxfordiennes, le Rauracien-Séquanien est constitué par des calcaires à grain très fin, gris beiges foncé, en petits bancs; le Kimméridgien montre de gros bancs calcaires gris avec des passées brêchoïdes; le Portlandien est représenté par le facies "Tithonique" des calcaires beiges à Calpionelles. On a là un ensemble de facies pélagiques qui sont également développés dans le Diois, les Baronnies et le Gapençais.

b) Au Sud, au contraire, le Jurassique est exclusivement calcaire et forme de vastes plateaux dépourvus souvent de végétation. Le Jurassique supérieur est beaucoup plus puissant (700 m environ) que dans la région précédente. L'Argovien est formé de marno-calcaires grumeleux et glauconieux; l'ensemble Rauracien-Séquanien-Kimméridgien est constitué par des calcaires sublithographiques beiges, en bancs réguliers. Enfin, le Portlandien, très épais (500 m environ), montre le facies des "calcaires blancs". Ces calcaires sont très développés, formant les Plans de Canjuers, entaillés par le célèbre canyon du Verdon. Ils forment également plus à l'Ouest, les plateaux de Baudinard, que le Verdon traverse en aval de Fontaine l'Evêque. (Figure 1).

Plus au Sud, vers la bordure du massif des Maures, le Jurassique supérieur est envahi par des facies dolomitiques qui peuvent "contaminer" tous les niveaux, mais qui sont particulièrement fréquents à la base du Portlandien.

### 2.) GENERALITES SUR LE PORTLANDIEN DE LA REGION DE CANJUERS

En aval de Castellane, le Verdon, après avoir traversé les ciues de Taloire et de Chasteuil, qui montrent un Portlandien de facies Tithonique, s'engage à partir du Pont de Soleil dans le Grand Canyon. La partie amont traverse l'anticlinal faillé du Jas d'Aire, et, permet d'observer dans le "couloir Samson" et la falaise du "Point Sublime" une coupe

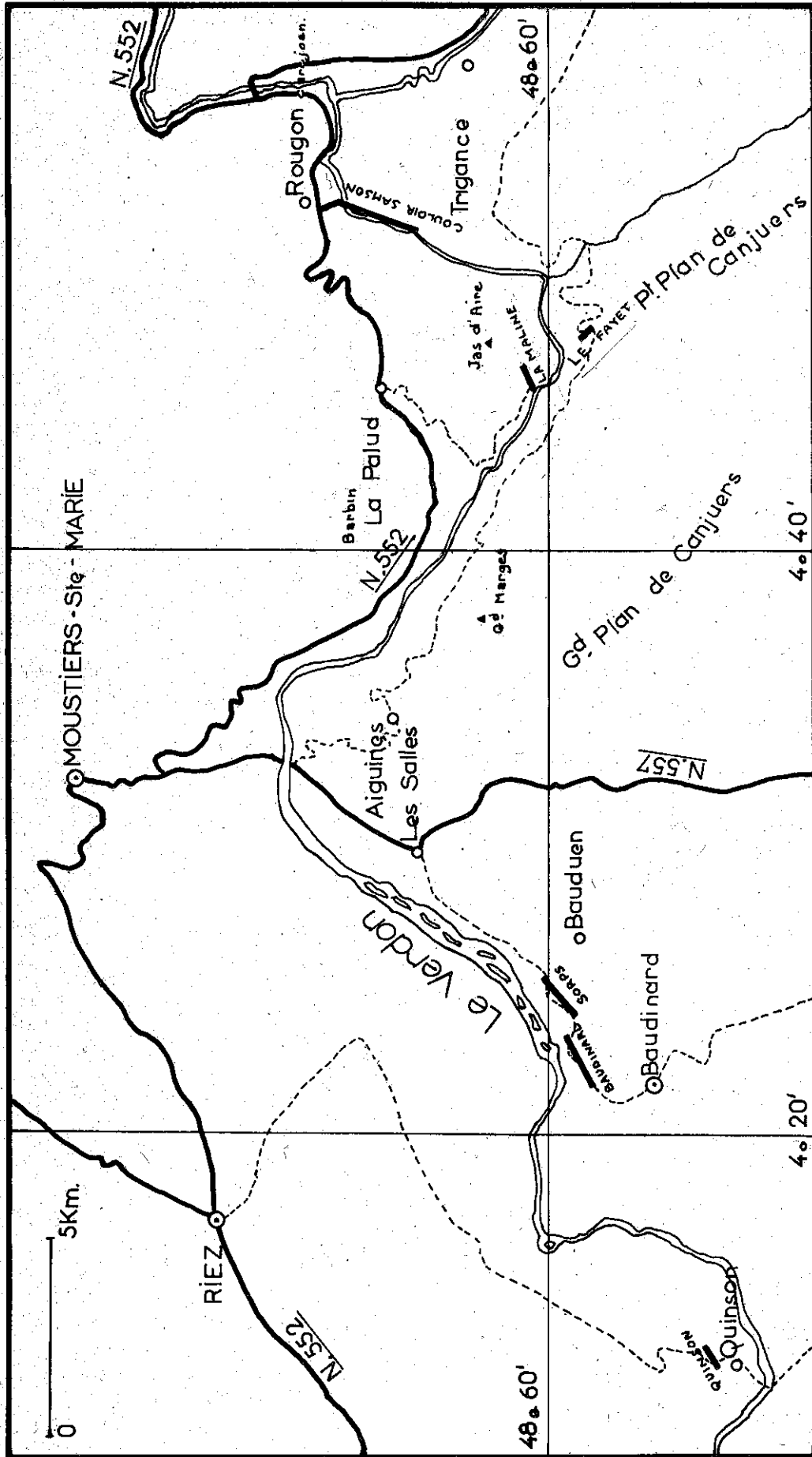


Figure 1 : Situation des principales coupes et de la region étudiée.

complète du Portlandien. Le Jurassique supérieur est ici entièrement calcaire. Plus en aval, le Verdon, après avoir recoupé le pli-faille de Sardon, traverse le large synclinal du petit Plan de Canjuers; la partie inférieure du Portlandien, formant les hautes falaises du Canyon, n'est pas accessible. Cependant, la nouvelle route du Chalet de la Maline donne une très bonne coupe des niveaux supérieurs.

Aux environs de Fontaine l'Évêque, le Verdon entaille de nouveau le Jurassique supérieur; la partie moyenne du Portlandien est visible sur le site du futur barrage de Ste Croix, tandis que la partie terminale forme la petite colline située au S.E de la ferme de Sorps.

L'étude de ces quelques coupes des "calcaires blancs" Portlandiens permet de préciser le détail de cette formation, généralement considérée comme très monotone. (Figure 1).

## II° / DEFINITION DES PRINCIPAUX TERMES EMPLOYES

### Bahamite :

Calcaire à débris d'origine bio-clastique, généralement mal classés ou de dimensions variables (1/20 à plus de 2 mm). Les débris y forment des granules soudés entre eux par un précipité carbonaté: parfois ciment cryptocristallin d'aragonite, très fin, presque colloïdal, parfois structure en grumeaux, etc... in BEALES (1958) . Ancient sediments of bahaman type. *Am. Ass. Pet. Geol. Bull.* vol. 42, pp.1845 à 1880 et CAROZZI (1960): *Micro. Sed. Petr.* p. 229.

### Bioherme :

Structures en dômes, en "loupes" ou en lentilles, dans les calcaires, exclusivement (ou principalement) élaborées par des organismes constructeurs, incluses dans d'autres roches sédimentaires normales, généralement carbonatées.

In CUMINGS et SHROCK (1928) : Niaganan coral reefs of Indiana and adjacent stades and their stratigraphic relations. *Bull. Geol. Soc. Amer.* n° 39, pp. 579-620 et PETTIJOHN (1957) : *Sedimentary rocks*, p. 395-396.

Le terme de bioherme est parfois tombé en synonymie avec "récif" construit mais on pourra voir là une imprécision car tous les biohermes ne sont point de véritables "récifs" au sens biologique et, surtout, océanographique.

### Biostrome :

Dépôt formé par l'accumulation d'organismes (coquilles, crinoïdes, coraux, algues, etc...) présentant une stratification, parfois une structure lenticulaire - comme les biohermes. Cependant les organismes accumulés, souvent issus des aires construites, y sont à l'état remanié. Ainsi, des *thanatocoenoses* peuvent se rencontrer aux abords des biohermes. Les biostromes peuvent correspondre en une certaine mesure, aux calcaires à débris, calcarénites, etc... PETTIJOHN (1957) : *id°*, pp. 398-400.

### Biodétritique (Syn. : Bioclastique) :

Sédiment exclusivement (ou principalement) composé de débris organiques remaniés sur place ou à l'issue d'un certain transport. Une grande partie des calcarénites, calcirudites, etc... correspond à ce type de sédiment. Pour les milieux actuels : sables "organogènes" (ce dernier terme étant assez impropre) des talus coralliens, "sables" à Amphioxus, sédiments des passes et chenaux de l'herbier, en Méditerranée. Les sédiments anciens, consolidés, rappelant ce faciès seraient proches de ce que A. CAROZZI nomme : *Bioaccumulated limestones* (A. CAROZZI, 1960, *id°*, p. 203.)

### Biocalcarénites :

Calcaires à débris organiques dont la structure demeure discernable (Foraminifères, Algues, *faecal-pellets*, etc...), non encore modifiée par la diagénèse ou les processus de "l'oolitisation". Il s'agit d'un stade particulier dans l'évolution des calcarénites (voir ce terme). In A. CAROZZI, 1960, id°, pp. 224-225.

### Biocoenose :

Association d'organismes vivants en une aire d'habitat déterminée.

### Calcarénite :

Roche carbonatée formée de fragments calcaires (calcaire à débris), déposés et triés par les actions mécaniques, dont la dimension varie de 1/16 à 2 mm de diamètre. La roche est constituée pour 50 % - ou plus - de fragments d'organismes calcaires. Le ciment, entre les débris, est représenté par des plages calcitiques, souvent claires, plus ou moins finement cristallisés.

In JOHNSON (1957) : Petrography of limestones;... U. S. Geol. Surv. Prof. Papers. n° 280, pp. 177-187 et A. CAROZZI (1960), id°, pp. 224-5.

### Calcilutites :

Les calcarénites très fines passent à une poudre détritique, toujours d'origine mécanique, à cimentation très fine et homogène. Les termes ultimes de ce triage vers une extrême finesse constituent ce que l'on appelle les *calcisiltites* et *calcilutites*. Les individus calcitiques cristallisés, issus de la diagénèse d'anciennes boues ont une dimension qui varie de 2 à 15 microns, en moyenne.

De tels sédiments, très fins, sont parfois difficiles à distinguer des calcarénites très bien recristallisées. L'origine des calcilutites peut être multiple et les phénomènes de diagénèse compliquent le problème.

In BEALES (1956) : Conditions of deposition of Palliser (Dévonien) Limestone of Southwestern Alberta. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.* vol. 42, pp. 848-870 et CAROZZI (1960), id°, pp. 260-3.

### Calcirudites :

Roche carbonatée formée de fragments calcaires d'origine détritique, en la proportion d'au moins 50 %, anguleux ou émoussés, dont le diamètre s'avère supérieur à 2 mm. Le sédiment correspond à deux phases :

1) phase bioclastique : destruction du matériel d'origine biologique (tests de Rudistes par exemple, Polypiers brisés, etc...)

2) diagénèse de cet "éboulis" à éléments organiques, cimentation et cristallisation.

Le classement des débris de calcirudite est généralement médiocre par rapport à celui des calcarénites et des calcisiltites (calcilutites). Parmi les débris citons: fragments de Stromatopores, coraux branchus, algues calcaires. Il s'ensuit la formation de véritables "brâches récifales", au voisinage des biohermes érodés. Les milieux actuels montrent la présence de ces talus où s'élaborent les "biocalcirudites" : Tuléar (Madagascar), Grande Barrière, etc...)

In BEALES (1958) : Ancient sediments of bahaman type. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.* vol. 42, pp. 1845-1880, HADDING (1958), A. CAROZZI (1960), id°, pp. 221-224.

### Cyclothème :

C'est une série de termes pouvant se répéter suivant des rythmes. Il s'agit de termes *associés* et *successifs* représentés par des facies variés correspondant aux milieux paraliques ou épicontinentaux.

In A. LOMBARD (1956) : Geol. sed. pp. 405-473-5-8-490.

Les termes du cyclothème peuvent être détritiques, colloïdaux, charbonneux ou calcaires. La séquence peut être rythmique, incomplète, positive ou négative. (A. LOMBARD).

### Diastem :

Joint d'érosion plat. Dans une séquence, la présence de diastems intercalés correspond à autant de lacunes stratigraphiques. Par le ravinement qu'il implique, le diastem se distingue du *hard-ground* (cf. ce terme) traduisent une phase de non-sédimentation et de durcissement du fond. Les joints "diastems" peuvent être locaux isolés (cas le plus fréquent) ou se suivre sur d'assez longues distances. Encore appelé "suture", le diastem peut être souligné par un "film" ou mince enduit argileux. En fait, sur ce terrain, on peut obtenir toutes les figures intermédiaires entre le diastem, le joint mince, le joint argileux, etc...

In A. LOMBARD (1956) : Géologie sédimentaire, pp. 111-302 322-360-361-362.

On peut ajouter que, dans les séquences répétées du *graded-bedding*, les diastems séparent deux unités successives.

### Hard-ground :

Surface sous-marine non recouverte de sédiments meubles récents, plane, accidentée ou rugueuse, fréquemment perforée par les lithopages. Il s'agit de fonds indurés (d'où le terme anglais : h-g) et oxydes : croûtes d'oxydes de fer et de manganèse.

Cette oxydation quasi générale est en rapport avec le mouvement des eaux : généralement, courants de fond. L'oxydation qui en résulte peut être générale et imprègne alors les premiers centimètres de la masse calcaire consolidée. Des *Hards-grounds* ont été observés dans le milieu actuel. (TWHOFEL, BRADLEY, BLANC.) Dans une séquence, la présence de *hard-grounds* implique une période de non-sédimentation ou une érosion sous-marine de sédiments meubles initialement déposés. Cela se traduit par une lacune de sédimentation et non par une émergence. Dans le milieu actuel, on trouve des *hards-grounds* à des profondeurs variables : -80 m, baie de Cassis, -200 m, au S. de Malte, Manche, etc...

In BRADLEY (1942), BLANC (1958) : Etudes sur le seuil Siculo-tunisien. *Résult. Scient. Camp. Calypso*, fasc. III et LOMBARD (1956) : Géologie sédimentaire, Masson, pp. 107-499-500-504 et 514.

### Graded-bedding :

Granuloclassement (ou granoclassement) vertical au sein d'une couche. Cette variation de la dimension des grains peut être très progressive : en général, les grains les plus grossiers sont à la base de la couche. Le G.b. inverse est beaucoup plus rare. Causes possibles : courants contre le fond (exemple des flyschs). Les formations dunaires peuvent aussi éventuellement présenter le g.b.

In LOMBARD -1956-, id°, pp. 89-111-218-284.

### Lithotope :

Aire de sédimentation uniforme où règnent des conditions sédimentaires déterminées

produisant un type donné de sédiment.

In KRUMBEIN et SLOSS (1951) : Stratigraphy and sedimentation, LOMBARD (1956), id°, pp. 213-405.

### Orytocoenose :

Assemblage d'animaux enfouis trouvés en affleurement. En principe, pour le paléontologiste effectuant des récoltes sur le terrain, tout gisement fossilifère est une orytocoenose. Le point de vue du paléo-écologiste et du sédimentologue est souvent différent car ils considéreront le sédiment *au moment* de son dépôt (voir termes : biocoenoses, thanatocoenose, etc...)

In I.A. EFREMOV (1940) : La Taphonomie, nouvelle branche de la Paléontologie. Traduc. Bull. As. Sc. U. R. S. S. sér. biol. n°2. et mise au point plus récente de P. SAR-TENAER (1959) : La plongée en scaphandre autonome au service de la Taphonomie. Bull. Inst. Oc. Monaco; n° 1159.

### Série virtuelle générale :

A. LOMBARD a présenté l'hypothèse suivante : "toute série sédimentaire déposée en milieu marin suivant un processus continu présente une succession de lithotopes (aires de sédimentation uniforme) qui se suivent sans discontinuités majeures. Cet ordre se nomme "la série virtuelle". Les termes se succèdent, des clastiques grossiers aux clastiques fins, puis aux colloïdes pour se terminer avec les calcaires, dolomies, évaporites.

La série virtuelle générale est une série purement théorique d'ordre supérieur. La succession des termes précités est rarement retrouvée dans son ensemble, sur le terrain. Certains lithofacies manquent, mais la série, examinée en son ensemble, tend à s'ordonner, suivant la série virtuelle générale, dès que les conditions sédimentaires deviennent normales.

In A. LOMBARD (1956) : Géologie sédimentaire, pp. 270-271-451-454.

### Série virtuelle locale :

Nous savons qu'il est difficile de rattacher une série naturelle, observée sur le terrain, à la série virtuelle générale, théorique. D'où la nécessité d'introduire la notion de "série virtuelle locale". "La série virtuelle locale est une petite série virtuelle théorique formée des principaux lithotopes observés dans les coupes de la région. Ces lithotopes sont disposés dans l'ordre vertical qu'ils occuperaient dans la série virtuelle : clastiques de plus en plus fins, colloïdes, calcaires, dolomies et évaporites".

In A. LOMBARD (1956), id°, pp. 272-253-379.

Dans les séries calcaires récifales ou sub-récifales il est fréquemment difficile, sinon impossible, d'établir une véritable série virtuelle locale, même en s'aidant de certains exemples océanographiques présents dans le milieu actuel. (J. BLANC et C. TEMPIER).

### Slumping :

"Replis dans la stratification des séries sédimentaires résultant d'un écoulement, caractéristique d'une boue fluente plastique".

In A. LOMBARD (1956), id°, pp. 119-316-351-356.

De tels glissements sous-marins peuvent s'amorcer sous de faibles pentes. Ils s'observent sous la forme de lits contournés (*convolute beds, slump structures, etc...*)



In KUENEN (1952), Marine Geology; LOMBARD (1956); J.A. JACOB; R.D. RUSSEL et J.T. WILSON (1959) : Physics and Geology; New York; Mc. Grw. Hill. : Description du grand courant turbide de 1929 (Grand Bank); cf. GLANGEAUD et BOURCART : (séisme d'Orléansville et courants turbides, etc...)

#### Taphonomie :

Science de l'enfouissement des organismes et de la formation des gites fossilifères, fondée par I.A. EFREMOV (1940). Son point de vue est triple: biostratigraphie, actuopaléontologie, et conditions de fossilisation.

In I.A. EFREMOV (1940) et P. SARTENAER (1959), mise au point : *Bull. Inst. Oc. Monaco*, n° 1159.

#### Taphocoenose :

Assemblage d'animaux enfouis.

In : mêmes références.

#### Thanatocoenose :

Assemblage d'animaux morts.

In : mêmes références.

### III° / LA SEQUENCE

#### 1.) INTRODUCTION

Il n'est point toujours possible de reconnaître la totalité de la série calcaire du Portlandien. Dans les cas favorables, on mesure des puissances de l'ordre de 450 m. (Couloir Samson et Point Sublime). Ailleurs, la partie inférieure a été enlevée par l'érosion (Sorps, Pilon du Fayet) tandis que la base, non entaillée par le canyon du Verdon, demeure inconnue. Néanmoins, en tous les secteurs où il a été étudié, le Portlandien montre des puissances considérables, dépassant 300 m et pouvant atteindre 500 m. Enfin, des complications tectoniques (écaillés, chevauchements, etc...) peuvent dédoubler les séries qui montrent alors d'impressionnantes corniches de 700 m au travers desquelles ont été creusées une partie des "Grandes Gorges" du Verdon.

Dans cette masse des "calcaires blancs portlandiens" on distingue deux parties principales :

1°/ A partir de la base, pour une puissance de 200 à 350 m, on relève des calcaires massifs, en gros bancs, souvent recristallisés, à intercalations crayeuses et biohermes. Ce sont, le plus souvent des calcaires récifaux construits, à Polypiers, profondément modifiés par la diagenèse, quelquefois dolomités (au N.NW de la cluse de Carruéjan). Cet ensemble massif, très aisé à distinguer dans le paysage, correspond, en gros, à la partie inférieure des à-pics du Grand Canyon du Verdon (Couloir Samson, la Mescla. Pré d'Issane, etc...). Vers Baudinard et Quinson, le Verdon a creusé d'autres canyons de moindre importance ("moyennes" et "basses" gorges) dans les axes anticlinaux sans arriver à dégager jusqu'à cet ensemble récifal inférieur.

Nous désignerons ces horizons sous le terme de "séquence récifale inférieure".

PORTLANDIEN MASSIF  
PARTIE INFÉRIEURE : VERDON  
SÉRIE du COULOIR SAMSON

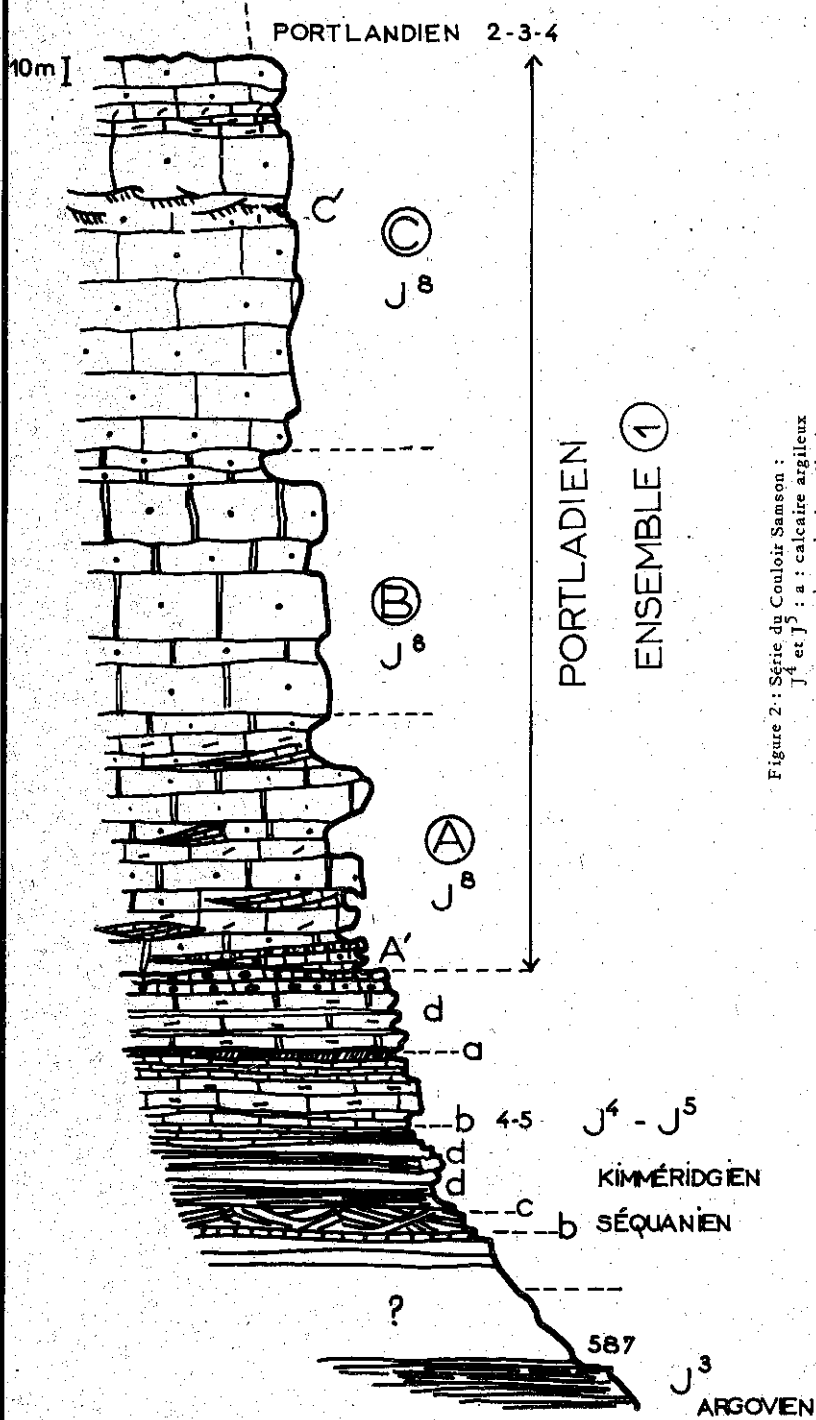


Figure 2 : Série du Couloir Samson :  
 J<sup>4</sup> et J<sup>5</sup> : a : calcaire argileux  
 b : calcaire pélagique  
 c : slumpings  
 d : calcarénites fines et silex  
 A : ensemble récifal inférieur  
 A' : calcarénites fines bien classées  
 B et C : calcaires compacts à Polyptères  
 C : joints ligniteux

2°/ A partir de la séquence récifale inférieure, se trouve une importante série calcaire essentiellement formée de biocalcarénites et de calcilutites. Dans le paysage, ces termes correspondent aux vires et corniches supérieures des "calcaires blancs" portlandiens. Pour la région du Verdon, la puissance de cet ensemble varie de 120 à 250 m. Une partie souvent importante peut être enlevée par l'érosion (Plans de Canjuers, Sorps, Baudinard). A Quinson, la Maline, Point Sublime, etc..., les dernières assises passent aux calcaires valanginiens.

Il s'agit d'importantes séries, très complexes dans le détail, où alternent des calcarénites à Dasycladacées et des calcilutites, compactes, le tout entrecoupé de bancs noduleux, joints à "grumeaux" noirs, bancs marneux verdâtres, etc... La zone supérieure (cinquante derniers mètres), où augmentent les *hard-grounds* et remaniements intraformationnels correspond à de nombreux biseaux, lentilles et lacunes.

On appellera cette deuxième partie : *séquences bio-détritiques supérieures*".

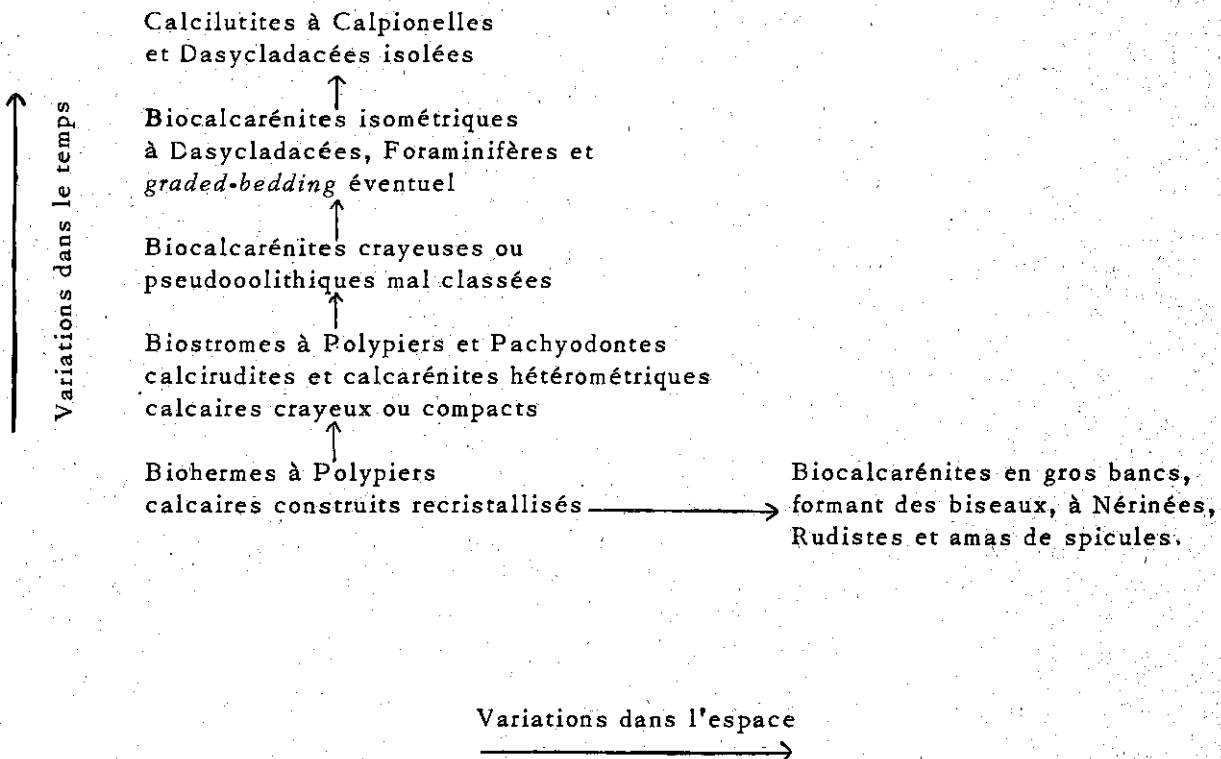
Les relevés détaillés sur le terrain et les examens d'échantillons au laboratoire ont montré que ces deux séries présentent une évolution sédimentaire propre liée au milieu récifal et aux conditions hydrodynamiques. En tout les cas, il s'agit de dépôts effectués à très faible profondeur.

## 2.) LA SEQUENCE RECIFALE INFÉRIEURE

Il convient de distinguer, d'une part, les termes logiquement ordonnés dans le cyclothème - dont on a pu suivre la disposition sur le terrain - et, d'autre part, les lithofacies accidentels, "hors série", par rapport à la série virtuelle locale.

### A.) LE CYCLOTHEME

On peut résumer comme suit la disposition des facies dans le temps et dans l'espace :



## 1<sup>o</sup>. Les calcaires construits à Polypiers.

Un affleurement de ce faciès peut être examiné au Pilon du Fayet (Grandes Gorges du Verdon, rive gauche ou "Corniche Sublime"). Il s'agit d'un calcaire construit à Polypiers, relativement épargné par la diagénèse et la dolomitisation. En bordure d'une zone broyée et fracturée, on peut observer la coexistence de biohermes à Polypiers et de faciès bio-détritiques de bordure : calcarénites, calcirudites, etc... Les passages peuvent être très rapides; en outre, il faut noter trois particularités :

1. petits biohermes à Polypiers isolés au sein des bio-calcarénites (fig. 3).
2. lentilles à Polypiers et Rudistes remaniés formant des biostromes très restreints : 1 m à quelques mètres de longueur et quelques décimètres de puissance.
3. zones très recristallisées, souvent poreuses, non déterminables.

Les calcaires construits ont un aspect marmoréen, très bien recristallisés en gros individus calcitiques, on note l'effacement de la plupart des structures initiales. Souvent, les inclusions organiques (Madrépores, tests de Rudistes), sont marquées par des "fantômes" en creux au sein du calcaire. Il en résulte une structure poreuse, vacuolaire, tranchant sur un fond cristallin.

Les zones moins recristallisées montrent des bancs massifs dont les joints s'inclinent à la périphérie de petits îlots indurés formant des dômes ou des lentilles. Ces derniers sont caractérisés par des accumulations de Polypiers *jointifs, en place*. Ces biohermes sont édifiés par encroûtements de Madrépores et Stromatopores. Contribuent accessoirement à la construction, de grand Lamellibranches (notamment; *Diceras*), Nérinées, Spongiaires, Echinodermes, etc...

Les Polypiers jointifs forment souvent de véritables "bouquets", formations coloniales noyées dans le calcaire massif cristallisé et rappelant ainsi certains massifs à Hippurites observées dans le Santonien (La Cadière, Etang de Berre). Les Stromatopores ne forment point de bioherme mais s'incorporent aux organismes constructeur du récif. (fig. 3).

En aucun cas, la formation observée ne paraît avoir émergé. De tels hauts-fonds construits sont à rapprocher de certaines "platures" coralliennes en haute mer et non à des topographies d'atolls ou de récifs-barrières. La profondeur de formation des biohermes et dépôts adjacents doit cependant être très faible (quelques mètres probablement), la possibilité d'émissions locales de ces massifs construits peut être envisagée dans des conditions limitées comme nous le verrons par la suite.

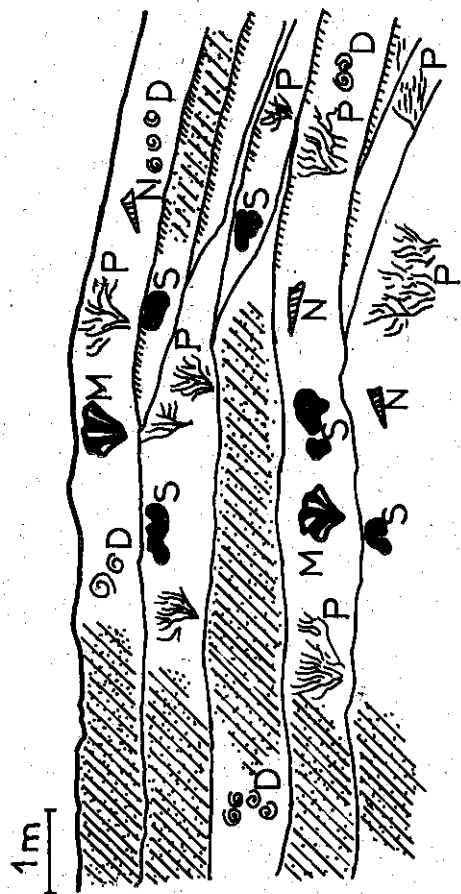
A une échelle très détaillée, on note la complexité de ces unités sédimentaires formant de petits ensembles autonomes, indépendants, mais pouvant se répéter à l'entour en "motifs" rigoureusement "symétriques", tels de véritables "clichés". Paysage curieux que ces petits fonds à gros Madrépores isolés, "bouquets" de Polypiers coloniaux, formations construites "en pinacles" (Grandes Gorges, Couloir Samson), talus inclinés à pellicules de débris organiques triturés (joints à "films" bio-détritiques : entroques, baguettes de *Cidaris*, etc...). Aux abords des bancs à Polypiers on observe des inclusions microbréchiques colmatant les colonies.

Il paraît difficile d'établir, en ces milieux, une description complète très détaillée tellement les variations sont nombreuses - à l'échelle de quelques centimètres. - On ne peut se limiter qu'à l'observation des principaux motifs et figures de sédimentation dont la répartition s'avère générale. Il arrive souvent que tel détail de banc ou de structure disparaisse brutalement en une zone massive et recristallisée.

La structure microscopique des calcaires construits montre - en plus des Polypiers - la contribution des Algues (*Dasycladacées*) et des Foraminifères *Miliolidae*, *Trocholines*, *Verneuilinidae*, *Ophtalmidiidae*. S'y adjoignent des structures oolithiques avec "faecal-pellets" débris de Gastéropodes et de Bryozaires, etc...

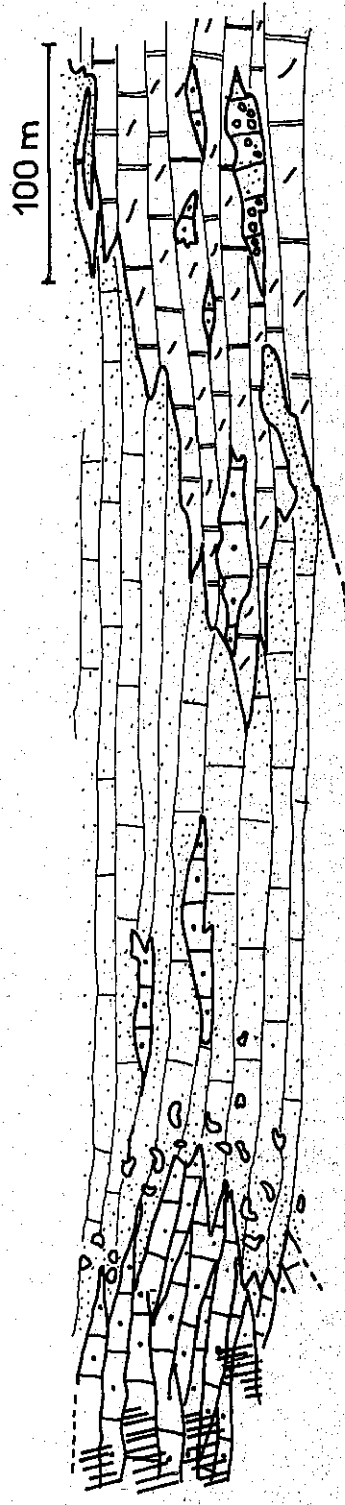
PORTLANDIEN : VERDON - PILON DU FAYET ; NIVEAU 1 - SOMMET UNITÉ C

STRUCTURE DU BIOHERME [Schéma]



- ZONES MASSIVES RECRYSTALLISÉES sans STRUCTURE VISIBLE
- DICERAS
- STROMATOPORES
- GROS MADRÉPORES ISOLÉS
- MADRÉPORES COLONIAUX
- JOINTS A ENTROQUES
- NÉRINÉES

ZONATION DES PRINCIPAUX FACIES



- BIOHERMES et CALCAIRES MASSIFS parfois entièrement RECRYSTALLISÉS POLYLIERS et DICERAS EN PLACE
- BIOHERMES, PACHYDONTES et POLYLIERS REMANES NÉRINÉES BIO-CALCAIRENTES et CALCAIRES CRISTALLISÉS
- CALCAIRES FINS, CALCAIRENTES, CALCILULITES ÉCHINIDES, POLYLIERS ISOLÉS, BIO-CALCAIRENTES

Figure 3 - Facies de l'ensemble récifal inférieur

Les intervalles entre les zones construites montrent des facies de calcarénites à plages oolithiques ou pseudoolithiques, avec, parfois, des figures de *graded-bedding*. Le remplissage interstitiel est représenté par des cristaux fibreux issus d'un ciment initial probablement formé d'aragonite. Il en est de même pour certaines zones concentriques des oolithes qui montrent aussi ce mode de cristallisation fibreux.

A la périphérie des biohermes (fig. 3), on remarque des accumulations de Polypiers remaniés où l'on retrouve tous les éléments constructeurs des ensembles précédents. Ces éléments sont brisés, retournés : Stromatopores, Lamellibranches, gros Rudistes, etc... s'intercalent :

- 1) de minces passées de calcirudites ou calcarénites grossières à débris anguleux.
- 2) des îlots construits, souvent minuscules, récurrences périphériques du bioherme du Fayet.

L'ensemble de ces facies de bordure est représenté par des calcarénites pseudoolithiques et des calcirudites ou autres formations bio-détritiques hétérométriques rappelant les "bahamites". Le sédiment est très mal classé, contribution toujours abondante des Dasycladacées, Lagenidae et Miliolidae.

Enfin, en s'éloignant encore davantage, c'est à dire à quelques centaines de mètres des moyaux récifaux construits, on passe à des calcaires très fins. Il arrive que l'on retrouve quelques biohermes sporadiques ou groupes de Polypiers coloniaux mais on s'éloigne des zones "récifales" proprement dites. Il est possible, sans que l'on en ait la preuve rigoureuse, que la profondeur augmente de quelques dizaines de mètres. En effet, la structure microscopique du sédiment montre une boue péri-récifale, souvent très fine, à *Calpinella alpina*. La microfauve y est moins riche : pas ou peu de Miliolidae, quelques débris remaniés organisés en plages pseudoolithiques : Dasycladacées, Ostracodes, Echinides.

L'ensemble récifal observé à la Corniche Sublime et au Pilon du Fayet, actuellement fort réduit par les broyages tectoniques et la recristallisation, ne paraît représenter qu'une assez faible partie des massifs construits originels. Cependant, l'extension de ces derniers, si large fusse-t-elle, demeurerait discontinue, localisée en des hauts-fonds. L'examen des photographies aériennes montre l'emplacement de ces zones récifales ; en particulier, celles du Fayet passant au Sud, vers le Petit Plan de Canjuers, à des calcaires fins en plaquettes, à Térébratules (*T. cf. moravica*) (fig. 5).

Les plus belles coupes dans l'ensemble récifal s'observent aux Grandes Gorges du Verdon : falaises de l'Escalès et, surtout, Couloir Samson. A cet endroit, le Verdon a creusé une gorge épigénique à travers un anticlinal encore en surrelévation. On dispose alors d'une coupe complète de la série jurassique reconnue jusqu'au Dogger. Nous reparlerons de l'intérêt océanographique de cette coupe.

Le facies des calcaires blancs récifaux s'intercale vers sa base, de petits bancs d'une fine calcarénite à Térébratules, ressemblant - de loin - aux bancs du calcaire séquanien. Ces fines calcarénites forment des biseaux à joints multiples intercalés dans le calcaire récifal massif.

Au Couloir Samson, le Portlandien se présente sous la forme de très gros bancs entrecoupés de "pinacles" calcaires massifs, très compacts, entièrement recristallisés, s'élevant verticalement dans la série sur des dizaines de mètres et au niveau desquels s'interrompent brutalement les joints des formations adjacentes. Ces "piliers" massifs dominent et surplombent le Verdon. Ils n'ont montré aucune structure définie. La dolomitisation les affecte localement.

Il est possible que ces "pinacles" représentent des calcaires construits en surrelévation rapide au fur et à mesure de la subsidence du bassin tandis que continuent à se déposer les auréoles bio-détritiques. Par la suite, les actions de la diagénèse ont effacé les

structures initiales. Nous avons pu observer, ultérieurement, de telles dispositions en "pinacle" dans les ensembles urgo-aptiens de l'Ardèche et du Vercors.

## 2° - Les biostromes à Polypiers et Rudistes

Il s'agit de lentilles et intercalations à Polypiers et gros Rudistes remaniés dans un ensemble de calcarénites hétérométriques, calcirudites et calcaires crayeux ou compacts.

Sur la rive droite du Verdon, à la base de la série du Point Sublime (Rougon), les biostromes, résultant de la destruction des calcaires construits inférieurs, s'insèrent en des facies variés :

1. *Biostromes à gros Rudistes* alternant avec des zones pseudoolithiques crayeuses (fig. 4). Ces dernières sont généralement mal classées et se rapprocheraient des "bahamites" formations probablement remaniées sur les "platures" construites, en voie d'érosion, ou dans les zones adjacentes (talus, chenaux).

Les Foraminifères abondent dans ces horizons bio-détritiques : les Miliolidae dominent, comme d'habitude dans le facies à débris récifaux, ainsi que les Trocholines (Rotaliidae) et les Lagenidae - en de moindres proportions. Les gros Rudistes, du type *Diceras*, et les Madrépores y sont remaniés et brisés. Ils peuvent même s'y trouver concassées en une fine poussière concrétionnée aboutissant à des passées lenticulaires de calcarénites crayeuses. De nombreux piquants d'Echinides brisés s'associent à ces débris. Des phénomènes secondaires se traduisant par la recristallisation de certains Madrépores remaniés.

2. Localement, les biostromes à Rudistes et Polypiers remaniés s'ordonnent et montrent un début de classement. Latéralement, le *graded-bedding* s'y généralise, puis, on peut observer une variation rapide, sur de courtes distances :

Calcirudites, brèches "récifales" → calcarénites → calcilutites.

Les termes très fins, compacts (calcilutites) sont facultatifs. Souvent, de telles formations sont l'objet de corrosions post-sédimentaires actives, littéralement "dévorées" par les joints stylolitiques.

3. Des zones crayeuses pseudoolithiques passent à des biseaux de calcarénites compacts à débris divers et Dasycladacées de type "urgonien". Ce facies très particulier - dont on connaît le développement au Crétacé inférieur - est accompagné de joints stylolitiques et, surtout, de lits à débris de grands Lamellibranches brisés et disposés à plat.

L'ensemble des biostromes du Point Sublime (cote 650) est couronné par une calcirudite mal classée à débris de Stromatopores remanié. (fig. 4).

## 3° - Les bio-calcarénites

Des calcaires à débris récifaux, très variés dans le détail, surmontent les masses de calcaires construits et les biostromes. Ces facies traduisent la continuation de la séquence récifale. Mise à part quelques réapparitions sporadiques, les biohermes ne rencontrent plus les conditions océanographiques nécessaires à leur développement. C'est la fin du régime récifal proprement dit.

On trouvera alors des bio-calcarénites en continuité avec les édifices sous-jacents. Plusieurs modalités peuvent être observées :

1. Calcarénites plus ou moins bien classées, pseudoolithiques, à Trocholines, Textulaires et fragments de Dasycladacées. La microfaune abonde à ces niveaux, notamment les Rotaliidae tandis que diminuent les Miliolidae.

2. Calcarénites pseudoolithiques bien classées, montrant une certaine évolution granulométrique, souvent très bien recristallisées et formant alors des bancs très compacts.

PORTLANDIEN SUPÉRIEUR

VERDON . SÉRIE DU POINT SUBLIME - DÉTAIL

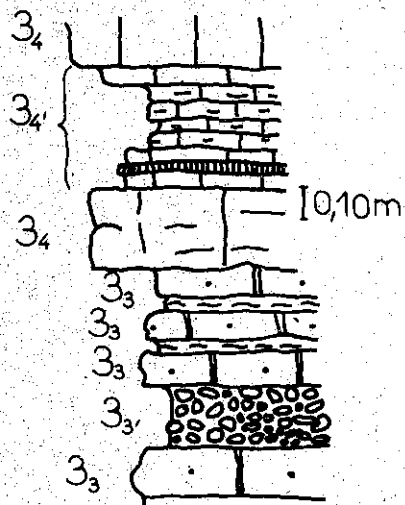


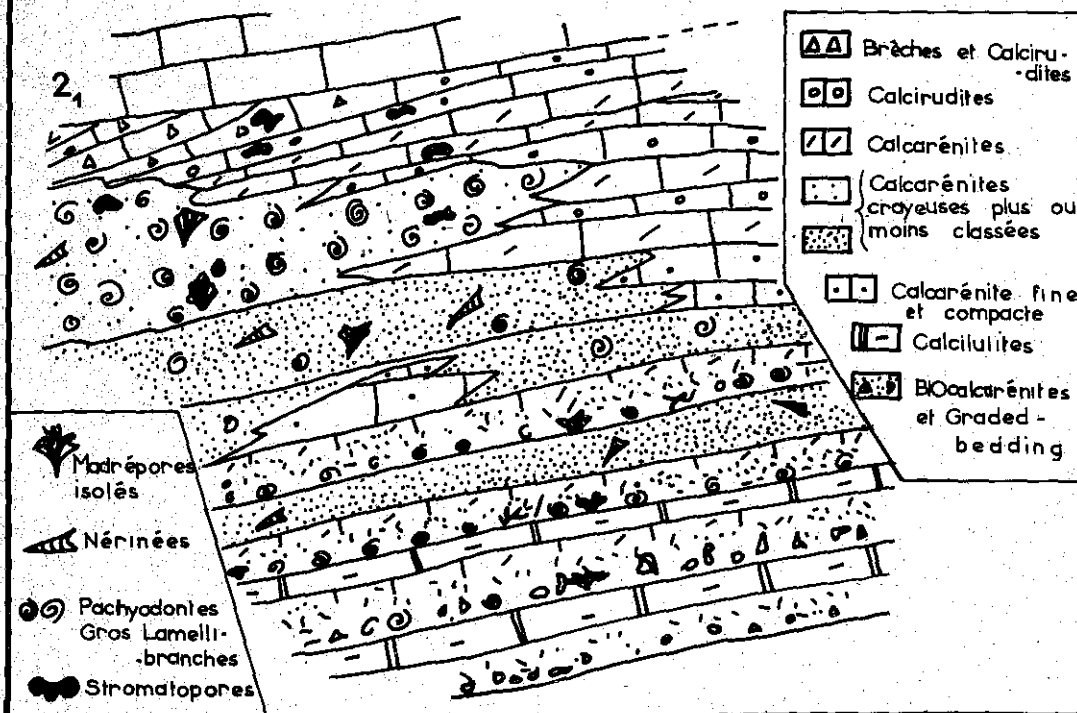
Figure 4 : Biostromes; série du Point Sublime

3<sub>3</sub> : calcaires noduleux, marnes vertes, remaniements intraformationnels  
 3<sub>4</sub> et 3<sub>4'</sub> : calcisiltites et passées à calcaires microzonés

PORTLANDIEN SUPÉRIEUR:

DÉTAIL SOMMET DE L'UNITÉ 1 : BIOSTROMES

VERDON SÉRIE DU POINT SUBLIME





# PORTLANDIEN PARTIE SUPÉRIEURE

## VERDON : SÉRIE du POINT SUBLIME

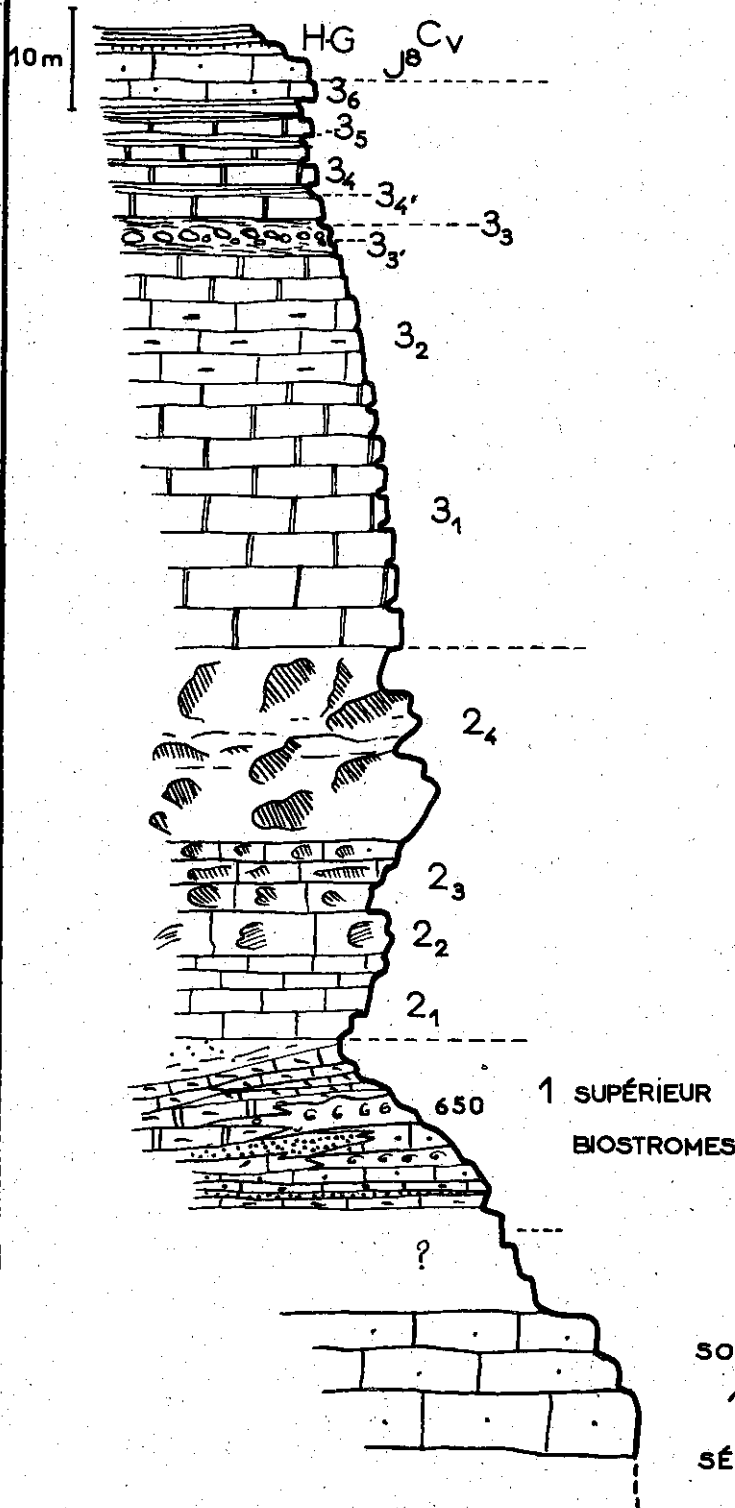


Figure 5 : Partie supérieure du Portlandien, série du Point Sublime

- 21 à 24 : série calcarénites, biostromes et calcaire massif
- 31 et 32 : calcarénites
- 33 et 33' : marnes vertes et bancs à nodules intraformationnels
- 34, 34' et 35 : alternances complexes : calcarénites, calcilutites et joints noduleux
- 36 : calcilutite supérieure

PORTLANDIEN VERDON

COUPE de LA MALINE

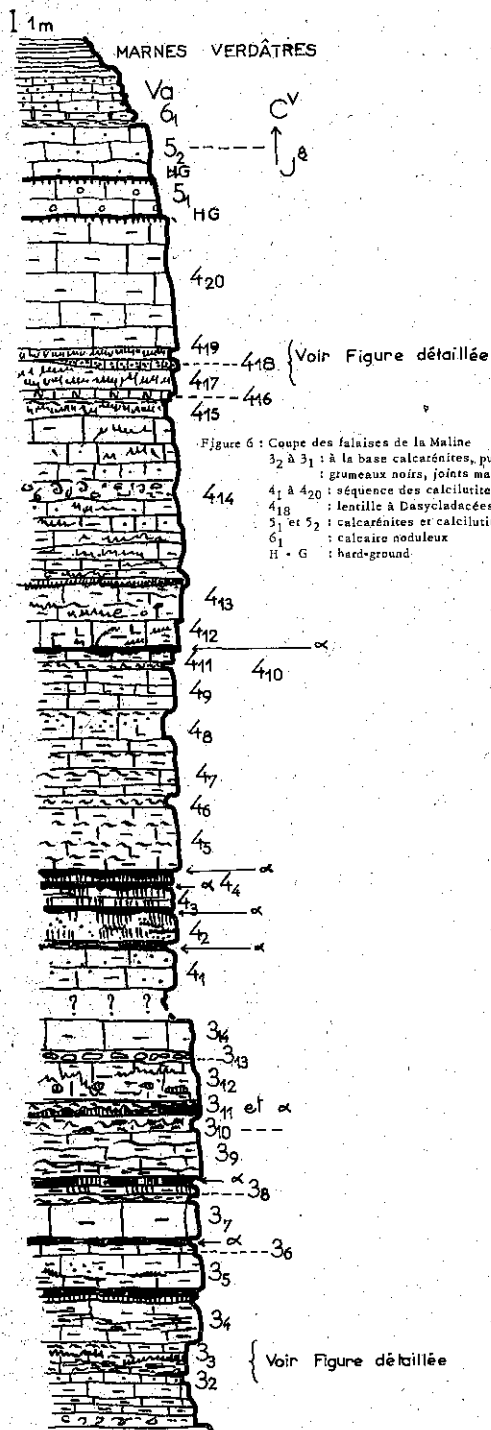


Figure 6 : Coupe des falaises de la Maline  
 32 à 31 : à la base calcarénites, puis, alternances, calcarénites-calcilutites  
 grumeaux noirs, joints marneux verdâtres, et calcaire microzoné  
 41 à 420 : séquence des calcilutites  
 418 : lentille à Dasycladacées (voir Figure 8)  
 31 et 52 : calcarénites et calcilutites supérieures  
 G1 : calcaire noduleux  
 H - G : hard-ground

2 : 40m CALCARÉNITES GROS BANCS  
 1 : 150m { B = CALCAIRES MASSIFS CRISTALLINS  
 A = et POLYPIERS

#### 4° - Les calcilutites à Calpionelles et Dasycladacées isolées

Ce sont des calcaires compacts, à cassure dite "sub-lithographique", très fine, à Calpionelles et débris de Dasycladacées isolés et relativement peu abondants (Clypéines). Les Foraminifères sont assez irrégulièrement répartis dans ces formations : *Quinqueloculina*, Textulaires.

On trouve dans ces boues fines quelques petits Madrépores isolés.

Puis, assez brusquement, dans les derniers mètres de la série du Portlandien, on trouve une calcilutite très particulière : il s'agit d'une boue calcaire fine, véritable "cimetière" à micro-organismes. Y pullulent d'abord les Dasycladacées : Clypéines, dont *C. Jurassica* Fav., *Diplopora* sp., puis, les Tintinnidae, assez abondants, avec *Calpionella alpina*, et, dans les derniers bancs, *Calpionellopsis thalmani* indiquant le passage du "Tithonique" au Berriasien.

Les Foraminifères représentent un mélange de plusieurs biocoenoses : Miliolidae classiques avec *Quinqueloculina* et *Triloculina* et Valvulinidae, Textulaires, Rotaliidae (dont *Trocholina* sp.).

Ces boues de fin de séquence, probablement très peu profondes, sont entrecoupées de *hard-grounds* et de joints noduleux, à "films" marneux verdâtres. Près du chalet de la Maline s'y intercale une lentille particulière, exclusivement formée de débris de Dasycladacées, que nous examinerons parmi les termes "hors-série". La signification exacte de ces lithofaciés est loin d'être connue.

#### B.) LES TERMES HORS-SERIE

On décrira :

1. Les lentilles à Dasycladacées.
2. Les niveaux ligniteux.

#### 1° Lentilles à Dasycladacées

*Lentilles à Dasycladacées* : petites lentilles de couleur grise, intercalées dans les calcaires fins et compacts des unités supérieures. Il s'agit ici, probablement d'horizons hors-série ne formant pas de niveaux-repères continus et assimilables à des biostromes (fig.8).

Ces lentilles, que l'on peut observer près de la Maline, sont représentées par une calcarénite isométrique à Dasycladacées (95 % des débris). Le sédiment interstratifié accidentellement dans des calcilutites homogènes paraît être le résultat de la destruction d'un herbier voisin, probablement assez proche. L'accumulation d'innombrables fragments de Dasycladacées toujours remaniées peut correspondre à un dépôt laissé par les courants en des zones plus calmes ou dans un "ombilic" du fond sous-marin. Certains dépôts actuels de l'herbier remanié obéissent à des conditions analogues. On y trouve une grande quantité de larves de Mollusques fixées aux feuilles et remaniées avec ces dernières.

Ces calcarénites particulières n'ont jamais montré - jusqu'à présent - des Foraminifères. On y trouve, remaniés des éléments bréchiques de calcaire récifal cristallisé. En outre, cette formation ravine parfois légèrement les calcilutites sous-jacentes : présence d'éléments anguleux arrachés. Mais on ne saurait parler ici de chenaux d'érosion.

En tous les cas, on trouve, associés aux Dasycladacées, de nombreux tests minces appartenant à de très petits Gastéropodes. Cela peut faire penser à une faunule épiphyte aux herbiers et remaniés avec les autres débris.

Les très nombreux fragments de Dasycladacées donnent à la roche une cassure grise,

PORTLANDIEN VERDON

[La Maline]

DÉTAIL UNITÉ 3<sub>3</sub>:

BANCS NODULEUX COMPLEXES

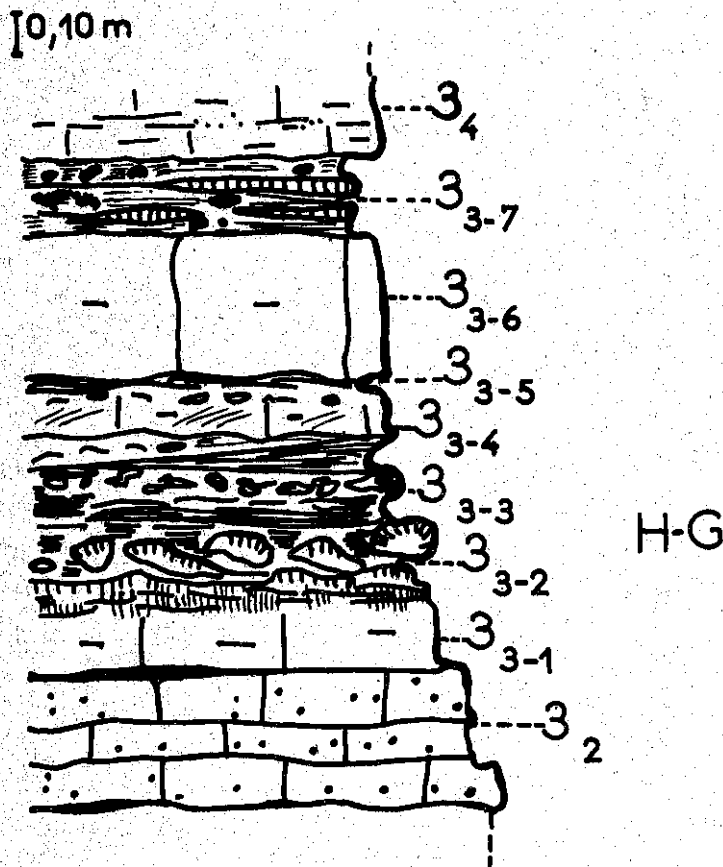


Figure 7 : Coupe de la Maline; détail de l'unité 3<sub>3</sub>  
3<sub>2</sub> : calcarénites pseudoolithiques  
3<sub>3-1</sub> : calcilutite  
3<sub>3-2</sub> : conglomérat intraformationnel  
3<sub>3-3</sub> : marnes verdâtres et grumeaux noirs  
3<sub>3-7</sub> : id<sup>o</sup> avec calcaire microzoné  
3<sub>3-6</sub> et 3<sub>4</sub> : calcilutites

PORTLANDIEN VERDON [La Maline]

DÉTAIL UNITÉ 4<sub>18</sub>  
BANC à DASYCLADACÉES

0,10m

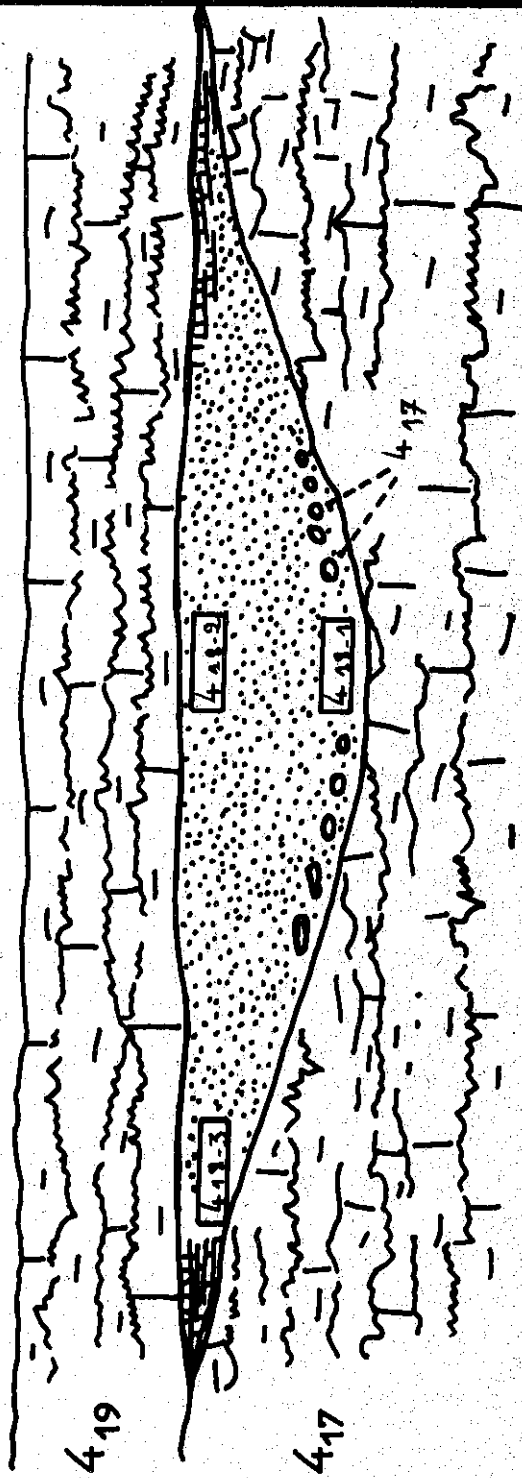


Figure 8 : Lentille à Dasycladacées  
 417 et 419 : calcilutites à stylolites  
 418-1 : galets mous de 417  
 418-2 : calcarenite à Dasycladacées  
 418-3 : ..... passant à un calcaire microzoné

crystalline et miroitante. La riche flore à Dasycladacées comprend : *Clypeina* sp., *Clypeina parvula* Carozzi, *Diplopora* sp., *Macroporella* sp.,. Les verticilles sont dispersées, jamais en connexion mais les débris sont en très bon état ainsi que les minces tests de Gastéropodes qui les accompagnent. On peut trouver encore quelques rares "fantômes" de microorganismes paraissant être des Ostracodes. L'absence de Foraminifères n'est point expliquée.-

## 2° - Niveaux ligniteux

A la partie supérieure des calcaires blancs massifs et recristallisés, on trouve, au couloir Samson (Grandes Gorges du Verdon), des joints et petites lentilles à débris carbonneux (fig. 27). Ces inclusions ligniteuses, riches en pyrite, forment des poches discontinues au milieu des calcaires blancs portlandiens, dans les dernières dizaines de mètres du faciès récifal. Il s'agit de bois flottés, accumulés parmi les vases calcaires, en des zones calmes. Nous reviendrons sur l'importance océanographique de ce dépôt. Signalons que des niveaux ligniteux analogues ont été découverts par C. TEMPIER dans un joint de la partie terminale calcaire blanc portlandien, au Nord de Pourrières.

## 3.) LES SEQUENCES BIO-DETRITIQUES SUPERIEURES

### A.) LE CYCLOTHEME INCOMPLET

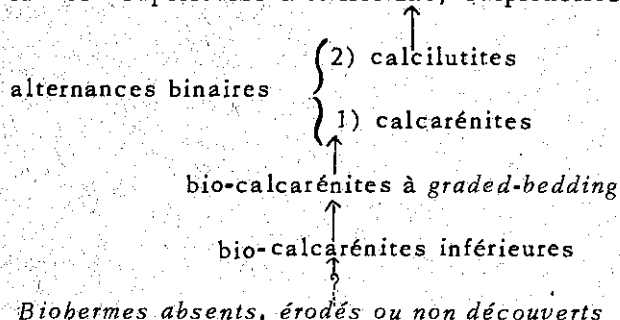
#### 1° - Essai d'interprétation

L'absence de biohermes ou de véritable formation récifale conditionne une séquence incomplète mais où se reflète encore l'ordonnance de la série virtuelle générale. En bordure des aires récifales, pour des distances relativement éloignées, ou sur des hauts-fonds non colonisés par les organismes constructeurs, on note la présence de termes hors-série, *bards-grounds*, etc...

La série locale marquera encore une progression vers les termes de plus en plus fins. Considérés dans son ensemble, la séquence "passera" des bio-calcarénites plus ou moins classées, aux calcilutites compactes et homogènes. En s'éloignant des massifs construits et des biohermes, on note l'extension des formations détritiques de talus : les brèches "récifales" et les formations à stratification entre-croisée progressivement remplacées par des apports bio-clastiques *triés*, glissés le long des pentes et disposés suivant un *graded-bedding* organisé, se répétant des milliers de fois. La mise en place des sables à débris organiques peut s'effectuer contre le fond à la faveur de petits glissements élémentaires et de triages sous-marins par gravité. Cette sédimentation particulière, en bordure des "platures" récifales, demeure soumise aux oscillations du bassin. Une subsidence saccadée se traduit alors par des alternances binaires généralisées : calcarénites - calcilutites, formant des rythmes ordonnés au-dessus des calcarénites monotones à *graded-bedding*. (Sorps, Baudinard). (fig.9).

La série locale peut se résumer ainsi, de bas en haut :

Calcilutites supérieures à Miliolidae, Calpionelles et Dasycladacées



# PORTLANDIEN à facies coralligène (Unités : 1 à 5)

## SERIE de BAUDINARD

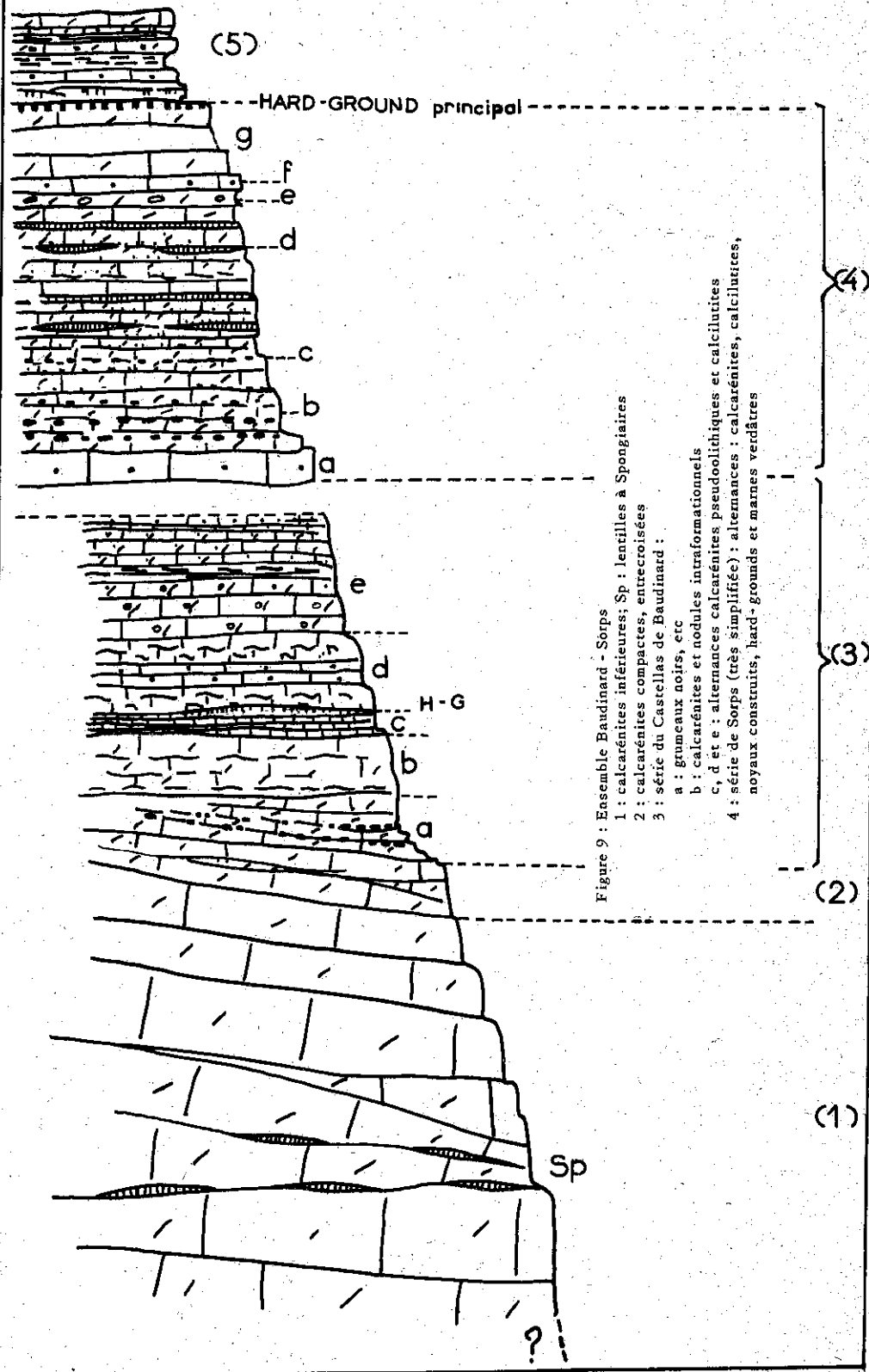


Figure 9 : Ensemble Baudinard - Sorps  
 1 : calcarénites inférieures; Sp : lentilles à Spongiaires  
 2 : calcarénites compactes, entrecroisées  
 3 : série du Castellias de Baudinard :  
 a : grumeaux noirs, etc  
 b : calcarénites et nodules intraformationnels  
 c, d et e : alternances calcarénites pseudoolithiques et calcilutites  
 4 : série de Sorps (très simplifiée) : alternances : calcarénites, calcilutites, noyaux construits, hard-grounds et marnes verdâtres

## 2° - Modalités de sédimentation.

L'examen des coupes de Baudinard et Sorps appelle les remarques suivantes :

1. Il convient de noter, tout d'abord, l'absence de biohermes et véritables récifs construits à la base de la série. A Baudinard, à l'emplacement du futur barrage de Ste Croix, les sondages d'exploration ont traversé une suite d'assises compactes et recristallisées correspondant à la zone inférieure du Portlandien (G. MENNESSIER). Mais, dans l'ensemble, on ne retrouve plus le faciès récifal généralisé, comme dans les Grandes Gorges du Verdon. Il est possible que le Portlandien récifal inférieur se réduise dans la partie inconnue des moyennes et basses gorges non recoupées par le Verdon.

En ce qui concerne les zones reconnues (Sorps, Castellas de Baudinard), on peut envisager trois hypothèses :

-1) Les conditions océanographiques - et notamment la bathymétrie - s'opposaient à la formation de véritables récifs, d'où le dépôt exclusif des calcarénites.

-2) Erosion immédiate des concrétionnements coralliens, à peine formés, sur le fond, oblitérant toute formation possible de biohermes. Là encore, on aboutit à une série de calcarénites dont les modalités de sédimentation restent sous la dépendance des facteurs hydrodynamiques.

-3) Enfin, possibilité d'un large chenal entre les hauts fonds colonisés par le récif.

Il est actuellement impossible d'expliquer la - ou les - causes de cette séquence incomplète.

2. Des alternances rythmiques binaires dans la série de Sorps paraissent traduire une subsidence saccadée. Les anciens "sables" à débris organiques ne cessent point pour autant, mais, apparaissent les termes fins, compacts, issus de la sédimentation d'une vase très fine, exclusivement calcaire, dépourvue d'apports terrigènes.

Après un certain nombre d'oscillations dont nous n'exposerons point le détail, la série s'oriente franchement vers les faciès calcaires fins. L'absence de récifs construits, la présence de *hards-grounds* et niveaux marneux verdâtres, la microfaune franchement marine traduisent un milieu troublé, probablement peu profond, soumis sporadiquement à une érosion par les courants de fond. Une partie de la série ne semble point s'être déposée. Les oscillations, lacunes ou érosions dans les calcilutites supérieures, annoncent les phases terminales de la séquence. Vers Bauduen, G. MENNESSIER a montré son aboutissement à des horizons franchement saumâtres ("Purbeckien") dont l'étude ne sera point abordée dans ce travail.

Il est vraisemblable de penser que la série des calcilutites supérieures s'est déposée sous une très faible tranche d'eau et ne représente point - malgré sa finesse - un sédiment de haute mer.

3. On observe, dans les derniers mètres de la séquence incomplète, avant d'arriver aux stades "saumâtres", la réapparition brutale de tous les faciès constituant la série sédimentaire.

Ces derniers ne sont représentés que sous la forme de minces lits - souvent à l'échelle du centimètre - alternant d'une manière désordonnée entre les bancs noduleux et corrodés, les *hards-grounds*, les lits marneux etc... Tout se passe comme si, à la fin du cyclothème, les conditions sédimentaires caractérisant le bassin, arrivaient à se trouver représentées.

Il est intéressant de noter que cette "loi" de réapparition des lithofacies s'observe à une échelle régionale et qu'elle a pu être vérifiée en d'autres bassins pour des formations d'âges variés (Barrénien, "Urigo-aptien"), mais, toujours, en milieu "récifal" ou bio-détritique.



### 3° Description des principaux facies

#### 1. Calcarénites inférieures en gros bancs.

Ce sont des bancs massifs, souvent épais de plusieurs mètres. Recoupés par le Verdon dans le canyon de Baudinard, leur puissance totale demeure actuellement inconnue. Environ 70 mètres ont été relevés dans les grottes inférieures de Baudinard et l'examen des parois de galeries a permis d'en étudier les détails.

Les calcarénites inférieures forment une grosse lentille correspondant à la charnière de l'anticlinal de Baudinard. Les joints de stratification arrivent à délimiter des strates de plusieurs mètres à *quelques dizaines de mètres*. On y observe des biseaux et des lentilles secondaires.

Il ne s'agit point ici de bancs construits mais de calcarénites à débris classés suivant un *graded-bedding* généralisé. Ainsi, des milliers de petites séquences, de l'ordre du centimètre, se succèdent dans la série. Les parois des conduites karstiques creusées dans le massif montrent des stylolites, sections de Nérinées, tests de Rudistes remaniés et brisés.

On observe dans ces calcaires des concentrations de spicules de Spongiaires formant des lentilles très plates de plusieurs mètres de long et d'une puissance de 0,10 à 0,20 mètre. Ces lentilles sont disposées le long des joints. Des concentrations analogues ont été relevées dans le milieu actuel, en haute mer, par J. PICARD (1959), dans le Canal de Corse. A Baudinard et dans les grottes, de tels noyaux insolubles ont été curieusement découpés par l'érosion. (fig. 9).

#### 2. Bio-calcarénites en petits bancs et *graded-bedding*.

Les calcarénites à *graded-bedding* sont disposées en petits bancs formant des biseaux inclus dans des formations calcaires plus fines et homogènes. Ces calcaires fins forment de minces lits, de l'ordre du centimètre, présentant des ravinements à l'échelle microscopique et des pseudoolithes remaniées. Le fond calcitique limpide présente des fissures de retrait.

Ces calcarénites sont intercalées de bancs noduleux intraformationnels (coupe du Castellaas de Baudinard) et de rares *hards-grounds*. Le régime sédimentaire troublé paraît propice aux remaniements. Les plages pseudoolithiques sont parfois accompagnées de globules de limonite tandis que se multiplie le nombre de joints.

La plupart des débris sont représentés par des Dasycladacées, Miliolés et "faecal-pellets".

#### 3. Alternances binaires : calcarénites-calcilutites.

##### Calcarénites :

souvent pseudoolithiques, zonées. Elles montrent quelquefois des plages concrétionnées microcristallines. La partie inférieure de la série de Baudinard-Sorps présente toujours un *graded-bedding* généralisé mais, ce dernier devient plus rare pour les horizons supérieurs.

Les débris sont généralement très roulés : Dasycladacées remaniées (Clypéines), fragments de Polypiers, Foraminifères : Miliolidae, Textulariidae, Valvulinidae. Certaines plages hétérométriques passent à de véritables microbrèches.

##### Calcilutites :

calcaires purs, homogènes, à facies "lithographique". Très durs et compacts, de couleur claire, ces horizons déterminent de petites cuestas dans les séries et forment de bons horizons-repères.

Ces anciennes boues calcaires très fines et très pures renferment en assez grande abondance, des Tintinnides (Ciliés planctoniques) : Calpionelles dont *Calpionella* cf. *alpina* Lorenz. Latéralement, les calcilutites passent à des calcarénites où les débris organiques abondent : Calpionelles, et, surtout, Dasycladacées (*Clypeina jurassica* Faure), Foraminifères (Quinqueloculina, Lagenidae, Trocholines).

#### 4. Les calcilutites et calcarénites supérieures à Calpionelles, Dasycladacées et Foraminifères.

Il s'agit de calcarénites très finement classées, pseudoolithiques, alternant très régulièrement avec des passées de calcilutites. La limite entre deux facies est souvent représentée par un joint stylolitique. Les débris organiques, diffus ou concentrés, peuvent être classés en trois catégories : Tintinnides, Dasycladacées et Foraminifères.

-1 *Tintinnides* (Calpionelles) : pullulent généralement dans les microfacies de calcilutites très fines, ces Ciliés planctoniques paraissent ici liés aux boues calcaires très fines, exemptes d'apports terrigènes. On note : *Calpionella alpina* L. et *Calpionella* cf. *elliptica* Cadish.

-2 *Dasycladacées* : remaniées, verticilles non en connexion, mais généralement en bon état de conservation. Elles dominent dans certaines calcarénites qui sont en fait de véritables calcaires à débris d'Algues. On relève : *Clypeina jurassica* Favt., *C. parvula* Carozzi.

-3 *Foraminifères* : ce sont des mélanges d'espèces littorales ou peu profondes, en relation possible avec les herbiers d'Algues : Miliolidae (dominant : *Quinqueloculina*, *Spiroloculina*), Textulariidae, Ophthalmitidae, Rotaliidae (surtout représentés par des Trocholines, en fin de séquence : *Trocholina alpina* Leup. et Bigl. et *Trocholina* sp.).

## B) LES TERMES HORS-SERIE

On distinguera :

- les "noyaux" construits et calcaires microzonés.
- les horizons à "grumeaux" noirs.
- les passées marneuses verdâtres.

### 1° Noyaux construits et calcaires microzonés.

Les séries de calcarénites et calcilutites présentent de petites enclaves lenticulaires construites (Sorps) passant à des microbrèches à pseudoolithes sur leurs bordures. Ces noyaux construits, dont l'extension ne dépasse guère 1 à 3 mètres, renferment quelques Stromatopores *en place*, inclus dans un calcaire cristallin très limpide et caverneux. Les cavités, colmatées par de la calcite secondaire, renferment des Dasycladacées et des Miliolidae.

Aucune structure algale n'a été mise en évidence dans ces lentilles très recristallisées. Ces dernières constituent de bons horizons-repères dans les alternances de calcarénites-calcilutites. Certaines plages, de couleur rose clair, montrent des zones sphériques, à concrétionnements concentriques, rappelant les "algal-balls". La présence de plusieurs niveaux à petites lentilles construites dans la séquence incomplète bio-détritique, traduit les essais avortés d'installation d'un régime récifal. En fait, les calcaires construits n'ont pu s'établir que très sporadiquement en un milieu défavorable. Des remarques analogues ont été effectuées dans les formations bio-détritiques (calcaires à débris d'Algues) de l'Urgoaptien.

Des zones concrétionnées formant des passées onduleuses de quelques centimètres de puissance s'observent le long des joints dans les séries de calcarénites et calcilutites. Il s'agit de calcaires à micro-zones calcitiques, alternativement claires et bistres, le plus souvent en association avec des passées marneuses verdâtres et des traînées à "grumeaux" noirs. (photos 6 & 7).

Ces calcaires micro-zonés présentent localement des structures poreuses colmatées par de la calcite secondaire. Des joints stylolitiques ferrugineux recoupent la formation; il s'agit de figures de corrosion post-sédimentaires ou péné-contemporaines de la sédimentation car d'autres structures micro-zonées recouvrent ces derniers.

Il paraît difficile d'expliquer la formation de ce calcaire zoné, ressemblant, au premier abord, à un calcaire à Algues. Malgré les examens détaillés, aucune structure cellulaire de nature algale n'a été mise en évidence. Quelques débris isolés, et remaniés ont été trouvés : Dasycladacées, pseudoolithes et Foraminifères. La cristallisation de ce calcaire étant très complète, la plupart des inclusions organiques ont disparu.

Des calcaires zonés analogues ont été signalés par PROCTOR et CLARK (1956) dans le Mississippien de l'Utah, en milieu dolomitique. Là encore, différents auteurs n'ont mis en évidence de structure microscopique nette. ( ELISON (1952), PETERSON (1953), SIRINE (1953), CLARK (1954), RIGBY (1952) ). "L'impression" de concrétions d'origine algale subsiste - mais, sans preuve à l'appui: "the specimen consists of laminations representing growth layers of "algal felt". "As commonly happens, these are irregular and show alternations of thick, and light and dark".

PROCTOR, CLARK (1956) et JOHNSON (1951) pensent à une boue calcaire précipitant sous la forme d'une "neige" fine contre le fond, en milieu carbonaté saturé, au fur et à mesure de la croissance des Algues. L'Algue construtrice serait probablement assez proche des Algues vertes ou bleues-vertes. Par la suite, des actions diagénétiques poussées auraient effacé toute structure algale; la cristallisation progressant dans le calcaire en suivant les zones d'accroissement, on aboutirait à un calcaire microzoné. "After the death of the plants a very porous calcareous mass is left which is easily attacked by circulating water and re-crystallized. The cellular internal structure is usually destroyed in the process".

Certains horizons font penser à une espèce de "tuf" zoné, entièrement recristallisé. Dans les horizons supérieurs de la coupe de la Maline, les lentilles à débris de Dasycladacées passent latéralement à de fines strates de calcaire microzoné (fig. 8). Il s'agit, en tous les cas, de formations déposées en milieu très calme (décantation des "flocons" calcaires, conservation parfaite de la structure microzonée), très peu profond, en association avec des herbiers à Dasycladacées.

## 2° Les horizons à "grumeaux" noirs.

En relation avec des passées marneuses verdâtres et parfois, avec les calcaires microzonés, on relève des horizons discontinus, souvent lenticulaires, à "grumeaux" noirs. Ces derniers se présentant le plus souvent sous la forme de fragments anguleux (photo 6), parfois même déchiquetés, nous préférons l'expression "grumeaux" noirs à celle de "galets" noirs quelquefois employée par les auteurs.

L'examen détaillé des grumeaux noirs montre fréquemment une structure micro-zonée, analogue à celle des calcaires précédemment décrits. Le fond calcitique est grenu, sombre; les espaces lacuneux sont colmatés par de la calcite secondaire. On y trouve des "fantômes", tiges d'Algues, Dasycladacées et même des Calpionelles (*C. alpina* L.).

Certains grumeaux sont recoupés par des joints stylolitiques verdâtres, de la même matière réduite que les passées marneuses voisines. Souvent, les grumeaux noirs ont été l'objet de corrosions périphériques secondaires au profit des formations encaissantes (calcarénites et calcilutites).

On peut observer le *passage* d'un calcaire microzoné, sapropélien, à un horizon sous-jacent à grumeaux noirs ou gris, par remaniement superficiel à très petite échelle. Il s'agit de petites érosions très localisées contre le fond, s'effectuant aux dépens d'un "sol" *en place* réduit. Les "galets" ou grumeaux sapropéliens ont été ensuite faiblement dispersés dans les formations avoisinantes (marnes verdâtres, calcilutites) et parfois secondairement corrodés. Il est possible que des transports ou remaniements plus importants aient complètement détruit les grumeaux noirs arrachés. Cette érosion particulière, presque effectuée sur place, peut aboutir à la disparition totale du calcaire gris microzoné. A ce moment là on ne peut observer le passage ou ravinement; il devient alors impossible de savoir si la formation est "en place" ou vraiment allochtone. Tous les stades intermédiaires peuvent être observés dans les grandes séries de Sorps, Baudinard et de la Maline. Les grumeaux noirs sont parfois accumulés en "nids", coincés entre les joints et les niveaux marneux verdâtres.

Il est vraisemblable que ces grumeaux noirs ou gris correspondent à des interruptions de la sédimentation liés à des intercalations marneuses verdâtres ils indiquent des stades de remaniements du fond accompagnant l'étalement de boues terrigènes. Les niveaux à grumeaux noirs sont groupés, souvent, ils suivent les oscillations de la séquence. Disposés le long des joints ils succèdent aux *hards-grounds* et représentent un stade mineur de l'érosion du fond. En aucun cas, les niveaux à grumeaux noirs ou gris, ne constituent de bons horizons-repères. Ils sont essentiellement dispersés dès la partie médiane du Portlandien - et non exclusivement à son sommet proprement dit, (Baudinard, Sorps, La Maline, Quinson, etc...), dans des séries marines franches. (figures 4, 6 et 7).

Contrairement aux "galets" noirs du Purbeckien du Jura suisse, formés en milieu lacustre ou "lagunaire" (A. CAROZZI, 1948), nous devons admettre *ici* une genèse en milieu marin franc. Pour P. COTILLON (1960), la genèse des "galets" noirs est le résultat d'un *mélange*, en milieu marin, de débris calcaires de nature organique (Clypéines roulées, Foraminifères) et de matières organiques sapropéliennes élaborées en des eaux calmes pauvres en oxygène. COTILLON admet que ces matières organiques se seraient formées, soit au fond de lacs et de lagunes, pour se trouver ultérieurement entraînées en milieu marin par des crues brutales, - soit, en milieu marin proprement dit, à partir de substances humiques colloïdales amenées du continent par les cours d'eau et précipitant en eau salée.

Il est actuellement impossible de mettre en évidence les traces de ces cours d'eau issus d'un continent aplani et couvert de végétation. L'examen des coupes, en des endroits variés où s'observent les "grumeaux" noirs, n'a point montré d'épandages ou de remaniements pouvant se rapporter à une origine fluviale.

Il est probable, à notre avis - et pour les formations étudiées ici - que les "grumeaux" noirs ont une origine quasi autochtone (ou présentent une allochtonie réduite). Formés en milieu franchement marin et à partir d'éléments humiques et biodétritiques *marins*, ils sont liés à des pulsations locales de la séquence récifale incomplète.

### 3° Passées et joints marneux verdâtres.

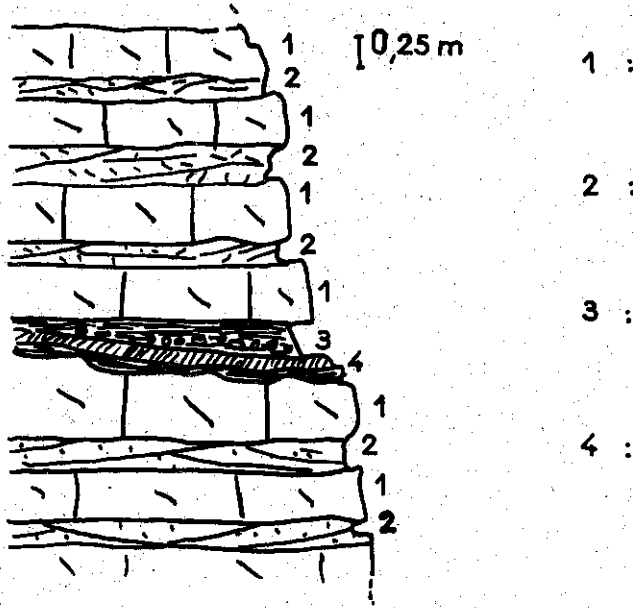
Les coupes de Baudinard, Sorps et la Maline montrent une petite séquence du deuxième ordre (puissance : quelques décimètres à un mètre) comprenant les termes suivants, à partir de la base : (fig. 4, 6 et 7).

1.- calcaires microzoné : quelques centimètres; parfois, ce facies est érodé, pelliculaire. Il arrive que l'on en retrouve de faibles plaquages en se déplaçant latéralement le long du "diastem".

2.- à son sommet (derniers centimètres), le calcaire microzoné présente une coloration très brune ou noire, parfois diffuse, liée à une réduction du sédiment *sur place*.

3.- niveaux à grumeaux noirs, anguleux, corrodés, parfois taraudés de petits terriers.

## DÉTAIL de la base de l'unité 3



## SÉRIE de SORPS Détail dans l'unité n° 4

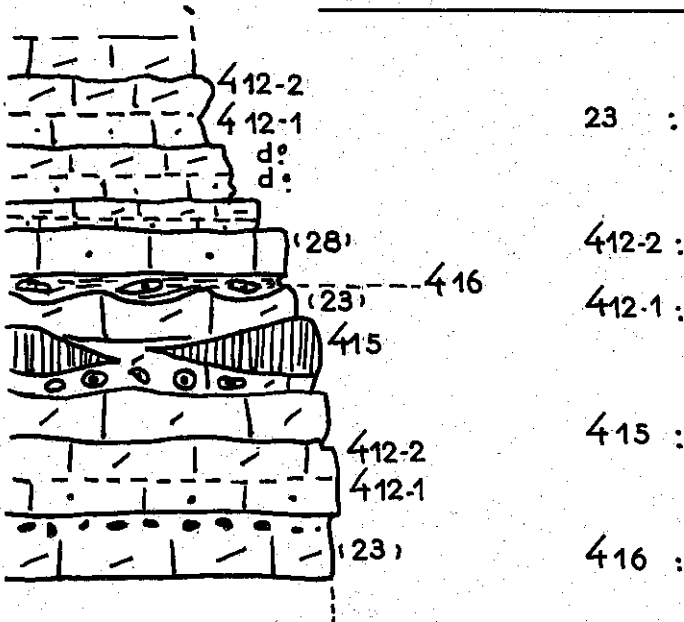


Figure 10 : Détail de la base de l'unité 3

- 1 : calcarenite
- 2 : calcarenite pseudoolithique à graded-bedding et stratification entrecroisée
- 3 et 4 : marnes verdâtres, grumeaux noirs et calcaire microzoné
- Série de Sorps : détail dans l'unité n° 4
- 23 et 412-2 : calcarenites pseudoolithiques
- 28 et 412-1 : calcilutites
- 415 : noyaux lenticulaires de calcaire construit
- 416 : joints marneux à galets calcaires

Remaniements locaux, effectués presque sur place. Parfois, le calcaire microzoné sapropélien n'a point été remanié.

4.- marnes verdâtres, quelquefois bleutées, à nodules calcaires et, parfois, concrétions branchues, corrodés secondairement (Sorps, la Maline). La puissance de ces marnes vertes demeure faible; elle varie de quelques décimètres à une fine pellicule le long des joints. Elles peuvent manquer, par action de l'érosion contre le fond et être remplacées par un *hard-ground*.

Ainsi, la "trilogie" : calcaire microzoné - grumeaux noirs - marnes verdâtres, représente une séquence accidentelle et oscillante, du deuxième ordre, intercalés dans le cyclothème général. Elle se trouve le plus souvent incomplète, amputée des calcaires microzonés ou des grumeaux noirs. Lorsqu'elle peut être observée dans son intégralité, on note la relative autochtonie des "grumeaux noirs". Lorsque manque cette séquence accidentelle du deuxième ordre, l'oscillation de la série ne se traduit plus que par un *hard-ground*.

Dans ces marnes vertes la fraction "grossière", dont la dimension est supérieure au tamis 350, est représentée par des grains de quartz rubéfiés, anguleux, souvent altérés ainsi que de très nombreux grains ferrugineux : cubes et mâcles de pyrite secondairement limonitisés, paillettes d'hématite et oligiste, mâcles, etc... Aucun Foraminifère, mais quelques débris de tests non identifiables. Cette formation enrichie en produits ferrugineux paraît résulter d'une altération continentale secondairement déposée en milieu marin.

A Baudinard, la teneur en carbonates des marnes vertes ne dépasse pas 20 %. On y rencontre des grains de quartz détritiques anguleux. L'analyse thermique a mis en évidence la présence d'illite dominante et de kaolinite en bien plus faible quantité. Il s'agit probablement d'une boue résiduelle à éléments détritiques d'origine continentale, déposée très localement en des milieux réducteurs - et associée parfois aux "grumeaux" noirs. Liés à des phases temporaires d'érosion, ces termes détritiques - les seuls de la série - n'ont point toujours eu la possibilité de se déposer. Souvent, ils passent à des "diastems" ou des "hard-grounds".

### C.) LES HARD-GROUNDS

#### 1° Aspect.

Surfaces rubéfiées, couvertes de concrétions ferrugineuses, indurées et planes. Souvent perforées par des "lithophages", sillonnées de chondrites ou de Nérinées remaniées. Elles passent latéralement à des biseaux marneux verdâtres, parfois pelliculaires, à des calcaires zonés à dendrites et globules de limonite.

#### 2° Répartition et fréquence dans la série.

Les *hard-grounds* apparaissent dès la partie moyenne de la série du Portlandien, au dessus des biostromes et de l'ensemble récifal inférieur. Quelques *hard-grounds* interrompent les oscillations secondaires des calcarénites à *graded-bedding* (coupe du Castellans de Baudinard). Leur position est très localisée.

Leur fréquence augmente très brusquement à partir des derniers mètres de la série du Portlandien et dans les horizons de passage au Valangien. Leur apparition correspond alors à un bon niveau-repère limitant la base des calcilutites et calcarénites supérieures, à Dasycladacées et Foraminifères (coupes de Quinson, Baudinard, Sorps, Bauduen, la Maline, Point Sublime). Un dernier *hard-ground* marque la terminaison de la série et la fin du régime des "calcaires blancs".

## IV°/ ESSAI D'INTERPRETATION OCEANOGRAPHIQUE - CONCLUSIONS

### 1.) L'ETABLISSEMENT DU RECIF.

La base des calcaires blancs portlandiens n'a pu être reconnue qu'au fond du Grand Canyon du Verdon, entre le couloir Samson et le défilé des Baumes Frères. A l'exception de cette unique coupe, partout ailleurs, il n'a point été possible d'examiner les horizons inférieurs de la séquence.

Au S.W du couloir Samson, une charnière anticlinale montre le facies de l'Argovien (fig. 2) : alternances de calcaires grumelleux et marnes grises noduleuses (ancien pont à la côte 587). Au dessus, viennent les calcaires sub-lithographiques, en gros bancs, de l'ensemble Séquanien-Kimmeridgien, fossilifères (A. LANQUINE, 1935), annonçant une séquence complexe, sous le récif portlandien. Ce sont des assises à remaniements intraformationnels et "slumpings", surmontées de rythmes ébauchés, oscillants, formant plusieurs bi-séquences (fig. 2). Un horizon calcaire gris-sombre à concrétions ovoïdes de calcite, puis des bancs compacts, enrichis en silex vers le sommet, terminent le Séquanien-Kimmeridgien.

Sur ces formations de haute mer, à Céphalopodes, traduisant un régime sous-marin instable, s'installera la séquence récifale du Portlandien.

Précédé de bancs à silex, le cyclothème débute par des assises lenticulaires, localisées, de calcarénites fines, très bien classées, à Térébratules. Ces dernières s'intercalent dans la masse des calcaires récifaux compacts et traduisent probablement les dernières oscillations du régime de haute mer caractérisant les sédiments sous-jacents. (fig. 2).

L'établissement du récif paraît brutal à cet endroit, précédé par un épisode siliceux et une période d'instabilité générale du fond. A partir du Portlandien va se développer une sédimentation intense, calme, à subsidence saccadée et fort régulière en son ensemble. L'explication concernant l'apparition de ce grand régime de plate-forme stable est inconnue.

### 2.) DEVELOPPEMENT DU RECIF.

Tandis que disparaissent les derniers biseaux de fines calcarénites, se développent partout les calcaires blancs massifs. La recristallisation ou la dolomitisation ont le plus souvent effacé la structure intime de ce calcaire. Il est toutefois possible de reconnaître à son sommet des structures de biohermes édifiés à partir de Polypiers et de Rudistes.

On peut admettre que cette masse constitue un ensemble récifal homogène, en grande partie construit, actuellement masqué par les phénomènes de diagenèse. Les irrégularités de la stratification se traduisent par des massifs compacts formant des ensembles verticaux s'élevant dans la série, localement accompagnés de calcarénites crayeuses. Vers le sommet de la séquence calcaire compacte, on relève très localement, des joints ligniteux intercalés dans les formations marines franches. Cet épisode ne semble pas correspondre à un milieu lagunaire mais indique plutôt la possibilité d'existences, dans la région, de terres émergées couvertes de végétation.

Ces calcaires compacts, correspondent à une sédimentation marine régulière, peu profonde, ainsi qu'en témoignent les Rudistes, Polypiers, Algues et Foraminifères, trouvés en place dans les biohermes. Il est possible même que certains massifs aient atteint la surface.

Cet ensemble subsident et stable, paraît s'interrompre assez brusquement. Toujours à faible profondeur on note l'apparition des biostromes. Le démantèlement des constructions précédentes correspond à l'apparition générale des biocalcarénites. Latéralement et verticalement, de petits massifs construits correspondent encore à des reprises, sporadiques, très rapidement avortées. On ignore la cause exacte de la fin du régime récifal proprement dit.





Latéralement, vers Baudinard et Sorps, l'ensemble récifal passe à des calcarénites de bordure, à *graded-bedding* généralisé, niveaux noduleux, *apparition de grumeaux noirs*. La stratification souvent entrecroisée traduit la mise en mouvement du sédiment vers la haute mer. Des passées à Spongiaires remaniés s'intercalent dans les facies biodétritiques; il est probable que la profondeur demeure faible.

### 3.) LES STADES BIO-DETRITIQUES.

Au dessus de l'ensemble récifal inférieur se généralise le facies des bio-calcarénites. Il s'agit de calcaire à débris *remaniés*, de nature exclusivement organique. Aucune formation construite notable n'a été mise en évidence dans la séquence.

Il est difficile d'envisager une évolution cohérente et, surtout, générale, dans le cyclothème. La répartition des principaux termes demeure soumise essentiellement aux conditions locales (hydrodynamisme, topographie sous-marine). Dans son ensemble, la série évolue suivant trois stades plus ou moins bien ordonnés :

1. bio-calcarénites avec ou sans *graded-bedding*.
2. alternances binaires : calcarénites-calculutites.
3. calculutites supérieures à oryctocoenoses. (microfaunes et microflores).

Par rapport au récif inférieur, la séquence montre, dans le temps, une évolution complexe. L'absence de biohermes pose le problème de l'origine des éléments bio-clastiques. Ces derniers se sont déposés *partout* sur plus de 150 mètres de puissance. A la base, le *graded-bedding* et certaines stratifications entrecroisées, montrent des glissements et remaniements locaux contre le fond. Par la suite, le régime sédimentaire se stabilise; une quantité considérable de débris organiques - plus ou moins remaniés (fragments anguleux usés; pseudoolithes) - va s'accumuler très irrégulièrement. L'origine exacte du matériel bio-clastique étant inconnue, on peut envisager plusieurs *hypothèses* :

1. biohermes importants et lointains non découverts.
2. biohermes complètement détruits.
3. conditions océanographiques défavorables à la construction des biohermes mais autorisant la pullulation des *mêmes* organismes "récifaux" isolés. Par exemple, actuellement en Méditerranée, il existe des biocoenoses "coralligènes" formant des sables bio-détritiques - futures calcarénites - mais, les conditions climatiques tempérées ne permettent pas le développement de véritables "récifs".

Quoiqu'il en soit, comme pour l'ensemble récifal inférieur, la profondeur demeure faible ou très faible, de quelques mètres à 70 mètres au maximum. Considérons en effet les organismes remaniés : Rudistes, Polypiers, Algues et Foraminifères:

Les Rudistes appartiennent à des biocoenoses d'eaux chaudes peu profondes; ils sont ici accompagnés de Nérinées, Echinodermes, etc... Leurs débris sont toujours associés à des Foraminifères benthiques peu profonds, à test calcaire généralement épais, caractérisant les milieux récifaux : Miliolidae (*Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Spiroloculina*) et, parmi les Rotaliidae, Trocholines.

Les Polypiers ont été trouvés toujours remaniés et broyés; certains fragments cependant n'ont pas subi de transport important et devaient vivre directement sur un fond de sable calcaire (gravelle plus ou moins concrétionnée).

La plus grande partie des débris constituant les biocalcarénites sont représentés par des fragments de Dasycladacées. Dans le milieu actuel, ces Siphonées verticillées se répartissent en des eaux tempérées ou chaudes, pour des profondeurs de -0,60 mètre à 30 mètres (Mme LEMOINE, 1940). L'optimum correspond à quelques mètres de profondeur. Les débris constituant ces "prairies" sous marines à Dasycladacées ont été par la suite remaniés et

transportés en des fonds plus importants, jusqu'à probablement -70 mètres, à la limite des concrétionnements calcaires. Nous n'avons jamais rencontré ces Dasycladacées (Clypéines) en position de vie, mais sous la forme de verticilles remaniés. Dans les cas extrêmes, les fragments biodétritiques sont transformés en pseudoolithes. Certaines accumulations lenticulaires très localisées, noyées dans les boues calcaires, ont formé des thanatocoenoses, probablement au voisinage des herbiers.

Des termes hors série traduisent des irrégularités dans la sédimentation à faible profondeur : micro-ravinements, *graded-bedding*, "grumeaux noirs", passées marneuses verdâtres. Apparaissent alors des oscillations binaires rythmiques traduisant probablement une subsidence saccadée. La profondeur se maintient toujours très faible, se développe de plus en plus un régime de sédimentation calcaire très fine, où sporadiquement essaient de s'établir des îlots construits (petits biohermes, calcaires microzonés). Dès ce stade, se multiplient les ravinements, interruptions terrigènes (marnes vertes), bancs noduleux, *hard-grounds*.

#### 4.) LA FIN DES CALCAIRES BLANCS.

Un régime extrêmement troublé caractérise les derniers mètres de la séquence. Partout, se développent les interruptions (*hard-grounds*), les remaniements (bancs noduleux), les intrusions terrigènes (marnes vertes). Calcarénites pseudo-oolithiques et calcilutites se succèdent d'une manière complexe, en de petits bancs. Tous les faciès de la séquence apparaissent très brusquement dans les derniers mètres, entre les lacunes et les remaniements de plus en plus nombreux. Cela correspond à un régime de plate forme instable à faible profondeur, balayée par les courants. Les sédiments d'origine exclusivement biologique présentent un classement varié; la microfaune atteste le mélange de plusieurs stocks, tous remaniés, provenant de biocoenoses plus ou moins éloignées.

Une boue très fine, sorte de "neige" calcaire, accompagne les dernières assises de biocalcarénites. Cette boue correspond à un calcaire compact, à cassure "lithographique", riche en Tintinnides (Calpionelles). L'apparition de ces Ciliés planctoniques dans le sédiment traduit l'influence de la haute mer.

Ces oscillations très nombreuses et générales marquent le passage au Valangien franc. Dès cet étage se généralisent les influences terrigènes annoncées à la partie supérieure du Portlandien.

Ce travail montre, pour la région du Verdon, la complexité et la variété du faciès des "calcaires blancs" Portlandiens. Si quelques précisions océanographiques et sédimentologiques ont pu être développées, la compréhension de cet ensemble devra s'appuyer sur des études plus complètes et à l'échelle régionale. Un certain nombre de problèmes restent à résoudre ; apparition brusque du régime récifal, très régulier, correspondant à des plate formes subsidentes, à la suite d'une sédimentation instable, siliceuse, de haute mer, Problème aussi que celui de l'arrêt brutal du développement des biohermes, suivi par la sédimentation de ces masses calcaires bio-détritiques, à organismes "récifaux" remaniés - mais sans récifs.

BIBLIOGRAPHIE

STRATIGRAPHIE ET MONOGRAPHIES LOCALES

- COTILLON (P.) 1960 - Description d'une coupe de la partie supérieure des calcaires blancs de Provence au Nord du département du Var. *C.R. som. S. G. F.* p. 60.
- COTILLON (P.) 1960 - Caractères pétrographiques et génèse des galets noirs observés dans une coupe des calcaires blancs de Provence (Jurassique supérieur Crétacé inférieur). *C. R. som. S. G. F.* p. 170.
- GOGUEL (J.) 1936 - Description tectonique de la bordure des Alpes de la Bléone au Var. *Mém. serv. Cart. Géol. France.*
- KILIAN (W.) 1895 - Notice stratigraphique sur les environs de Sisteron et contribution à l'étude des terrains secondaires du Sud Est de la France. *B. S. G. F.* (3) t. 23, p. 659.
- LANQUINE (A.) 1935 - Le Lias et le Jurassique des chaînes Provençales. II. Le Jurassique moyen et supérieur. *B. S. C. G. F.* t. XXXVIII, n° 191.
- MENNESSIER (G.) 1959 - Etude tectonique des confins alpins-provençaux entre le Verdon et l'Argens. *Mém. S. G. F.* t. XXXVIII.
- MONGIN (O.) et TROUVE (P.) 1953 - Le Valanginien inférieur calcaire du grand Canyon du Verdon. *B. S. G. F.* (6) t. 3, p. 223.

SEDIMENTATION ET RECIFS ANCIENS.

- ARKELL (W.J.) 1933 - The Jurassic System in Great Britain : *Oxford*, Chap. 18, frst.; pp. 557-562.
- ARKELL (W.J.) 1935 - On the nature, origin, and climatic significance of the coral reefs in the vicinity of Oxford. *Quat. Journ. Geol. Soc. London*; vol. 91, pp. 77-110.
- BLANCHET (F.) 1917 - Etude micrographique des calcaires urgoniens. *Ann. Univ. Grenoble.* T. XXIX; n° 3; pp. 335-392.
- BOURGEAT (E.) 1888 - Recherches sur les formations coralligènes du Jura méridional. *Th. Paris*, p. 187.
- BRADLEY (W.H.) 1928 - Algae reefs and oolites of the Green River formation. *U. S. Geol. Survey Prof. papers*; 154-6, pp. 203-223.
- CAROZZI (A.) 1948 - Etude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura suisse. *Thèse. Genève.*
- CAROZZI (A.) 1954 - Le Jurassique supérieur récifal du Grand Salève. Essai de comparaison avec les récifs coralliens actuels. *Eclog. geol. Helv.* vol. 47, n°2, pp. 373-376.
- CAROZZI (A.) 1960 - Microscopic sedimentary Petrography. *John Wiley and Sons*, New York and London.
- CLARK (D.L.) et PROCTOR (P.D.) 1956 - The Curly limestone an unusual biostrome in central Utah. *Journ. of Sed. Petrology*, vol. 26, n°4, déc., pp. 313-321.
- CLIFTON (R.L.) 1944 - Paleoecology and environments inferred for some marginal Middle Permian marine strata. *Am. Assoc. Petroleum Geol. Bull.* vol. 28, n°7, pp. 1012-31.
- CLOUD (P.E.) 1922 - Facies relationships of organic reefs. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.* vol. 36, n° 11, pp. 2125-2149.
- DEHORNE (Y.) 1918 - Sur les analogies de la forme branchue chez les Polypiers construc-

- teurs des récifs actuels avec celle de Stomatoporoïdés des terrains secondaires. *C. R. Ac. Sc.* vol. 166, pp. 219-222.
- DEHORNE (Y.) 1920 - Les Stomatoporoïdés des terrains Secondaires. *Mém, Exp. Carte Geol. France*, pp. 170-233.
- EMERY (K.O.), TRACEY (J.L.) et LADD (H.S.) 1954 - Geology of Bikini and nearby atolls. *U. S. Geol. Surv. Prof. papers.* 260-A; 265 p.
- FENTON (G.L.) et FENTON (M.A.) 1933 - Algal reefs or bioherms in the Belt series of Montana. *Geol. Soc. Amer. Bull.* vol. 44, n°6, pp. 1135-1142.
- GLOCK (W.S.) 1923 - Algae as limestone markers and climatic indicators. *Am. Journ. of Sc.* 5th ser., vol. 6, pp. 377-408.
- ILLING (L.V.) 1954 - Bahaman calcareous sands. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.* vol. 38, pp. 1-95.
- IMLAY (R.W.) 1957 - Paleoecology of Jurassic Seas in the Western interior of the United States. *Geol. Soc. Am. Mem.* n° 67, pp. 469-504.
- JOHNSON (J.H.) 1942 - Permian lime-secreting algae from the Guadalupe Mountains (New-Mexico). *Geol. Soc. Amer. Bull.* vol. 53, pp. 195-226.
- JOHNSON (J.H.) 1945 - Calcareous algae from the upper Leadville limestone near Glenwood Springs, Colorado. *Geol. Soc. Amer. Bull.* vol. 56, pp. 829-848.
- KILIAN (W.) et KILIAN (C.) 1916 - Sur une formation à Stomatopores dans l'Urgonien de Chamechaude (massif de la Grande Chartreuse). *Notes de Géologie alpine* (4ème article). *Ann. Univ. Grenoble*; t. XXVIII; n° 1; pp. 44-47.
- KUENEN (P.H.) 1933 - Geology of coral reefs. Geological results. *Snellius Expedition* Vol.5.
- LECOMPTE (M.) 1938 - Quelques types de "récifs" siluriens et dévoniens de l'Amérique du Nord. Essai de comparaison avec les récifs coralliens actuels. *Bull. Mus. Roy. Hist. nat. Belgique*; t. XIV, n° 39.
- LLOYD (E.R.) 1929 - Capitan limestone and associated formations of New Mexico and Texas. *Bull. Amer. Ass. Petr. Geol.* Vol. 13, pp. 645-658.
- MA (T.Y.W.) 1938 - On the water temperature of the Western Pacific during early and late Pleistocene as deduced from the growth-rate of fossil corals. *Geol. Soc. China. Bull.* vol. 18, pp. 349-418 (English abstract in *Marine Paleocology*) = minimum temperature (mean of coldest month) for reef development is 18°C, for reef coral existence: 13°C,
- MARIE (P.) et MONGIN (D.) 1957 - Le Valanginien du Mont Rose de la Madrague (massif de Marseilleveyre, B du R.) *B. S. G. F.* (6), VII, pp. 401-425.
- RANSON (G.) 1950 - Géonémie, écologie et répartition géographique des coraux constructeurs de récifs. *C. R. Soc. Biogéogr. Paris*, n° 235, pp. 77-78.
- SAINT-SEINE (P.de) 1950 - La vie dans le chenal de Cerin (Ain) au Jurassique supérieur. *C. R. Soc. Biogéogr.* n° 234, pp. 66-69.
- SHROCK (R.R.) 1939 - Wisconsin Silurian bioherms (organic reefs). *Bull. Geol. Soc. Amer.* vol. 50, pp. 529-562.
- SKEATS (E.W.) 1918 - The formation of dolomite and its bearing on the coral reef problem. *Amer. Journ. Sc.* 4th ser., vol. 45 pp. 185-200.
- SLOSS (L.L.) 1947 - Environments of limestone deposition. *Journ. Sed. Petr.* vol. 17, n° 3, pp. 109-113.
- SMITH (N.R.) 1926 - Report on a bacteriological examination of "chalky mud" and sea-water from the Bahama Banks. *Carnegie Inst. Washington Pub.* 344. Papers from Dept. Mar. Biol., vol. 23, pp. 69-72.

- SMITH (C.L.) 1940 - The Great Bahama Bank  
I.) General hydrographic and chemical factors  
II.) Calcium carbonate precipitation  
*Yale Univ. Bingham Ocean. Lab.; Sears Found. Mar. Res. Journ. Mar. Res.*  
vol. 3, n°2, pp. 147-189.
- THORP (E.M.) 1936 - Calcareous shallow-water marine deposits of Florida and the Bahamas.  
*Carnegie Inst. Washington. Pub. 452. Papers from Tortugas Lab. vol.29, pp.*  
37-119.
- THORP (E.M.) 1945 - Calcareous shallow-water marine deposits of Florida and the Bahamas.  
*Carnegie Inst. Washington. Pub. 252. pp. 37-143.*
- VAUGHAN (T.W.) 1914 - Preliminary remarks on the geology of the Bahamas, with special  
reference to the origin of the Bahaman and Floridian oolite. *Carnegie Inst.*  
*Washington. Pub. 182. Papers from the Tortugas Lab., vol.5, pp. 47-54.*

## OCEANOGRAPHIE - MILIEUX ACTUELS

- CASTANY (G.) et LUCAS (G.) 1955 - Sur l'existence d'oolites calcaires actuelles au large  
de l'île de Djerba (Sud Tunisien). *C. R. som. s. S. G. F. pp. 229-232.*
- CUMINGS (E.R.) 1932 - Reefs or Bioherms? *Bull. Geol. Soc. Amer. vol. 34, p. 331.*
- DANGEARD (L.) 1951 - Récifs actuels et anciens. Problèmes de Géologie marine. *Confé-*  
*rences Centre Rech. Et. Océan. n°7, 7 p.*
- GUILCHER (A.) 1952 - Morphologie sous-marine et récifs coralliens du Nord du banc Farsan  
(Mer Rouge). *Bull. Assoc. Geogr. France Mars-avril, pp. 52-63.*
- GUILCHER (A.) 1954 - Morphologie littorale et sous-marine *Presses Univ. de France.*
- GUILCHER (A.) 1954 - Caractères du récif-barrière de la côte NW de Madagascar. *C. R. som.*  
*s. S. G. F. pp. 372-373.*
- PERES (J.M.) 1961 - Océanographie biologique et biologie marine. Tome I : La vie benthique.  
*Presses Univ. de France.*
- RANSON (G.) 1953 - Observations sur les îles basses de l'archipel des Tuamotu. *C. R.*  
*som. s. S. G. F. t. 236, pp. 2529-31.*
- SVERDRUP (H.U.), JOHNSON (M.W.) et FLEMING (R.H.) 1946 - The Oceans. *Prentice Hall,*  
New York.
- UMBROVE (J.H.F.) 1947 - Coral reefs of the East Indies. *Bull. Soc. Geol. Amer. t. 58,*  
pp. 729-777.

## LEGENDE DES PHOTOGRAPHIES

- Figure 1 : Biohermes à Polypiers. Pilon du Fayet (Corniche Sublime). Partie supérieure de  
l'ensemble récifal.
- Figure 2 : Bioherme à colonies de Polypiers en contact avec brèche récifale de remaniement.  
Pilon du Fayet (Corniche Sublime). Partie supérieure de l'ensemble récifal.
- Figure 3 et Figure 4 : Polypiers remaniés dans calcarénites *in* biostromes du Fayet.
- Figure 5 : Bancs noduleux intraformationnels : coupe de Baudinard. Colline du Castellas.
- Figure 6 : "Nid" à grumeaux noirs; route de la Maline. Partie supérieure du Portlandien.
- Figure 7 : Calcaire microzoné et calcilutites. Portlandien. Baudinard.
- Figure 8 : Moyennes gorges du Verdon à Baudinard. Corniches et vires dans l'ensemble des  
bio-calcarénites supérieures.



Fig. 2

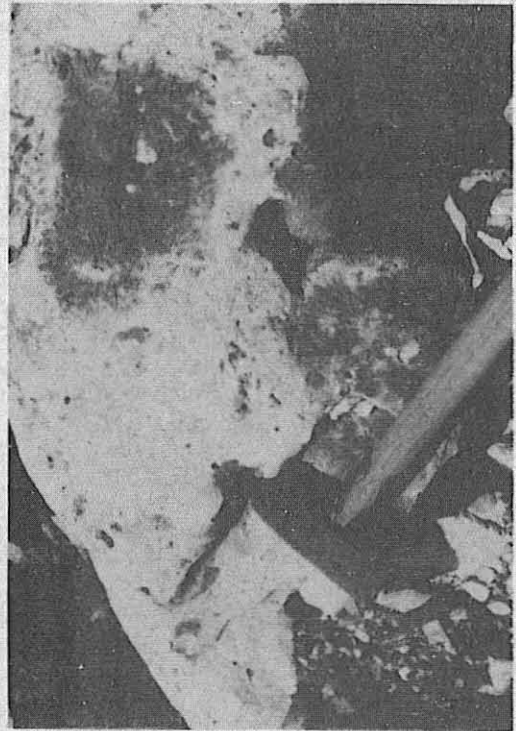


Fig. 4

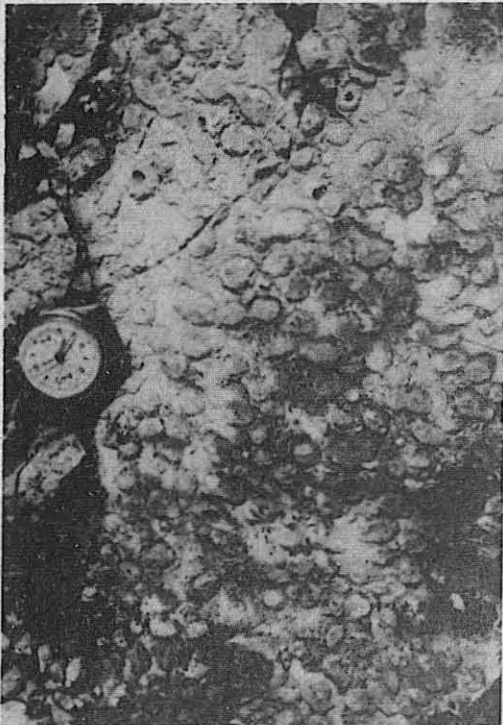


Fig. 1.

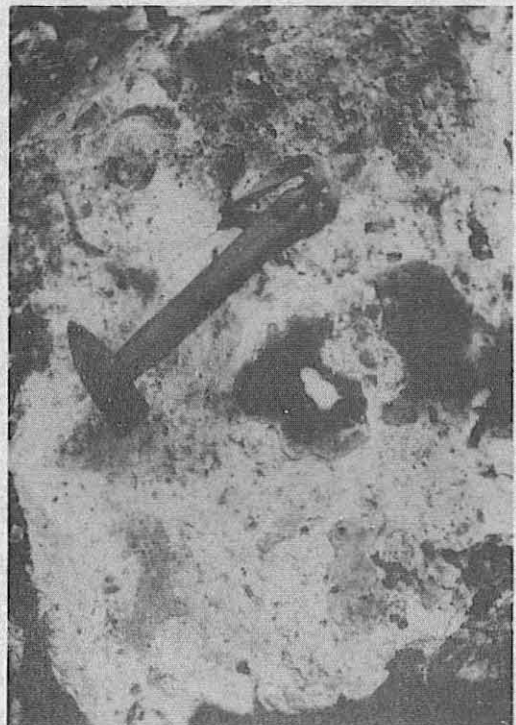


Fig. 3



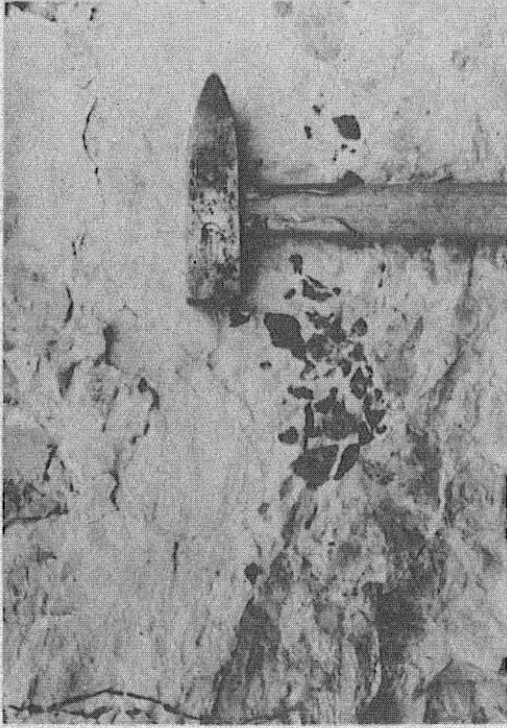


Fig. 6

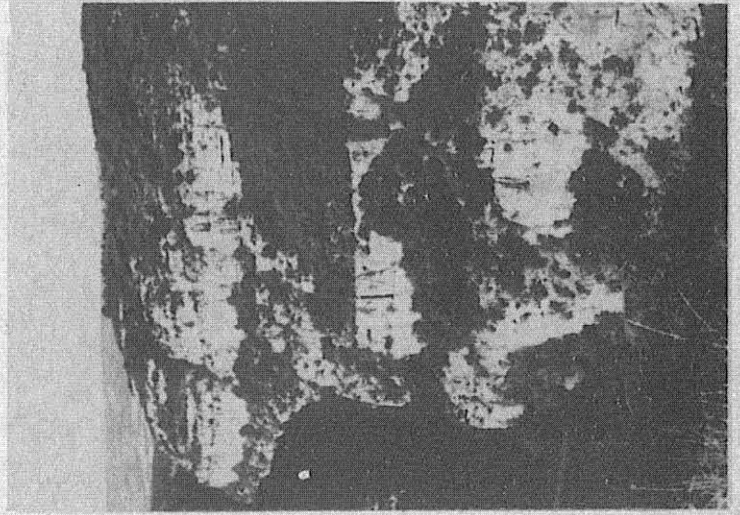


Fig. 8

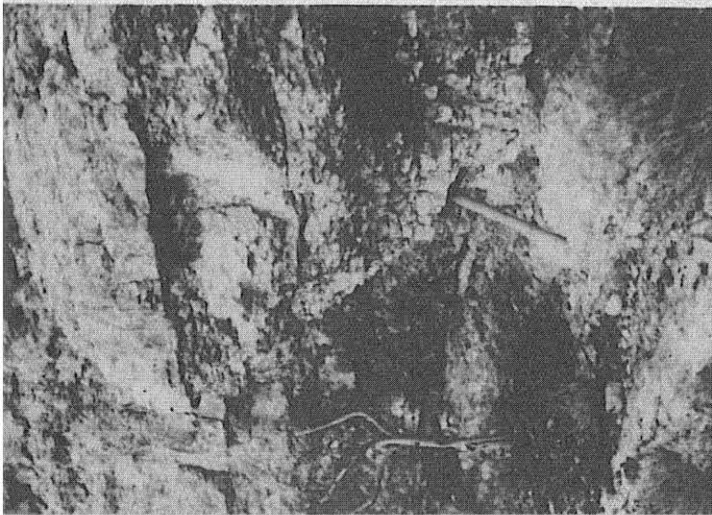


Fig. 5

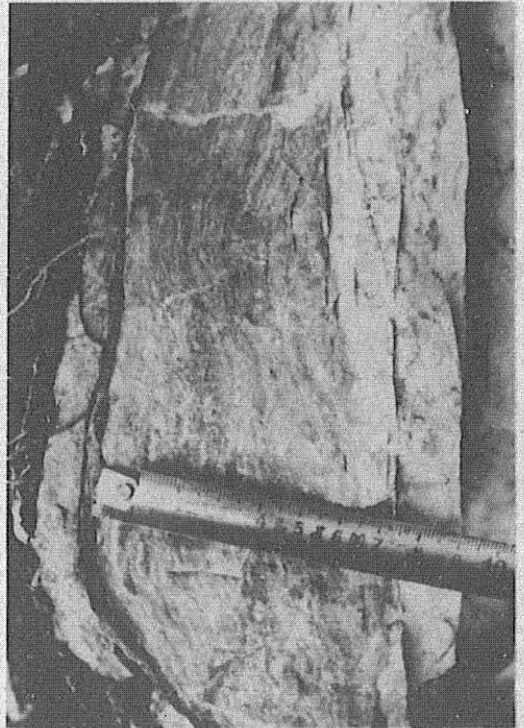


Fig. 7