ÉTUDE MICROGRAPHIQUE DES "CALCAIRES A DÉBRIS" BARRÉMO-APTIENS SUR LE POURTOUR MÉRIDIONAL DU VERCORS[1]

par Jean-Pierre THIEULOY

SOMMAIRE

INTRODUCTION STRATIGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE.

1° *Historique.*
2° *Situation géographique.*
3° *Situation paléogéographique.*
4° *Plan de l'étude micrographique.*

MICROFACIÈS.

1° Roches détritiques dolomitiques.
2° Roches détritiques calcaires.
3° Tableau récapitulatif.

MICROPALÉONTOLOGIE.

1° Flore.
2° Faune.
3° Caractères des Constituants organiques.

ETUDE D'UNE SÉRIE SÉDIMENTAIRE CONTINUE.

1° Remarques préliminaires.
2° Interprétations des différentes courbes.
3° Esquisse bathymétrique.

Conclusion.
Bibliographie.

---

[1] Mémoire présenté devant la Faculté des Sciences de Grenoble, le 29 juin 1958, pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures de Géologie.

J'exprime tout particulièrement ma reconnaissance à M. le Doyen MORET et M. le Professeur J. DEBELMAS pour les conseils et l'aide qu'ils m'ont prodigués au cours de cette étude ainsi qu'à M. SIGAL qui, au vu de mes dessins, a pu corriger et préciser certaines de mes déterminations.

Je tiens aussi à remercier le personnel technique du Laboratoire qui permit la réalisation matérielle de ce travail.

PREMIERE PARTIE

INTRODUCTION STRATIGRAPHIQUE ET GEOGRAPHIQUE

Sous le nom de « calcaires à débris », on désigne un faciès caractéristique des étages Barrémien et Aptien d'une vaste région touchant à la fois au Vercors, au Dévoluy et au Diois : zone de transition entre le faciès récifal du Vercors et de la Chartreuse et le faciès vaseux de la région de Nyons et de Rosans dans la Drôme.

Dans la plupart des cas, ce calcaire à débris se présente en bancs mis en relief par l'érosion entre des terrains marno-calcaires et parfois même marneux plus tendres. Ailleurs, lorsqu'il est très épais, sa masse terminée par de hautes falaises est le fait marquant de la topographie. Mais il peut aussi ne se présenter parfois qu'en bancs minces ou en lentilles d'extension réduite, qui ne sont alors que très faiblement perceptibles dans le paysage (voir planches I et II).

Nous nous proposons tout d'abord de rappeler, dans un bref historique, les travaux concernant les étages Barrémien et Aptien, et en particulier leurs faciès zoogènes dans la région de prélèvements de nos échantillons. Puis nous donnerons un aperçu rapide de sa situation paléogéographique au Crétacé inférieur, enfin nous passerons à l'étude micrographique de ces calcaires à débris.

1° Historique.

La présence de sédiments zoogènes dans le Barrémien et le Bédoulien de cette région, qui prolonge le Vercors vers le S et le SE, est connue depuis longtemps.

C'est en 1850 qu'Alcide D'ORBIGNY, dans son Prodrôme, indique pour la première fois le parallélisme stratigraphique existant entre le Barrémien supérieur à *Macroscaphites Yvani* et les calcaires urgoniens : en effet, les Ammonites barrémiennes figuraient dans les listes du Néocomien supérieur à côté des Chamacés urgoniens.

En 1854, Ch. LORY [2] signale à la Charce (Drôme) une assise mince de calcaires grenus à *Orbitolina conoïdea* dans le Bédoulien du Diois, immédiatement recouverte par les marnes aptiennes, ce qui lui permet de faire un parallélisme intéressant avec l'Urgonien du Vercors. De même en 1861, ce même auteur note [3] qu'il avait observé dans la cluse du Roubion des couches à Orbitolines dans la partie supérieure des « calcaires à Criocères et Ancylocères » : formation comprenant toute la série de l'Hauterivien au Bédoulien.

Mais ce sont surtout les dernières années du XIXe siècle qui voient s'amonceler les témoignages de la présence et de la répartition des faciès zoogènes barrémien et bédoulien.

Pour le *Barrémien inférieur* tout d'abord, c'est en 1889 que G. SAYN [4] signale près du col des Gallands, sur la commune de Menglon, des blocs de calcaires à débris contenant quelques Ammonites du Barrémien inférieur : *Pulchellia Didayi* d'Orb. et *Holcodiscus Caillaudi* d'Orb.

En 1895, V. PAQUIER note [5] la présence de calcaires à débris avec Orbitolines et Ammonites dans le Barrémien inférieur des environs d'Arpavon, près Sainte-Jalle (Drôme). En 1897, ce même auteur rencontre [6] dans la région de Châtillon-en-Diois, au milieu de bancs à Crioceras Emerici, des lentilles à Orbitolines et Ammonites (*Desmoceras Vocontium* notamment).

Enfin en 1900, la remarquable thèse de V. PAQUIER [7] réunit toutes les données sur la stratigraphie, la répartition et la micrographie des principaux affleurements de ce Barrémien inférieur zoogène. Il note à cette occasion que ceux-ci sont toujours d'importance relativement faible et de répartition sporadique et que, loin de se réunir à ceux du Barrémien supérieur, ils disparaissent à leur voisinage.

Pour le *Barrémien supérieur*, G. SAYN en 1889 admet [8] « qu'une partie au moins des calcaires coralligènes à Orbitolines du Diois représente le Barrémien ». La même année, W. KILIAN signale au N de Valaurie de Villesèche [9] l'existence, au milieu des calcaires

---

[2] LORY Ch. (1854), Note sur les terrains crétacés de la Charce (*B.S.G.F.* [2], II, p. 781).

[3] LORY Ch. (1861), Description géologique du Dauphiné, 2, p. 324, Paris, Savy et Grenoble, de Maisonville.

[4] SAYN G. (1889), Ammonites de l'Urgonien de Menglon (*Arch. Sc. ph. et nat. de Genève* [3], 22, p. 459).

[5] PAQUIER V. (1895), Feuilles Le Buis, Valence, Die, Vizille (*B.S.C.G.F.*, 7, p. 136).

[6] PAQUIER V. (1897), Feuilles de Die, Vizille et Privas (*B.S.C.G.F.*, 9, p. 147)

[7] PAQUIER V. (1900), V. bibliographie.

[8] Voir plus haut (4).

[9] KILIAN W. (1889), Description géologique de la montagne de Lure (B.-A.) (*Ann. des Sc. Géol.*, 19 et 20).

du Barrémien supérieur, d'une lentille de calcaires à débris et à Brachiopodes.

En 1895, ce même auteur note dans le Barrémien supérieur de la Charce une intercalation de calcaire oolithique et rognonneux à Orbitolines. Mais tout le mérite revient à V. PAQUIER, qui, dès 1898 [10], frappé par l'extrême analogie de certaines intercalations à débris et à Orbitolines des marnes du Barrémien supérieur avec les niveaux marneux de la zone à Orbitolines moyenne de Chartreuse, conclut que le Barrémien supérieur marno-pyriteux de Glandage et de Bellemotte peut être assimilé à la zone marneuse à Orbitolines; il en observe d'ailleurs bientôt la zone de passage sur les plateaux du Vercors dès la Fontaine-Graillière. Sa thèse, datant de 1900, ne fait que confirmer cette note précédente.

Enfin pour le *Bédoulien,* en 1894, G. SAYN et P. LORY [11] signalent au col de Mensac une lentille subrécifale dans les calcaires à silex noirs du Néocomien supérieur probablement attribuables au Bédoulien.

Quelques années plus tard, V. PAQUIER constate que les bancs de calcaires à débris sont fréquents dans le Bédoulien à des niveaux absolument quelconques des assises à Céphalopodes, et il peut observer leur passage latéral à l'Urgonien typique.

D'autre part, à la même époque P. LORY signale la présence des faciès zoogènes du Barrémien et du Bédoulien des régions avoisinantes du Dévoluy, dans de nombreuses notes datant des années 1896, 1897 et 1898. En particulier, il donne une bonne vue d'ensemble sur ces formations au cours des travaux du VIII° Congrès géologique international de 1900 [12].

L'étude micrographique de ces calcaires à débris est entreprise par M. HOVELACQUE et W. KILIAN en 1897 dans le cadre d'un examen microscopique des calcaires alpins, étude qui fut suivie en 1900 d'un album de microphotographies des principales roches sédimentaires alpines : les calcaires du Barrémien inférieur et l'Urgonien y sont notamment bien représentés.

L'étude systématique du Crétacé inférieur de cette bordure Sud du Vercors ne fut reprise que bien plus tard par J. GOGUEL. De nombreuses publications de cet auteur, à partir de l'année 1938, apportent de très précieuses données, en particulier sur la terminaison de la masse inférieure de l'Urgonien dans les régions d'Archiane et de Combeau, sur les corrélations des couches marneuses

---

[10] PAQUIER V. (1898), Sur le parallélisme des Calcaires urgoniens avec les couches à Céphalopodes dans la région delphino-provençale (*C.R.A.S.*, 12 nov.).

[11] SAYN G. et LORY P. (1894), v. bibliographie.

[12] LORY P. (1900), v. bibliographie.

du Barrémien supérieur. Enfin, dans le cadre d'une étude paléogéographique du Crétacé inférieur du SE de la France, il décrit le faciès des calcaires graveleux associé à l'Urgonien dans ses zones marginales et en donne le mode de formation.

2° Situation géographique.

La région intéressée par notre étude empiète au N sur la bordure S du Vercors, à l'E atteint le Dévoluy dans la région de Lus-la-Croix-Haute, au SE englobe tout le Bochaîne et la région de Veynes, enfin sa zone centrale, jusqu'à Ravel et Châtillon, fait partie intégrante du Diois.

Cette région chevauche donc deux vastes domaines :

— le Vercors au N;

— le Diois et les Baronnies au S.

3° Situation paléogéographique.

Nous allons brièvement rappeler la paléogéographie du Crétacé inférieur.

— *Avec le Vercors,* nous sommes dans la zone des Chaînes subalpines septentrionales : le Crétacé inférieur, dit de « type mixte », y joue un rôle très important : il est caractérisé par des alternances de faciès profonds marneux et de faciès zoogènes compacts.

Le *Valanginien* est représenté par une grande extension de l'élément marneux, toutefois vers la fin de cet étage, commence à se dessiner sur le Vercors le géanticlinal dont on va suivre désormais l'évolution.

L'*Hauterivien* est marqué par le maximum d'extension du faciès vaseux : ce sont des marnes et des marno-calcaires peu fossilifères et assez peu épais. Le Vercors n'est touché qu'en partie par le faciès néritique à *Toxaster amplus* de l'Hauterivien supérieur bien représenté notamment en Chartreuse.

Le *Barrémien* débute par l'extension du faciès à Toxaster qui atteint pratiquement la totalité du Vercors, puis, avec le Barrémien supérieur, la présence du « géanticlinal » constitué par le Vercors, la Chartreuse et les Bauges s'accuse par l'édification des calcaires urgoniens qui présentent leur maximum d'extension avec le *Bédoulien.* Ces calcaires renferment de temps en temps des intercalations marneuses riches en Orbitolines : la couche à Orbitolines inférieure termine le Barrémien supérieur, et la couche à Orbitolines supé-

rieure, réduite à de rares lambeaux de répartition sporadique, appartient à l'Aptien supérieur.

En effet, avec l'*Aptien supérieur*, l'exhaussement du géanticlinal du Vercors se poursuit et cet étage est en général marqué par une discontinuité de sédimentation.

— Par contre, la région du *Diois et des Baronnies* est occupée depuis le Jurassique par un vaste golfe étalé d'E en W jusqu'au Massif Central, délimité au N par le Vercors et au S par le chaînon du Ventoux, les faciès y restent continuellement profonds et vaseux jusqu'à la fin du Crétacé inférieur. V. PAQUIER lui a donné le nom de « fosse vocontienne ». Le Crétacé inférieur y est très épais et représenté par des marnes et des marno-calcaires de teintes assez claires, riches en Céphalopodes, de types profonds, qui permettent seuls les subdivisions d'étages.

Le *Berriasien*, formé de calcaires marneux à *Berriasella Boissieri*, est suivi d'épaisses marnes *valanginiennes* à Ammonites pyriteuses.

L'*Hauterivien*, toujours vaseux et profond, montre quelques intercalations minces de calcaires marneux.

Au *Barrémien*, ces calcaires marneux passent à de gros bancs bicolores : teintes dues à la présence de pyrite.

Le *Bédoulien*, formé de calcaires marneux en gros bancs à *Ancyloceras Matheroni* et *Hoplites Deshayesi*, est surmonté par les marnes noires à Ammonites pyriteuses du *Gargasien*.

Ainsi donc la région délimitée ci-dessus, géographiquement à cheval sur ces deux grands domaines, doit être aussi une zone de transition quant au faciès : les interférences devant être d'autant plus accusées que les faciès sont plus éloignés l'un de l'autre.

L'étude des sédiments le confirme, et ce sont ces faciès de transition, notamment ceux du Barrémien et ceux de l'Aptien, qui nous intéressent au plus haut point.

Le Barrémien offre dans cette zone un maximum de puissance, il atteint près de 1 000 m d'épaisseur.

Le Barrémien inférieur voit apparaître dans le Diois septentrional des intercalations de calcaires zoogènes, réduites et discontinues, mais qui n'en sont pas moins des signes précurseurs de l'envahissement prochain du Barrémien supérieur par le faciès Urgonien.

L'établissement dans le Vercors du régime récifal au Barrémien supérieur entraîne la formation, autour de ce massif, d'une auréole de calcaires à débris et de calcaires dolomitiques : auréole plus ou moins étendue suivant les endroits.

Le maximum d'extension du faciès Urgonien au Bédoulien est marqué par une grande extension de ces faciès subrécifaux annexes et on peut les retrouver sporadiquement très loin à l'intérieur de la fosse vocontienne en lentilles isolées dans les calcaires marneux à Céphalopodes.

Enfin on peut suivre dans toute cette région le recul progressif des marnes aptiennes : totalement absentes vers le N et de plus en plus épaisses vers le S.

4° Etude micrographique.

Les différentes lames minces utilisées pour cette étude n'ont pas une origine géographique commune; en effet, les échantillons qui servirent de matériaux à leur fabrication, ont été prélevés en de nombreux endroits, choisis sur le terrain grâce aux travaux antérieurs relatifs au Crétacé de cette région, notamment ceux de P. LORY, V. PAQUIER et J. GOGUEL [13], et que traduisent les cartes géologiques au 1/80 000° Vizille et Die.

Nous pouvons aisément grouper ces points de prélèvements en trois grands ensembles :

— L'un comprend ceux de la bordure S du Vercors et ceux des régions NE du Diois;

— Un autre, ceux de la vallée du Buech, du col de la Croix-Haute à la Faurie;

— Enfin, au dernier appartiennent ceux des régions situées à l'E du Buech, de Lus-la-Croix-Haute à Barcillonnette dans les Hautes-Alpes.

Cette étude comprend deux rubriques, tout d'abord les microfaciès, où nous noterons toutes les variations pétrographiques de ce faciès observées dans le cadre géographique proposé, ensuite la micropaléontologie, où nous décrirons les caractères de l'apport organique et essayerons de déterminer les éléments végétaux et animaux rencontrés [14].

---

[13] Cités dans la bibliographie.

[14] Une étude micrographique de roche sédimentaire présente quelques difficultés quant à la détermination exacte des constituants minéraux et organiques. L'étude des minéraux est délicate du fait de l'épaisseur des lames minces obligatoire pour l'étude des micro-organismes; en effet, une lame extrêmement mince serait souhaitable pour la reconnaissance exacte des minéraux, mais alors la structure des organismes serait sacrifiée. Ces derniers sont très difficiles à déterminer en lames, surtout en ce qui concerne le genre et l'espèce, le plus souvent impossibles à préciser, et ceci pour les raisons suivantes :

DEUXIEME PARTIE

LES MICROFACIES

P. LORY employait le nom de « *calcaires suburgoniens* » pour désigner ce faciès de transition entre les faciès urgoniens vrais des chaînes subalpines septentrionales et les types bathyaux de la « fosse vocontienne ». Les auteurs utilisent plutôt de nos jours les termes de « *calcaires à débris* », ou de « *calcaires graveleux* ». Ce faciès est représenté d'une façon générale par des roches de couleur claire, parfois plus ou moins teintées de brun par les sesquioxydes de fer, de dureté assez forte, si bien qu'elles marquent le plus souvent le paysage et la topographie. Leur relief est d'autant plus accentué qu'elles s'intercalent presque toujours dans des séries marno-calcaires et même marneuses bien plus érodées.

Ce sont toujours des roches carbonatées que nous subdiviserons pour la clarté de l'exposé en deux types :

— Les calcaires dolomitiques et les dolomies;
— Les calcaires.

Mais il nous faut immédiatement noter que les uns et les autres ont une origine détritique : en effet, une proportion toujours importante de leurs éléments constitutifs présente un degré d'allochtonie manifeste; d'autre part, le premier groupe dérive tout naturellement du second, comme nous le verrons ultérieurement, par un phénomène de dolomitisation secondaire.

— Caractère fragmenté et roulé des organismes;
— Coupes orientées suivant tous les plans possibles de l'organisation;
— Structure bien souvent masquée par une épigénisation de dolomite ou de marcassite;
— Impossibilité d'accéder aux caractères externes de détermination que seul permet un dégagement des micro-organismes, nous pensons en particulier aux espèces de Foraminifères qui sont le plus souvent déterminées par les caractères externes du test.

1° **Les roches détritiques dolomitiques** (Pl. III, fig. 1).

Malgré le caractère secondaire de leur genèse, nous débutons par leur description du fait de leur extension réduite, ne les ayant rencontrées que sur la bordure S du Vercors, en deux gisements : à Fontaine-Graillière et sur le versant Drac du col de Menée.

La diagnose pétrographique de la dolomite est toujours délicate; si dans quelques cas l'observation macroscopique des échantillons nous permet de prévoir l'état magnésien, l'étude microscopique qui nous dévoile leur structure en grains engrenés à contours subrhomboédriques et la présence de rhomboèdres bien individualisés dans le cas d'une dolomitisation incomplète, ne nous permet pas d'apprécier avec exactitude les proportions calcite-dolomite que seule une méthode microchimique peut déterminer.

C'est pourquoi nous avons soumis chacun de nos échantillons magnésiens à la *méthode de Mahler* ou méthode au nitrate de cuivre; en effet, elle consiste à faire agir durant une minute sur l'échantillon une solution à 25 % de nitrate de cuivre à 80° C, il se produit alors une coloration très sélective bleu-ciel de la calcite et de l'aragonite, puis après un rinçage, on plonge l'échantillon dans un bain d'eau oxygénée à 20 V, les parties magnésiennes restent claires, tandis que les parties calcitiques et argileuses prennent une belle coloration brun-rouille.

Lame 5 a. — Gisement de Fontaine-Graillière (Pas de l'Essaure).

Les bancs auxquels a été prélevé cet échantillon, représentent la base du Barrémien supérieur.

Calcaire magnésien graveleux : formé de débris de grande taille, notamment des radioles entières d'oursins. Deux types de débris s'opposent, les uns sont marqués par une dolomitisation assez avancée : Algues calcaires, Orbitolines, fragments roulés de calcaire cryptocristallin, dans les zones les moins atteintes, les rhomboèdres sont nets et bien individualisés, par contre les Orbitolines ne montrent plus qu'une mosaïque touffue de cristaux subrhomboèdriques. Les autres, au contraire, n'ont pas été atteints par l'épigénisation magnésienne : tests de Mollusques, fragments et radioles d'Echinodermes.

Minéraux détritiques : Pas de quartz clastique.

Organismes : Bien souvent la structure est masquée par la dolomitisation et la détermination des organismes en devient impossible. La flore et la faune sont allochtones et profondément marquées par le remaniement qu'elles ont subi. Sont présents : des débris de thalle de Dasycladacées; des fragments de tests de Lamellibranches et de Gastéropodes; de nombreuses plaquettes d'Echinodermes; des radioles de *Cidaris cornifera* Agass; quelques rares Foraminifères : notamment quelques fantômes d'Orbitolines à rapprocher d'*Orbitolina conoïdea* Gras et quelques Milioles Quinqueloculines.

Ciment : Calcite assez grossièrement grenue recristallisée.

Lame 5 b. — Fontaine-Graillière (Vercors).

L'échantillon provient des bancs qui surmontent la source de Fontaine-Graillière; on doit l'attribuer au sommet du Barrémien supérieur.

Dolomie très faiblement calcarifère, caverneuse et grisâtre, dont la surface finement grenue est parsemée de petites facettes miroitantes de clivage. Fait assez exceptionnel, les débris détritiques relativement peu nombreux qui constituaient l'essentiel originel de cette roche apparaissent encore sous forme de fantômes estompés, se détachant en sombre sur le ciment plus clair, bien que l'ensemble de la roche ait été pratiquement totalement épigénisé par l'apport magnésien.

Nous avons pu toutefois identifier quelques traces de Dasycladacées, d'Orbitolinidés coniques, de rares plaquettes d'Echinodermes et quelques fragments roulés d'un calcaire marneux contenant des grains de quartz clastique en nombre et de taille très réduits.

Minéraux détritiques : Pas de quartz clastique libre.

Ciment : Très développé, le ciment est entièrement recristallisé en un enchevêtrement de gros cristaux subrhomboédriques de dolomite.

Lame 5 c. — Fontaine-Graillière : Niveau supérieur d'une dizaine de mètres au précédent.

Calcaire dolomitique compact à débris. La dolomitisation y est moins intense que dans l'échantillon précédent, si bien que les débris abondants et mieux conservés contrastent assez nettement sur le fond plus clair du ciment. Toutefois il est difficile de définir la nature exacte des débris rencontrés, les uns ont une origine organique certaine, les autres sont probablement des fragments roulés d'un calcaire franchement marneux noirâtre et quartzeux.

Minéraux détritiques : Nous n'avons pas rencontré de quartz clastique libre; mais nous avons noté la présence d'un matériel argileux assez irrégulièrement réparti soit en travées, soit colmatant les cavités de certains organismes.

Organismes : La flore et la faune sont allochtones et la structure des organismes est bien souvent obscurcie par la dolomitisation. Rares débris de Dasycladacées; fragments de tests de Mollusques, notamment de Gastéropodes; plaques d'Echinodermes assez fréquentes; quelques rares Foraminifères. Certaines sections semblent appartenir au genre *Orbitolinopsis* Silv. D'autres sont des Néotrocholines. Quelques rares Milioles.

Ciment : Assez développé, le ciment recristallisé est en grande partie de nature dolomitique; au sein d'une mosaïque grenue de rhomboèdres engrenés subsistent encore des zones calcitiques originelles.

Lame 6 a. — Route du col de Menée (Pl. III, fig. 1).

Toutes ces lames 6 viennent d'une lentille (inférieure), épaisse d'une cinquantaine de mètres, distante d'environ deux kilomètres du col. Elle apparaît dès la base du Barrémien et doit être comprise totalement dans le Barrémien inférieur.

Cette lame 6 *a* provient de la base de cette lentille. Dolomie calcarifère caverneuse presque entièrement recristallisée. La structure détritique graveleuse y est presque totalement effacée et on ne rencontre plus que des fantômes de débris absolument indéterminables. Seuls les fragments de plaquettes d'Echinodermes ont offert une remarquable résistance à la dolomitisation, mais leurs contours n'ont pas leur netteté habituelle; en effet, ils ont été partiellement digérés par l'épigénisation.

Minéraux détritiques : Quelques très fines particules de quartz clastique se rencontrent.

Ciment : Il est difficile dans cette lame de séparer ciment et débris : l'ensemble de cette dolomie calcarifère étant presque entièrement recristallisé,

se présente comme un assemblage serré de petits granules subrhomboédriques ou nettement rhomboédriques, et, fait intéressant, la plupart des cristaux entament la périphérie des débris; ainsi on observe une interpénétration du ciment et des éléments détritiques.

Lame 6 b. — Lentille inférieure (zone moyenne).

Calcaire magnésien compact à débris de taille moyenne forte : les plus volumineux peuvent atteindre 4 à 5 mm dans leur plus grande dimension. Il est intéressant de noter que la plupart des débris organiques ou non, sont atteints d'un début de dolomitisation : on y remarque en effet de nombreuses sections isolées rhomboédriques : dans cette lame le matériel magnésien s'est concentré uniquement dans les débris.

Minéraux détritiques : Pas de quartz libre en dehors de débris roulés contenant de nombreux petits grains de quartz clastique.

Organismes : Les organismes ont été marqués par le remaniement qu'a subi ce sédiment à sa formation; nous avons pu rencontrer : de nombreux débris de petits Gastéropodes; quelques rares débris d'Algues calcaires et d'Echinodermes; des Foraminifères assez nombreux (Réophacidés, Textulaires, Milioles, Orbitolinidés enfin, dont certaines petites formes coniques à base plane doivent être rapportées à *Orbitolina conulus* A Douv.).

Ciment : Les débris étant serrés les uns contre les autres, le ciment est réduit : calcite recristallisée.

Lame 6 c. — Lentille inférieure (sommet).

Calcaire graveleux à débris de grande taille très faiblement magnésien. La dolomitisation n'atteint pas certains nodules d'un calcaire cryptocristallin azoïque et certains organismes, notamment les Orbitolines, qui contiennent quelques belles sections de rhomboèdres de dolomite. On ne rencontre pas de quartz clastique libre.

Organismes : Deux organismes dominent : les Bryozaires, bien représentés par de nombreux fragments de zoarium, et les Orbitolines, de formes conique et discoïde.

Ciment : Calcite recristallisée, en quantité assez réduite du fait de l'étroite juxtaposition des éléments détritiques.

Lame 7. — Route du col de Menée : Bancs intercalaires entre la première lentille inférieure épaisse d'une centaine de mètres, se trouvant à quelques dizaines de mètres au-dessous du tunnel du col de Menée. Cette lentille doit être attribuée au Barrémien supérieur.

Dolomie calcarifère compacte de couleur grisâtre. Toute trace d'organisme a disparu, les débris ne révèlent leur présence que par de petites taches argileuses se développant au sein d'une masse pratiquement continue de grains subrhomboédriques de dolomite. Nous n'avons pas remarqué non plus la présence de quartz clastique.

Lame 8 a. — Route du col de Menée : Lentille supérieure (base).

Dolomie grenue où toute trace d'organisme ou fragment d'organisme a disparu : l'ensemble de cette roche est formé d'un enchevêtrement de grains subrhomboèdriques engrenés, le ciment entièrement recristallisé devient par endroits légèrement argileux, mais ne contient pas de quartz détritique.

Lame 8 b. — Lentille supérieure (zone moyenne).

Dolomie très faiblement calcarifère, à grain grossier; malgré une dolomitisation très poussée certains fragments détritiques s'identifient encore

assez nettement : plaquettes d'Echinodermes abondantes et volumineuses et quelques fantômes très flous d'Orbitolines, notamment une forme discoïde B.

Au sein de cette masse entièrement recristallisée, se rencontrent quelques travées argileuses riches en petits grains de quartz. Il est difficile de doser la part du ciment du reste de la roche : mais nous pouvons noter que les grains de dolomie ont en général une taille plus forte que dans l'échantillon précédent.

Lame 8 c. — Lentille supérieure (sommet).

Calcaire magnésien à débris de très forte taille : ce sédiment illustre une phase de remaniement intense et encore à ses débuts, en effet on y observe une inégalité excessive entre les différents fragments détritiques et la présence de plages de grande dimension de nature argileuse riches en fines particules de quartz, qui représentent probablement le matériel autochtone trituré au milieu duquel sont venus se mêler différents éléments organiques ou non remaniés et roulés.

Les uns ont, par la suite, subi un début de dolomitisation : notamment certains fragments roulés d'un calcaire cryptocristallin et des Orbitolines coniques. D'autres par contre ont conservé leur nature primitive : ce sont les nombreux débris d'Echinodermes, de Lamellibranches et certains fragments de Solénoparacées, Algues calcaires du groupe des Floridées.

Minéraux détritiques : Quelques rares grains de quartz de petite taille.

Ciment : Assez peu abondant. Calcite recristallisée.

Cette série de roches dolomitiques nous procure suffisamment de faits pour nous permettre de connaître le mécanisme de la dolomitisation qui les a affectées. Du calcaire magnésien à la dolomie, nous avons pu suivre l'élimination progressive des éléments détritiques originaux : tout d'abord les éléments les plus vulnérables, Orbitolines et fragments roulés calcaires, sont envahis par des rhomboèdres de dolomite de plus en plus nombreux; puis la microfaune disparaît rapidement, tandis que les tests de Lamellibranches et surtout d'Echinodermes offrent une remarquable résistance à la dolomitisation; finalement il ne subsiste plus dans les dolomies que de vagues fantômes de débris.

Nous sommes donc en présence de sédiments ayant été affectés d'une dolomitisation secondaire particulièrement nette : il s'est produit, peu de temps après le dépôt du sédiment et au contact de l'eau de mer, une dissolution progressive du CO_3Ca avec enrichissement en CO_3Mg de la masse restante.

Les conditions aptiennes d'une telle épigénisation magnésienne : eaux aérées et peu profondes, eaux agitées et souvent renouvelées, PH alcalin grâce à l'assimilation chlorophyllienne des algues, sont celles du milieu marin normal des récifs coralliens toujours sursaturés en $MgCO_3$. Il semble bien que le milieu de formation du sédiment détritique originel ait été assez proche du milieu récifal lui-même.

La présence d'une flore et d'une faune benthique à caractères récifaux, Orbitolines, Echinodermes, Bryozaires, etc., la richesse en Algues calcaires, les traces évidentes de trituration et de remaniement, sont autant de présomptions en faveur de cette hypothèse.

2° Les roches détritiques calcaires.

Nous nous proposons maintenant d'étudier les roches détritiques de nature calcaire, elles représentent pratiquement la totalité du faciès « calcaires à débris ». Malgré leur grande homogénéité d'ensemble, nous avons pu y distinguer différents types de détail, et nous donnerons la description des lames les plus caractéristiques de chacun d'entre eux.

a) Calcaires oolithiques (Pl. III, fig. 2).

Nous avons rencontré ce faciès dans quelques gisements répartis d'une façon absolument irrégulière et d'un développement réduit aussi bien en hauteur qu'en surface.

Lame 2. — Grande Cabane : L'échantillon provient de l'extrémité S de la Forêt du Vercors où le Barrémien supérieur forme une vaste surface structurale entre le col du Rousset et le Grand-Veymont. Ce n'est plus de l'Urgonien vrai puisque les Chamacés y font défaut.

Calcaire oolithique (Pl. III, fig. 2). Il montre des oolithes de taille assez faible variant de 0,2 à 0,5 mm, qui possèdent d'une façon générale un nucleus toujours très important, ainsi la couche calcitique déposée autour de ce nucleus ne correspond qu'à la moitié environ du rayon de l'oolithe.

Ce nucleus peut être varié : « Oncoïde » d'un calcaire remanié (ce terme d'oncoïde a été employé pour la première fois par A. Heim [15] pour désigner un fragment roulé, calcaire, d'origine allochtone), grain de quartz détritique, Foraminifère entier, débris d'Organismes variés.

Le nucleus donne sa forme à l'oolithe : ainsi on rencontre des oolithes très allongées formées autour d'un fragment de test de Lamellibranches par exemple. Il est à remarquer que les débris de taille trop forte ne présentent pas de pellicule de calcite; ils se sont déposés directement sur le fond et leur poids leur a interdit d'être brassés par l'agitation de l'eau et d'acquérir ainsi les lamelles concentriques de calcite.

Nous avons pu aussi observer des oolithes bigemminées, qui présentent deux nucleus : très souvent, l'un d'entre eux étant une oolithe de taille plus faible; d'autre part un certain nombre d'oolithes sont brisées ou échancrées, ce qui tendrait à prouver qu'une très forte agitation du milieu remettait en mouvement des oolithes déjà formées et déposées.

Minéraux détritiques : En dehors du quartz contenu dans les oolithes, des grains de quartz atteignant parfois 0,25 mm de diamètre ne sont pas rares dans le ciment qui joint les oolithes.

---

[15] Monographie der Churfirsten Mattenstock-Gruppe (Beiträge zür geologischen Karte der Schweitz, 1910).

Organismes : Une flore et une faune allochtones de caractère récifal s'y rencontrent, soit sous forme de débris (Dasycladacées assez rares et Bryozoaires, Mollusques, Echinodermes plus fréquents), soit en organismes entiers (petits Foraminifères tels que Milioles, Textulaires et Lagénidés unisériés).

Ciment : Calcite recristallisée en grains atteignant parfois une taille assez forte.

Lame 23. — Beaumugne : L'échantillon a été prélevé à une arête de calcaires clairs dépassant à peine du vaste cône de déjection qui s'étale au S du petit hameau de Beaumugne en Bochaîne. Ces calcaires doivent appartenir au Bédoulien.

Calcaire oolithique à Dasycladacées et Milioles. La plupart des éléments détritiques sont en effet entourés d'une fine enveloppe calcitique à stries concentriques. Le nucleus est constitué surtout de débris organiques ou de Foraminifères, mais aussi de petits oncoïdes calcaires sans structure apparente. La taille des oolithes oscille autour de 0,5 mm, toutefois certaines atteignent 1 mm de diamètre.

A côté de ces oolithes, nous avons noté la présence de nombreux éléments allongés formés de débris de tests de Lamellibranches, d'Echinodermes ou d'Algues calcaires, orientés tous parallèlement entre eux.

Minéraux détritiques : Quelques rares grains de quartz mais de taille sensible : 2/10e mm de diamètre, s'observent dans le ciment.

Organismes : La flore et la faune, de nature allochtone, sont très variées, mais certains groupes dominent particulièrement : les Lamellibranches, dont les débris de test sont abondants; les Algues calcaires, bien représentées par des Dasycladacées très nombreuses et quelques fragments de Mélobésiées; les Miliolidés avec les genres *Quinqueloculina, Massilina* et *Nautiloculina,* représentent à peu près 80 % des Foraminifères rencontrées; les Rotalidés formant la moitié des Foraminifères restants.

Ciment : Calcite finement recristallisée.

Lame 29 b. — Pascaux : L'échantillon correspondant provient d'une barre de calcaires détritiques noirs, friables et facilement délitables en petites plaquettes de quelques centimètres d'épaisseur, situé au sommet de la série marno-calcaire du Bédoulien à quelques mètres seulement de la limite franche de cette série avec les marnes aptiennes.

Calcaire en grande part oolithique : en effet la majorité des éléments présente une enveloppe de calcite recristallisée qui peut atteindre parfois un développement important.

La taille moyenne des éléments est assez réduite : de 0,5 à 2 mm de diamètre, il est intéressant de noter que ce sont les débris les plus volumineux qui sont devenus des oolithes.

Le nucleus peut être très varié : fragments de Dasycladacées, de tests de Lamellibranches et d'Echinodermes, Orbitolinidés variés appartenant aux trois genres *Dictyoconus, Orbitolina* et *Orbitolinopsis,* Miliolidés, Réophacidés et aussi quelques oncoïdes calcaires sans structure organisée.

A côté de ces oolithes, il faut signaler encore de nombreux petits fragments calcaires plus ou moins roulés et une faune probablement autochtone de petits Foraminifères : Milioles, Textulaires et Rotalidés.

Minéraux détritiques : Le quartz est extrêmement rare et se présente en infimes parcelles; il faut noter d'autre part l'abondance de matériel opaque : argile et marcassite remplissant les cavités de certains organismes, minéraux donnant à cette roche sa teinte foncée.

Ciment : Calcite recristallisée comblant les lacunes existant entre les oolithes et le matériel fin non oolithisé.

Lame I. — Fontaine de Gerlan (Forêt du Vercors) : Quelques kilomètres au N du gisement 2. Calcaire oolithique d'origine pseudoolithique.

Nous notons en effet la présence d'une fine auréole de calcite très finement cristallisée et striée concentriquement autour de chacun des débris roulés plus ou moins arrondis ou pseudoolithes qui forment l'ensemble de cette roche. Ces pseudoolithes ayant joué le rôle de noyau ont toujours une taille assez forte qui peut atteindre 2 mm de diamètre.

Ces noyaux sont de deux types : les uns sont des oncoïdes d'un calcaire très faiblement quartzeux à Milioles; les autres sont de nature organique : débris de Dasycladacées nombreux, fragments de colonies de Bryozoaires, de tests de Mollusques et d'Echinodermes, Foraminifères abondants : Milioles, Orbitolines roulées et quelques Lagénidés unisériés.

Minéraux détritiques : Quelques grains de quartz de taille assez forte se remarquent.

Ciment : Un ciment abondant joint les oolithes, il est formé de calcite assez finement recristallisée, mais par endroits quelques gros cristaux de calcite s'y mêlent.

En résumé, la flore et la faune d'Algues vertes calcaires, de Bryozoaires, de Brachiopodes, de Mollusques, d'Echinodermes, d'Orbitolines, de Milioles, de Textulaires, etc..., fragmentées et roulées, de ces calcaires oolithiques correspondent à un habitat subrécifal commun; elles sont donc les preuves que de tels sédiments se forment aux dépens de dépôts récifaux compacts en voie de formation ou déjà partiellement consolidés.

D'autre part, leur zone de formation périrécifale est caractérisée par une agitation marine violente, c'est ainsi que les particules provenant de la dégradation du récif sont maintenues en suspension, lorsque l'agitation des eaux devient suffisamment forte et la précipitation de calcite peut alors commencer.

Si dans le cas du calcaire de la lame I, la couche de dépôt est fine, c'est que les pseudoolithes sont restées très peu de temps en suspension du fait, soit d'une diminution de l'intensité de l'agitation, soit de leur accroissement rapide de poids. Dans le cas du calcaire oolithique franc, les particules relativement petites ont permis au phénomène de se réaliser bien plus longtemps.

Enfin, pour terminer l'étude des calcaires oolithiques, nous décrirons deux lames associées présentant un grand intérêt quant à la genèse de ce faciès « calcaire à débris ».

Ce sont les lames 15 *a* et 15 *b* dont les échantillons proviennent de bancs calcaires mis à jour le long de la route de Ravel, dans la Drôme, lors de l'élargissement de cette dernière.

L'échantillon 15 a est un calcaire de couleur claire, de nature hétérogène très nette, en effet une simple observation macroscopique permet de reconnaître des plages grises uniformes et d'autres de contours irréguliers mouchetées de brun-jaune.

L'échantillon 15 b, prélevé quelques dizaines de cm au-dessus du précédent, est uniformément brun-jaune et constitué manifestement d'un matériel voisin de celui des plages mouchetées de l'échantillon 15 a.

Lame 15 a. — Ravel (Pl. III, fig. 3).

Ce sédiment est formé de deux constituants très différents : la majeure partie de la roche est constituée de plages sombres d'un calcaire très fin riche en matériel argileux et en nombreux petits grains de quartz détritique; le reste est formé de plages sinueuses plus claires d'un calcaire oolithique à Foraminifères et autres débris variés.

Les *oolithes,* très nombreuses, sont l'élément essentiel de ce sédiment, elles sont de petite taille : 0,4 à 0,7 mm; leur nucleus prend toujours une part importante de l'ensemble et a une origine variée : des Foraminifères principalement : Miliolidés, Rotalidés et Textularidés, des fragments divers de Dasycladacées et d'Echinodermes, enfin des petits oncoïdes de ce même calcaire formant les grandes plages.

A côté des oolithes sont présents, toutefois en moins grand nombre, des *débris variés* sans pellicule calcitique d'oolithisation : ce sont des fragments de Dasycladacées, de Bryozoaires, de tests de Lamellibranches et d'Echinodermes.

Enfin on y observe une petite *faune de Foraminifères* sans trace apparente de remaniement, qui peut avoir une origine autochtone : Miliolidés, Textularidés et quelques Lagénidés unisériés.

Tous ces éléments sont réunis par un ciment calcitique recristallisé contenant d'ailleurs des grains de quartz provenant probablement de la première série de plages.

En somme, si à l'échelle de l'échantillon la limite entre les deux constituants est relativement franche, microscopiquement les bords des deux séries de plages s'interpénètrent et, en de nombreux endroits, le mélange est intime; il semble bien que les plages du calcaire oolithique soient continues, alors que le calcaire marneux ne forme que des plages interrompues; sous l'action de l'agitation sous-marine, la vase calcaire en train de se sédimenter était remaniée sur place et ses grumeaux étaient recimentés par un apport allochtone d'éléments détritiques oolithisés.

Lame 15 b. — Ravel.

Calcaire oolithique compact à Dasycladacées et Foraminifères, de couleur brun-clair moucheté de jaune et de noir. En effet, la plupart des débris et des Foraminifères, tous très nombreux et serrés les uns contre les autres, possèdent une pellicule de calcite recristallisée. Leur nucleus est varié, mais deux éléments prédominent : les Foraminifères en très grand nombre (Miliolidés et Rotalidés), les Dasycladacées.

A côté des oolithes se rencontrent les débris habituels de tests de Lamellibranches, d'Echinodermes, des Orbitolines et des oncoïdes d'un calcaire fin à petits Foraminifères et d'un calcaire marneux quartzeux.

Minéraux détritiques : Quelques grains de quartz se rencontrent isolés dans le ciment.

Ciment : Très réduit du fait de la juxtaposition intime des éléments de ce ciment, est formé de calcite finement recristallisée.

Ce calcaire représente le terme ultime du phénomène observé dans la lame précédente, le calcaire marneux originel est réduit à de petits oncoïdes isolés dans le matériel allochtone devenu largement prédominant.

b) Calcaires pseudoolithiques (Pl. IV, fig. 1).

Nous débuterons par la description d'un calcaire de caractère mixte présentant encore des oolithes et montrant l'étroite parenté existant entre les calcaires oolithiques vrais et les calcaires pseudoolithiques.

Lame 31 a. — Furmeyer (Pl. IV, fig. 1) : L'échantillon provient d'une petite butte qui domine à l'Est le village de Furmeyer (Htes-Alpes) où le faciès zoogène ne s'y rencontre qu'en lentilles d'extension très réduite intercalées dans la série marno-calcaire du Bédoulien.

Calcaire pseudoolithique à oolithes éparses : pseudoolithes et oolithes sont irrégulièrement mélangées, mais sont nettement séparées par leur taille : la taille moyenne des pseudoolithes oscille de 0,5 mm à 1 mm de diamètre, mais certaines atteignent 1,5 mm. Celle des oolithes est plus faible : 0,3 à 0,5 mm de diamètre.

Pseudoolithes : Elles se sont formées à partir d'organismes et d'éléments inorganiques que l'agitation sous-marine a fragmentés et plus ou moins arrondis : Dasycladacées, Lamellibranches, Brachiopodes (notamment quelques débris de test canaliculé de Térébratulacés), Echinodermes, Foraminifères (Orbitolines roulées, Trocholines, gros Rotalidés, nombreuses Milioles : Nautiloculines notamment).

Oolithes : La pellicule de calcite qui les recouvre est en général assez épaisse, leur nucleus est peu varié et n'est surtout formé que de quelques Foraminifères et de petits oncoïdes de calcaire crypto-cristallin.

Minéraux détritiques : Des grains de quartz de taille notable : 1/10 mm de diamètre, se rencontrent mais en nombre restreint. D'autre part, les différents éléments détritiques de ce calcaire renferment des quantités importantes de sesquioxydes de fer.

Ciment : Une pâte calcitique microcristalline assez abondante joint pseudoolithes et oolithes.

Lame 9 a'. — Ravin de Combeau (Drôme) : Cet échantillon provient d'un banc épais en saillie visible à la base de la masse sub-récifale bédoulienne qui domine au S le ravin.

Calcaire pseudoolithique à pseudoolithes de grande taille. La plupart des éléments détritiques ont une forme arrondie due à des frictions répétées durant leur transport.

Les éléments les plus fréquents sont : des oncoïdes assez volumineux d'un calcaire quartzeux à Foraminifères, des fragments de Tests d'Echinodermes (on observe même un petit Echinide entier), de nombreuses Orbitolines du groupe d'*Orbitolina conoïda* Gras et *Orbitolina discoïda* Gras, d'abondants débris de tests de Mollusques et de Brachiopodes (il a été possible d'y déterminer : *Rhynchonella depressa* d'Orb).

D'autres débris organiques s'observent : notamment des Dasycladacées. Enfin une faune de petits Foraminifères voisine avec ces pseudoolithes. Les Milioles très variées : *Quinqueloculina, Spiroloculina, Massilina*; les Textulaires et les Rotalidés, notamment une petite forme à rapprocher du genre *Patellina* Willamson, y dominent.

Minéraux détritiques : Nous avons relevé la présence de quelques grains de quartz assez volumineux : 0,25 mm de diamètre.

Ciment : Calcite très abondante recristallisée en une mosaïque de cristaux de très grande taille.

Lame 11 b. — Bellemotte (Drôme) : L'échantillon a été prélevé à la base de la Montagne de Bellemotte au Barrémien inférieur subrécifal, très épais en cet endroit.

Calcaire pseudoolithique à petites pseudoolithes; les traces de remaniement y sont fort apparentes et deux types de pseudoolithes s'observent : les uns sont des oncoïdes d'un calcaire finement quartzeux à Foraminifères, les autres sont des pseudoolithes de nature organique où prédominent : les fragments de Dasycladacées, d'Echinodermes et de Mollusques, les Orbitolines roulées, les Milioles et les Textulaires.

Ciment : Calcite recristallisée assez abondante contenant quelques grains de quartz clastique.

Lame 13 b. — Châtillon-en-Diois : Nous avons prélevé cet échantillon à la base de la lentille supérieure subrécifale de la colline de l'Adoue, nous devons l'attribuer au Barrémien inférieur.

Calcaire pseudoolithique à Dasycladacées et Orbitolines : *Orbitolina conoïda* Gras, *Orbitolina discoïda* Gras, *Dictyoconus* sp., *Orbitolinopsis* sp.

A côté de ces pseudoolithes se rencontrent en nombre plus réduit : des fragments d'Echinodermes (en particulier des radioles d'Echinides), quelques Miliolidés et des sections de Réophacidés. Enfin signalons quelques oncoïdes calcaires : les uns d'un calcaire cryptocristallin azoïque, les autres d'un calcaire à Foraminifères.

Minéraux détritiques : Grains de quartz peu fréquents et de taille toujours très réduite.

Ciment : Une pâte abondante de calcite finement recristallisée englobe tous ces éléments; il faut noter d'autre part la présence, sur certaines pseudoolithes, d'une très fine pellicule de calcite correspondant à une ébauche d'oolithisation.

c) Calcaires microbréchiques zoogènes (Pl. IV, fig. 2 et 3).

Ces roches représentent le microfaciès le plus largement répandu dans notre région d'échantillonnage, mais c'est aussi celui qui offre le plus de variétés, tant en grosseur des éléments qu'en leurs proportions respectives.

Nous avons séparé les calcaires pseudoolithiques des calcaires microbréchiques zoogènes du fait de la forme arrondie de leurs éléments; mais il est bien certain que ces calcaires ne représentent que le terme ultime de l'évolution suivie par tout calcaire détritique; en effet, nous avons pu nous rendre compte qu'entre les premiers et les seconds tous les termes de transition peuvent exister. Ainsi, les calcaires microbréchiques zoogènes du faciès « calcaires à débris » ont en général leurs éléments assez peu anguleux, un remaniement plus ou moins long les a émoussés et il n'est pas rare de trouver dans une même lame tous les éléments de transition entre un fragment franchement anguleux et la pseudoolithe parfaite.

I. Calcaires microbréchiques zoogènes sans caractère faunistique dominant.

α) *Sédiments à grains moyen et grossier.*

Lame 12 a. — Glandage (Drôme) (Pl. IV, fig. 2) : L'échantillon a été prélevé à une barre épaisse subrécifale représentant le Barrémien inférieur et situé à peu de distance en amont de Glandage.

Calcaire microbréchique zoogène de grain grossier.

La flore et la faune, de nature allochtone pour la plupart de leurs éléments, sont profondément marquées par le remaniement qui a présidé à la formation de ce sédiment, se rencontrent : nombreux fragments de tests d'Echinodermes, notamment des radioles d'oursins de grande taille apparaissent à la surface de l'échantillon par de beaux clivages miroitants; abondants fragments de tests de Gastéropodes et de Lamellibranches; quelques débris de zoarium de Bryozoaires; faune riche de Foraminifères, Orbitolinidés (nombreuses formes appartenant aux deux genres *Dictyoconus* et *Orbitolina*), Miliolidés (extrêmement abondantes, *Quinqueloculina, Spiroloculina, Pyrgo* et *Nautiloculina*), Réophacidés (*Réophax*), Lituolidés avec une forme à rattacher au genre *Flabellammina* Cush, enfin de nombreux Textulaires et Rotalidés divers.

La flore est abondamment représentée par les Dasycladacées. A côté de ces éléments organiques, sont présents quelques oncoïdes de calcaire à Foraminifères.

Minéraux détritiques : Pas de quartz en dehors de petites parcelles roulées d'un calcaire à grain très fin.

Ciment : Calcite recristallisée.

Lame 14. — Route de Ravel (Drôme) : L'élargissement récent de la route menant aux villages de Ravel et Ferrier (Drôme) nous a permis de prélever cet échantillon de calcaires à débris quelques centaines de mètres au-dessus de Pré-Martal, en un endroit où la carte Die au 1/80 000e indique la présence des calcaires marneux du Bédoulien. Mais ce gisement doit être plutôt attribué au Barrémien.

Calcaire microbréchique zoogène de grain grossier : la moyenne des éléments atteint 1,5 mm de diamètre. A côté des débris organiques, quelques oncoïdes de calcaires remaniés.

Organismes : Rares fragments de Dasycladacées, débris fréquents de Bryozoaires, d'Echinodermes et de Mollusques, Foraminifères assez abondants : Orbitolinidés variés (*Dictyoconus, Orbitolina* et *Orbitolinopsis*), Miliolidés nombreux (*Quinqueloculina, Spiroloculina* et *Nautiloculina*), rares Rotalidés et une forme attribuable aux Réophacidés.

Minéraux détritiques : Des grains de quartz de taille d'ailleurs réduite ne sont pas rares, isolés dans le ciment. Il faut signaler d'autre part la présence d'abondants sesquioxydes de fer fixés surtout sur les organismes et masquant ainsi leur structure; ce sont eux qui donnent à ce calcaire sa teinte brun-rouille.

Ciment : Calcite recristallisée en grains engrenés de tailles variées, parfois certains cristaux prennent un développement important.

β) *Sédiments à grain fin.*

Lame 9 b. — Ravin de Combeau (Pl. IV, fig. 3) : L'échantillon a été prélevé à des bancs régulièrement lités de calcaires blancs situés à la base de la masse bédoulienne subrécifale de Combeau et surmontant la barre calcaire en saillie d'où provenait l'échantillon 9*a*.

Calcaire microbréchique zoogène à grain fin. Les seuls constituants d'origine détritique certaine sont les débris peu fréquents de tests d'Echinodermes

et les plus nombreux, de petits oncoïdes de calcaire cryptocristallin légèrement marneux : l'élément essentiel de ce sédiment est sa faune abondante de petits Foraminifères en grande partie d'origine autochtone; en effet, on n'y relève pas trace de remaniement : les petits Miliolidés, les Lagénidés avec le genre *Dentalina*, les Textularidés et les Rotalidés y sont largement représentés.

Un *ciment* calcitique très finement recristallisé joint éléments détritiques et Foraminifères. On n'y rencontre pas de quartz clastique.

Lame 21 b. — Pont de Neuvilar (vallée du Buëch, près de Saint-Julien-en-Beauchêne) : Cet échantillon provient d'un niveau de calcaire à grain fin de la barre subrécifale bédoulienne qui resserre la vallée du Buëch au niveau du Pont de Neuvilar, à quelques kilomètres au N de St-Julien-en-Beauchêne.

Calcaire microbréchique zoogène à grain très fin. Les seuls éléments franchement détritiques : fragments de tests d'Echinodermes et de Lamellibranches, petits oncoïdes de calcaire à structure fine, ne dépassent pas la taille de 0,3 à 0,5 mm de diamètre. Les autres organismes présents consistent en une faune abondante de petits Foraminifères pour la plupart d'origine autochtone : Miliolidés (de beaucoup les plus fréquents avec les genres *Quinqueloculina, Triloculina, Pyrgo* et *Spiroloculina*), Rotalidés, Textularidés (*Textularia* et *Bigenerina*), Lagenidés (*Lagena*).

Minéraux détritiques : Très rares petits grains de quartz.

Ciment : Pâte abondante de calcite très finement recristallisée.

II. Calcaires microbréchiques zoogènes a caractère faunistique dominant.

Il arrive fréquemment que l'un des constituants organiques ou même tout un groupe d'organismes prenne une part nettement prépondérante du contenu de la lame.

Dominance des Orbitolines.

Lame 27. — Route des Sièzes (Drôme) : A quelques centaines de mètres des gorges des Amayères, la route des Sièzes recoupe des bancs de couleur brun-rouille auxquels a été prélevé cet échantillon.

Calcaire microbréchique zoogène à Orbitolines et Réophacidés. Ce sédiment est formé de très nombreux éléments détritiques de forte taille : certains atteignent 8 mm dans leur grand diamètre, mais la moyenne oscille entre 2 mm et 2,5 mm. Nous pouvons noter d'autre part que certains éléments ont subi un remaniement intense que les a réduits à l'état de pseudoolithes : c'est notamment le cas de nombreuses Orbitolines.

Organismes : Trois organismes dominent : les Orbitolines, très variées, formant le matériel de loin le plus abondant de cette roche, nous avons pu y reconnaître *Orbitolina discoïdea* Gras, *Orbitolina conoïdea* Gras, *Orbitolinopsis* sp.; les Echinodermes dont les fragments de tests sont toujours abondants et de grande taille; les Réophacidés (*Reophax*). Il nous faut encore citer quelques forts débris de Bryozoaires, et en moins grande quantité des débris de Dasycladacées et de Lamellibranches.

Outre ces fragments organiques, se rencontrent d'assez nombreux oncoïdes de forte taille, d'un calcaire pseudoolithique à Foraminifères.

Minéraux détritiques : Quelques rares grains de quartz sont présents dans le ciment; ce calcaire est par contre fortement chargé en sesquioxydes de fer.

Ciment : Une pâte calcitique abondante et recristallisée en assez gros cristaux unit tous ces éléments mais contient aussi une petite faune de Foraminifères de nature probablement autochtone : Miliolidés, Textularidés, Rotalidés et Bulimidés, tous de petite taille.

Dominance des Brachiopodes.

Lame 17. — Col de la Croix-Haute : A peu de distance du col de la Croix-Haute, les calcaires bédouliens se terminent par une quinzaine de mètres de calcaires à débris roux, auxquels fut prélevé cet échantillon.

Calcaire microbréchique zoogène à Brachiopodes et Characées. Les débris très abondants sont toujours de forte taille, les plus volumineux atteignent 3 et 4 mm dans leur plus grande dimension. Les fragments de tests de Brachiopodes constituent l'apport détritique de nature organique de beaucoup le plus abondant; deux types de tests se rencontrent : certains finement costulés appartiennent à des Rhynchonelles, les autres canaliculés dans leur épaisseur sont des tests de Térébratules.

A côté de ces débris, s'observe le cortège habituel de fragments d'Echinodermes, de Bryozoaires, de Dasycladacées, et une faune riche de Foraminifères, où les Orbitolinidés voisinent avec des Miliolidés, des Réophacidés, des Rotalidés et des Néotrocholines.

Mais nous avons aussi relevé la présence de fragments assez nombreux de tiges de Characées du groupe des Clavatoracées : genre *Clavator* Reid et Groves : or ces végétaux sont essentiellement limniques, tout au plus lagunaires; leur présence aux côtés des Orbitolines et des Brachiopodes, donc dans un calcaire aux caractères franchement marins, ne peut s'expliquer que par un remaniement et un transport à partir de la région littorale.

Minéraux détritiques : Petits grains de quartz assez nombreux.

Ciment : Calcite recristallisée abondante.

Dominance des Bryozoaires.

Lame 22 a. — Flanc N du Synclinal de Beaumugne.

Au niveau du village de Beaumugne (Htes-Alpes), les couches subrécifales du Bédoulien forment un petit synclinal allongé d'E en W dont le cœur est comblé par les marnes noires aptiennes. Ces calcaires à débris sont caractérisés par un dédoublement très net de leurs bancs, dédoublement que l'on ne rencontre nulle part ailleurs dans la vallée du Buëch, ils se présentent en deux barres épaisses de 15 à 20 mètres mises en relief par l'érosion et séparées par une vingtaine de mètres de calcaires noirâtres et de marnes formant une dépression plus ou moins ravinée entre les deux crêtes de calcaires à débris.

L'échantillon 22 *a* provient à la barre la plus septentrionale.

Calcaire microbréchique zoogène grossier à Bryozoaires.

La moyenne de taille des débris est forte : 1,5 mm, mais certains atteignent 5 et 6 mm de diamètre.

Le contenu organique de ce calcaire est caractérisé par l'abondance des fragments de colonies de Bryozoaires, dont la plupart sont des *Cyclostomata*, ces débris sont toujours très volumineux. Les autres constituants organiques sont normalement représentés : la flore est pauvre et ne comprend que quelques fragments de Dasycladacées et de Mélobésiées. Les fragments d'Echinodermes, de Lamellibranches et de Gastéropodes sont assez fréquents. Les Foraminifères les plus fréquents sont des Milioles, des Textulaires, des Rotalidés et des Réophacidés.

Ciment : Calcite abondante recristallisée en petits grains engrenés. On n'y rencontre pratiquement pas de quartz clastique.

Dominance des Echinodermes.

Les calcaires microbréchiques zoogènes à Echinodermes ou calcaires à entroques, appelés encore « encrinites » se rencontrent en assez grand nombre dans le facies « calcaires à débris ».

Lame 9 c. — Ravin de Combeau : Cet échantillon a été prélevé dans ce ravin sur un banc massif de calcaire spathique blanc truffé de cherts blanchâtres.

Calcaire à entroques à grain grossier. Les débris très fragmentés de plaquettes et d'articles de tiges de Crinoïdes forment l'essentiel de ce sédiment. Il ne contient qu'une part négligeable d'autres organismes : Bryozoaires, Lamellibranches et Gastéropodes : le genre *Nerinea* y est représenté. Enfin quelques petites Milioles et petits Textulaires s'y rencontrent.

Minéraux détritiques : Pratiquement pas de quartz.

Ciment : Calcite recristallisée. Il est intéressant de noter que le ciment a enveloppé chaque élément échinodermique d'une structure concrétionnée dont l'orientation optique est identique à celle de l'élément lui-même.

Lame 24 b. — Chapelle de Montbrand : Dans le village même de Montbrand (Htes-Alpes) s'élève une petite butte formée de bancs bien lités de calcaires subrécifaux du Bédoulien.

L'échantillon 24 *b* y a été prélevé : c'est un calcaire spathique, de couleur très claire, au sein duquel s'observe de volumineux cherts blancs très friables. Calcaire à entroques et Foraminifères. Ce sédiment est formé de très nombreux éléments détritiques de petite taille : 0,4 à 0,5 mm de diamètre, très intimement juxtaposés. Deux constituants organiques l'un et l'autre très abondants le caractérisent : tout d'abord une très riche faune de petits Foraminifères de caractères hétérogènes, les uns ont une nature allochtone nette, les autres ne présentent pas de trace de remaniement; trois groupes y sont bien représentés : les Miliolidés avec les genres *Quinqueloculina, Triloculina* et *Spiroloculina;* les Textularidés avec les genres *Textularia* et *Bigenerina,* et les Rotalidés. Les fragments d'Echinodermes d'autre part, extrêmement nombreux (radioles d'Oursins et articles de Crinoïdes).

Comme dans la lame précédente, chaque élément échinodermique s'est accru secondairement d'une couronne de calcite concrétionnée dont l'orientation optique est en accord avec l'élément, cette plage de calcite peut même parfois réunir deux éléments et englober accessoirement un Foraminifère dans sa croissance.

Les autres constituants organiques ne sont présents qu'en proportions négligeables.

Minéraux détritiques : Grains de quartz toujours de petite taille, mais en quantité notable.

Ciment : Calcite recristallisée peu abondante du fait de la compacité du sédiment.

III. Accidents siliceux de ces calcaires.

Les accidents siliceux sont rares dans ces formations de « calcaires à débris », toutefois, nous en avons rencontrés en trois endroits: ils se présentent toujours sous forme de *cherts* soit noduleux, soit en lits de développement réduit.

Gisement 9 c. — Ravin de Combeau.

Au calcaire à entroques (9 *c*) sont associés des cherts de couleur blanche et de petite dimension, leur centre est plus grisâtre et très finement vacuolaire.

Gisement 24 b. — Chapelle de Montbrand.

Cherts blancs qui s'effritent très facilement en parcelles esquilleuses. Leur taille est plus forte que celle des précédents, et ils se présentent sous forme de volumineuses lentilles ou nodules s'orientant parallèlement à la stratification.

Lame 22 a'. — Synclinal de Beaumugne.

Sur le bord N de la barre de calcaires subrécifaux la plus septentrionale, nous avons relevé la présence de cherts noirs en rognons plus ou moins volumineux et en lames interstratifiées épaisses d'une dizaine de centimètres et longues parfois de plus d'un mètre. Dans la zone externe périphérique du chert, on reconnaît un calcaire à entroques et Foraminifères riche en sesquioxydes de fer et en matériel argileux. Puis on rencontre une zone intermédiaire large de 6 à 10 mm, caractérisée par un mélange intime des éléments détritiques et du matériel siliceux : des travées argileuses isolent des glomérules de calcédonite et, de place en place, des petits îlots de quartz microcristallin. Parfois au milieu des zones siliceuses apparaissent de nombreux témoins organiques : en particulier des Foraminifères et des plaquettes de tests d'Echinodermes, totalement épigénisés par la silice, mais qui ont encore conservé leur structure. Enfin, au centre le chert s.s. ne montre plus qu'une masse opaque et compacte de silice.

Notons tout d'abord que les trois gisements appartiennent tous au Bédoulien; ce fait n'a rien de surprenant. En effet, les cherts ne sont pas rares au sein des séries marno-calcaires bédouliennes de ces régions.

La présence d'organismes épigénisés et le passage progressif au calcaire graveleux encaissant prouvent bien que ces cherts doivent leur développement à un apport secondaire de silice au milieu du calcaire déjà sédimenté.

Le carbonate de calcium a été de proche en proche remplacé par la silice. Quant à cette silice, il faut très probablement en rechercher l'origine dans une simple coagulation de la silice colloïdale de l'eau de mer, silice devenue plus abondante par endroits pour des raisons non encore élucidées.

d) Calcaires à minéraux détritiques.

Tous les sédiments jusqu'alors décrits étaient caractérisés par des proportions toujours infimes de minéraux détritiques, et seul le quartz était présent en très petits grains clastiques de nombre réduit.

Parmi tout le lot de nos échantillons de « calcaires à débris », nous n'en avons à signaler que deux auxquels puisse être appliqué le terme de « calcaires à minéraux détritiques »; en effet, la proportion de ces derniers y devient très appréciable.

Lame 30. — Chateauvieux-les-Veynes (Htes-Alpes).

En amont de Veynes, la vallée du Petit-Buëch nous permet d'observer une coupe continue presque entièrement vaseuse, comprenant tout le Malm et le Crétacé inférieur. Cet échantillon a été prélevé le long du chemin de Chateauvieux-les-Veynes; en cet endroit le faciès subrécifal se réduit à quelques lentilles de faible extension intercalées principalement dans les calcaires marneux du Bédoulien.

Calcaire détritique glauconieux et quartzeux. Ce calcaire de couleur sombre est formé d'éléments de taille assez faible : la moyenne oscille autour de 0,5 mm de diamètre. Tous les éléments détritiques qu'ils soient de nature organique ou inorganique, présentent les marques d'une trituration intense.

Organismes : La flore et la faune sont de caractères nettement allochtones et on y retrouve tous les constituants normaux des calcaires à débris : Dasycladacées, Bryozoaires, Mollusques, Echinodermes et Foraminifères, ces derniers surtout représentés par de gros individus de Miliolidés, de Textularidés, de Rotalidés et d'Orbitolinidés plus rares.

Outre des fragments organiques, nous avons rencontré d'assez nombreux oncoïdes de calcaire cryptocristallin et quelques véritables oolithes atteignant parfois 0,75 mm de diamètre, leur pellicule de calcite déposée est épaisse, striée concentriquement et radialement.

Minéraux détritiques : Ceux-ci forment une part importante du contenu total de la roche; c'est le seul échantillon où nous avons relevé la présence des deux minéraux détritiques prédominants : quartz et glauconie.

— Glauconie : Elle se présente en petits grains détritiques verdâtres en nombre assez important et de taille très notable : 0,3 à 0,4 mm de diamètre.

— Quartz : Sa fréquence y est plus faible que celle de la glauconie, toutefois elle est nettement supérieure à celle du quartz détritique des lames jusqu'alors étudiées. La taille des grains clastiques est relativement forte : 0,1 à 0,2 mm de diamètre.

Ciment : Calcite recristallisée peu abondante du fait de la compacité du sédiment, elle s'est surtout déposée autour des nombreux petits fragments de tests d'Echinodermes en une auréole concrétionnée.

Lame 32 a. — Col des Garcins, à 3 km à l'W de Barcillonnette (Htes-Alpes).

Il provient d'une lentille de calcaires subrécifaux de faible extension intercalée dans les calcaires marneux du Bédoulien. C'est un calcaire spathique à grain fin de couleur rose saumon.

Calcaire à entroques quartzeux. Les différents éléments détritiques ne dépassent que faiblement le millimètre.

Organismes : Le caractère dominant du contenu organique est l'abondance des fragments d'articles de tiges de Crinoïdes. Les autres organismes sont en proportions plus réduites que d'ordinaire, toutefois les Orbitolinidés sont encore fréquents. Les débris organiques sont chargés pour la plupart de sesquioxydes de fer, qui donnent à cette roche sa couleur.

Minéraux détritiques : La proportion du quartz détritique est forte, c'est là plus importante de toutes celles rencontrées dans notre étude. Ce quartz se présente en nombreux grains clastiques de taille forte : 0,2 à 0,4 mm de diamètre.

Ciment : Calcite peu apparente : car elle est masquée par une phase argileuse abondante, distribuée au sein du ciment en grumeaux à contours diffus.

Tableau récapitulatif des lames minces étudiées

N°	Gisement	Etage	Nature du sédiment
1	Fontaine de Gerlan	Bar. sup.	Calcaire oolithique, pseudoolithique.
2	Grande Cabane	—	Calcaire oolithique.
3	W Tête de Graillé	—	Calcaire microbréchique zoog. : fin.
4	St. des Econdus	—	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
5 *a*	Pas de l'Essaure	—	Calcaire magnésien graveleux.
5 *b*	Fontaine-Graillière	—	Dolomie faiblement calcarifère.
5 *c*	—	—	Calcaire dolomitique graveleux.
5 *d*	Montagnette	Béd.	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
6 *a*	Menée (1)	Bar. inf.	Dolomie calcarifère.
6 *b*	—	—	Calcaire magnésien graveleux.
6 *c*	—	—	Calcaire graveleux peu magnésien.
7	— (2)	Bar. sup.	Dolomie calcarifère.
8 *a*	— (3)	—	Dolomie.
8 *b*	—	—	Dolomie très faiblement calcarifère.
8 *c*	—	—	Calcaire magnésien graveleux : grossier.
9 *a*	Combeau	Béd.	Calcaire à grandes pseudoolithes.
9 *b*	—	—	Calcaire microbréchique zoog. : fin.
9 *c*	—	—	Calcaire à entroques : grossier.
9 *d*	—	—	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
10	Nonières	Bar.	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
11 *a*	Bellemotte	Bar. inf.	Calcaire microbréchique zoog. : fin.
11 *b*	—	—	Calcaire pseudoolithique : fin.
11 *c*	—	—	Calcaire pseudoolithique à oolithes.
11 *d*	—	—	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
11 *e*	—	Béd.	Calcaire urgonien à Chamacés.
12 *a*	Glandage	Bar. inf.	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
12 *a'*	—	—	Calcaire microbréchique zoog. : fin.
12 *b*	—	Bar. sup.	Calcaire microbréchique zoog. : fin.
13 *a*	Adoue (1)	Bar. inf.	Calcaire microbréchique zoog. : fin.
13 *b*	— (2)	—	Calcaire pseudoolithique à Orb. et Dasycl.
13 *c*	—	—	Calcaire pseudoolithique à Orbitolines.

N°	Gisement	Etage	Nature du sédiment
14	Pré-Martal	Bar.	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
15 *a*	Route de Ravel	—	Calcaire hétérogène vaseux à oolithes.
15 *b*	—	—	Calcaire oolithique à Dasycl. et Foram.
16	Ravel	—	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
17	Col de la Croix-Haute	Béd.	Calcaire microbréchique à Brachiopodes.
18	Gges Infournas	—	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
19 *a*	Route col Grimone	—	Calcaire microbréchique zoog. : moyen.
19 *b*	—	—	Calcaire microbréchique zoog. : très fin.
20 *a*	Le Caire	—	Calcaire microbréchique zoog. : moyen.
20 *b*	—	Béd. sup.	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
21 *a*	Pont de Neuvilar	Béd.	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
21 *b*	—	—	Calcaire microbréchique zoog. : très fin.
22 *a*	Synclinal de Beaumugne	—	Calcaire microbréchique à Bryozoaires.
22 *a'*	—	—	Chert noir.
22 *b*	—	—	Calcaire microbréchique zoog. : fin.
22 *b'*	—	—	Calcaire à polypiers : très grossier.
22 *c*	—	Bar. Béd.	Calcaire microbréchique zoog. : moyen.
23	Beaumugne	Béd.	Calcaire oolithique.
24 *a*	Montbrand (1)	—	Calcaire microbréchique zoog. : moyen.
24 *b*	—	—	Calcaire à entroques et Foraminifères.
25	— (2)	—	Calcaire à entroques à débris variés.
26	Ges Amayères	Bar. Béd.	Calcaire microbréchique zoog. : moyen.
27	Route des Sièzes	—	Calcaire microbréchique à Orb. et Réophac.
28	Col du Pendu	—	Calcaire microbréchique zoog. : grossier.
29 *a*	Pascaux	Béd.	Calcaire pseudoolithique.
29 *b*	—	—	Calcaire oolithique.
30	Chateauvieux	—	Calcaire détritique à glauconie et quartz.
31 *a*	Furmeyer	—	Calcaire pseudoolithique à oolithes.
31 *b*	—	—	Calcaire microbréchique zoog. : très grossier.
32 *a*	Col des Garcins	—	Calcaire à entroques quartzeux.
32 *b*	Barcillonnette	—	Calcaire à entroques et débris variés.

TROISIEME PARTIE

MICROPALEONTOLOGIE

L'étude des microfaciès nous a permis de nous rendre compte de la part prépondérante des fragments détritiques de nature organique dans les « calcaires à débris ». Végétaux et animaux ont en effet puissamment contribué à l'édification de tels sédiments.

Cette troisième partie est une description et un essai de détermination aussi exacte que possible de la flore et de la faune rencontrées au cours de l'observation de nos lames minces.

1° Flore.

a) Chlorophycées, Dasycladacées, Diploporées.

Salpingoporella Mühlbergii Lor.

Ce sont des Algues siphonées verticillées, formées d'un cylindre central simple entouré d'un manchon calcaire, ce manchon est creusé de nombreux pores s'ouvrant au niveau de rameaux externes disposés en verticilles.

Ces algues sont extrêmement fréquentes dans les « calcaires à débris », mais le remaniement qu'elles ont subi les a réduites en petits fragments présents dans presque toutes nos lames soit en sections transversales, soit en sections longitudinales.

Les rameaux externes très fragiles sont toujours absents.

Sections transversales. — Les sections franchement transversales sont à peu près circulaires, toutefois le manchon calcaire peut présenter de petites protubérances externes.

Le nombre de pores par verticille est variable, certaines petites sections ne présentent qu'un nombre faible de pores (pl. VII, fig. 2 et 9, pl. XIII, fig. 3).

D'autres en présentent un plus grand nombre, mais elles sont de taille plus forte : il serait possible que tous ces fragments de Dasycladacées n'appartiennent pas à la même espèce.

Sections longitudinales. — D'une façon générale, le tube central garni de son manchon est rectiligne, toutefois quelques rares fragments sont incurvés.

Les verticilles de rameaux devaient être très rapprochés les uns des autres : en effet, tout le long du manchon les pores sont très juxtaposés. D'autre part, certaines sections privilégiées (pl. V, fig. 6, pl. VII, fig. 6) nous montrent que les tubes se terminent en doigts de gant sans se renfler en massue.

Tous ces caractères nous ont conduits à l'espèce : *Salpingoporella Mühlbergii* caractéristique de l'Urgonien de France et de Suisse.

Nos échantillons du Barrémien inférieur au Bédoulien supérieur en contiennent.

b) **Floridées, Solénoporacées.**

Solenopora urgoniana Pfend. (pl. VI, fig. 2).

Certaines lames (9*a*, 11*a*, 15*b* et S47 notamment) présentent des oncoïdes de taille moyenne à l'intérieur desquels on reconnaît très nettement un treillis cellulaire; ce tissu est constitué de files juxtaposées de cellules, les cloisons longitudinales assez épaisses sont bien visibles; par contre les cloisons transversales sont très difficilement perceptibles, encore moins au fort grossissement qu'au faible.

Les mesures de longueur des cellules sont de ce fait illusoires : elles paraissent osciller autour de 50 microns, d'autre part ces cloisons ne coïncident pas d'une file à l'autre.

La largeur des cellules est facilement mesurable, elle varie de 15 à 20 microns. Le fragment de l'échantillon 11*a*, où les files cellulaires sont recoupées perpendiculairement à leur axe, montre très nettement que la lumière des cellules est à peu près ronde.

Tous ces caractères nous permettent d'attribuer ces fragments végétaux à l'Algue rouge déjà signalée par J. Pfender dans l'Urgonien du SE de la France : *Solenopora urgoniana.*

c) **Floridées, Corallinacées, Mélobesiées.**

Archaeolithothamnium rude Lemoine (pl. V, fig. 4, et pl. XXV, fig. 4).

Certains petits débris organiques rencontrés dans les échantillons 20*a*, 22*b'*, S1 et S31 présentent une structure tissulaire encore plus nette. Ce tissu cellulaire du thalle comprend deux régions : à la base les files de cellules sont obliques et s'inclinent jusqu'à

l'horizontale dans les niveaux les plus profonds : leur largeur est toujours inférieure à 10 microns et les cloisons transversales ne coïncident pas d'une file à l'autre : c'est l'*hypothalle*. Au contraire, en surface, les cellules sont alignées transversalement en assises horizontales; les cloisons sont continues. Les cellules rectangulaires ont les dimensions suivantes : longueur : 20 à 25 microns; largeur : 11 à 12 microns, c'est le *périthalle*.

Nous n'avons pas remarqué la présence d'organes reproducteurs. Par les caractères du tissu et les dimensions des cellules, nous pouvons rapporter ces fragments de thalle à l'Algue rouge encroûtante : *Archaeolithothamnium rude*.

Tous les échantillons où se trouve cette algue appartiennent au Bédoulien.

Cette espèce n'a été jusqu'à présent signalée que dans l'Urgo-Aptien des Pyrénées par Mme P. LEMOINE (1925); on l'a retrouvée plus récemment dans le Santonien de Provence (J. PFENDER, 1926).

Enfin J. SPECK (1953) note dans un galet urgonien de la Nagelfluh tortonienne du Baarburg (Suisse) la présence d'un *Archaeolithothamnium* associé aux Salpingoporelles.

d) **Charophytes, Clavatoracées.**

Clavator Harrisi ? Peck (pl. VI, fig. 5 à 12).

Le calcaire graveleux du Bédoulien du col de la Croix-Haute est riche en débris de tests de Brachiopodes, en Orbitolines et en fragments de tiges très caractéristiques de Characées.

Ces tiges se montrent constituées d'un tube creux revêtu d'une écorce faite de 12 cellules rondes; la surface externe de cette tige est marquée de sillons et de côtes correspondant à ces 12 cellules.

Sur l'un des fragments on observe que ces cellules sont égales entre elles (pl. VI, fig. 5); par contre, dans la plupart des autres, elles sont alternativement renflées et rétrécies. Enfin nous avons pu observer deux sections nodales (fig. 11 et 12) où l'inégalité des cellules s'est encore accrue.

Dimensions des sections de tiges : sections rondes, 0,6 × 0,6 mm; sections oblongues, 0,65 × 0,55 mm et 0,7 × 0,6 mm; section nodale, 0,95 × 0,75 mm.

Tous ces critères morphologiques nous ont conduit au genre *Clavator* Reid et Groves; par contre la détermination spécifique est incertaine du fait de l'absence de tout gyrogonite. Toutefois les mensurations de l'appareil végétatif peuvent correspondre à l'espèce *Clavator Harrisi* : décrite en Amérique par R. E. PECK (1957).

Elle est abondante aux U.S.A. dans les terrains homologues de notre Aptien, on l'a d'ailleurs retrouvée en Allemagne dans ce même étage.

La présence de ce végétal limnique d'eaux stagnantes au sein d'un calcaire néritique franc peut-elle s'expliquer ? Ces débris de tiges devaient très aisément flotter grâce à leurs tubes corticaux et être ainsi emportés très loin de leur milieu naturel par les eaux courantes; une fois arrivés à la côte, ils étaient alors remaniés par les vagues et les courants littoraux; les gyrogonites bien plus lourds ne pouvaient pas subir un aussi long flottage, c'est ce qui explique leur absence dans ce sédiment de faciès marin.

Si cette flore est peu variée et ses représentants en général moins fréquents que ceux de la faune, du moins ont-ils joué un rôle important en tant qu'édificateurs de roches.

N'oublions pas que certains sédiments comme les roches dolomitiques d'origine secondaire et les calcaires oolithiques doivent leur genèse au métabolisme intense des Algues; notons d'autre part qu'une fraction du carbonate de magnésie des roches dolomitiques doit provenir du thalle des Mélobésiées qui en contient à l'état vivant de 10 à 16 %.

2° Faune.

Les fragments d'organismes animaux et les organismes entiers sont particulièrement fréquents dans le faciès « calcaires à débris »; d'autre part la faune plus variée comprend des Métazoaires et des Protozoaires; alors que les premiers ne sont présents que sous formes de débris, les seconds sont le plus souvent en bon état de conservation.

a) Echinodermes.

Les fragments de tests d'Echinodermes se rencontrent dans toutes nos lames en quantités d'ailleurs variables, leur proportion est parfois si forte qu'on peut parler de calcaire à entroques.

Deux classes sont représentées : les Echinides et les Crinoïdes.

Echinides.

Trois sortes de débris :

Gros fragments de tests formés de plusieurs plaquettes, dont certaines peuvent porter des tubercules; en L P les plaquettes s'étei-

gnent chacune à leur tour. La lame 9*a'* nous offre même une section verticale d'un petit Echinide entier.

Radioles : Les plus grosses formes sont bien reconnaissables sur l'échantillon de roche par leurs grandes facettes de clivage calcitiques. L'échantillon 5*a* du Barrémien supérieur contient de nombreux radioles intacts du Cidaridé : *Cidaris cornifera* Agas.

Microscopiquement les radioles se présentent surtout en sections transversales rondes ou oblongues très caractéristiques : elles s'éteignent d'une seule fois en L P et prennent bien souvent l'aspect de roues de brouette (pl. XXIV, fig. 2); parfois le canal axial est très développé et entouré d'un ou plusieurs cercles de ponctuations qui représentent probablement de petits canalicules internes.

Plaquettes en général fragmentées : Très résistantes, on les rencontre dans tous les types de roches, même dans les dolomies calcarifères où elles sont les dernières à être épigénisées par le carbonate de magnésie. Elles présentent toujours leur structure réticulaire très caractéristique; formées d'un seul cristal de calcite, elles s'éteignent d'une seule fois en L P.

Notons qu'il n'est pas possible de séparer les plaquettes de tests d'Echinides et celles de tests de Crinoïdes qui offrent le même aspect.

Crinoïdes.

Articles de tiges. — En section longitudinale, les fragments d'articles de tiges présentent toujours un canal axial net, leurs sections transversales ont parfois une forme géométrique précise; certaines sont très nettement pentagonales et peuvent être attribuées : *Pentacrinus neocomiensis* Desor.

b) **Mollusques.**

Les débris de tests de Mollusques sont bien moins fréquents et moins caractéristiques du faciès que les précédents.

Là aussi deux classes sont représentées : les Lamellibranches et les Gastéropodes.

Lamellibranches.

Nous n'avons pas rencontré de tests intacts de Lamellibranches de petite taille dans nos lames; leurs fragments, en général plus longs que larges, appartiennent le plus souvent à la couche lamelleuse, parfois des débris de couche prismatique se reconnaissent. Couches lamelleuse et prismatique ne sont pas recristallisées.

La proportion en Lamellibranches reste toutefois relativement peu importante.

Gastéropodes.

Il n'est pas rare de rencontrer des tests de petits Gastéropodes en bon état de conservation. Ils ont en général une taille assez forte, certains dépassent 5 mm de longueur.

Quelques lames, notamment la lame 11*c*, sont très riches en débris de Gastéropodes.

Ces tests sont toujours recristallisés et formés de calcite grenue. Ils se présentent dans les lames minces en sections soit longitudinales soit transversales :

Sections longitudinales. — Nous avons pu préciser l'origine de quelques-unes de ces sections (*Cerithium sp.*, *Turritella sp.* et Nérinéidés, caractérisées par les replis internes de la paroi de la coquille : une section de la lame 13*c* du Barrémien inférieur peut être une forme jeune de *Nerinea Renauxiana* ? d'Orb.).

Sections transversales. — Les sections transversales sont caractérisées par la présence au centre d'un anneau de calcite recristallisée de la rampe columellaire.

c) **Brachiopodes.**

Les fragments de test de Brachiopodes sont relativement peu abondants dans le faciès « calcaires à débris ». Deux types de débris se rencontrent. Les uns finement costulés, sans canaux internes et très souvent recristallisés, appartiennent à des tests de *Rhynchonellacés*. Les autres, très faciles à repérer, sont dits « ponctués » ; en effet ils sont traversés de part en part par des canalicules plus ou moins ramifiés : ce sont des fragments de tests de *Térébratulacés*.

Enfin, nous avons pu isoler de certains bancs bréchiformes du Bédoulien récifal de Combeau (Drôme) quelques petits échantillons d'une Rhynchonelle : *Rhynchonella depressa* d'Orb.

d) **Bryozoaires** (Pl. V et VI).

Les fragments de colonie ou zoarium de Bryozoaires sont l'un des constituants organiques les plus caractéristiques du faciès. Certaines lames en contiennent une proportion importante. Ces débris ont en général une taille forte : ils atteignent souvent 7 et 8 mm dans leur plus grande dimension, par contre ils ne descendent que peu au-dessous du millimètre.

Ces Bryozoaires sont très aisément reconnaissables. Tout d'abord par l'aspect fibreux de leur test : celui-ci est en effet formé de nombreuses lamelles de calcite qui s'enchevêtrent tangentiellement et concentriquement autour des loges. Ensuite par l'organisation de

leurs colonies : suivant l'orientation de la coupe, elles se présentent soit en rangées juxtaposées de loges plus ou moins hexagonales, soit en longues cellules disposées parallèlement ou en éventail et scindées par de fines cloisons transversales.

Tous les Bryozoaires que l'on rencontre dans les sédiments sont des Ectoproctes et les représentants de nos échantillons appartiennent à deux ordres de cette classe : les Cyclostomata et les Cheilostomata.

Cyclostomata. — Ce sont de beaucoup les plus abondants. Citons notamment la très belle section de la lame 27 que l'on doit ranger au voisinage des genres *Ceriocava* d'Orb. et *Heteropora* Blainw.

Cheilostomata. — Une seule forme peut être sûrement attribuée à cet ordre : elle se trouve dans la lame 22*b'* (pl. V, fig. 3). Les loges y sont scindées en deux par une barre calcitique très comparable à un « pivot » d'aviculaire. Ce Bryozoaire est proche des Membraniporés.

e) **Coelentérés.**

Coralliaires.

Certaines de nos lames contiennent des fragments de Coralliaires, sous la forme de sections plus ou moins arrondies de polypiérites où la disposition radiaire des cloisons est très nette.

Outre ces formes caractéristiques, nous avons rencontré, dans quelques lames, des sections le plus souvent de contours indéfinis, parfois plus ou moins oblongues de quelques mm de diamètre, formées de zones méandriformes cryptocristallines et déterminant des cavités à contours sinueux et irrégulièrement réparties, de teinte plus claire.

Ces sections sont très comparables à celles de *Cladocoropsis mirabilis* Felix, polypier du Jurassique supérieur du Moyen-Orient et de Grèce. La position systématique de ces organismes est très douteuse : C. Renz (1930) en fait des Coralliaires, mais les paléontologistes américains du « Treatise on Invertebrate Paleontology » de R. C. Moore les rejettent du règne animal pour en faire des algues.

f) **Foraminifères.**

Les Foraminifères constituent l'élément de beaucoup le plus abondant, le plus varié et le plus intéressant de cette faune. Ils appartiennent à différentes familles, d'importance d'ailleurs inégale.

Famille des Réophacidés.

Genre *Reophax* Montfort.

Certaines lames : 13*b*, 17, 27 et 31*b* principalement, présentent de nombreuses sections d'un Foraminifère dont le test agglutinant et arénacé est composé d'une série de chambres disposées en une ligne droite, parfois légèrement arquée. Le mur est formé de divers petits débris calcaires, de fines particules de quartz et de petits Foraminifères : Milioles et Textulaires.

Les différentes chambres ne communiquent de l'une à l'autre que par un seul orifice, l'ouverture semble être unique et terminale (pl. XV, fig. 3) et ne doit pas être pourvue d'un goulot.

Les chambres se renflent de plus en plus vers le sommet. D'autre part, certaines sections transversales nous renseignent sur la forme à peu près circulaire du test.

Tous ces caractères conduisent au genre *Reophax* Montfort, 1808.

Mensurations (en mm) des formes les plus caractéristiques :

Longueur	6	4,25	2,5	1,9
Diamètre	1,8	2	1	1,1
Nombre de loges	4	4	3	3

Si la forme générale rappelle *Reophax scorpiurus* Montfort, les mensurations nous éloignent de cette espèce, qui est beaucoup plus réduite. Il s'agit peut-être d'une espèce nouvelle. Nous avons rencontré ce Foraminifère depuis le Barrémien inférieur jusqu'au sommet du Bédoulien.

Notons enfin que les Réophacidés affectionnent de nos jours les eaux chaudes peu profondes des récifs coralliens.

Famille des Lituolidés.

Genre *Flabellammina* Cushman, 1928.

La lame 12*a'* contient une section tangentielle d'un Lituolidé, dont le test arénacé est formé en grande part d'un matériel calcitique fin et de quelques débris plus grossiers d'origine organique. A la base, les loges sont irrégulièrement réparties et font penser à un enroulement involute bref, puis elles se disposent en une série rectiligne; les loges sont alors très nettement flabelliformes en V renversé et larges. L'ouverture semble être terminale et simple (pl. XV, fig. 5). Espèce indéterminée du Barrémien inférieur de Glandage.

Dimensions : Longue de 1,35 mm et large de 0,75 mm.

Genre *Ammobaculites* Cushman, 1910.

Nous avons rencontré dans la lame S30 du Bédoulien de la vallée du Buech une autre forme attribuable à cette famille. Le test est finement arénacé; les premières loges sont enroulées autour de l'embryon, puis elles se disposent en une série linéaire (pl. XIX, fig. 1). Sa longueur totale est de 0,9 mm, la largeur de la hampe de 0,22 mm. Espèce indéterminée.

Famille des Orbitolinidés.

Les représentants de cette famille abondent dans nos lames et sont extrêmement variés. Ils possèdent tous des coquilles de taille assez forte, finement arénacées, de forme conique et bien souvent à embryon spiralé; les adultes sont formés d'un empilement unisérié de loges discoïdes ou en écuelles dont le diamètre croît avec l'âge.

Ils appartiennent à plusieurs genres, qui se distinguent par la plus ou moins grande complication de leur endosquelette.

La détermination spécifique basée sur le critère morphologique classique de la taille ou de la forme n'est guère satisfaisante; en effet, ces Foraminifères présentent des variations individuelles telles qu'on est réduit, comme le note Reichel, « à tenir compte en premier lieu de l'âge de l'Orbitoline pour lui donner un nom ».

Genre *Orbitolinopsis* Silvestri, 1932.

Ces Orbitolinidés sont caractérisés par l'absence de septula radiaux, seuls les septa radiaux apparaissent, d'autre part la région centrale des loges est subdivisée par des cloisons diversement orientées. Mais nous avons pu distinguer comme l'a fait J. Speck pour les représentants de ce genre contenus dans les galets roulés de la Nagelfluh de Baarburg (Speck, 1953), trois types morphologiques différents :

Orbitolinopsis (?) sp., forme *a*. — Possède une forme de cône très élancé atteignant presque 2 mm de haut; le nombre des loges est particulièrement élevé : jusqu'à 30 (pl. XXV, fig. 1).

Mensurations de quelques formes a (en mm) :

Hauteur	1,85	1,55	1,3	1,2
Largeur (à la base)	0,70	0,75	0,6	0,7

Entre les planchers transversaux s'observent des piliers massifs ordonnés de façon plus ou moins régulière.

J. Speck note que ces formes rappellent quelques aspects du genre *Coskinolina* Stache. Ce sont les moins nombreuses parmi toutes les formes d'Orbitolinopsis.

Orbitolinopsis sp., forme *b* (pl. XXV, fig. 2 et 3). — Elles se présentent sous forme de cônes bien moins hauts que pour les formes *a* et le nombre des planchers transversaux ne dépasse guère la quinzaine. Les piliers sont disposés le plus souvent en quinconce. Quelques-unes montrent un stade initial spiralé. Ce sont les formes de beaucoup les plus abondantes.

Mensurations de formes b (en mm) :

Hauteur	1,3	1,25	1,1	1	1	0,9	0,75	0,75
Largeur	0,8	1	0,85	1	0,85	0,6	0,75	0,6

Orbitolinopsis sp., forme *c* (pl. XXV, fig. 3). — Elles sont de taille encore plus réduite que les précédentes; elles se présentent sous forme soit de petits cônes, plus larges que hauts, soit de demi-sphères plus ou moins régulières.

Mensurations de quelques formes c (en mm) :

Hauteur	0,75	0,5	0,45	0,6	0,53
Largeur	0,9	0,7	0,7	0,6	0,56

Ces formes sont encore assez nombreuses.

Tous ces représentants d'*Orbitolinopsis* sp. se rencontrent dès la base du Barrémien inférieur jusqu'au sommet du Bédoulien, mais ils abondent tout particulièrement dans le Barrémien inférieur de Bellemotte et de Glandage.

Genre *Dictyoconus* Blanckenhorn, 1900 (pl. XXIV).

Nos lames, tant barrémiennes que bédouliennes, contiennent des sections abondantes d'un Orbitolinidé présentant les caractères du genre *Dictyoconus*.

La forme générale est celle d'un cône plus ou moins arrondi à son sommet, dont la hauteur est presque toujours légèrement supérieure au diamètre basal.

Mensurations des individus les plus caractéristiques (en mm) :

Hauteur	2,4	2,2	2,1	1,8	1,7	1,6	1,3	1,25
Largeur	1,45	1,35	2,2	1,3	1,7	1	1,5	1,25
Hauteur	1,25	1,25	1,2	1	0,95			
Largeur	1,1	0,8	1	1,2	0,65			

Toutefois, certaines de ces valeurs ne sont qu'approximatives du fait de l'état roulé ou plus ou moins fragmenté de l'individu.

La structure de ces Foraminifères est complexe : Le cortex est immédiatement suivi d'une zone marginale très large subdivisée par des cloisons radiales verticales et des cloisons horizontales Les cloisons verticales sont de deux types, les unes s'étendent sur toute la zone marginale, ce sont les cloisons primaires et, entre elles, se développent de 1 à 3 cloisons secondaires qui découpent les cham-

bres primaires délimitées par les premières cloisons en chambres secondaires. Les cloisons horizontales, principales et secondaires (là aussi 1 à 3 intercalées entre les précédentes) subdivisent les chambres secondaires en logettes.

D'autre part les différentes loges sont réunies par de nombreux piliers verticaux très visibles sur les photographies (pl. XXIV).

Notons enfin que l'embryon spiralé forme une crosse de taille volumineuse qui, suivant les individus, occupe le quart ou le tiers de la hauteur totale. Cette crosse paraît être extrêmement saillante chez certaines formes.

La fig. 2, pl. XXIV, représente un jeune *Dictyoconus* où la spirale initiale est prépondérante et l'endosquelette encore mince.

Les mensurations et la présence de cette crosse volumineuse nous éloignent de l'espèce de l'Urgonien helvétique, *Dictyoconus Reicheli* Guillaume, petite forme ne dépassant guère 1,5 mm de haut et à crosse peu saillante, d'autre part le nombre élevé de cloisons secondaires nous interdit d'attribuer ces Dictyocones à l'espèce *Dictyoconus Walnutensis* Carsey du Valanginien provençal, forme de petite taille, en triangle isocèle, et ne possédant qu'une seule cloison verticale secondaire.

Nos échantillons seraient plutôt à rapprocher de l'espèce plus volumineuse *Dictyoconus arabicus* Henson, du Barrémien; c'est pourquoi nous les noterons, au moins provisoirement : *Dictyoconus sp. aff. arabicus.*

Genre *Orbitolina* d'Orbigny, 1850.

Les Orbitolines possèdent septa et septula radiaux et transverses comme les Dictyocones, mais sont caractérisées par l'absence de piliers. Ces Foraminifères abondent dans nos lames et constituent parfois l'élément dominant de la faune. Nous les rencontrerons dès la base du Barrémien, et elles sont encore présentes au sommet du Bédoulien, mais elles n'appartiennent plus à la même espèce. Il nous a été possible de distinguer plusieurs formes.

Orbitolina conulus Douvillé, formes A et B :

A (mégasphérique). — Les individus les plus caractéristiques sont très nettement du type conico-plan ou faiblement convexe pointu. Ce sont des formes de petite taille toujours inférieure à 2 × 2 mm à base presque plane.

Mensurations de quelques individus :

Hauteur	1,5	1,25	1,2	1,1	1,1	1,1	1	0,8
Diamètre	1,5	1,25	1,45	1,5	1,3	1,25	1,2	1

B (microsphérique). — Les individus de cette espèce sont de type discoïde petit : la base est très souvent caractérisée par un renfoncement médian, si bien que cette face devient concave.

Mensurations :

Hauteur	0,75	0,75	0,8	0,8
Diamètre	2,4	2,2	1,9	2

Les représentants de ce couple se rencontrent dans les niveaux du Barrémien inférieur et du Barrémien supérieur, accompagnés de Dictyocones et d'Orbitolinopsis.

Remarquons qu'il est difficile de séparer une *Orbitolina conulus* A de forte taille et une *Orbitolina conoïdea* A dans les niveaux extrêmes du Barrémien supérieur.

Orbitolina conoïdea Gras - *Orbitolina discoïdea* Gras. — Ces deux formes constituent un couple d'une même espèce très fréquente dans nos lames à partir du sommet du Barrémien et durant tout le Bédoulien. Ce sont des formes de taille en général bien plus forte que celle du couple précédent.

O. conoïdea (pl. XXIV, fig. 1) : formes de type conico-convexe élevé; toutefois, la face ventrale se déprime souvent en son centre.

Mensurations des individus les plus typiques :

Hauteur	2,6	1,9	1,5	1,4	1,4	1,1	1,15	1,1
Diamètre	3	1,4	1,85	1,8	1,6	1,5	1,4	1,35

O. discoïdea : formes de type discoïde petit; la face ventrale est parfois légèrement convexe mais très souvent concave. L'épaisseur reste toujours faible.

Mensurations :

Hauteur	0,7	1,1	0,75	0,8	0,7	0,55	1,2
Diamètre	3	2,7	2,3	2,2	2,1	2,1	2

A côté de ces quatre formes très abondantes, nous avons relevé la présence d'Orbitolines de types différents, bien moins nombreuses (pl. X, fig. 3, XI, fig. 2, XIV, fig. 1).

Il s'agit d'abord d'Orbitolines de grande taille en forme de cône surbaissé et dont le sommet est orné d'un petit mucron (lames 11*c*, 13*b* du Barrémien inférieur, et 31*b* du Bédoulien, notamment).

Mensurations :

Hauteur	0,9	1	1,2
Diamètre	1,8	1,85	3,1

Nous n'avons pu les attribuer à une espèce bien définie.

Nous avons, d'autre part, attribué à *Orbitolina Paronai* Prever (?) (*Orbitolina bulgarica* Deshayes) quelques formes des lames

13*b* et 14 du Barrémien. Elles sont de type net conico-convexe élevé : la face ventrale est très bombée, le sommet du cône bien arrondi, d'autre part les bords se relèvent quelque peu.

Mensurations de deux individus bien typiques :

Hauteur	0,65	1
Diamètre	1,2	1,7

Cette Orbitoline se rencontre dans le Barrémien et l'Aptien de France.

Famille des Ophthalmidiidés.

Plusieurs représentants de cette famille se rencontrent dans nos échantillons de calcaires à débris.

Genre *Neotrocholina* Reichel, 1955.

Ces Foraminifères possèdent un test conique de calcaire hyalin, dont la périphérie est occupée par une loge tubulaire enroulée en spirale.

Neotrocholina friburgensis Guillaume et Reichel (pl. XXI, fig. 20 à 30; pl. XXII, fig. 5 à 14). — Cette espèce abonde dans nos lames tant barrémiennes que bédouliennes. C'est un organisme conico-lenticulaire de petite taille : la face dorsale est très convexe et lisse, par contre la face ventrale se présente sur maints échantillons en forme de sole bien souvent creusé de sillons (pl. XXII, fig. 8 et 11) : cette sole correspond à une protubérance ombilicale constituée d'un certain nombre de piliers et de sillons étroits. En LP ces piliers apparaissent nettement en un faisceau de fibres calcitiques rayonnant du sommet du cône à la face ventrale. Autour de ce noyau calcitique, s'aperçoit une loge tubulaire indivise à section triangulaire enroulée en spirale en général sur 6 tours.

Mensurations des sections transversales les plus caractéristiques :

Hauteur	0,8	0,8	0,66	0,7	0,66	0,5	0,47
Diamètre	1,15	1,13	1,13	1,1	1	0,83	0,83

D'autres sections plus tangentielles ont un aspect tout différent: la forme conique y est plus surbaissée et la loge est sectionnée sur une grande longueur, et ceci sur 2 à 3 tours au maximum.

Mensurations de quelques sections tangentielles :

Hauteur	0,66	0,60	0,43	0,45
Diamètre	1	0,96	0,86	0,6

Enfin, notons que certains individus de cette espèce montrent une section plus ou moins arrondie, où la loge tubulaire devient

une gouttière spirale externe; cet aspect est dû aux frictions répétées et ces Foraminifères sous ce jour aberrant correspondent à l'ancien genre *Coscinoconus* Leupold, 1935, qui groupait toutes les formes de Néotrocholines usées par un remaniement sous-marin.

Nous attribuons toutes ces Néotrocholines à l'espèce *Neotrocholina friburgensis* décrite par GUILLAUME et REICHEL (1957), dans l'Urgonien helvétique : cette espèce apparaît dès le Barrémien inférieur et se trouve encore dans tout le Bédoulien.

Neotrocholina (?) sp. aff. *elongata* (pl. XXI, fig. 18 et 19). — Une autre forme de Néotrocholine se rencontre dans quelques lames, en nombre d'ailleurs bien plus réduit que les précédentes. Elles apparaissent constituées sur le même mode structural : un noyau calcitique ombilical autour duquel s'enroule une loge spiralée unique. Toutefois, ces échantillons diffèrent par quelques caractères : forme de cône très élancé; nombre de tours de spire plus grand (jusqu'à 10).

Mensurations des quelques individus de cette forme :

Hauteur	0,76	0,75	0,70
Diamètre	0,55	0,45	0,46

Ces Foraminifères rappellent étrangement l'espèce *Trocholina elongata* Leupold, 1935, du Jurassique; c'est pourquoi nous avons rapporté ces échantillons élevés à *Neotrocholina* (?) sp. aff. *elongata*.

Genre *Nautiloculina* Mohler, 1938.

Ce sont des Foraminifères à test calcaire lenticulaire à enroulement typiquement planispiralé. Nous avons relevé dans certaines de nos lames la présence de quelques sections, d'ailleurs peu abondantes, de Nautiloculines.

Sections axiales. — Ces sections elliptiques plus ou moins renflées nous renseignent sur la nature du test, fait de calcaire porcellané imperforé, et sur le mode d'enroulement très parfaitement planispiralé; d'autre part, le nombre de tours de spire s'y compte aisément (pl. XV, fig. 8 et XVIII, fig. 8).

Quelques mensurations :

Grand diamètre	1,48	1,25	0,95	0,93
Petit diamètre	0,73	0,75	0,60	0,77
Nombre de tours	5	4	4	4

Section équatoriale. — Une seule section de ce type, d'ailleurs partielle, nous montre l'enroulement spiralé des loges autour de l'embryon, ainsi que le nombre élevé de loges par tour : nombre certainement supérieur à 10 pour les tours les plus périphériques. Nous devons rapprocher ces formes de *Nautiloculina oolithica*

Mohler du Rauracien du Jura, nous les attribuons comme l'a fait récemment J. SPECK à l'espèce : *Nautiloculina* n. sp. aff. *oolithica* Speck (1953).

Cette espèce caractérise l'Urgonien de Suisse, mais aussi de France, puisque SPECK l'a reconnue dans les schémas de F. BLANCHET datant de 1918 (F. BLANCHET, 1916-17).

FAMILLE DES TEXTULARIDÉS (pl. XXIII).

Ce sont des Foraminifères de taille moyenne ou faible à test finement arénacé, mais le matériel constituant le mur est toujours de nature calcaire. Tous les Textularidés présents dans nos lames sont formés de nombreuses loges disposées suivant deux types, bisérié ou unisérié.

Genre *Textularia* Defrance, 1824.

Ces Textulaires sont caractérisés par une disposition bisériée des loges. Les formes appartenant à ce genre sont très nombreuses dans nos lames, d'autant plus d'ailleurs que le sédiment est plus fin. Plusieurs espèces doivent être représentées, mais nous n'avons pas pu les déterminer, toutefois les individus microsphériques B se distinguent assez nettement des individus mégalosphériques A par leur angle basal bien plus ouvert.

Genre *Bigenerina* d'Orbigny, 1826.

Les premières loges sont bisériées, mais les suivantes sont bientôt unisériées. Plusieurs types se rencontrent : chez certains individus la hampe rectiligne de loges unisériées a le même diamètre que la base bisériée. D'autres au contraire montrent une hampe de diamètre plus réduit, mais encore parfaitement médiane. Enfin, chez quelques formes, la hampe est issue d'un des côtés de la base bisériée, comme si l'une des séries se poursuivait et l'autre s'arrêtait brusquement dans sa croissance : ces formes sont à rapprocher de l'espèce *Bigenerina Wintoni* Cushman et Alexander, du Crétacé inférieur du Texas.

Les Bigénérines sont assez peu fréquentes dans nos lames de « Calcaires à débris » : on les rencontre indistinctement dans le Barrémien et le Bédoulien.

FAMILLE DES MILIOLIDÉS.

Ce sont des Foraminifères atteignant parfois une taille moyenne notable à test calcaire imperforé auquel peut s'ajouter un matériel agglutiné. Autour d'un proloculum prennent place de nombreuses

loges dont la disposition est caractéristique de la famille : enroulement dans des plans variés de loges au nombre typiquement de deux par tour.

Les Milioles abondent dans nos lames et de nombreux genres y sont représentés; nous les avons classés suivant leur fréquence.

Genre *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826.

Enroulement dans 5 plans de deux en deux distants chacun de 72°. Les formes quinqueloculines sont extrêmement abondantes et variées : notons que l'une d'entre elles porte de courtes épines (pl. XVIII, fig. 15).

Genre *Spiroloculina* d'Orbigny, 1826.

Les premières loges sont de type Quinqueloculine dans la forme microsphérique, alors que ce stade est très souvent sauté dans la forme macrosphérique; puis les loges se disposent en deux plans distants de 180°. Les Spiroloculines sont très abondamment répandues dans nos échantillons de « calcaires à débris ».

Genre *Triloculina* d'Orbigny, 1826.

Après un stade Quinqueloculine court ou sauté, les loges s'enroulent suivant trois plans à 120°. Ces formes bien moins fréquentes que les deux précédentes.

Genre *Pyrgo* Defrance, 1924.

Les loges sont disposées dans deux plans à 180°, mais seules les deux dernières loges périphériques sont visibles et débordent sur les précédentes. Ces Foraminifères sont assez peu fréquents.

Genre *Nummoloculina* Steinmann, 1881.

Les loges sont disposées en une spire plane comprenant plusieurs loges par tours; ces formes ne sont pas rares dans le Barrémien inférieur de Bellemotte (pl. XVII, fig. 10, 11 et 12).

Genre *Massilina* Schlumberger, 1893.

Les loges, après un court début quinqueloculin, se disposent chacune leur tour à 180° d'écart de chaque côté d'un plan de symétrie. Nous n'avons rencontré qu'une seule forme qui puisse être attribuée à ce genre.

Les Milioles affectionnent tout particulièrement les eaux chaudes peu profondes et sont caractéristiques des conditions des récifs de coraux tropicaux.

FAMILLE DES LAGÉNIDÉS.

Ce sont des Foraminifères à test calcaire de formes très diverses, soit enroulés en une spire plane, soit plus ou moins déroulés.

Genre *Lenticulina* (?) Lamarck, 1804 (pl. XX, fig. 13 et 16).

Des formes pluriloculines, involutes à enroulement planispiralé peuvent être rapprochées de ce genre.

Genre *Marginulina* d'Orbigny, 1826.

Quelques individus déroulés légèrement arqués à la base sont probablement des représentants d'espèces de Marginulines (pl. XVIII, fig. 26 et 27; pl. XX, fig. 10).

Genre *Tristix* Macfadyen, 1941.

D'assez fréquentes sections transversales triangulaires de nature calcaire peuvent être attribuées à l'espèce : *Tristix acutangulum* Reuss, 1862, du Crétacé inférieur de l'Europe de l'Ouest.

Genre *Dentalina* d'Orbigny, 1826.

Des formes déroulées légèrement arquées, à loges nombreuses, dont les sutures sont encore obliques, appartiennent à des espèces de Dentalines; ces Foraminifères sont assez fréquents dans nos lames.

Genre *Nodosaria* Lamarck, 1812.

Ces Foraminifères dont le test est formé de loges saillantes disposées en série rectiligne et à sutures parfaitement perpendiculaires à l'axe de symétrie, sont très fréquents; ils sont d'ailleurs le plus souvent fragmentés. Plusieurs espèces indéterminées.

Genre *Lagena* Walker et Jacob, 1798.

Plusieurs petites sections transversales de nature calcaire, en forme de sac, sont vraisemblablement des sections de test uniloculin de *Lagena*. Espèces indéterminées.

FAMILLE DES POLYMORPHINIDÉS.

Nous avons relevé la présence de petites sections montrant des loges emboîtées l'une dans l'autre, disposées suivant le mode bisérié. Les premières loges semblent par contre être orientées suivant plusieurs plans. Le test est compressé : deux fois plus large qu'épais. La paroi est calcaire et fine.

Nous attribuons ces formes à une espèce indéterminée de *Pseu-*

dopolymorphina Cushman et Ozawa, 1928 (pl. XVIII, fig. 17 et 18; pl. XIX, fig. 8 et 9).

Famille des Rotalidés.

Les Rotalidés abondent dans les niveaux à grains fins des « calcaires à débris »; ils y sont variés et pratiquement impossibles à déterminer. Toutefois, une section transversale d'un individu à test conique divisé en longues chambres alternantes peut être rapportée à une espèce indéterminée du genre *Patellina* Williamson, 1853 (pl. XXII, fig. 1).

D'autres sections appartiennent à des Foraminifères plus ou moins biconvexes et à enroulement trochoïde. Ainsi l'une d'elles (pl. XXI, fig. 10) montrant une face dorsale nettement convexe, 1 1/2 à 2 tours de spire trochoïde, des loges assez peu nombreuses et mesurant 0,65 de diamètre sur 0,35 de hauteur, semble bien être une section d'une espèce d'*Epistomina* Terquem, 1883.

Enfin, signalons la présence de gros Rotalidés dont le test de calcaire hyalin épais dépasse 1 mm de diamètre; les uns sont symétriques et planispiralés (loges en V emboîtées); les autres sont franchement dissymétriques et trochoïdes.

Famille des Verneuilinidés (?).

Nous rangeons dans cette famille deux formes d'appartenance douteuse, à test arénacé.

La première est une forme montrant deux séries de loges très inégales et pouvant correspondre à une section de l'espèce infracrétacée *Marssonella oxycona* (?) Reuss (pl. XXIII, fig. 5).

L'autre forme, assez fréquente, montre parfois à sa base un stade bisérié irrégulier puis un stade unisérié très long, ces sections peuvent appartenir à un genre voisin de *Pseudoclavulina* (?) Cushman, 1936 (pl. XIX, fig. 2 à 6).

Famille des Bulimidés (?).

Nous avons attribué quelques sections longitudinales à des représentants de cette famille : genre *Virgulina* d'Orbigny, 1826, et genre *Bolivina* d'Orbigny, 1839, mais cette détermination est très incertaine.

3° Caractères des constituants organiques.

a) Allochtonie-Autochtonie.

La plupart des organismes, tant végétaux qu'animaux dont nous venons de signaler la présence, présentent les caractères d'une *allochtonie* manifeste : ce sont des fossiles roulés et fragmentés. Les formes complexes et fragiles (verticilles des rameaux secondaires de Dasycladacées notamment) sont complètement désarticulées et dispersées, les pièces des tests sont brisées (valves de Lamellibranches, tests d'Echinodermes).

Ces fragments sont bien souvent calibrés et triés : c'est le cas dans la plupart des calcaires oolithiques et pseudoolithiques. Bien souvent une pellicule de carbonate de calcium enveloppe les débris roulés. On relève parfois la présence de grains de quartz clastiques de taille notable associés à ces débris organiques. Enfin, tous ces constituants organiques sont liés par un ciment calcitique recristallisé.

Toutefois, il nous faut signaler le cas de petits Foraminifères : Milioles, Textulaires, Rotalidés, que l'on rencontre dans le ciment des sédiments à grain fin : ils ne présentent pas de trace notable de frictions et de fragmentations; nous pouvons alors hésiter entre deux origines, soit un remaniement par suspension dans les couches moyennes marines de la zone néritique, soit une vie *autochtone* au sein même du milieu de sédimentation. La première hypothèse semble bien être la plus vraisemblable.

b) Paléoécologie originelle des organismes.

Tout cet ensemble complexe de Dasycladacées, de Mélobésiées, de Polypiers, de Bryozoaires, de Brachiopodes, de Mollusques, d'Echinodermes et de Foraminifères variés, tous benthiques, correspond à un milieu naturel bien défini : le récif tropical de corail de mers chaudes. Certains de ces organismes sont même caractéristiques de ce biotope : les Dasycladacées et les Archéolithothamnes, les Nérinées, les Milioles, les Réophacidés et les Orbitolines.

Il faut donc rechercher l'origine des fragments organiques des « calcaires à débris » dans la dégradation des récifs par les marées, les vagues et les tempêtes, et la mise en mouvement suivie d'une trituration des éléments provenant de ce démembrement par une eau de mer agitée par des courants toujours intenses aux abords des récifs.

c) Eléments floristiques et faunistiques nouvellement décrits.

Nous allons rappeler dans une brève synthèse les organismes les plus intéressants signalés pour la première fois dans les étages Barrémien et Bédoulien des Alpes françaises.

Flore. — *Archaeolithothamnium rude* : Bédoulien du Bochaîne; *Clavator Harrisi* (?) : Bédoulien marin du col de la Croix-Haute.

Faune. — *Reophax sp.* : Barrémien-Bédoulien, abondamment réparti; *Orbitolinopsis sp.* avec ses *formes a, b et c* : Barrémien et Bédoulien; *Dictyoconus sp. aff. arabicus* : Barrémien et Bédoulien; *Neotrocholina friburgensis* : Barrémien et Bédoulien; *Neotrocholina* (?) *sp. aff. elongata* : Barrémien et Bédoulien; *Nautiloculina n. sp. aff. oolithica* : Barrémien et Bédoulien.

d) Caractères positifs et négatifs de la faune.

Si nous avions à caractériser en quelques mots cette faune des calcaires à débris, nous dirions qu'il s'agit d'une faune essentiellement benthique où dominent les Salpingoporelles, les Milioles et les deux Orbitolinidés : *Orbitolina* et *Orbitolinopsis*.

D'autre part, nous n'avons pratiquement pas relevé la présence d'une faune pélagique, tant en Calpionelles qu'en Globigérinidés.

QUATRIEME PARTIE

ETUDE D'UNE SERIE SEDIMENTAIRE CONTINUE

1° Remarques préliminaires.

L'observation de tous ces échantillons ne nous a fourni que des données fragmentaires sur les conditions de sédimentation, qui présidèrent à la formation de tels dépôts. Aussi avons-nous complété notre étude par l'interprétation d'une série sédimentaire continue, en s'inspirant des méthodes de A. CAROZZI.

Les échantillons proviennent d'une barre de calcaires à débris orientée EW et recoupée par le Buech à 2,5 km au N de St-Julien-en-Beauchêne. Notre choix s'est porté sur ce banc pour diverses raisons :

— *Facilité de prélèvement* tout d'abord : ce banc, large d'une trentaine de mètres, présente un pendage N de 60° et est entaillé par la route nationale n° 75, offrant ainsi une surface d'échantillonnage facile.

— *Caractères lithologiques,* typiques, du calcaire (lames n° 21).

— *Position stratigraphique normale :* la série débute vraisemblablement avec le Bédoulien et se termine au contact des marnes noires gargasiennes.

Les échantillons ont été prélevés du S au N sur une vingtaine de mètres, l'intervalle séparant chacun d'entre eux est de 50 cm, mais il a été souvent réduit : un changement rapide macroscopiquement observable dans la texture de la roche nécessitant la prise d'un ou plusieurs échantillons intercalaires supplémentaires.

L'étude des lames minces réalisées nous ont permis de tracer tout un ensemble de courbes indiquant les variations de fréquence des organismes rencontrés et les variations de fréquence et de clasticité des débris détritiques : nous avons assimilé dans ce cadre les minéraux détritiques et les différents fragments roulés pour l'établissement de leur courbe de clasticité.

En ordonnée sont portés tous les numéros des coupes de 1 à 49.

En abscisse figurent les minéraux détritiques, qui ici se trouvent réduits au seul quartz, et les organismes présents. La fréquence et la taille des premiers sont indiquées par une échelle relative comportant les termes suivants : tf : très faible; f : faible; M : moyen; F : fort; TF : très fort.

La fréquence des organismes a été évaluée de la même façon et notée en abscisse par les abréviations suivantes : tr : très rare; r : rare; M : moyen; N : nombreux; TN : très nombreux.

L'évaluation des fréquences et des tailles ne porte sur aucune mesure précise, mais elle a été établie comparativement avec une valeur que nous avons jugée moyenne.

Toutefois, il nous a paru intéressant de noter les valeurs extrêmes atteintes par certains éléments constitutifs de cette roche :

Maximum : 3 à 6 mm;
Minimum : 0,05 à 0,1 mm.

2° Interprétations des différentes courbes.

a) Courbe de clasticité générale.

Cette courbe recueille la valeur de la clasticité moyenne de chacune des lames : nous avons tenu compte aussi bien des particules détritiques minérales qu'organiques; en effet, les débris des nombreux organismes présentent des traces évidentes de remaniements et d'un transport plus ou moins prolongé, on peut alors les assimiler aux particules détritiques minérales et tracer leur courbe de clasticité.

Cette courbe présente de nombreuses oscillations atteignant très souvent les valeurs extrêmes : (TF) et (tf) si bien que ce « calcarénite » peut passer à un « calcirudite » pour les termes les plus grossiers : nous empruntons cette terminologie à F. J. PETTIJOHN (1949).

Des niveaux s1 à s12, nous avons relevé une clasticité restant toujours dans des valeurs fortes, puis les lames s13 à s26 montrent un mode de sédimentation cyclique : on peut y distinguer deux cycles successifs, chacun d'entre eux commence par des niveaux à clasticité (TF) et la taille des éléments diminuant graduellement vers le haut, il se termine par des lames montrant une texture très fine (tf).

D'autre part, la transition entre le premier et le second cycle est très rapide et ne présente pas de termes intermédiaires. Nous avons ici un type de sédimentation en « graded bedding » assez net; il est à remarquer que c'est au niveau de ces lames que nous

avons été obligés de resserrer l'intervalle des prélèvements. Nous avons noté sur le graphique les limites de cette sédimentation classée par les signes G1 et G2.

Des lames s27 à s40, la courbe montre des oscillations nombreuses et désordonnées, mais la clasticité n'atteint jamais les valeurs extrêmes; enfin, les niveaux s41 à s49 nous offrent de nouveau deux cycles de sédimentation en classement décroissant notés par les signes G3 et G4.

Interprétation.

Il faut rechercher la cause des variations désordonnées de la clasticité de ce calcarénite dans les fluctuations de l'intensité des courants sous-marins; aux phases de courants violents correspondent les termes les plus grossiers : les courants fournissent alors un apport supplémentaire de particules d'autant plus grosses que l'agent de transport est plus fort.

Tandis que durant les périodes de courants calmes seules les particules les plus légères sont remaniées.

La sédimentation en « graded bedding » s'explique aussi par le jeu des courants : elle résulte de la croissance brusque de leur intensité suivie d'une lente décroissance, permettant ainsi le triage des éléments détritiques.

b) **Courbes de clasticité et de fréquence du quartz.**

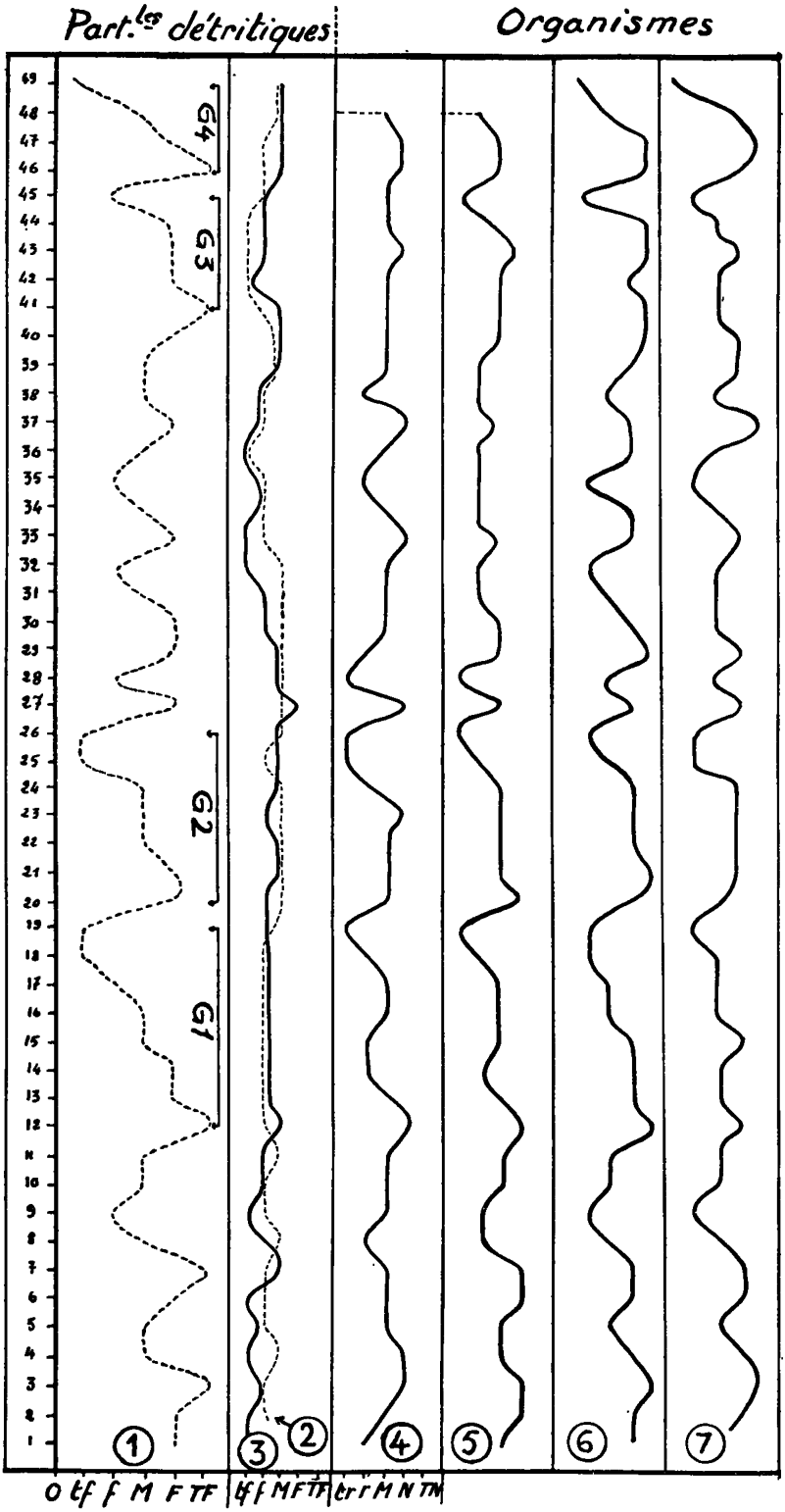
Du quartz détritique se rencontre à tous les niveaux, mais sa fréquence et sa taille restent extrêmement faibles; nous avons relevé approximativement les valeurs minima et maxima de ces particules :

Minima : 0,025 à 0,05 mm de diamètre;
Maxima : 0,1 à 0,2 mm de diamètre,

valeurs correspondant à l'indice (tf) de la précédente échelle.

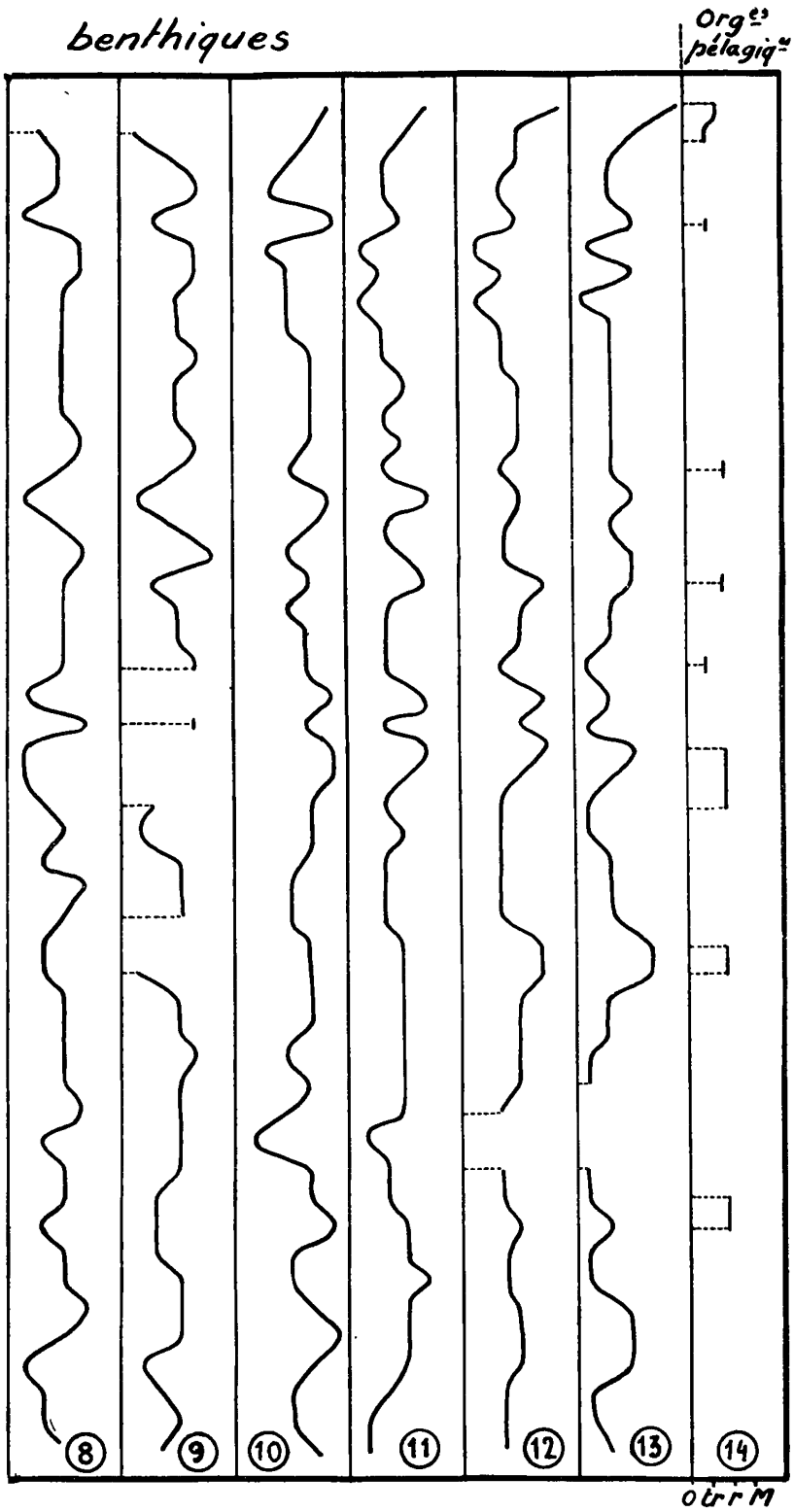
Nous avons été ainsi amenés à choisir pour ce minéral une valeur moyenne étalon bien plus faible que celle choisie pour la clasticité générale : le quotient d'erreurs d'appréciation se trouvant de ce fait augmenté d'une certaine mesure.

Des niveaux s1 à s12, les deux courbes varient en sens inverse puis dans le reste de la série elles varient assez souvent dans le même sens. Nous remarquons aussi que dans bien des cas, à une augmentation de la clasticité générale correspond une augmentation d'ailleurs légère de la fréquence du quartz, aux niveaux s7, s12, s21, s27, le phénomène y est particulièrement net



COURBES DE CLASTICITES

1. Clasticité générale.
2. Taille du Quartz.
3. Fréquence du Quartz.
4. Fréquence des Algues calcaires.
5. Fréquence des Bryozoaires.
6. Fréquence des Echinodermes.
7. Fréquence des Mollusques-Brachiopodes.



ET DE FREQUENCES

8. Fréquence des Orbitolines.
9. Fréquence des Gros Miliolidés.
10. Fréquence des Petits Miliolidés
11. Fréquence des Textularidés.
12. Fréquence des Rotalidés.
13. Fréquence des Lagénidés.
14. Fréquence des Organismes pélagiques.

Interprétation.

Cette proportion très faible en minéraux clastiques peut s'expliquer par un phénomène de remaniement local et des transports n'affectant pas les rapports entre le milieu et la côte, mais aussi par le fait que le sédiment originel remanié en contient lui-même de très petites quantités.

La variation en sens inverse des deux indices de fréquence et de clasticité indique un apport détritique irrégulier et désordonné, qui caractérise les régimes littoraux peu profonds, alors que leur variation parallèle indique un apport détritique devenu régulier, correspondant probablement à un régime plus profond.

Quant à l'augmentation de la fréquence liée à celle de la clasticité générale, on peut en rechercher l'explication dans l'origine de ce quartz : en effet, celui-ci doit provenir de débris roulés d'un calcaire marneux riche en grains de quartz clastique, une augmentation donc de l'intensité des courants provoque une fragmentation plus poussée de ces débris et libère de ce fait un plus grand nombre de particules du minéral.

c) **Fréquence des sels de fer.**

Les sesquioxydes de fer provenant de l'oxydation de la marcassite ne se rencontrent qu'en infime proportion, aussi n'avons-nous pas tracé leur courbe de fréquence; ils se sont fixés sur certains organismes et en accentuent ainsi les contours : citons notamment les fragments de Milioles et de Dasycladacées. Mais il est intéressant de signaler que c'est surtout dans la seconde moitié de la série que leur teneur devient notable, un milieu plus réducteur ayant favorisé la formation d'une quantité plus importante de marcassite.

d) **Courbes de fréquence des débris d'Algues calcaires, de Bryozoaires, d'Echinodermes et de débris de tests de Mollusques et de Brachiopodes.**

Tous ces organismes se caractérisent par la présence de traces de remaniement et de transport; on les trouve sous forme de fragments plus ou moins arrondis : preuve d'une usure par frottement. Les courbes de fréquence de ces différents organismes sont parallèles, c'est pourquoi nous les avons réunies dans ce même paragraphe. D'autre part, elles varient dans le même sens que la courbe de clasticité générale : aux maxima de clasticité correspondent les maxima de fréquence des organismes.

Nous pouvons toutefois noter quelques différences de comportement entre ces organismes; alors que les Echinodermes détiennent tout au long de la série le record de fréquence au point de devenir le constituant essentiel de la roche à certains niveaux, cette roche pouvant alors être définie comme une « encrinite », les Algues calcaires et surtout les Bryozoaires sont des constituants plus modérés; enfin, la courbe des Bryozoaires présente un fléchissement notable à partir des niveaux s25.

e) **Courbe de fréquence des Orbitolinidés.**

Nous aurions pu facilement inclure ces Foraminifères dans le cadre précédent; en effet, leur courbe présente une allure semblable, toutefois celle-ci paraît décalée par rapport aux précédentes, les maxima de fréquence ne coïncidant plus exactement avec ceux de la clasticité générale mais plutôt avec les termes immédiatement inférieurs, c'est-à-dire ceux d'une clasticité (F).

f) **Courbes de fréquence des Miliolidés.**

Au cours de notre étude, nous avons été amenés à constater une différence très nette de comportement entre deux types de Miliolidés, les gros exemplaires (taille comprise entre 0,5 à 0,75 mm) et les petits (0,1 à 0,25 mm).

La courbe des grosses Milioles est discontinue, elle varie comme les précédentes dans le même sens que celles de la clasticité générale, et ses interruptions coïncident avec les niveaux les plus fins de la roche : notamment les niveaux s18, s19 et s49. Par contre, la courbe des petites Milioles varie très exactement en sens opposé de la précédente, et ceci tout particulièrement des niveaux s29 à s49 où ces Foraminifères sont d'autant plus abondants que la texture est plus fine.

Si les premières présentent des traces de fragmentation et d'usure, les secondes en général n'en portent que d'infimes traces : nous devons supposer que leur transport dut se faire par suspension.

g) **Courbes de fréquence des Textularidés, Rotalidés et Lagénidés.**

Ces courbes varient parallèlement et dans le même sens que celle des petits Miliolidés, ces petits Foraminifères ne présentent jamais de trace de friction, pour un certain nombre d'entre eux le transport a dû se faire uniquement par suspension, mais il est possible que l'autre partie de cette petite faune soit autochtone

et se soit déposée conjointement avec l'apport allochtone. Il n'est pas possible de doser leurs proportions respectives.

Leurs fréquences augmentent lorsque l'intensité des courants diminue et atteignent des valeurs maxima pour les niveaux à clasticité (f) et (tf). C'est particulièrement net pour les Lagénidés de petite taille qui ne peuvent séjourner et se déposer dans un milieu détritique trop agité [16].

Interprétation des courbes de fréquence des organismes benthiques.

Tous les organismes dont nous venons de décrire les courbes de fréquence sont essentiellement benthiques, mais il ressort nettement de l'observation de ces courbes que nous devons les classer en deux groupes bien distincts, en effet leurs comportements sont tout différents.

Dans un *premier groupe* nous trouvons les Algues calcaires, les Bryozoaires, les Brachiopodes, les Mollusques, les Echinodermes, les Orbitolines et les grosses Milioles : ces organismes se présentent toujours sous forme de débris plus ou moins fragmentés et roulés, où la structure interne est bien souvent difficile à reconnaître;

Dans le *second groupe,* les petits Miliolidés, les Textularidés, les Rotalidés et les Lagénidés ne présentent qu'exceptionnellement des traces de friction. Leur origine est double : un apport allochtone remanié par suspension et un apport autochtone d'individus ayant vécu sur place ou à très faible distance.

Si l'on considère le calcaire, nous pouvons y distinguer en gros deux sédiments différents :

L'un grossier, où le premier groupe d'organismes atteint son maximum de fréquence alors que la fréquence du second reste toujours très faible;

L'autre fin, où la composition est inversée : le second groupe y est largement représenté, alors que le premier n'y est que par ses termes les plus réduits.

Cette distribution particulière provient de toute évidence d'un triage par dimension du matériel organique mis à la disposition de l'agent remaniateur; la composition faunistique du sédiment dépend essentiellement de la dimension des organismes du sédiment originel et de la compétence des courants : en effet, à chaque valeur V de la vitesse de l'eau correspond un arrêt de transport et une sédi-

---

[16] Voir à ce sujet N. Roubichou (1956).

mentation de particules de diamètre *d*; on a pu expérimentalement [17] apprécier les valeurs *d* fonction de V.

h) **Courbe de fréquence de la faune pélagique.**

Cette courbe est très discontinue; en effet, la faune pélagique est pratiquement nulle, toutefois, dans quelques rares niveaux à texture très fine et riches en Rotalidés et Lagénidés, se rencontrent quelques formes extrêmement rares que nous avons attribuées aux Globorotalidés; leur fréquence est toujours très faible et cette faune se trouve localisée dans le ciment calcitique du sédiment.

3° Esquisse bathymétrique.

Pouvons-nous estimer la profondeur de formation de cette série sédimentaire ?

Il nous faut tout d'abord remarquer que la flore et la faune, dont la plupart des éléments sont de nature allochtone, ne nous sont d'aucun secours en tant qu'indicateurs de profondeur; en effet, les variations de fréquence des différents organismes ne peuvent pas être interprétées comme des variations bathymétriques.

Mais nous sommes en présence d'un calcaire détritique formé de constituants organiques ou non de deux types distincts : les uns sont les matériaux déplacés par suspension, ils ne nous apportent aucune donnée bathymétrique; les autres sont les matériaux transportés sur le fond grâce aux mouvements de l'eau, ceux-ci par contre sont riches d'intérêt pour une détermination de profondeur : en effet, d'une façon générale, l'agitation diminue de la surface vers le fond si l'on ne tient compte que des mouvements réguliers de la mer : houles, vagues et marées, aussi les données mécaniques d'un sédiment peuvent être très utiles pour la détermination de sa profondeur de formation : il suffit alors de préciser la taille maximum des éléments détritiques du sédiment; les valeurs obtenues pour le niveau le plus grossier et le niveau le plus fin de notre série sont 5 à 6 mm pour le premier et 0,3 à 0,5 mm pour le second.

Nous nous sommes basés pour nos estimations sur les données de M. Dreyfuss (1953) : pour un fond plat, au diamètre de 6 mm correspond une profondeur maxima de 25 à 30 m, et au diamètre de 0,5 mm une profondeur maxima de 60 à 75 m. Mais tout changement de pente et la présence de tout relief abrupt provoque des

---

[17] M. Dreyfuss (1953).

perturbations locales se traduisant par une augmentation de l'agitation; or, il est probable que le lieu de sédimentation d'un tel calcaire ne devait pas être très éloigné de récifs, et il devient alors nécessaire, comme le recommande DREYFUSS, de doubler pour le moins les profondeurs obtenues précédemment : nous estimons donc que ce calcaire à débris s'est formé dans les limites de profondeur approximatives suivantes : Minimum : 50 à 60 m; Maximum : 150 à 200 m.

Quoi qu'il en soit, l'ensemble de cette série correspond à un régime peu profond restant toujours du domaine néritique, mais il est intéressant de noter que cette profondeur est supérieure aux profondeurs maxima de formation des sédiments de type Urgonien « sensu stricto », si l'on admet que les calcaires blancs Urgoniens sont des formations peu profondes des abords mêmes des récifs.

D'autre part, généralement il est difficile d'interpréter les variations de clasticité comme des variations bathymétriques : mais les nombreuses variations de clasticité bien souvent désordonnées de ce calcaire nous font fortement présumer de leur dépendance aux conditions bathymétriques; il ne faut pas en effet perdre de vue que nous sommes sur les bords mêmes de la fosse vocontienne, où les faciès vaseux ont subsisté du Jurassique moyen au Crétacé moyen grâce à un lent phénomène de subsidence expliquant alors parfaitement les multiples fluctuations de la profondeur.

CONCLUSION

Lorsque débute le Barrémien, le « géanticlinal » de Chartreuse et du Vercors, esquissé dès le Valanginien, s'accuse avec l'apparition d'un faciès franchement néritique : le « faciès à Toxaster ». Mais dès le Barrémien inférieur existaient dans le NE du Diois des conditions favorables à l'édification de récifs; des lentilles de sédiments subrécifaux d'extension réduite et de répartition sporadique s'édifiaient vraisemblablement aux abords de pointements anticlinaux au sein d'une mer encore profonde.

Rappelons pour mémoire les gisements de l'Adoue, de Bellemotte, de Glandage et du col de Menée.

Enfin avec le Barrémien supérieur s'installe, à l'emplacement des Chaînes subalpines septentrionales et sur le Vercors notamment, un régime de hauts fonds vis-à-vis des Baronnies et d'une partie du Diois restées la zone la plus profonde du géosynclinal subalpin où les vases à Céphalopodes continuent de se sédimenter.

Cette vaste surface, baignée par une mer chaude et peu profonde (tout au plus une centaine de mètres), est le siège d'un foisonnement de vie végétale et animale : nous devons éliminer l'hypothèse de la présence de récifs coralliaires analogues à nos récifs tropicaux, en effet les restes de polypiers y sont trop peu abondants. Les Rudistes, en formant sur place des colonies, jouaient leur rôle.

Les Algues calcaires, les Bryozoaires, les Brachiopodes, les Nérinées, les Crinoïdes, les Oursins, enfin les Milioles et les Orbitolines pullulaient et la sédimentation était intense : se déposaient des vases blanches calcaires à Foraminifères contenant des organismes plus ou moins volumineux, entiers ou en fragments, ce qui met en évidence l'agitation des eaux au sein desquelles s'effectuait cette sédimentation. Ce phénomène est tout comparable à ce que l'on peut observer aux abords des récifs actuels; les vagues y sont toujours plus violentes qu'ailleurs, d'autre part les variations brusques de profondeur, les inégalités du fond marin entraînent la formation de violents courants sous-marins qui démembrent les récifs construits et remanient les couches en train de se déposer. Les débris d'organismes se trouvaient ainsi mêlés aux boues fines à Foraminifères.

Mais les courants jouaient aussi un rôle de dispersion très important : le matériel sédimenté était si abondant que ces courants sous-marins pouvaient en prélever une partie pour le transporter et l'éparpiller sur une zone périrécifale plus ou moins étendue. C'est ainsi que se sont formés nos « calcaires à débris », à partir des matériaux empruntés à la zone récifale elle-même; on peut admettre alors la présence de ces intercalations au milieu de sédiments de caractères plus profonds; toutefois, comme nous avons essayé de le montrer ci-dessus, le domaine de ces calcaires à débris ne devait pas dépasser la zone néritique.

Avec le Bédoulien, s'étend encore la zone propice à l'établissement du faciès Urgonien; ainsi vers le S, l'Urgonien mord notablement sur le Diois : citons notamment les gisements d'Urgonien franc à Chamacés de la Montagne de Bellemotte et de Combeau; au cirque d'Archiane, la masse supérieure urgonienne correspondant au Bédoulien s'avance bien plus au S que la masse inférieure. Il est alors normal de retrouver les formations de « calcaires à débris » bédouliens dans une auréole bien plus vaste et décalée vers le S : c'est ainsi que toute la vallée du Buech est atteinte par ces intercalations subrécifales.

Mais pour les gisements de la région de Veynes et de Barcillonnette, où les micro-faciès sont très différents du micro-faciès type, nous nous heurtons à une difficulté majeure : leur grand éloignement de la zone originelle; peut-on y voir le résultat de courants de turbidité de haute densité en débris variés s'étalant sur le plateau continental et portant au loin leur charge, ou bien doit-on rechercher l'origine de ces gisements lenticulaires sur place aux abords de pointements anticlinaux ? Toutefois, leur répartition très sporadique ne nous permet pas d'en faire des annexes des plissements antésénoniens du socle du Dévoluy.

BIBLIOGRAPHIE

Abréviations :

B.S.C.G.F. : Bulletin du Service de la Carte Géologique de France.
B.S.G.F. : Bulletin de la Société Géologique de France.
C.R.A.S. : Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
M.C.G.F. : Mémoires de la Carte Géologique de France.
M.S.G.F. : Mémoires de la Société Géologique de France.
T.L.G.G. : Travaux du Laboratoire de Géologie de Grenoble.
E.G.H. : Eclogae Geologicae Helvetiae.
M.C.G.S. : Matériaux pour la Carte Géologique de la Suisse.
M.S.P.S. : Mémoires de la Société paléontologique Suisse.

1° *Publications relatives à la stratigraphie, la paléogéographie, la pétrographie et la sédimentologie.*

BLANCHET (F.) (1916-17). — Etude micrographique des calcaires urgoniens (*T.L.G.G.*, II, 3e fasc., p. 29-86).

CAROZZI (A.) (1948). — Sur une particularité des calcaires pseudoolithiques de l'Urgonien (Nappe de Morcles) (*Archives des Sc. Genève*, [n.s.], I, p. 211-375).

— (1950 *a*). — Contribution à l'étude des rythmes de sédimentation (*ibid.*, [n.s.], 3, fasc. 1-2).

— (1950 *b*). — « Graded Bedding » et rythmes de sédimentation dans le Séquanien sup. du Gd Salève (Hte-Savoie) (*ibid.*, [n.s.], 3, fasc. 6, p. 439-442).

— (1952). — Les phénomènes de courants de turbidité dans la sédimentation alpine (*ibid.*, [n.s.], 5, fasc. 1, p. 36-39).

— (1953). — Pétrographie des roches sédimentaires, Lausanne.

CAYEUX (L.) (1931). — Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires (*M.C.G.F.*, Texte et Atlas).

— (1935). — Les roches sédimentaires de France : Roches carbonatées, p. 221-271.

DREYFUSS (M.) (1953). — La profondeur de formation des sédiments marins : son intérêt. Utilisation des données mécaniques en vue de sa détermination (*Rev. I.F.P. et Annales des Combustibles liquides*, 8).

GIGNOUX (M.) (1950). — Géologie stratigraphique, 4e éd., Masson et Cie, Paris.

GOGUEL (J.) (1938). — Remarques sur la bordure S du Vercors (199) (*B.S.C.G.F.*, 40, p. 177-188).

— (1944). — Contribution à l'étude paléogéographique du Crétacé inf. dans le SE de la France (215) (*ibid.*, 44, p. 52-62).

— (1946). — Observations sur l'Urgonien du Vercors (221) (*ibid.*, 46, p. 167-178).

HOVELACQUE (M.) et KILIAN (W.) (1897). — Examen microscopique de calcaires alpins (*B.S.G.F.*, [3], 25, p. 638).

— (1900). — Album de microphotographies de roches sédimentaires. Paris, Gauthier-Villars.

KUENEN (Ph. H.) (1950). — Marine Geology, J. Wiley et Sons, New-York.

LORY (P.) (1896-97). — Dévoluy et régions avoisinantes (53) (*B.S.C.G.F.*, 8, p. 177-180).

— (1897-98). — Dévoluy et régions voisines (59) (*ibid.*, 9, p. 141-144).

— (1898). — Sur le Crétacé inf. du Dévoluy et rég. voisines (*B.S.G.F.*, [3], 26, p. 133).

— (1900). — Extr. du Livret Guide publié par le Comité d'Organisation du VIIIe Congrès Géol. international, p. 7-8.

MEGNIEN (Cl.) (1957). — Différenciation calci-dolomite et anhydrite-gypse par colorations sélectives sur échantillons macrosc. (*B.S.G.F.* [6], 7, p. 27-29).
PAQUIER (V.) (1897-98). — Comptes rendus de la campagne géol. (59) (*B.S.C.G.F.*, 9, p. 147-149).
— (1900). — Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales. Grenoble.
PETTIJOHN (F. J.) (1949). — Sedimentary Rocks. Harper & Brothers, N. Y.
ROUBICHOU (N.) (1956). — Etude micrographique du Crétacé sup. sur la bordure N du massif du Vercors (*T.L.G.G.*, 33, p. 157-205).
SAYN (G.) et LORY (P.) (1894). — Sur l'existence de lentilles récifales dans le Barrémien des environs de Châtillon-en-Diois (*C.R.A.S.*, 6 août).
— (1895). — Le système crétacé aux environs de Châtillon-en-Diois (*T.L.G.G.*, 3, p. 9-36).
SHEPARD (F. P.) (1948). — Submarine geology. Harper & Brothers, N. Y.

2° *Publications relatives à la paléontologie.*

BARTENSTEIN (H.), BETTENSTAEDT (F.), BOLLI (H. M.) (1957). — Die Foraminiferen der Unterkreide von Trinidad, B.W.I. (*E.G.H.*, 50, fasc. 1, p. 5-68).
BLANCHET (F.) (1916-17). — Voir § 1.
CAROZZI (A.) (1948). — Etude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura Suisse (Thèse *Arch. Sc. Gen.*).
CIRY (R.) et RAT (P.) (1953). — Description d'un nouveau genre de Foram. Simplorbitolina Manasi (*Bull. Sc. de Bourgogne*, 14, p. 85-100).
CORNUEL (J.) (1851). — Catalogue des Coquilles, Entomostracés et Foram. du Crétacé inf. de la Hte-Marne (*B.S.G.F.* [2], 1, p. 430-456).
— (1853). — Description de nouveaux fossiles microsc. du terrain crétacé inf. du départ. de la Hte-Marne (*M.S.G.F.* [2], 3, p. 241-263).
CUSHMAN (J.) (1933). — An illustred key to the genera of the Foraminifera. Spec. publ. n° 5.
— (1933). — Foraminifera : their classification and economic use, 2e éd.
DOUVILLE (H.) (1900). — Sur la distribution géographique des Rudistes, Orbitolines et Orbitoïdes (*B.S.G.F.* [3], 28, p. 222-235).
— (1904). — Sur la structure des Orbitolines (*ibid.* [4], 4, p. 653-661).
— (1906). — Evolution et enchaînement des Foram. (*ibid.* [4], 6, p. 588-602).
— (1912). — Les Orbitolines et leurs enchaînements (*C.R.A.S.*, 155, fasc. 13, p. 567-573).
EMBERGER (L.) (1944). — Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants. Masson et Cie, Paris.
GRAS (A.) (1852). — Catalogue des Corps organisés fossiles de l'Isère.
GUILLAUME (H.) (1956). — Une nouvelle espèce crétacée du genre Dictyoconus Blanckenhorn (*E.G.H.*, 49, p. 141-145).
— (1957). — Géologie du Montsalvens, Th. Friburg (*M.C.G.S.* [n. s.], 104, p. 104-109).
GUILLAUME (H.) et REICHELM (1957). — Neotrocholina friburgensis n. sp. de Foram. de l'Urgonien alpin (*E.G.H.*, 50, fasc. 2, p. 285-288).
HIRMER (M.) (1927). — Handbuch der Palaöbotanik, I.
LEMOINE (P.) (1925). — Contribution à l'étude des Corallinacées fossiles (*B.S. G.F.* [4], 25, p. 3-10).
MOORE (R. C.) (1952). — Treatise on Invertebrate Paleontology, G, New-York - London.
MORET (L.) (1943). — Paléontologie végétale, Masson et Cie, Paris.
— (1953). — Paléontologie animale, Masson et Cie, Paris.
MUNIER-CHALMAS (1883). — Nouvelles observations sur le dimorphisme des Foram. (*C.R.A.S.*, 96, p. 862-866).
MUNIER-CHALMAS et SCHLUMBERGER (1885). — Miliolidés Trématophorés (*B.S. G.F.* [3], 13, p. 273-323).

D'ORBIGNY (A.) (1850). — Prodrome de Paléontologie stratigraphique, 2.
PECK (R. E.) (1957). — North American Mesozoïc Charophyta (*Geol. Surv. Prof. Pap.*, 294 A).
PFENDER (J.) (1926). — Les Mélobésiées dans les calcaires crétacés de la Basse Provence (*M.S.G.F.* [n. s.], 6, p. 5-30).
— (1930). — Sur la présence d'une Solénopore dans l'Urgonien du SE de la France (*B.S.G.F.* [4], 30, p. 101-105).
— (1930). — Les Solénopores du Jurassique supérieur en Basse Provence calcaire et celles du Bassin Parisien (*ibid.* [4], 30, p. 149-164).
— (1936). — Sur un Foraminifère nouveau du Bathonien des Montagnes d'Escreins (Hautes-Alpes), Kilianina Blancheti (*T.L.G.G.*, 18, p. 125).
— (1938). — Les Foraminifères du Valanginien provençal (*B.S.G.F.*, [5], 8, p. 231-242).
PIVETEAU (J.) (1952). — Traité de Paléontologie, I, Masson, Paris.
REICHEL (M.) (1955). — Sur une Trocholine du Valanginien d'Arzier (*E.G.H.*, 48, fasc. 2, p. 396).
RENZ (C.) (1930). — Neue Korallenfunden im Libanon und Antilibanon in Syrien (*M.S.P.S.*, 50).
SILVESTRI (A.) (1932). — Foraminiferi del Cretaceo della Somalia (*Paleontografia Italica*, 32, fasc. 2, p. 143-204).
SPECK (J.) (1953). — Geröllstudien in der Subalpinen Molasse am Zugersee, Zug.
TEN DAM (A.) (1948). — Foraminifera from the Middle Neocomian of the Netherlands (*Journal of Paleontology*, 22, fasc. 2, p. 175-192).