ÉTUDE MICROGRAPHIQUE DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR

SUR LA BORDURE NORD DU MASSIF DU VERCORS [1]

par Nicole **ROUBICHOU**

J'ai limité cette étude au Crétacé supérieur qui affleure entre Sassenage et Fontaine, et au gisement des couches à Orbitoïdes de Méaudre, toutes localités situées dans le massif du Vercors.

Néanmoins, pour avoir un repère précis, j'ai fait débuter ma coupe à la « lumachelle » très caractéristique qui surmonte l'Urgonien, car il est difficile de repérer la limite exacte entre le Crétacé moyen et supérieur; j'étudierai donc tout ce qui surmonte cette lumachelle, c'est-à-dire le Crétacé moyen, d'ailleurs peu développé, et surtout le Crétacé supérieur.

Le Crétacé moyen et supérieur forment, à cet endroit, sur le rebord occidental du grand pli faillé de Sassenage, de grands escarpements calcaires de couleur plus ou moins jaunâtre en général, très compacts, et atteignant parfois plus de 150 m d'épaisseur. C'est le long de ces pittoresques falaises, où de très nombreuses sources vives entretiennent une agréable fraîcheur, qu'ont été recueillis nos échantillons.

Je vais d'abord, dans un historique très bref, rappeler les travaux qui ont été faits sur les étages moyens et supérieurs du

---

[1] Mémoire présenté devant la Faculté des Sciences en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures de Géologie (octobre 1954).

Qu'il me soit permis de remercier ici tous ceux qui m'ont aidée de leur enseignement et de leurs conseils, en particulier M. le Doyen MORET qui m'a constamment guidée dans mon travail.

Je ne manquerai pas de remercier M. le Professeur BARBIER, ainsi que MM. MICHEL et DEBELMAS, pour l'attention bienveillante qu'ils ont apportée à cette étude.

Crétacé dans nos gisements. Après avoir donné un aperçu paléogéographique du Vercors à cette époque, je passerai à la description géologique de mon terrain et à son étude micrographique.

I. Historique.

Ce n'est qu'en 1846, avec l'éminent géologue Charles LORY, que commence l'étude du Crétacé moyen et supérieur de notre région, et les résultats qu'il en a déduits par la suite ont peu varié depuis.

Dès 1836, le Crétacé inférieur avait été groupé sous le nom de Néocomien et, en 1840, d'ORBIGNY dans sa « Paléontologie Française » (terrains crétacés) divise le Crétacé en Néocomien — Gault et Craie proprement dite, subdivisée elle-même en deux :

— Une partie supérieure ou craie blanche, correspondant approximativement au Sénonien;

— Une partie inférieure ou craie chloritée, dont le Cénomanien représente la base et le Turonien le sommet.

En 1846, Ch. LORY indique déjà la superposition des lauzes et de la craie supérieure dans le gisement de Fontaine, mais leur attribution à un étage précis est encore douteuse, et ce n'est qu'en 1857 que ce même géologue, dans une « note sur une excursion à Sassenage », montre que les calcaires à Silex de Fontaine, surmontant les lauzes, ne sont que le prolongement de la craie blanche du massif de la Grande-Chartreuse qui contient les fossiles caractéristiques de la craie du Bassin de Paris; quant aux lauzes sous-jacentes, par induction stratigraphique il les fait correspondre à la partie supérieure de la craie chloritée, c'est-à-dire au Turonien. Le Cénomanien manque à Sassenage, mais est signalé dès à présent à la Fauge. La partie gréseuse des lauzes repose sur le Gault : conglomérat grossier dont la « lumachelle » est considérée comme la base.

Mais, en 1880, Ch. LORY va trouver dans ces lauzes un fossile très intéressant : *Belemnitella mucronata*, même à la partie supérieure, de sorte que toutes ces lauzes doivent être rapportées, non au Turonien, mais à la craie blanche, comme les calcaires à Silex. Elles reposent directement sur le Gault, et il n'y a pas de Turonien.

Par la suite, de nombreux géologues grenoblois, W. KILIAN, Ch. JACOB, M. BREISTROFFER, P. LORY ont étudié le Crétacé moyen du Vercors et ont montré la présence indiscutable d'Albien et de Cénomanien, ce dernier étant localisé au gisement de la Fauge; mais nulle part ils n'ont signalé de fossiles turoniens.

Donc, si on admet que lauzes et calcaires à silex appartiennent au Sénonien, l'attribution des couches gréseuses de base, surmontant immédiatement le Gault, reste douteuse car elles sont dépourvues de macrofossiles et, d'après la faune d'Ammonites et de Bélemnites recueillie, même l'Emschérien n'existerait pas dans notre région.

En résumé, au-dessus du Gault de Sassenage, après une lacune du Cénomanien, Turonien et Emschérien, les lauzes correspondraient au Campanien et les calcaires à silex au Campanien supérieur - Maestrichtien (?) car les couches à Orbitoïdes de Méaudre, qui représentent la partie supérieure de ces calcaires, ont une faune bien étudiée par V. PAQUIER et qui, en bien des points, est identique à celle de Maestricht.

II. Situation paléogéographique du Vercors au Crétacé.

Il est nécessaire, je crois, de rappeler très rapidement la position paléogéographique des chaînes subalpines dès le Jurassique.

En effet, c'est à partir de cette période que vont s'individualiser deux grands ensembles correspondant en France à la mer alpine à l'est, domaine d'une sédimentation profonde s'étendant approximativement sur les Alpes et les régions méditerranéennes, et un vaste continent à l'ouest, recouvert par des mers épicontinentales peu profondes.

La ligne de rivage correspondrait à la bordure orientale du Massif Central, du Bassin de Paris et du Jura, suivant les époques, car elle n'est pas fixe et nos chaînes subalpines, qui occupent une position intermédiaire entre ces deux grandes zones, auront tantôt des faciès profonds, tantôt des faciès plus littoraux quoique toujours marins.

Dès la fin du Trias on a donc, d'E en W, la grande fosse alpine, zone de sédimentation vaseuse profonde, séparée par une série d'îlots ou de hauts-fonds, la cordillère briançonnaise, d'une avant-fosse alpine plus occidentale, moins profonde, et se situant à l'emplacement des chaînes subalpines.

Pendant tout le Jurassique, notre région va recevoir une sédimentation uniformément vaseuse, d'autant plus profonde que l'on se rapproche de la cordillère briançonnaise, et ce régime va se continuer en partie durant le Crétacé inférieur mais avec moins d'uniformité, car les faciès littoraux de bordure, ceux du Jura en

particulier, vont envahir à plusieurs reprises nos chaînes subalpines (par exemple les formations récifales de l'Urgonien).

Avec le Crétacé moyen apparaît une nouvelle zone émergée correspondant à l'isthme durancien. Cet isthme s'étend à l'Est des Maures et de l'Estérel, jusqu'au Massif Central. La mer alpine se trouvait donc limitée vers le Sud par cet isthme, vers l'W par le Massif Central, et elle communiquait largement vers le Nord avec la mer épicontinentale du Bassin de Paris par le détroit morvano-vosgien.

C'est alors que le Crétacé moyen va s'individualiser nettement dans notre région, car il survient un brusque changement dans le rythme de sédimentation. Dans cette partie occidentale toujours peu profonde de l'avant-fosse alpine, de violents courants sous-marins vont raviner le fond rocheux urgonien. Les sables déposés au gré des courants vont donner les grès verdâtres glauconieux caractéristiques, et ce même régime se continue pendant tout l'Albien.

Au Cénomanien correspond toujours une zone de faciès côtier néritique peu profond, où les courants s'atténuent et où la glauconie diminue peu à peu.

Nous avons vu que l'étude de la faune macroscopique indiquait l'absence du Turonien et même de l'Emschérien. Mais il est bien difficile de dire s'il y a émersion ou lacune sous-marine (érosion ou absence de sédimentation). Quoi qu'il en soit, la sédimentation reprend au Sénonien. Par l'étude de la macrofaune, on considère que cette reprise se fait au Campanien.

Au moment où la mer, par ailleurs, abandonne les chaînes subalpines méridionales, où Campanien et Maestrichtien marins ne sont pas représentés, elle envahit les chaînes subalpines septentrionales pour y rester jusqu'à la fin du Maestrichtien. Les calcaires sénoniens correspondent à un approfondissement de la mer d'autant plus marqué que l'on se dirige vers le Nord; là elle rejoignait la mer profonde briançonnaise et communiquait largement vers l'W avec le Bassin de Paris par la région du Jura, comme l'indique sa faune septentrionale de Bélemnitelles.

L'étude micrographique du Vercors va nous montrer un faciès qui, surtout au sommet, est intermédiaire entre le faciès plutôt littoral du Dévoluy et le faciès profond pélagique de la Chartreuse.

L'absence de Danien indique que notre région était déjà émergée à cette époque, et elle va le rester pendant tout le Nummulitique.

III. Description géologique du gisement Sassenage - Balmes de Fontaine, où ont été prélevés nos échantillons.

La grande falaise urgonienne limitant vers le Sud le clos Michal au lieudit « la Poya » est surmontée d'une deuxième falaise, plus petite. C'est à sa base que débute notre coupe.

D'abord quelques affleurements difficiles à étudier, car recouverts en grande partie par les broussailles ou les éboulis, sont formés d'un calcaire roux, grossièrement cristallin en cassure avec de nombreuses facettes miroitantes et où des graviers de quartz sont facilement visibles à l'œil nu. Ce sont des calcaires à entroques gréseux, correspondant à ce que les anciens géologues grenoblois appelaient la lumachelle.

Cette assise, qui ne mesure que quelques mètres d'épaisseur, passe en continuité à des calcaires toujours à entroques, mais d'aspect plus finement cristallin et où la glauconie est plus rarement oxydée. Ils sont suivis de calcaires gris, mais très finement gréseux et glauconieux.

En continuant à monter dans les éboulis, les couches étant toujours redressées dans le même sens E-W, nous rencontrons de nouvelles assises de plus en plus supérieures. Elles ont perdu cet aspect cristallin, ce sont des grès : ils atteignent de 3 à 4 m d'épaisseur, sont plus ou moins grossiers mais toujours glauconieux.

A leur partie supérieure, et constituant un excellent repère, se trouve une assise continue, d'approximativement 5 cm d'épaisseur, formée uniquement de silex noirs alignés dans le sens de la stratification. Ils sont inclus dans un calcaire très fin, glauconieux, ayant à peu près 50 cm d'épaisseur avec une structure qui apparaît très hétérogène parfois. Ils montrent, et ceci est même visible à l'échelle de l'échantillon, des zones gréseuses et glauconieuses et d'autres de calcaires très fins.

Des calcaires grisâtres siliceux, plus ou moins gréseux suivant les niveaux et formant à eux seuls toute la partie visible de la falaise non cachée par la végétation, surmontent ces couches. Ils présentent une alternance à peu près régulière de bancs compacts de 20 cm environ et de bancs très minces de 0,5 à 1 cm. Ces calcaires gréseux sont de plus en plus fins quand on s'élève, mais quelques-uns très sableux sont de véritables grès à ciment calcaire, comme l'assise terminale formant le replat de la falaise.

Ils sont suivis de nouvelles formations, les lauzes, appelées ainsi parce qu'elles se présentent en bancs bien stratifiés, se débi-

tant facilement en grandes dalles. Ces lauzes forment, avec les calcaires à silex qui les surmontent, les grandes falaises qui bordent la plaine jusqu'aux Balmes de Fontaine.

La succession des différents faciès que l'on y rencontre est la suivante :

— A la base les « lauzes grises », d'un gris bleuâtre, débutant par des formations encore gréseuses qui continuent le régime des calcaires à grain fin, rarement mêlés de sable siliceux. Elles se rencontrent dans la carrière Nord abandonnée et forment les parois abruptes du chemin du « Coup de Sabre », atteignant environ 20 m d'épaisseur.

— C'est alors que l'on arrive à une zone que l'on pourrait appeler intermédiaire et où le faciès pélagique précédent se trouve intercalé entre de nouveaux calcaires, tout à fait différents, gréseux, jaunâtres, qui peu à peu constituent à eux seuls les couches suivantes.

Ces calcaires forment un nouvel ensemble, les « lauzes jaunes », caractérisées essentiellement par l'abondance des Bryozoaires. Exploitées pour moëllons dans la deuxième carrière, elles correspondent à une épaisseur assez grande puisque par endroit elles atteignent une soixantaine de mètres. Leur partie supérieure passe insensiblement à des couches encore glauconieuses mais à grain fin, qui correspondent à des calcaires vaseux pélagiques. Ce sont ces calcaires, où peu à peu apparaissent des silex, qui forment le passage avec les calcaires à silex suivants.

— Les calcaires à silex formant les falaises blanches des Balmes de Fontaine, où les couches sont à peu près horizontales, se différencient des lauzes par leur aspect plus compact et surtout par la présence de silex. Ceux-ci, blonds ou noirs, ressortent sur le fond blanc du calcaire et sont presque toujours alignés dans le sens des couches. Si on regarde plus attentivement ces calcaires, on voit qu'au milieu de leur pâte blanche, plus ou moins cristalline et grossière, et sans grains de quartz, les taches vertes de glauconie diminuent peu à peu pour disparaître complètement au bout de quelques mètres.

C'est avec ces calcaires à silex, qui atteignent une centaine de mètres à Fontaine, que s'arrête notre coupe du Sénonien.

Gisement de Méaudre.

Pour avoir les couches terminales fossilifères, il faut aller jusqu'à Méaudre ou, plus exactement, jusqu'au village de la Périnière, sur le bord de la route d'Autrans à Méaudre. Là, les cal-

caires à silex blanc-jaunâtre, plus ou moins rosés parfois et qui présentent le même faciès que les couches tout à fait supérieures de Sassenage, sont recouverts, sur un espace d'ailleurs assez restreint, des fameuses couches à Orbitoïdes.

Ce sont des calcaires jaunes, compacts, dépourvus de silex, atteignant 4 à 5 m d'épaisseur et bourrés de petits Foraminifères lenticulaires du groupe des Orbitoïdés.

C'est avec ces calcaires, qui représentent toujours, comme le montre l'étude microscopique, l'étage Maestrichtien, que se termine notre Crétacé supérieur.

IV. Etude micrographique.

Les échantillons qui ont servi de matériel pour la fabrication des lames minces ont été prélevés le long de la coupe que je viens de décrire, et ceci environ tous les 2 mètres. Néanmoins, dans de nombreux cas, lorsqu'une plus courte variation de faciès était visible sur le terrain, les prélèvements ont été plus rapprochés, ce qui est le cas en particulier pour les couches gréseuses surmontant la lumachelle.

Avant d'aborder la description des lames essentielles, j'exposerai très brièvement ma méthode de travail.

En ce qui concerne les minéraux détritiques en particulier, j'indiquerai simplement leur taille et leur fréquence relative sans déterminer exactement chacun d'eux, car leur étude en lumière polarisée nécessite des coupes très minces; or, si l'on pousse trop loin cette usure, la microstructure des organismes disparaît en partie et il devient bien plus difficile de les identifier.

Pour les organismes, mon but n'est pas non plus une détermination rigoureuse car, dans ce cas, il faudrait avant tout dégager par lavage les micro-organismes; en coupe mince, la détermination spécifique est très souvent impossible, le genre n'est pas toujours très précis et l'attribution à tel groupe zoologique plutôt qu'à tel autre est parfois assez incertaine.

Ce qui me semble intéressant, c'est l'étude des formes benthiques et pélagiques en général, leur aspect, leurs proportions relatives, leurs variations au cours des temps et, en combinant d'une façon logique les observations faunistiques et minéralogiques, essayer d'en déduire, très approximativement, l'état de la mer à cette époque.

NIVEAU n° 1; « lumachelle » :

Notre coupe débute, comme nous l'avons vu, par un calcaire appelé lumachelle, mais correspondant à un calcaire à entroques qui, par sa faune macroscopique, daterait de l'Aptien supérieur. Néanmoins, comme il constitue un excellent repère de base pour le Crétacé moyen, je le décrirai rapidement :

— C'est un calcaire roux, compact, grossièrement cristallin; en cassure, il présente de nombreuses facettes miroitantes dues à la transformation en cristaux de calcite de débris de squelettes d'Echinodermes. Il apparaît tacheté de nombreux points noirs correspondant à de petits grains oxydés de glauconie.

Minéraux détritiques. — Ils sont nombreux, représentés essentiellement par des grains de quartz, de taille moyenne, souvent très mal roulés, parfois groupés en nids. Quelques-uns, très grands, correspondent à de gros graviers visibles à l'œil nu.

Minéraux accessoires. — Seule est présente la glauconie en grains de taille moyenne, le plus souvent oxydés.

Organismes. — Ils forment la plus grande partie de la roche. Ce sont pour la plupart des débris d'Echinodermes facilement reconnaissables à leur structure réticulée très souvent soulignée par la glauconie. Il est évidemment difficile d'attribuer la part de Crinoïdes et d'Oursins, mais certains fragments subcirculaires, formés d'un tissu très fin et très serré indifférencié, à structure radiée et possédant un canal axial de très petit calibre, doivent sans aucun doute être rapportés à des articles de Crinoïdes.

En proportion plus faible se trouvent des débris de Mollusques et de Brachiopodes, ces derniers reconnaissables à leur couche prismatique perforée de nombreux canaux.

Ciment. — Peu important, il est formé de calcite moyennement cristallisée mêlée à de très fines particules argileuses.

NIVEAU n° 2 (photographie 1) :

Nous arrivons à un véritable grès à ciment calcaire, où grains de quartz et de glauconie représentent à eux seuls plus des 3/4 de la roche.

Minéraux détritiques. — De taille très irrégulière avec de petits grains anguleux, quelques rares grands éléments, mais la plupart de taille moyenne, le quartz a une fréquence très élevée; la muscovite, quoique moins abondante, est fréquente.

Minéraux accessoires. — De fréquence très élevée, la moitié de celle du quartz approximativement, la glauconie se présente en grains moyens, arrondis et le plus souvent oxydés.

Organismes. — Très rares. Les seules formes observées sont de petits Rotalidés arénacés peu nombreux, mêlés à des fragments d'Echinodermes et de Bryozoaires. Dans des niveaux légèrement supérieurs, apparaissent des spicules de prédominant. Les spicules, assez irrégulièrement répartis, constituent par endroits un véritable feutrage comparable à celui d'une gaize; les spicules monoaxes, brisés mais robustes, sont les plus nombreux, quelques formes triradiées se rapportent aux Tetractinellidés. Tous sont plus ou moins modifiés par la fossilisation, la plupart ayant un canal fortement élargi, comblé par de l'opale ou par des particules très fines du ciment; rares sont les formes au canal étroit et vide.

Ciment. — Formé de calcite moyennement cristallisée, il n'occupe qu'une faible place.

Donc : Formation toujours littorale d'un grès à très rares organismes, en dehors des Spongiaires.

NIVEAU n° 3 (photographie 2) :

Au sommet de la zone gréseuse précédente apparaît brusquement un faciès différent avec des calcaires sublithographiques grisâtres, débutant par une assise à peu près continue de silex noirs.

L'échantillon sur lequel a été fait cette coupe provient de la base de ces calcaires sous les silex. C'est un calcaire gris, très fin.

Minéraux détritiques. — Plutôt rares, ils sont représentés par quelques grains de quartz de petite taille, anguleux, et d'autres plus grands aux contours arrondis.

Minéraux accessoires. — Comme pour le quartz, on note une forte chute de fréquence de la glauconie représentée par de petits grains.

Organismes. — Brusque changement : à une faune essentiellement benthique jusqu'à présent, se superpose une faune pélagique où les Foraminifères sont prédominants, du moins si l'on considère les organismes reconnaissables. Car il existe une foule de débris, tous petits et aux contours généralement peu roulés; parfois soudés les uns aux autres en certaines zones, ou le plus souvent dispersés dans le ciment vaseux, ils forment près de 30 % de la roche.

— Les Lagénidés sont particulièrement abondants à ce niveau, représentés par des formes uniloculaires à test calcaire mince, souvent comblées par de la calcite secondaire; les genres *Lagena* et *Fissurina* prédominent.

Aux Gumbélines apparaissant moins nombreuses que les Lagénidés sont associés quelques Globigérines et Globorotalidés. Parmi ces derniers, on peut reconnaître le genre *Globotruncana* avec *Globotruncana lapparenti lapparenti* Bolli (Turonien-Campanien sup.), dont un exemplaire est entièrement calcifié [2].

— Les Spongiaires, prépondérants dans les grès précédents, sont, quoique moins nombreux, assez bien représentés. Les spicules répartis de façon très irrégulière sont un mélange de formes grêles les plus abondantes et de tronçons robustes. La plupart sont monoaxes et très brisés; quelques spicules triradiés sont entièrement calcifiés.

La faune benthique, à part les Spongiaires et les multiples débris indéterminables dont la plus grande partie doit appartenir à des restes de Bryozoaires, n'est plus représentée que par de rares Textularia arénacés de grande taille, très épais, et quelques grands Miliolidés.

Ciment. — Occupant à lui seul bien plus des 3/4 de la roche, il est toujours formé de menus éléments de calcite et d'argile intimement mélangés.

Donc : Niveau de calcaire fin, très différent des précédents, et où les organismes pélagiques sont prédominants. L'étude de quelques éclats de silex noirs montre un véritable feutrage de spicules de Spongiaires grêles, mêlés à de très rares débris indéterminables.

NIVEAU n° 4 (fig. 1 et photogr. 3 et 4) :

En s'élevant le long de ces calcaires, on constate que la proportion de grains de quartz qui, comme nous l'avons vu, était faible au niveau des silex, augmente dans le calcaire qui devient plus gréseux sans que son apparence se modifie autrement. Il se présente comme un calcaire sublithographique grisâtre.

---

[2] Ces déterminations de *Globotruncana* ainsi que les suivantes ont été faites par comparaison avec les formes décrites par BOLLI sur le Crétacé supérieur des nappes helvétiques. Cet auteur a pu vérifier la répartition de la microfaune par l'échelle de macrofaune établie par A. HEIM et J. BOEHM, et donner ainsi une base d'étude pour les séries compréhensives dépourvues de macrofaunes.

Minéraux détritiques. — Les grains de quartz sont tous de petite taille aux formes anguleuses et régulièrement répartis; la fréquence, qui a brusquement augmentée, est moyenne.

Minéraux secondaires. — La glauconie suit le quartz dans son augmentation, mais elle est assez rare; présence de quelques grains de phosphate de chaux.

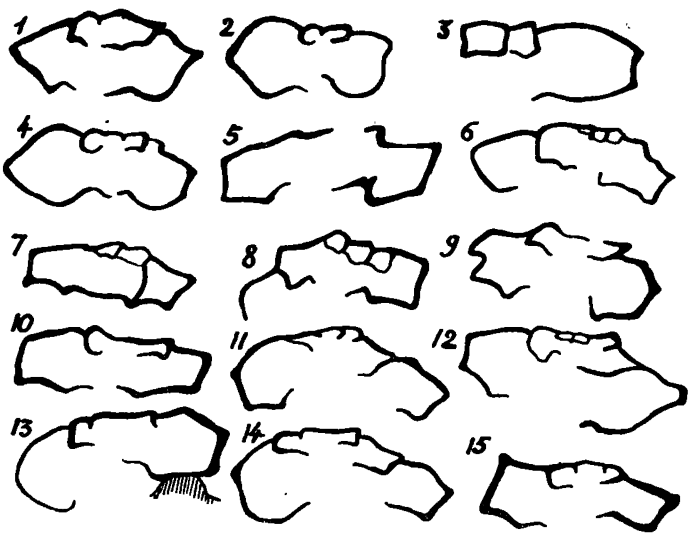

Fig. 1. — Sections de *Globotruncana* (niveau 4).

1. *Gl. sp.*; 2. *Gl. sp.*; 3. *Gl. lapparenti bulloides* Vogler; 4. *Gl. lapparenti inflata* Bolli; 5. *Gl. lapparenti tricarinata* Quéreau; 6. *Gl. lapparenti inflata* Bolli; 7. *Gl. lapparenti tricarinata* Quereau; 8. *Gl. lapparenti inflata* Bolli; 9. *Gl. sp.*; 10, 11. *Gl. lapparenti lapparenti* Bolli; 12. *Gl. sp.*; 13, 14. *Gl. lapparenti inflata* Bolli; 15. *Gl. lapparenti lapparenti* Bolli.

Organisme. — Comme précédemment, les Foraminifères prédominent, du moins si l'on considère les organismes déterminables, car approximativement 50 % de la roche sont formés de débris calcaires ayant sans doute une origine organique, mais qu'il est impossible d'attribuer à un groupe quelconque. Les restes de Bryozoaires, allant de fragments assez gros à des éléments très fins, doivent y être largement représentés, tous sont roulés et souvent altérés.

Parmi les Foraminifères, ce sont les *Globotruncana* qui sont les plus abondants; ils sont représentés par une grande variété de formes à test calcaire généralement épais et dont l'intérieur des loges, suivant les caprices de la fossilisation, est tantôt calcifié, tantôt rempli de ciment vaseux et tantôt même d'opale.

Ces *Globotruncana*, déjà rencontrés en petit nombre dans les niveaux pélagiques précédents, sont très intéressants car ce sont les seuls organismes microscopiques présents qui nous permettent de dater nos couches. Ce sont :

— *Globotruncana lapparenti inflata* Bolli (Turonien inférieur), représenté par plusieurs exemplaires correspondant bien à la description donnée par Bolli. Les tours internes rappellent ceux de lapparenti avec les deux carènes, mais les dernières loges, ou seulement la dernière, perdent leurs carènes pour devenir plus ou moins sphériques et à cloison généralement plus mince.

— *Globotruncana lapparenti bulloïdes* Vogler (Turonien, Coniacien, Santonien inf.), avec des loges sphériques saillantes;

— *Globotruncana lapparenti lapparenti* Bolli (Turonien-Campanien), qui sont avec les suivantes de plus en plus nombreuses. Les faces dorsales et ventrales sont parallèles, de même que les côtés pourvus de deux carènes.

— *Globotruncana lapparenti tricarinata* Quereau (Turonien-Maestrichtien), qui porte une troisième carène sur le bord de la cavité ombilicale.

Parmi les Globorotalidés, signalons à côté de *Globotruncana*, le genre Globorotalia, abondamment représenté.

D'assez nombreuses Gumbélines et Globigérines à test calcaire très mince terminent cette faune pélagique.

Signalons un exemplaire net d'*Orbulina universa* d'Orbigny avec, à l'intérieur, une minuscule Globigérine à plusieurs loges (photo 4).

Les Lagénides sont toujours présents, aux genres précédents s'ajoutent des formes de plus grande taille du genre Dentalina.

Présence de Buliminidés, mais rares.

La faune benthique, très réduite, est formée comme précédemment de quelques Rotalidés arénacés et grands Textularia très épais.

Ciment. — Toujours vaseux, formé d'argile et de calcite finement cristallisée, il est en réduction aux dépens des débris organiques indéterminables.

Niveau n° 5 (photographie 5) :

Calcaire fin, très peu glauconieux, à caractère essentiellement pélagique.

Les minéraux détritiques et accessoires très rares sont représentés par de très petits éléments anguleux, réunis par un ciment vaseux : celui-ci, qui forme plus de 60 % de la roche, prédomine

visiblement sur les organismes déterminables et sur les débris non reconnaissables très fins, assez nombreux.

Organismes. — Presque exclusivement des Foraminifères pélagiques, en particulier Globigérines, Gumbélines avec *Gumbelina globulosa* Erhenberg, Lagénidés à test mince (*Lagena*).

Parmi ces Lagénidés on voit apparaître, pour la première fois, un organisme calcaire de très grande taille : 0,8 mm de diamètre; de son centre entièrement calcifié partent 9 cloisons épaisses, faiblement incurvées, limitant des loges complètement envahies de calcite secondaire. Cette forme, que nous rencontrerons assez souvent dans les couches suivantes, appartient au genre *Lenticulina*.

A ces Foraminifères s'ajoutent quelques spicules mono-axes d'éponges, toujours très fins et le plus souvent renflés en fuseau. Ils sont bien plus abondants dans la coupe n° 6 [3] faite dans un autre échantillon mais toujours prélevé au même niveau.

Donc : Calcaire marneux pélagique.

Niveau n° 6 (photographie 6) :

Brusquement nous passons d'un faciès pélagique à un faciès de nouveau très détritique, gréseux. La surface structurale de cette assise, de quelques dm d'épaisseur seulement, présente de nombreuses traces d'érosion comme si elle avait été ravinée par des courants violents.

Minéraux détritiques. — Très rapide augmentation de taille et de fréquence. Les grains de quartz, très irréguliers, de taille moyenne pour la plupart avec de gros éléments arrondis, striés et d'autres petits, anguleux, sont régulièrement répartis. La fréquence est de nouveau élevée.

Niveaux accessoires. — La glauconie est extrêmement répandue sous l'aspect de grains réguliers mais toujours de petite taille.

Organismes. — Bien que l'on soit dans un niveau gréseux, la faune conserve son caractère pélagique. Aux Globorotalidés, Gumbélines précédentes, s'ajoutent seuls quelques textulaires arénacés de grande taille, des Rotalidés plus petits mais également arénacés.

Signalons simplement que les Globigérines sont absentes, tandis que les Globotruncana sont assez bien représentés.

Les principales formes sont toujours :

— *Globotruncana lapparenti tricarinata* Quéreau, les plus abondants, et

— *Globotruncana lapparenti bulloïdes* Vogle.

On trouve un exemplaire net que je ne peux assimiler exactement à aucune forme décrite par REEZ ou BOLLI. Il a des caractères intermédiaires entre *Globotruncata lapparenti lapparenti,* avec ses deux carènes latérales, et *Globotruncata lapparenti bulloïdes* par ses derniers tours plus sphériques.

Quelques débris à structure réticulée se rattachent à des Echinodermes.

Ciment. — Toujours vaseux, il est peu développé car, outre les minéraux détritiques, les débris organiques indéterminables occupent une large place.

Donc : Niveau gréseux mais toujours riche en organismes pélagiques.

NIVEAU n° 7 :

Un nouveau banc gréseux nettement individualisé surmonte le précédent, plus épais il est formé d'un grès plus fin, très glauconieux.

Minéraux détritiques. — Fréquence toujours élevée des grains de quartz, mais diminution brusque de leur taille. Ils sont petits et anguleux, formant par endroits plus de 60 % de la roche.

Minéraux secondaires. — La glauconie, dont la fréquence suit celle du quartz, forme toujours de petits grains souvent oxydés.

Organismes. — La faune n'a pas varié, prédominance à côté des Gumbélines, Globigérines et Globorotalidés de débris organiques indéterminables avec de grands Foraminifères calcaires très brisés. De petits Textularidés et Rotalidés arénacés sont présents.

Ciment. — Identique au précédent avec par endroit des zones plus franchement argileuses.

Ce niveau représente le dernier grès des couches de base des lauzes, les assises suivantes ne sont plus que des calcaires plus ou moins gréseux où la faune pélagique est toujours présente.

NIVEAU n° 8 (fig. 2 et phot. 7) :

C'est un calcaire très fin, d'aspect plus ou moins scintillant, dû à la présence de petits fragments d'Echinodermes inclus dans de larges cristaux de calcite; sa microstructure est très hétérogène.

Minéraux détritiques. — Dans certaines zones marneuses étroites, dépourvues souvent d'organismes, les grains de quartz sont très nombreux et de petite taille; ils sont très rares dans les zones vaseuses riches en organismes pélagiques, enfin complète-

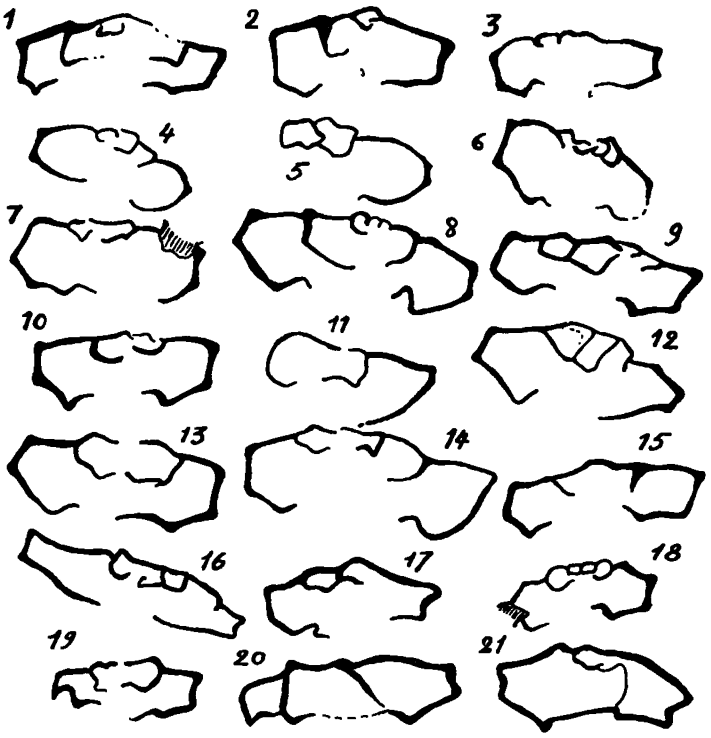

Fig. 2. — Sections de *Globotruncana* (niveau 8).

1. *Gl. lapparenti tricarinata* Quereau; 2. *Gl. lapparenti lapparenti* Bolli; 4, 5. *Gl. lapparenti bulloïdes* Vogler; 6, 7. *Gl. lapparenti lapparenti* Bolli; 8, 9, 10. *Gl. lapparenti tricarinata* Quéreau; 11. *Gl. sp.*; 12. *Gl. lapparenti lapparenti* Bolli; 13. *Gl. lapparenti tricarinata* Quéreau; 14. *Gl. sp.*; 15. *Gl. lapparenti lapparenti* Bolli; 16. *Gl. sp.*; 17. *Gl. lapparenti lapparenti* Bolli; 18. *Gl. lapparenti tricarinata* Quéreau; 19. *Gl. lapparenti lapparenti* Bolli; 20, 21. *Gl. lapparenti tricarinata* Quéreau.

ment absents dans les parties calcaires à aspect diffus du ciment alors formé presque exclusivement de la soudure de débris organiques très fins.

Minéraux accessoires. — La glauconie a toujours la même fréquence.

Organismes. — Après les débris calcaires fins incorporés au ciment, la prédominance est aux formes pélagiques. Les Globigérines sont nombreuses, à paroi mince, bien conservée, avec des loges le plus souvent remplies de ciment marneux, elles sont accompagnées de Gumbélines et Globotruncana avec l'espèce :

— *Globotruncana lapparenti lapparenti* Bolli, *tricarinata* Quéreau *bulloïdes* Vogle. Présence de Buliminidés calcaires (*Bolivina* sp.), petits et toujours de quelques Textulaires arénacés et spicules d'éponges; ceux-ci, monoaxes, à canal élargi rempli d'opale, sont parfois assez abondants.

Ciment. — Variable suivant les zones considérées, tantôt très fin associé à l'argile, il occupe une place importante, tantôt de calcite moyennement cristallisée il est réduit entre les multiples débris calcaires.

Donc : Calcaire pélagique contenant de nombreux débris calcaires fins, indéterminables.

Niveau n° 9 :

Même faciès de calcaire grisâtre, très peu glauconieux. Les *minéraux détritiques* rares ont toujours même taille et même fréquence; diminution encore de la glauconie.

Organismes. — Tandis que les formes arénacées minces, de petite taille, représentées par des Rotalidés et des Buliminidés (*Noniona* sp.) augmentent, les Gumbélines et les Globotruncana au contraire diminuent. Persistance de Buliminidés calcaires très minces (*Bolivina* sp.).

On rencontre également de grands fragments d'Echinodermes, de Mollusques, de Bryozoaires réunis par un ciment moins vaseux formé de calcite moyennement cristallisée.

Niveau n° 10 :

Changement notable de faciès plus vaseux et pélagique avec augmentation du ciment aux dépens des débris calcaires indéterminables et des minéraux détritiques qui sont rares et très petits.

Organismes. — Représentés essentiellement par des Foraminifères pélagiques, tous calcaires, à test très mince; l'intérieur des loges, rarement calcifié, est le plus souvent comblé par le ciment vaseux.

Gumbélines et Globigérines atteignent une fréquence très élevée. Quelque Globotruncana se rapportent indiscutablement à l'espèce

Globotruncana lapparenti lapparenti Bolli (Turonien-Campanien en très petit nombre des Lagénidés (*Frondicularia*) et de rares Rotalidés arénacés.

Donc : Niveau vaseux, plus pélagique, où les débris indéterminables sont en régression.

NIVEAU n° 11 (photographie 8) :

Brusquement on passe à un calcaire de constitution tout à fait différente; grisâtre, finement gréseux, il se caractérise essentiellement par l'abondance de Bryozoaires.

Minéraux détritiques. — Forte augmentation de taille des grains de quartz qui, anguleux ou arrondis, sont moyens, mais fréquence faible.

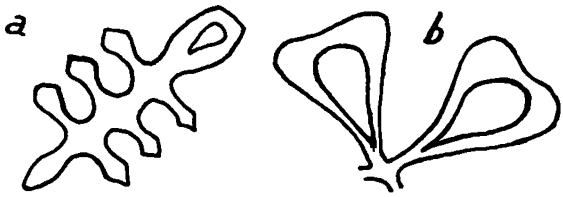

Fig. 3. — Bryozoaires (niveau 14).

a) Section transversale d'*Eschara sp.*; *b*) Section transversale de *Biflustra sp.*

Minéraux accessoires. — La glauconie forme de petits grains très dispersés et souvent épigénise les organismes, en particulier les loges de Bryozoaires.

Organismes. — Ils forment à eux seuls 80 % de l'ensemble. Après les Bryozoaires représentés par des débris de dimensions très diverses, depuis les éléments macroscopiques jusqu'à ceux qui ne comprennent qu'une partie de loges, viennent les Echinodermes : ce sont des articles de Crinoïdes avec canal central vaseux, des fragments de plaques d'Oursins ou des sections longitudinales de piquants. Les restes de Mollusques et de Brachiopodes sont médiocrement abondants. On note une forte augmentation des Foraminifères arénacés avec Textulaires et Rotalidés et la présence de grands Lagénidés calcaires, à cloisons épaisses, se rapportant au genre *Lenticulina*. Toutes ces formes sont essentiellement benthiques, mais, fait intéressant, on note la très rare pré-

sence de quelques Globigérines et Gumbélines à paroi calcaire plus épaisse, réunies dans les parties vaseuses du ciment.

Ciment. — Moyennement cristallisé en général avec zones vaseuses peu développées, il n'a qu'une place restreinte aux dépens des débris depuis les grands fragments jusqu'aux éléments qui se confondent avec lui.

Donc : Calcaire à organismes benthiques avec encore de rares îlots vaseux à faune pélagique.

NIVEAU n° 12 :

Alors que l'on pouvait s'attendre à voir s'installer le faciès à Bryozoaires, de nouveau on rencontre un horizon pélagique, mais avec quelques grandes formes calcaires très épaisses.

Les minéraux détritiques et accessoires sont pratiquement absents.

Organismes. — Les Foraminifères sont très abondants; leur taille et l'épaisseur de leur test est variable mais les petites formes calcaires à paroi mince prédominent. Ce sont surtout des Gumbélines et accessoirement des Globigérines et Globotruncana qui sont à peu près dans les mêmes proportions. Parmi ces dernières on reconnaît :

— *Globotruncana lapparenti tricarinata* Quéreau : Les Lagénidés sont ici bien représentés par de petites formes du genre *Frondicularia,* particulièrement abondante à ce niveau, et par le genre *Lenticulina,* déjà rencontré avec un exemplaire net, entièrement calcaire, les loges délimitées par 8 cloisons étant emplies de calcite largement cristallisée. Fait curieux, cette forme à affinité nettement benthique est dans un milieu pélagique. Le *ciment* très prédominant est formé de menus éléments de calcite et d'argile intimement mélangés.

NIVEAU n° 13 (photographie 9) :

Toujours même aspect de calcaire sublithographique, mais plus clair et contenant ici quelques silex noirs. Dépourvu d'éléments détritiques, il est essentiellement caractérisé par l'abondance des débris de Spongiaires. Ce groupe prédomine nettement : ce sont des bâtonnets monoaxes très grêles, calcifiés, à canal très souvent visible car élargi et rempli d'opale ou de ciment; souvent ils sont déposés parallèlement les uns par rapport aux autres.

— Des Globigérinidés fort rares, aux loges comblées d'opale, sont disséminées dans le ciment. Celui-ci, de même nature que précédemment, forme plus des 2/3 de l'ensemble.

Donc : Calcaires vaseux pélagiques intercalés entre des niveaux plus littoraux de calcaires à Bryozoaires.

NIVEAU n° 14 (fig. 4 et photos 10-11) :

C'est au-dessus du niveau 13 que débutent véritablement les calcaires à Bryozoaires qui vont se succéder sur près de 60 m d'épaisseur.

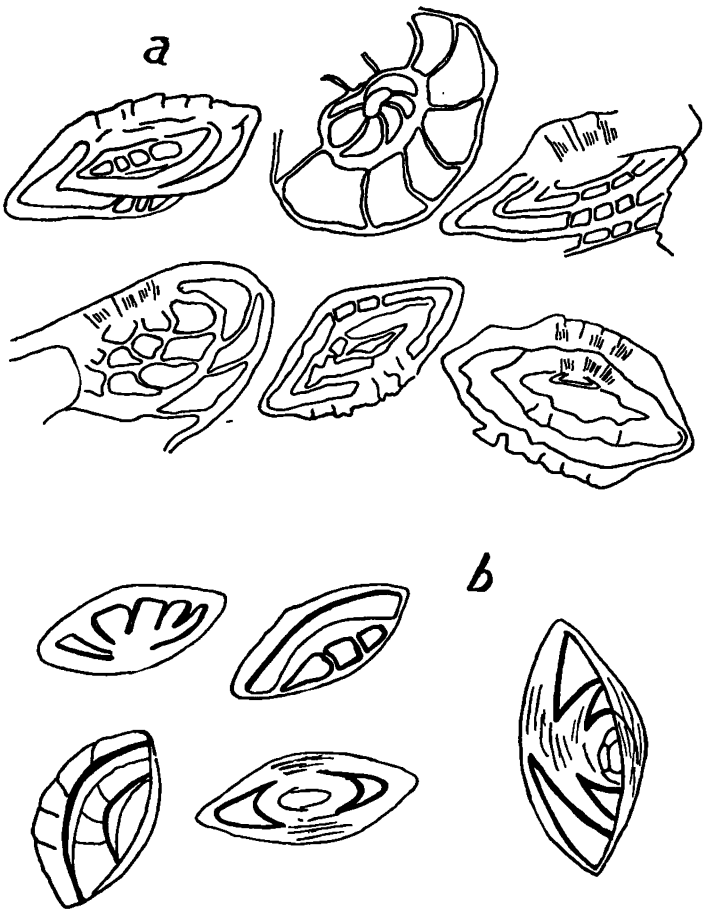

Fig. 4. — Rotalidés (niveau 29).

a) Sections différemment orientées de formes du groupe *Miscellanea*.
b) Sections axiales de Rotalidés arénacés et calcaires.

D'une façon générale, ils se présentent en bancs épais, jaunâtres, plus ou moins grossiers, d'aspect spathique dû à la présence à peu près constante de plaques d'Echinodermes. Celles-ci sont en effet incluses dans de grandes plages de calcite secondaire, et on voit les clivages se prolonger de la plaque dans la calcite qui l'entoure. Echinodermes, Mollusques et Textulaires arénacés, toute faune benthique, sont toujours associés en quantité variable aux Bryozoaires.

Le ciment formé de calcite plus ou moins cristallisée n'occupe qu'une place réduite par rapport aux organismes.

Cependant leur structure n'est pas toujours absolument semblable de la base au sommet; il existe des niveaux plus détritiques, d'autres plus vaseux, et nous verrons en particulier apparaître dès le niveau 16 un faciès plus profond à débris plus roulés, tandis que commencent à se manifester quelques formes pélagiques.

Les *minéraux détritiques* sont représentés par de rares grains de quartz, toujours très petits et anguleux. La glauconie est absente.

Organismes. — Les débris de Mollusques (entr'autres des Inocerames) et surtout d'Echinodermes sont abondants. De nombreuses plages de calcite portent un tissu réticulé noirâtre ou parfois même de simples taches sombres régulièrement disposées, indiquant les restes d'Echinodermes; les sections tangentielles de radioles d'Oursins sont particulièrement nettes : on voit les septa, qui ne sont pas reliés par des tissus interseptaux, apparaître comme des bandes parallèles ajourées. Les Bryozoaires, quoique très abondants, sont à l'état de fragments de petite taille, portions de sections transversales ou longitudinales de colonies. Ils forment approximativement les 3/4 de la roche. On peut distinguer en sections transversales nettes des Cyclostomes et Cheilostomes; la structure fibreuse de leur paroi est bien conservée et l'intérieur des individus est rempli de calcite largement cristallisée. Souvent la structure de la colonie est soulignée par son épigénisation par des sels de fer.

J'ai essayé d'en déterminer quelques-uns d'après les planches de d'ORBIGNY sur « les Bryozoaires du Crétacé supérieur », mais ceci s'avère difficile et imprécis, car il faudrait des sections complètes; or, elles sont souvent brisées, avec leur structure plus ou moins cachée par une cristallisation secondaire de calcite. Cependant les principales formes représentées (fig. 4) peuvent être attribuées aux genres *Vincularia, Biflustra* et plus rarement *Eschara,* toutes formes trouvées dans le Sénonien du Bassin de Paris.

Les Foraminifères arénacés sont, après les Bryozoaires, les formes les plus nombreuses. Ce sont de grands Textularia, très larges, à paroi épaisse, mêlés à des Rotalidés également de grande taille et encore plus abondants. A ces formes arénacées s'ajoutent quelques rares échantillons calcaires. Citons des Buliminidés et des Lagénidés benthiques avec *Lenticulina* sp.

Un Foraminifère net doit être rapporté au genre *Eponides* (Rotalidés), auquel il se rapproche par son aspect et ses caractères.

Encore quelques Globoratalidés, de très rares Gumbélines et Globigérinidés sont épars dans les zones vaseuses.

Ciment. — Il est formé de calcite moyennement cristallisée, parfois en assez grandes plages; quelques particules argileuses sont groupées en zones irrégulières peu importantes.

NIVEAU n° 15 :

C'est toujours un calcaire spathique jaunâtre, mais à son niveau les minéraux détritiques augmentent brusquement en taille et en nombre. Les grains de quartz, anguleux, de taille moyenne, prédominent sur les éléments de grande taille aux contours arrondis; très irrégulièrement répartie, leur fréquence est moyenne.

Les *minéraux accessoires* sont représentés par de rares grains de glauconie et quelques mouchetures de sels de fer.

Organismes. — Ils sont semblables aux précédents : aux Bryozoaires prédominants, plus ou moins roulés, s'ajoutent les débris d'Echinodermes, de Mollusques, en particulier de nombreux prismes d'Inocérames et des Rotalidés, Textularidés, Valvulinidés arénacés à test très épais.

Ciment. — Dans sa masse formée de calcite moyennement ou largement cristallisée, on remarque de nombreuses petites taches et traînées d'un calcaire argileux sombre. Il ne contient pas de minéraux détritiques, mais c'est là que sont localisés la plupart des organismes arénacés.

De nouveau la présence de courants se manifeste par l'apport de minéraux détritiques et l'aspect brisé et roulé parfois des Bryozoaires.

NIVEAU n° 16 (photo 18) :

Minéraux détritiques. — Ils sont rares sauf dans quelques niveaux où les grains de quartz, de taille variable, plutôt petite, ont

une augmentation de fréquence assez sensible. La teneur en glauconie est faible.

Organismes. — Les Bryozoaires vont naturellement prédominer, mais ils sont de plus en plus fragmentés; des débris ayant perdu leur forme se présentent comme des éléments cependant encore peu roulés, sont éparpillés dans un ciment de plus en plus vaseux; les sections encore entières permettent de reconnaître les genres *Biflustra* et *Eschara* trouvés dans le Sénonien du Bassin de Paris.

Les restes d'Echinodermes et de Mollusques présentent aussi cet aspect détritique; Crinoïdes et Oursins coexistants offrent dans certaines préparation toutes les variétés de formes; c'est le niveau où ils sont les plus nombreux et ils donnent un aspect très spathique au calcaire.

Parmi les Mollusques, j'ai rencontré plusieurs coupes de Dentales analogues à celles figurées par CUVILLIER dans l'Aquitaine.

Les Lagénidés augmentent rapidement, tout du moins en ce qui concerne les formes à test épais, bien représentées par les genres *Lenticulina, Dentalina, Nodosaria,* etc.

Présence d'un organisme curieux, que je n'ai pas pu déterminer exactement mais qui doit se rapporter à la famille des Planorbulinidés. C'est une forme subcirculaire dont les loges arrondies sont grossièrement concentriques; arénacé dans les premiers tours, il est entouré d'une paroi calcaire épaisse.

Augmentation des Valvulinidés et Textularidés arénacés très épais, généralement très grands. Même proportion assez faible de Rotalidés arénacés et calcaires.

Toujours débris sphériques ou cannelés à structure réticulée correspondant à des Algues calcaires.

Les formes pélagiques sont visibles dans les niveaux plus marneux, ce sont des Globigérines, de petites Gumbélines et des Globotruncana parmi lesquels se trouve : *Globotruncana lapparenti tricarinata* Quéreau.

Ciment. — Généralement il se présente comme formé de calcite moyennement cristallisée avec des zones argileuses très étendues.

Donc : Toujours calcaire à Bryozoaires mais déposé dans une zone plus profonde ou plus agitée par les courants, comme l'indiquent les débris plus épais, et aux angles souvent émoussés, mêlés à des fragments très fins dont la structure n'est plus reconnais-

sable; ciment plus vaseux avec parfois d'abondants minéraux détritiques dont la présence d'ailleurs accompagne celle des organismes pélagiques.

NIVEAU n° 17 :

Horizon gréseux où les grains de quartz de taille moyenne atteignent une fréquence élevée par endroit; ils sont irrégulièrement répartis. Les grains de glauconie moyens ont aussi une fréquence élevée qui suit celle du quartz.

Aux mêmes organismes toujours brisés s'ajoutent des Textularidés et Valvulinidés très nombreux. Dans le ciment vaseux, quelques Globigérines et Gumbélines sont visibles.

NIVEAU n° 18 (photo 13) :

Ce sont de nouveau des niveaux riches en minéraux détritiques. Les grains de quartz, de grande taille, aux formes variables mais plutôt arrondies, sont irrégulièrement répartis mais de fréquence élevée.

Minéraux accessoires. — La glauconie est très abondante, en grains presque toujours oxydés.

Organismes. — Bryozoaires, Echinodermes, Mollusques sont très fragmentés et roulés; souvent la structure de leurs débris est difficilement reconnaissable et ils apparaissent nettement comme des éléments détritiques usés et roulés lors de leur transport. On note une forte augmentation des Foraminifères arénacés, surtout des Rotalidés, plus faible pour les Textularidés et les Valvulinidés; quelques Miliolidés sont visibles.

Apparition de Rotalidés calcaires de très grande taille, à enroulement nummulitoïde, mais ici, à la différence des Nummulites, la muraille bien plus large que les cloisons s'épaissit progressivement du côté externe où elle porte des bourrelets et, d'autre part, les tours de spires sont moins nombreux. Présence de Lagénidés calcaires.

Ciment. — Il est formé de calcite plus largement cristallisée que dans les couches précédentes avec de nombreux îlots argileux par places.

Donc : Toujours calcaires à Bryozoaires, à débris très roulés et grands minéraux détritiques; la calcite très largement cristallisée du ciment est due à un phénomène secondaire, les îlots vaseux sont toujours présents.

Les calcaires suivants sont tout à fait différents, de couleur plus claire, blancs ou jaunâtres, ils sont sublithographiques sauf en certains îlots gréseux où sont concentrés de nombreux grains de quartz et de glauconie.

NIVEAU n° 19 (photo 14) :

Niveau plus marneux où le ciment formé de calcite finement cristallisée intimement mêlée à des particules argileuses occupe plus de la moitié de la roche.

Minéraux détritiques. — Localisés en nids, les grains de quartz sont de taille moyenne et anguleux; là leur fréquence est élevée tandis que partout ailleurs ils sont pratiquement absents ou représentés par de rares petits grains.

Minéraux accessoires. — La glauconie forme des grains plus ou moins réguliers, de taille moyenne; sa fréquence, comme celle du quartz, est parfois élevée.

Organismes. — Bryozoaires, Echinodermes, Mollusques sont toujours abondants à l'état de débris, mais ceux-ci, encore plus petits que précédemment et très roulés pour certains sont dispersés dans le ciment vaseux. Les formes arénacées sont bien représentées par de grands Foraminifères à test très épais et loges entièrement comblées par la calcite. Peut-être s'agit-il de Rotalidés ? Quelques grands Miliolidés et de très rares Textularidés complètent ces formes.

Les Rotalidés calcaires identiques aux précédents sont nombreux en sections transversales.

Ciment. — Très vaseux, il renferme quelques organismes pélagiques, peu nombreux : Globigérines et Gumbélines très petites et à paroi mince sont mêlées à des spicules monoaxes fins, entièrement calcifiés.

Donc : Calcaire où les Bryozoaires en petits fragments roulés ne sont plus qu'accessoires, tandis que l'importance du ciment vaseux pélagique augmente, indiquant toujours un approfondissement.

NIVEAU n° 20 (photo 15) :

Ce calcaire se différencie seulement des précédents par une faible variation de taille et de fréquence des éléments détritiques.

Les grains de quartz de taille moyenne, parfois assez grands, et plus régulièrement répartis ont une fréquence élevée. La glauconie très abondante se présente sous des aspects très variés : comme dans les coupes précédentes, sous forme de grains détritiques, réguliers, arrondis, à peu près de même taille que le quartz; d'autres sont bien plus gros et manifestement formés *in situ*, ne portant pas de traces d'un transport quelconque; enfin présence de larges plaques à contours extérieurs anguleux, irréguliers, qui sont très souvent oxydés, et les sels de fer qui en résultent masquent complètement la structure de la roche par endroit. Les grains de phosphate de chaux ne sont pas rares, de grande taille ils sont riches en inclusions de quartz, de glauconie et parfois de pyrite.

Organismes. — Débris de grands organismes calcaires comme précédemment dispersés dans un ciment vaseux pélagique.

Signalons simplement le nombre de plus en plus grand des Rotalidés calcaires et de formes arénacées.

Parmi les spicules du ciment, présence à côté de bâtonnets monoaxes fins, de formes triradiées, les 3 branches formant entre elles un angle de 120°.

Aux Globigérines et Gumbélines s'ajoutent des Globotruncana de grande taille avec une forme intéressante : c'est une espèce à une seule carène périphérique dont les dernières loges du côté ventral pendent fortement sous la carène donnant à l'ensemble une allure élevée.

Malgré la forme arrondie des premières loges et la très forte carène située à la base de la dernière loge, je rapporterai cette espèce à : *Globotruncana stuarti* de Lapparent (Campanien supérieur, Maestrichtien); certaines reproductions de Renz présentent d'ailleurs ces caractères d'une façon plus ou moins nette.

Nous pouvons donc conclure, grâce à la présence de *Globotruncana stuarti* de Lapp., que ces calcaires sont d'âge au moins Campanien supérieur, car si de nombreux géologues considèrent cette espèce comme maestrichtienne, il ne faut pas oublier que de Lapparent, qui l'a définie, la fait débuter au Campanien supérieur.

Niveau n° 21 :

C'est un calcaire très fin où glauconie et quartz ont disparu, ou ne sont représentés que par de très rares éléments extrêmement petits. Il est à remarquer que même dans les formations unique-

ment pélagiques, on rencontre toujours quelques cristaux de quartz de très faible taille.

Organismes. — Les débris de grands organismes calcaires sont réduits pour laisser une place prédominante au ciment vaseux et aux organismes pélagiques qu'il contient. Ces débris, représentés par des fragments de Bryozoaires, parmi lesquels on peut reconnaître le genre *Vincularia*, des restes d'Echinodermes et de Lagénidés calcaires, sont petits et grêles. Textulaires et Rotalidés arénacés sont rares.

Dans le ciment, pullulent les formes pélagiques qui, en certaines zones dépourvues de débris, sont, avec les spicules de Spongiaires fins et brisés, les seuls organismes. Les Gumbélines abondantes l'emportent sur les Globigérines et les Globotruncana. Parmi ces derniers on peut reconnaître : *Globotruncana lapparenti lapparenti* Bolli.

Donc : Calcaire pélagique où les débris sont plus rares et plus fins.

NIVEAU n° 22 :

Il correspond à un niveau très vaseux particulièrement riche en spicules. Ceux-ci sont entièrement calcifiés, monaxes, plus ou moins brisés et souvent disposés parallèlement les uns aux autres.

A part les Spongiaires, les seuls organismes sont des Globigérines et Gumbélines assez nombreuses, dans un ciment formé d'un mélange très serré d'argile et de calcite finement cristallisée.

Donc : Calcaire pélagique à spicules.

NIVEAU n° 23 :

Ce calcaire termine les formations dites lauzes; il se caractérise par sa structure très hétérogène. C'est toujours un calcaire vaseux, très pélagique, mais il renferme des enclaves de *minéraux détritiques* associés à des fragments organiques de très grande taille.

Ces minéraux détritiques sont représentés par d'abondants grains de quartz, très petits et anguleux, mêlés à de nombreux grains de glauconie de taille également très faible; souvent ces derniers sont localisés à l'intérieur des loges de Bryozoaires qu'ils accompagnent. Tous les débris organiques de ces îlots sont très grands : aux Bryozoaires les plus répandus, s'ajoutent Echinodermes, Mollusques, ainsi que des fragments de Rotalidés arénacés et calcaires.

Le *ciment* pélagique, naturellement toujours prédominant, contient comme le précédent un grand nombre de Globigérines, Gumbélines et de très fins débris ayant sans doute une origine organique.

Donc : Calcaire pélagique, mais contenant toujours de rares débris.

Avec le niveau suivant débutent de nouvelles formations, les calcaires à silex. Ils sont, par leur partie basale, absolument identiques à la partie terminale des lauzes, à la différence qu'ils contiennent des silex le plus souvent disposés en lits réguliers et que l'on retrouvera d'une façon à peu près constante jusqu'aux couches à Orbitoïdes du sommet.

NIVEAU n° 24 (Photo 16) :

La première assise de ces calcaires à silex se présente comme un calcaire sublithographique blanc, d'aspect un peu crayeux et absolument dépourvu de minéraux détritiques et de glauconie, encore présente au sommet des lauzes.

Organismes. — La prédominance appartient à des débris très fins d'origine organique, dont certains peuvent être rattachés à des fragments de Bryozoaires, mais dont la plupart sont indéterminables. Très souvent d'ailleurs, par un phénomène de continuité, en passant des grands fragments aux très réduits, on aurait tendance à leur attribuer la même origine. Ils forment à eux seuls près de 80 % de la roche se fondant avec le ciment dont il est souvent impossible de les séparer. Les Globigérines très abondantes et les Gumbélines sont les seuls organismes non brisés, noyés dans un ciment de calcite moyennement cristallisée, mêlée à l'argile.

Donc : Calcaire pélagique à débris très fins.

NIVEAU n° 25 (photo 17) :

Calcaires plus grossiers où les grains de quartz anguleux, de même taille et de même fréquence, sont irrégulièrement répartis en nids, de petits grains de glauconie les accompagnent.

Organismes. — Les Bryozoaires, qui sont en forte proportion, sont représentés par de grands fragments, peu roulés, les débris d'Echinodermes avec sections transversales nettes de piquants à septa rayonnants, les restes de Mollusques sont plus rares.

Les mêmes Rotalidés calcaires et arénacés se rencontrent : on peut distinguer une section calcaire d'un ovale parfait, dont la

paroi possède une structure fibreuse perpendiculairement à la surface; l'intérieur est rempli de calcite finement cristallisée.

Le *ciment,* toujours pélagique, renferme comme précédemment quelques Globigérines et Gumbélines un peu moins nombreuses.

Donc : Calcaire où les restes d'organismes benthiques deviennent très nombreux aux dépens du ciment pélagique.

NIVEAU n° 26 :

On pénètre dans un niveau nettement pélagique avec disparition complète d'éléments détritiques, sauf quelques débris très fins qui sont peut-être des restes organiques. La prédominance est aux Gumbélines et Globigérines, généralement calcifiées et de petite taille, qui sont irrégulièrement distribuées dans le ciment vaseux; les Globotruncana sont plus rares. Quelques Rotalidés calcaires extrêmement petits, ainsi que de minuscules formes arénacées terminent l'énoncé de cette faune.

Le *ciment* est un mélange à très fins débris calcaires.

NIVEAU n° 27 :

Le même faciès pélagique se continue, on a toujours des calcaires sublithographiques traversés de fins filonnets de calcite.

Par endroit apparaissent de rares fragments de Mollusques, mais très grands. Au fur et à mesure que l'on s'élève dans cette série, on constate que la proportion de formes pélagiques augmente aux dépens du ciment; à leur maximum de fréquence, Globigérines et Gumbélines, plus rarement Globorotalidés, forment approximativement le 1/10e de la roche.

Remarquons que, quand nous parlons de formations pélagiques, c'est parce que les organismes pélagiques sont prédominants, mais nulle part, dans les calcaires de Sassenage, nous ne pouvons dire qu'ils entrent dans la composition de la roche dans une proportion supérieure à 50 %. Toujours nous avons, par rapport à l'ensemble, une fréquence relativement faible.

Donc : Toujours calcaires pélagiques, mais avec de rares grands débris calcaires.

NIVEAU n° 28 :

Brusque changement d'aspect. Alors que les calcaires précédents étaient gris bleuâtres, fins, les suivants sont jaunâtres et d'aspect grossier. Ils montrent de nombreuses facettes brillantes

leur donnant un aspect spathique et sont souvent traversés par de nombreux filonnets de calcite. Mais leur caractère essentiel, que nous allons retrouver avec peu de variations jusqu'au sommet des calcaires à silex, est la prédominance des restes de Bryozoaires d'aspect très particulier; ils montrent des traces nettes de transport, ce ne sont plus que des fragments épais, de taille moyenne, aux angles fortement émoussés; les parties minces sont réduites à de minuscules débris dispersés dans le ciment vaseux, parfois envahi par une cristallisation secondaire de calcite.

L'ensemble de ces fragments donne une microstructure d'allure sinueuse, toujours très tourmentée, comme si le sédiment, après son dépôt, s'était plus ou moins écoulé. Manifestement, ces Bryozoaires, ainsi d'ailleurs que les Mollusques, Echinodermes, Lagénidés qui leur sont associés, ont été charriés sous l'action de courants plus ou moins violents, dans un milieu plus profond comme l'indique le ciment vaseux à organismes pélagiques qui seul serait en place.

Les formes arénacées de Textularidés, Rotalidés, sont abondantes à ces niveaux, mais ne prennent pas part à l'allure générale tourmentée du sédiment; elles apparaissent plutôt comme des organismes flottés qui se sont déposés une fois le sédiment en place; bien conservés, ils tranchent d'ailleurs sur le fond clair des débris.

NIVEAU n° 29 (fig. 4) :

Les *minéraux détritiques* sont absents ou représentés par de très rares petits grains de quartz.

Organismes. — A peu près 80 % de la roche sont formés de débris de Bryozoaires épais, déchiquetés, parfois soudés les uns aux autres secondairement, montrant des traces nettes de transport. Il faut y ajouter les restes d'Echinodermes qui, par places, sont très abondants : ce sont en particulier des sections de piquants d'Oursins inclus dans de grandes plages de calcite secondaire.

Les Mollusques représentés par des fragments de couches lamelleuses et prismatiques sont un peu moins nombreux. Parmi les formes calcaires, grand développement des Rotalidés d'assez grande taille.

Présence de quelques grands Lagénidés. Les Foraminifères arénacés sont représentés par de nombreux Textularidés et Valvulinidés très grands, à test épais, qui tranchent sur le fond clair de la roche. Les Rotalidés sont moins nombreux avec des formes à test épais et d'assez grande taille (fig. 4).

Les premiers Orbitoïdes commencent à apparaître, mais généralement ils sont brisés. Ce sont des formes de petite taille qu'il est difficile de déterminer; les débris correspondent à des fragments de coupes transversales avec logettes latérales banales, à paroi épaisse, où il n'est pas facile de distinguer des piliers.

Quelques Globigérines et Gumbélines sont visibles dans les parties vaseuses du ciment.

Ciment. — Vu la prédominance des débris et des organismes, il est très réduit, envahi par la calcite plus ou moins largement cristallisée suivant les niveaux; il renferme de nombreuses zones argileuses où sont localisés organismes arénacés et pélagiques.

Niveau n° 30 :

Le ciment vaseux, formé de calcite très finement cristallisée et d'argile, occupe une place importante aux dépens des débris plus dispersés qui sont comme précédemment des restes plus ou moins roulés de Bryozoaires, Echinodermes, Mollusques, Orbitoïdés. Globigérines et Gumbélines sont plus nombreuses.

Toujours même proportion de Foraminifères calcaires : Rotalidés, Lagénidés avec le genre *Dentalina,* et de formes arénacées : ces dernières sont surtout des Rotalidés, des Anomalinidés avec le genre *Cibicides* et des Textularidés, tous à test mince. Présence de prismes d'Inocérames.

Le niveau 30 diffère seulement par le fait que les débris calcaires plus nombreux, souvent en contact les uns aux autres, réduisent l'importance du ciment vaseux.

Niveau n° 31 (photo 18) :

Faciès de microbrèche contenant des zones marneuses remaniées.

Organismes. — Ce sont des Bryozoaires, Echinodermes, Mollusques, très nombreux, formant à eux seuls les 3/4 de la roche; ils présentent toujours cet aspect roulé, avec des débris de taille variable, depuis les sections encore très grandes, surtout en ce qui concerne les Mollusques, jusqu'aux fragments très fins.

Les *Orbitoïdes,* plus abondants, sont pour la plupart des formes microsphériques présentant en sections transversales des loges équatoriales peu hautes. Toujours Textularidés, Rotalidés arénacés et calcaires. Présence intéressante de formes arénacées nouvelles constituées par d'abondants Miliolidés, Orbitolines et autres organismes de la faune urgonienne des chaînes subalpines; tous ces

individus sont généralement réunis dans un *ciment* vaseux, avec quelques rares *minéraux détritiques* de très grande taille, constituant autant de zones remaniées.

NIVEAU n° 32 (photos 19, 20, 21) :

Ces dernières assises des calcaires à silex ont une structure très proche de celle du niveau 30. Elles sont séparées de celui-ci par les couches plus vaseuses du niveau 31 et un faciès de microbrèche qui, en dehors de la faune urgonienne, renferme les mêmes organismes.

On constate que les débris de Bryozoaires, Echinodermes, Mollusques, toujours roulés, d'aspect sinueux parfois et tourmentés, deviennent de plus en plus fins à mesure que l'on s'élève dans la série.

Les Orbitoïdés sont presque toujours de petites formes microsphériques, très plates et généralement brisées; signalons toutefois quelques rares formes mégasphériques, de plus grande taille; l'embryon allongé est uni ou biloculaire à paroi épaisse mais peu nette; les logettes latérales à ouverture étroite, mais cloisons très épaisses, sont peu nombreuses, irrégulièrement empilées, avec des piliers mal individualisés; les loges équatoriales sont toujours très basses.

Les Rotalidés calcaires comprennent, en plus des formes précédentes, de nouvelles sections dissymétriques, à enroulement trochospiralé et dont les tours de spires successifs, très épais, présentent de courtes expansions irrégulières du côté externe.

Les formes arénacées sont toujours de grands Textularidés et Valvulinidés plus rares, tandis qu'au contraire augmentent les Rotalidés à test mince et de petite taille. Les autres organismes sont semblables : grands Lagénidés calcaires, Lagena, Globigérines.

NIVEAU n° 33 :

Cette coupe termine les calcaires à silex et résume en quelque sorte l'évolution que nous avons constatée dans les couches précédentes. On aboutit à un calcaire blanc à grain très fin, dépourvu de minéraux détritiques, lesquels étaient d'ailleurs très rares dans les couches précédentes, sinon absents.

Les débris, prédominants, mais très fins de Bryozoaires, rares Mollusques, Echinodermes sont incorporés dans un ciment d'argile et de calcite très finement cristallisée contenant de nombreux Lagena.

Les Textularidés, Rotalidés, arénacés et calcaires, identiques aux précédents, sont rares.

Donc : Toujours calcaire à débris charriés mais très fins, ayant dans l'ensemble un aspect plus pélagique.

Les coupes que je vais décrire maintenant proviennent d'échantillons prélevés au gisement de Méaudre :

La première coupe a été faite dans les calcaires contenant encore des silex, mais ceux-ci ont complètement disparu dans les couches à Orbitoïdés suivantes.

Dans cette première coupe, le calcaire ressemble extérieurement d'une façon frappante aux dernières assises de calcaire à silex de Fontaine (niveau 33); même calcaire blanc à grain très fin où des silex roux sont disposés sans ordre.

Bien des points de sa microstructure sont aussi communs.

— Les *minéraux détritiques* sont absents.

— De menus débris d'organismes calcaires, Bryozoaires surtout, sont incorporés dans un ciment plus ou moins vaseux mais complètement recristallisé secondairement; il contient toujours des Lagena sphériques à test calcaire très épais.

Les Textularidés sont rares, peu épais mais souvent associés à d'autres formes arénacées plus minces à loges allongées en fuseau.

Mais : — existence de grands débris de Mollusques, Bryozoaires, Echinodermes. Ces fragments bien conservés tranchent sur le ciment recristallisé;

— apparition d'Orbitoïdés [3] de grande taille, différents de ceux rencontrés jusqu'à présent; ils sont encore rares et la section transversale rencontrée n'est pas axiale; néanmoins, j'attribuerai cette forme à *Orbitoïdes media* d'Archiac, peut-être terme de passage à *Orbitoïdes apiculata* Schlumberger, car comme chez cette dernière les logettes latérales sont très surbaissées, nombreuses, et nous avons là une forme d'assez grande taille. Les loges équatoriales qui communiquent par 3 ou 4 ouvertures latérales augmentent rapidement en hauteur tout en se multipliant vers la périphérie.

---

[3] J'ai identifié les exemplaires de Méaudre principalement d'après les reproductions et les données de H. Douville, C. Schlumberger et A. Silvestri concernant trois caractères principaux :

— l'embryon des formes mégasphériques;

— la disposition des loges équatoriales et les ouvertures par lesquelles elles communiquent;

— la disposition des couches latérales et des piliers qui les traversent.

Enfin, présence d'un organisme intéressant que nous voyons apparaître pour la première fois. Si dans cette coupe il n'est représenté que par quelques rares exemplaires, on le retrouve abondamment dans les couches suivantes (photos 22 et 23).

C'est un Foraminifère calcaire à enroulement nummulitoïde, parcouru par tout un système de canaux; la muraille calcaire perforée est traversée par de nombreux piliers très développés formant granules en section équatoriale; elle porte à la périphérie des épines à peu près de même longueur que le corps de l'animal, qui sont au nombre de 4 en général, mais étant situées dans des plans différents, il est impossible de les obtenir toutes sur une même coupe. En comparant cette forme à celles décrites et reproduites par O. RENZ dans le Maestrichtien d'Alfermee (Jura suisse) et J. CUVILLIER dans le Maestrichtien à faciès néritique de la zone épicontinentale de l'avant-pays pyrénéen, on voit qu'elle correspond exactement au genre *Siderolites* (*S. Calcitrapoïdes* Lamarck). Cette forme n'avait jamais été signalée dans les couches de Méaudre.

Donc, dans ce calcaire complètement recristallisé, les formes pélagiques ne sont représentées que par des Lagena assez nombreuses, mais se différencient des précédentes par un test très épais; ce caractère, indiquant une diminution de profondeur, se trouve en accord avec la présence de nombreux Bryozoaires peu roulés et d'Orbitoïdés qui habituellement se trouvent dans des formations détritiques d'eaux peu profondes.

Simplorbites et *Lépidorbitoïdes*, auxquels se rapportent les formes suivantes, appartiennent à la famille des Orbitoïdés, différents principalement par des caractères de la loge embryonnaire et des piliers.

Avec la coupe suivante, nous abordons le 1er niveau supérieur à celui par lequel se terminait la série de Sassenage. Nous en ferons donc le NIVEAU n° 34.

Ce niveau est formé d'un calcaire détritique à ciment finement recristallisé avec certaines zones plus argileuses. Il renferme, comme précédemment, de multiples débris calcaires indéterminables et de nombreux Lagena, mais il existe ici de grands fragments, et les organismes sont plus nombreux avec prédominance d'Orbitoïdés.

Organismes. — Les Orbitoïdés, qui sont donc les plus abondants, sont représentés par 3 espèces principales.

— *Orbitoïdes apiculata* Schlumberger : Peu répandu, ce genre est représenté par quelques sections peu nettes que l'on peut considérer, à mon avis, comme des termes de passage entre *Orbitoïdes media* d'Archiac et *Orbitoïdes apiculata* Schlumberger. Une coupe transversale montre une nucléoconque ovale, à paroi calcaire épaisse et divisée intérieurement en 4 loges; la troisième cloison transversale étant très rapprochée de la paroi, à ce niveau la 4e loge est à peine visible. Les loges équatoriales, réparties suivant un plan plus ou moins ondulé, communiquent par 2 ou 3 ouvertures latérales bien visibles; les logettes latérales nombreuses sont très surbaissées, irrégulièrement empilées les unes sur les autres, elles sont traversées par des piliers compacts répartis sur toute la longueur du diamètre. Cette forme, qui mesure 7 mm de diamètre, est faiblement biconvexe. Il existe une autre section offrant les mêmes caractères, mais avec un embryon à contours très irréguliers et divisé en 4 loges par 3 cloisons perpendiculaires.

— *Orbitoïdes media* d'Archiac : Certaines sections qui ne sont pas axiales, mais de petite taille, très biconvexes et à piliers réunis vers le centre, ont été rapportées à cette espèce.

— *Simplorbites gensacicus* Leymerie (photo 24, fig. 5). Cette forme se caractérise immédiatement dans les sections par son embryon énorme et très irrégulier. Entouré d'une coque épaisse, il est divisé en un grand nombre de loges d'ailleurs plus ou moins complètes et sans ordre défini; les cloisons se développent à l'intérieur de l'embryon sans toujours se réunir les unes aux autres. Les loges équatoriales augmentent progressivement de

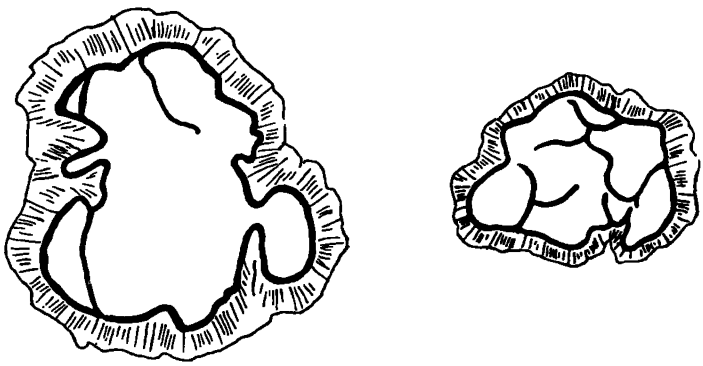

Fig. 5. — Loges embryonnaires de *Simplorbites gensacicus* Leymerie (niveau 34).

hauteur en allant vers la périphérie et présentent des ouvertures latérales nettes, en général 2 ou 3. Les logettes latérales à paroi moins épaisse que chez *O. media* sont plus resserrées vers le centre. Les piliers peu épais sont régulièrement répartis.

Cette espèce caractéristique n'avait pas été signalée par V. PAQUIER dans son étude des Orbitoïdes de Méaudre, elle a été trouvée abondamment dans le Maestrichtien de la Haute-Garonne et celui d'Alfermee, où les exemplaires figurés par O. RENZ sont absolument semblables.

A ce niveau n° 34, se rencontrent des Orbitoïdés de très grande taille atteignant plus de 2 cm de diamètre, parfois 3. Un échantillon visible sur le bloc, mais cassé lors de la coupe, mesurait 3,2 cm.

Il est difficile de déterminer ces formes, car elles ne passent pas par l'embryon, ce sont des coupes tangentielles (photo 25) où l'on distingue à la fois la surface des piliers constituant autant de granules; leur section transversale et les loges équatoriales en section horizontale. Ces dernières augmentent progressivement de taille en allant vers la périphérie où elles deviennent énormes, avec des ouvertures latérales nettes, arrondies, de très grande taille. Les loges latérales sont banales, irrégulièrement empilées, traversées par des piliers étroits. D'après leur taille et certains de leurs caractères, il ne serait pas improbable que ces formes se rapportent à *Simplorbites gensacicus* Leymerie.

Les Orbitoïdés ne sont pas néanmoins les seuls organismes et, à côté de grands fragments de Bryozoaires et de Mollusques, on rencontre quelques rares Rotalidés calcaires et surtout de nombreux *Siderolites calcitrapoïdes* Lamarck. On peut voir ici les piliers rayonnants nets en section transversale, et des coupes méridiennes avec 1, 2 ou 3 épines assez longues.

NIVEAU n° 35 :

Se présente comme un calcaire détritique bourré d'Orbitoïdés présentant ici leur maximum de développement. Le ciment est formé de calcite assez finement cristallisée, mêlée à des particules vaseuses réunies parfois en îlots. Il contient quelques grandes plages de calcite secondaire.

Organismes. — Les sections transversales et équatoriales d'*Orbitoïdes* montrent un très grand nombre d'espèces :

— *Orbitoïdes media* d'Archiac est abondamment représentée (photos 26, 27, fig. 6). De nombreuses sections se caractérisent immédiatement par leur embryon ovalaire divisé en 4 loges par 3 cloisons, dont 2 parallèles et la cloison transversale est perpen-

diculaire; parfois la nucléoconque est triloculaire ou même biloculaire suivant la position de la coupe, mais les autres caractères sont toujours identiques : c'est-à-dire que l'on a des formes de petite taille, 6 à 7 mm, avec en section méridienne des loges équatoriales assez aplaties, souvent dissymétriques, du moins dans les

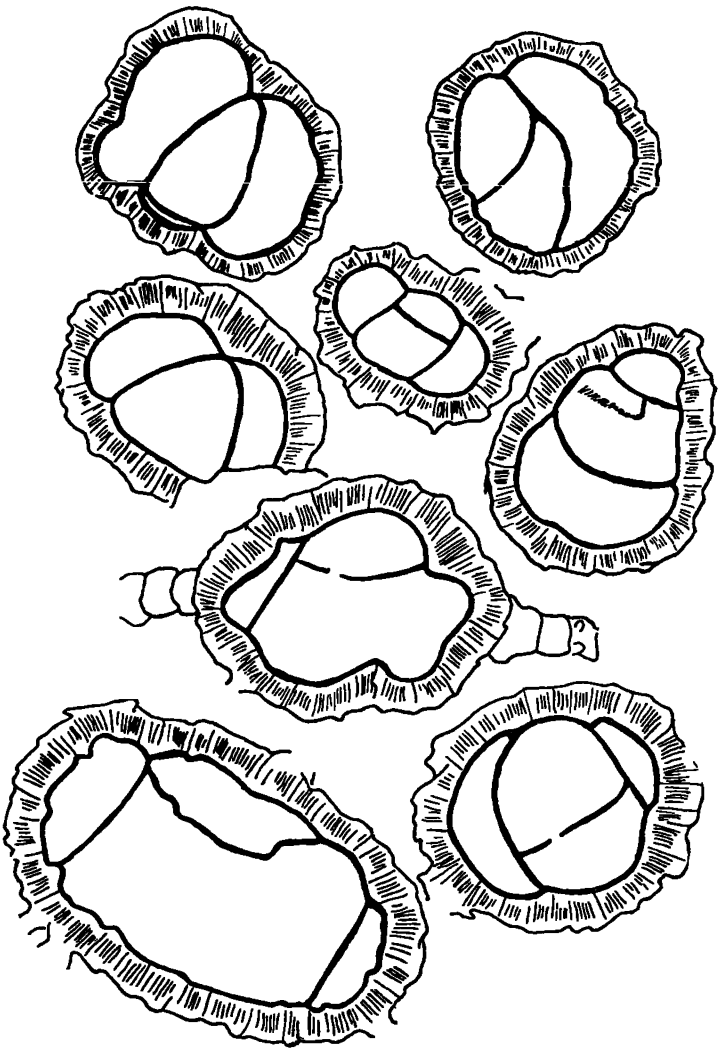

Fig. 6. — Loges embryonnaires d'*Orbitoïdes media* d'Archiac (niveau 35).

parties marginales, recouvertes par des logettes latérales banales dont on voit d'ailleurs très bien les perforations. Les piliers superposés réunis les uns aux autres se traduisent sur ces coupes par des lames ondulées; en section transversale les loges équatoriales, communiquant par 2 ou 3 ouvertures, augmentent progressivement de taille en allant vers la périphérie, et les logettes latérales, régulièrement superposées, ont une ouverture bien moindre que l'épaisseur des cloisons. Les piliers épais sont plus nombreux dans la région centrale où, par endroit, ils font disparaître complètement les logettes latérales. Assez nombreuses formes microsphériques de petite taille.

— *Orbitoïdes apiculata* Schlumberger. C'est une forme de taille plus grande que l'on a considérée comme une mutation d'*O. media* et qui présente avec elle de nombreux points communs. L'embryon est tri ou tetraloculaire, mais dans ce cas les 2 cloisons ne sont pas parallèles mais nettement divergentes (fig. 7); les loges équatoriales, en section méridienne, ont une partie antérieure plus bombée et plus symétrique que chez *O. media*. D'autre part la couche médiane des loges équatoriales présente en section transversale une plus grande épaisseur et augmente rapidement en hauteur; les ouvertures des loges sont la plupart du temps supérieures à 3 et une forme microsphérique d'une coupe montre jusqu'à 7 ouvertures latérales.

— *Lepidorbitoïdes minor* Schlumberger (photos 28 et 29). Représentée par un petit nombre d'exemplaires, c'est une forme de petite taille, 5 à 6 mm. Les loges équatoriales sont en section méridienne, plus convexes vers l'avant que chez les formes précédentes et très souvent en spatule dans la région centrale; les piliers se terminent non par des lames ondulées, mais par des granules arrondis, répartis régulièrement (photo 28). La coupe n'étant pas méridienne, mais passant par le sommet, montre un embryon peu net où l'on distingue néanmoins une forme biloculaire. Une autre section transversale montre un embryon biloculaire réniforme, caractéristique, et des loges équatoriales qui, comme précédemment, sont dépourvues d'ouvertures latérales; ce dernier caractère, comme nous le savons, les sépare du genre *Orbitoïdes* où ces ouvertures sont toujours présentes.

— *Lepidorbitoïdes socialis* Leymerie. Une forme de grande taille, 10 mm, dont les loges équatoriales à face antérieure très convexe sont dépourvues d'ouvertures latérales et dont les loges latérales, très serrées, sont régulièrement superposées, correspondrait par ces caractères à *Lepidorbitoïdes socialis* Leym.; malheureusement la coupe tangentielle ne passe pas par l'embryon.

— *Omphalocyclus macroporus* Lamarck. Formé d'une seule catégorie de cellules il est représenté par une section transversale nette (photo 30).

Donc : A ce niveau particulièrement riche, les Orbitoïdés sont représentés par l'association d'*Orbitoïdes media* d'Arch., les plus nombreux, d'*Orbitoïdes apiculata* Schl., avec parfois des formes

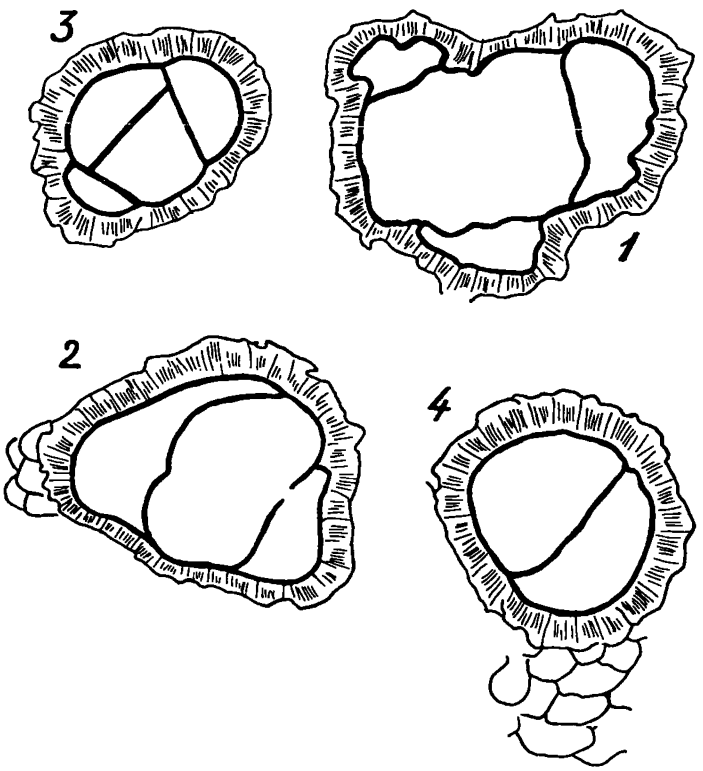

Fig. 7. — Loges embryonnaires d'*Orbitoïdes apiculata* Schlumberger (1, 2, 3), et *O. minor* Schlumberger (4). Niveau 35.

de transition où les loges commencent à s'ovaliser, de *Lepidorbitoïdes minor* Schl., bien plus rare, et de quelques *Omphalocyclus macroporus* Lamk. Outre les Orbitolidés, le ciment englobe toute une foule d'organismes, Bryozoaires, Mollusques, Echinodermes, à l'état de fragments, généralement, peu volumineux. Quelques formes pélagiques rares sont à signaler : Globigérinidés, Globo-

truncana, Lagena à paroi épaisse. Présence de grands Rotalidés calcaires toujours semblables, à test épais.

Toujours *Siderolites calcitrapoïdes* Lamk. (photo 23) et quelques Textularidés arénacés de grande taille.

NIVEAU n° 36 :

C'est un calcaire vaseux, plus ou moins détritique, où les Orbitoïdés sont rares. Je n'ai rencontré, malgré de nombreuses coupes faites à ce niveau, qu'une seule section tangentielle; je l'attribuerai à *Lepidorbitoïdes socialis* Leym. C'est une forme de grande taille, faiblement biconvexe, dont les loges équatoriales qui augmentent progressivement de hauteur sans se diviser ne possèdent pas d'ouvertures latérales. Les logettes latérales sont nombreuses et très surbaissées et les piliers plus abondants au centre.

Le *ciment,* formé d'argile et de calcite finement cristallisée, renferme toujours de nombreux Lagéna à paroi épaisse, des *Siderolites calcitrapoïdes* Lamk. et quelques Textulaires arénacés petits. Les débris de Bryozoaires et de Mollusques sont toujours présents, mais très fins.

Signalons la présence de formations assez curieuses : en section transversale elles apparaissent comme des sphères de calcite largement cristallisée, généralement disposées par paire et en section longitudinale comme des tubes montrant à l'extrémité des amorces de courbures. Peut-être s'agit-il de restes d'Annélides ?

NIVEAU n° 37 :

Calcaire détritique comme le précédent, mais de nouveau très riche en Orbitoïdés et autres organismes. Les Orbitoïdés sont représentés à ce niveau par 3 formes :

— *Orbitoïdes media* d'Archiac toujours présente, avec parmi d'autres sections une très belle coupe transversale (phot. 31, fig. 6).

C'est une forme biconvexe de 7 mm de long et 3 mm d'épaisseur dans la région centrale. L'embryon ovale, entouré d'une muraille épaisse, est divisé en 4 loges par 3 cloisons dont 2 sont parallèles, les loges équatoriales communiquant seulement par 2 ou 3 ouvertures latérales augmentent peu en hauteur quand on s'éloigne du centre. Les logettes latérales banales régulièrement empilées, très surbaissées et nombreuses, sont traversées par des piliers s'étendant sur toute la longueur du diamètre, mais plus épais et plus resserrés au centre où ils tendent à faire disparaître les logettes latérales.

Je rapporte à cette espèce d'autres sections transversales ayant les mêmes caractères, mais dont l'embryon est triloculaire (fig. 6).

— *Orbitoïdes apiculata* Schlumberger avec, en particulier, une forme microsphérique de grande taille : 1 cm; les loges de la couche équatoriale, très épaisses, augmentent progressivement en hauteur en se subdivisant et possèdent des ouvertures latérales très nombreuses allant jusqu'à 6.

— *Orbitoïdes sp.* ? (photo 32). C'est une forme assez curieuse mais bien caractéristique et que j'ai déjà rencontrée dans le niveau 35.

Elle est étroite, faiblement biconvexe; l'embryon est aussi étroit, mais très allongé et divisé en un certain nombre de loges incomplètes; il n'y a en général pas de muraille calcaire épaisse autour de la nucléoconque. Les piliers peu épais, bien individualisés et répartis d'une façon à peu près régulière sur toute la longueur du diamètre, font saillie à la surface. Les loges équatoriales, qui sont basses autour de l'embryon, augmentent progressivement de taille vers la circonférence surtout, mais ne se divisent pas en hauteur; elles communiquent par des ouvertures latérales petites. Les logettes latérales plus ou moins régulièrement superposées sont très surbaissées et nombreuses. Peut-être est-ce une forme dégénérée ?

A côté des Orbitoïdes, les autres organismes déjà présents dans les couches précédentes sont bien représentés.

Aux débris de Bryozoaires parfois très grands, de Mollusques, d'Echinodermes, s'ajoutent des restes de Brachiopodes reconnaissables grâce à leurs canaux : on distingue nettement la couche prismatique interne assez épaisse traversée par des canaux perpendiculaires à la surface; la couche externe, plus mince, est formée de lamelles lui donnant un aspect finement strié, le tout est régulièrement ondulé.

Présence de sections ovales d'organismes, plus ou moins brisées et dont le test est formé de plusieurs couches concentriques

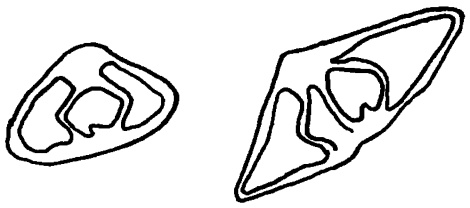

Fig. 8. — Sections axiales de Rotalidés calcaires à bouton central (niveau 37).

qui se séparent; à certains endroits on peut distinguer une structure striée prononcée, perpendiculairement à la surface.

Apparition de Rotalidés calcaires de petite taille, différents des formes rencontrées jusqu'à présent, ils se caractérisent en sections transversales par un bouton central bien individualisé; souvent les derniers tours, plus minces mais toujours calcaires, portent de fines denticulations (fig. 8). Parmi les genres arénacés, présence de quelques grands Textularidés.

NIVEAU n° 36 :

Avec cette dernière coupe se terminent les couches à Orbitoïdes de Méaudre. Nous avons toujours un calcaire à grain fin traversé par de nombreux filonnets de calcite.

Il renferme des Orbitoïdes mais en faible proportion; la seule espèce que j'ai pu déterminer se rapporte à *Orbitoïdes media* d'Archiac, l'embryon entouré d'une muraille calcaire épaisse et divisée en 4 par 3 cloisons minces; les piliers répartis sur toute la longueur sont plus épais et plus rapprochés au centre, où ils font peu à peu disparaître les logettes latérales. Les loges équatoriales, qui augmentent rapidement en hauteur lorsqu'on s'éloigne du centre, communiquent par des ouvertures latérales petites, jamais supérieures à trois.

Le ciment vaseux, entièrement cristallisé secondairement, englobe la même association d'organismes : menus débris de Bryozoaires, Echinodermes avec quelques sections de piquants d'Oursins à septa rayonnants, fragments parfois très grands de Mollusques.

Présence constante de *Siderolites Calcitrapoïdes* Lamarck (photo 22) de grands Lagénidés brisés et surtout de Rotalidés calcaires identiques aux précédents; petits avec pilier formant bouton dans la région centrale, ils sont abondants. Les organismes arénacés peu nombreux ne sont représentés que par quelques grands Textularidés. Les formes pélagiques sont en forte proportion : ce sont des Lagena auxquels s'ajoutent quelques Globigérinidés de petite taille et Globorotalidés avec : *Globotruncana stuarti* de Lapparent. Enfin les sections de Siphonées verticellées de petite taille, ovales, sphériques ou cannelées, creuses ou complètement comblées par la calcite secondaire, ne sont pas rares.

Conclusion.

En s'inspirant directement de la méthode de A. CAROZZI sur l'interprétation des séries sédimentaires, nous avons tracé tout un ensemble de courbes indiquant les variations de fréquence des organismes et des minéraux détritiques le long de la série envisagée, ainsi que la taille très approximative de ces derniers.

Pour cela nous procédons de la façon suivante :

— En ordonnée sont portés tous les niveaux depuis la lumachelle de base 1 jusqu'au sommet des couches à Orbitoïdes de Méaudre, coupe 93 [1].

— En abscisse figurent les minéraux détritiques, la glauconie et les organismes présents; pour les premiers ainsi que pour la glauconie, la fréquence et la taille sont indiquées par une échelle relative comprenant les termes suivants :

Tf = Très faible,
f = faible,
M = Moyenne,
F = Forte,
TF = Très forte.

En ce qui concerne les organismes, nous les divisons en 2 groupes:

— Les organismes benthiques;
— Les organismes pélagiques.

Les formes *benthiques,* le plus souvent rencontrées dans notre coupe Sassenage-Méaudre, se rapportent aux embranchements ou familles suivantes : Bryozoaires, Echinodermes, Mollusques, Textularidés, Rotalidés arénacés et calcaires, Lagénidés, Spongiaires, Orbitoïdés, et au genre *Siderolites.*

Les formes *pélagiques* présentes groupent les familles des Globigérinidés, Gumbélinidés, Globorotalidés, avec principalement le genre *Globotruncana.*

Leur fréquence moyenne est également évaluée approximativement et marquée en abcisse par les abréviations suivantes :

---

1 Tous les numéros de niveaux indiqués dans ce chapitre correspondent à ceux des coupes minces que j'ai étudiées et qui ont été reportés sur les courbes de fréquence jointes à cet article. Ils n'ont donc rien de commun avec les numéros des niveaux lithologiques distingués dans la première partie de ce travail

f = faible,
M = Moyenne,
F = Forte,
TF = Très forte.

Remarque : Aucune mesure n'a été prise et toute évaluation de taille et de fréquence est faite comparativement avec une valeur que j'ai jugée moyenne.

Que déduire de l'observation de ces courbes ?

1° Mer peu profonde.

En effet : *a*) Les minéraux détritiques représentés surtout par des grains de quartz sont partout présents jusqu'au niveau 60, avec une fréquence généralement moyenne, parfois très élevée, comme dans les couches de base où les apports terrigènes prédominent.

b) La glauconie considérée comme une formation de mer peu profonde est abondante et sa courbe de fréquence suit celle du quartz; en effet celui-ci amené par les courants littoraux dans la zone de bordure, ou dans une zone plus profonde par d'importants courants, correspond à un milieu dans les deux cas aéré, condition qui, comme nous le savons, favorise la présence de la glauconie.

c) La faune benthique prédomine généralement sur la faune pélagique qui, à aucun niveau, n'est exclusive; tous les calcaires sont dus en plus grande partie à l'activité organique, ceux formés par des boues de Bryozoaires étant très importants.

d) Les courbes de fréquence des organismes benthiques et pélagiques varient régulièrement en sens inverse, le maximum des premières correspondant à un minimum des secondes, tout au moins en ce qui concerne Bryozoaires, Echinodermes, Mollusques, les autres formes benthiques ayant, comme nous allons le voir, une répartition assez interrompue.

Cette variation en sens inverse des deux faunes provient du fait que la profondeur étant peu considérable, les mouvements de fond affectent les conditions de vie en surface.

2° Augmentation de profondeur à mesure que l'on s'élève dans le Crétacé supérieur.

a) La fréquence et la taille des grains de quartz varient d'abord en sens inverse, c'est-à-dire que les niveaux où apparaissent les grains de grand diamètre en sont les plus pauvres et inversement. Ceci traduit un apport détritique désordonné ou excessif ou insuffi-

sant, sur lequel agiront des courants d'intensité variable. Par exemple au niveau 3^1, la brusque augmentation d'intensité des courants littoraux agissant sur un stock de particules assez faible correspond à un fort accroissement de taille des grains de quartz, s'accompagnant d'une chute de fréquence du fait que les petits éléments sont emportés. Cet apport détritique caractérise, d'après CAROZZI, une zone littorale. A partir du niveau 4, fréquence et taille varient dans le même sens, indiquant un apport détritique devenu régulier, caractéristique de milieux plus profonds.

b) La fréquence et la taille des éléments détritiques, si on fait abstraction des niveaux 35 à 45 où l'importance de ces éléments non accompagnés d'une variation de faune est simplement due à l'action locale de courants, diminuent graduellement lorsqu'on s'élève, les particules les plus fines étant entraînées, pour disparaître complètement à partir du niveau 60.

Mêmes constatations pour la glauconie qui, encore présente à la base des calcaires à silex, ne tarde pas à disparaître.

c) Si on considère les variations de fréquence des organismes à partir du niveau 18, on constate qu'à la faune benthique, en diminution importante, se superpose une faune pélagique qui peu à peu devient prédominante. Comme nous allons le voir, le changement brusque de faune à partir du niveau 66 n'en est en réalité pas un. Les débris de Bryozoaires, Echinodermes, Mollusques, n'étant pas ici en place mais remaniés, les variations des courbes traduisent simplement des variations d'intensité des courants qui ont amené ces éléments remaniés dans un milieu toujours pélagique.

Observons maintenant plus en détail le comportement de chacune de ces courbes.

Courbe de fréquence des Bryozoaires, Echinodermes, Mollusques.

Ces 3 courbes varient parallèlement de la base au sommet, avec interruption des niveaux 59 à 66. Prépondérants jusqu'au niveau 4, ces organismes sont toujours présents mais très brisés et en faible porportion jusqu'à l'assise 15; à partir de là, et après une courte absence aux niveaux 16 et 17, ils deviennent prédominants jusqu'à 45. Mais, alors que de 18 à 30 ils sont représentés par des débris manifestement en place, sans trace de transport, ils sont par la suite très brisés, roulés et de plus en plus rares, caractères qui s'accentuent à mesure qu'on s'élève pour arriver à une disparition complète au niveau 59.

Avec l'assise 66, brusque augmentation mais aspect très différent; très brisés, usés, les angles é'ant généralement très arrondis et la structure difficilement visible, ils ont été arrachés à leur lieu d'existence et transportés par de violents courants sur une distance plus ou moins longue.

Dès le niveau 87, les restes peu roulés correspondent au contraire à une faune ayant vécu sur place et indiquant une diminution de profondeur.

Courbe de fréquence des Textularidés et *Rotalidés arénacés.*

Elles accompagnent les précédentes, mais très discontinues elles n'indiquent rien de précis dans la distribution de ces organismes.

Un fait intéressant néanmoins doit être signalé : c'est l'aspect de ces organismes qui, tranchant sur le fond calcaire de la roche et ne portant jamais de traces d'usure, même quand on les trouve dans des niveaux où tous les autres débris organiques sont roulés, fait penser à un mode de transport uniquement par suspension.

Courbe de fréquence des Rotalidés calcaires.

Elle n'indique rien de précis; rares dans les lauzes, ces organismes sont surtout abondants dans la zone remaniée des calcaires à silex et dans les couches à Orbitoïdes. Ils ne portent d'ailleurs pas de traces de transport comme les Bryozoaires qu'ils accompagnent, peut-être parce qu'ils étaient ici en place, pouvant s'accommoder d'un milieu plus profond.

Courbe de fréquence des Lagénidés.

Quoique très discontinue, elle est néanmoins assez curieuse. Ces organismes, bien que benthiques, à test calcaire souvent très épais, se comportent le plus souvent comme les formes pélagiques, absents lorsque les minéraux détritiques sont abondants, ils augmentent quand l'intensité des courants diminue comme au sommet des calcaires à silex et au niveau des couches à Orbitoïdes. Cette exception montre qu'ils ne peuvent sans doute s'accommoder d'un milieu détritique trop agité ou à courants trop violents.

La *courbe de fréquence des Spongiaires* est trop irrégulière pour que l'on puisse lui attribuer une quelconque signification. Rarement présents dans les niveaux gréseux, auxquels cas ils sont robustes et très brisés, les spicules accompagnent le plus souvent des formations plus profondes à organismes pélagiques. Ils sont alors fins et peu brisés.

Courbe de fréquence des Globigérines, Gumbélines et Globotruncana.

Très discontinues, les deux premières varient parallèlement et normalement en opposition avec celle des apports minéraux, les maxima correspondant aux niveaux les moins détritiques. Apparaissant au niveau 5 [1] elles augmentent irrégulièrement; de 18 à 43 leur comportement apparaît assez aberrant, et ce n'est que passé ce dernier niveau que la courbe plus continue indique une augmentation tandis que la faune benthique régresse. Leur fréquence encore élevée au niveau 74 diminue ensuite progressivement pour devenir nulle dans les couches à Orbitoïdes.

Les Globotruncana sont affectées d'un comportement assez anormal, alors que dans les niveaux à faible apport détritique leur fréquence suit celle des Globigérines et Gumbélines, dans les couches de base elles varient exactement en sens inverse des précédentes; associées aux formes benthiques subsistant dans les grès, leur maxima correspond aux niveaux les plus gréseux.

Que déduire des variations de cette faune ?

Dès le début elles correspondent à une alternance rapide de niveaux calcaires à organismes pélagiques et de niveaux gréseux. Après un passage brusque de faciès littoraux au faciès pélagique 5 [1], des soulèvements ont dû se produire aux niveaux 6 [1-6 4-9], accompagnés d'érosion intense sous l'action de courants permettant le dépôt de grès plus ou moins grossiers sur des calcaires plus fins. Ces courants marqués par un apport massif de particules détritiques et l'aspect fin et roulé des restes de Bryozoaires expliquent l'abondance des tests pélagiques flottés de Globotruncana aux niveaux gréseux.

De 18 à 30, la faune pélagique absente correspond à un faciès plus littoral, caractère qui, comme nous le savons, s'accorde avec la prédominance de la faune benthique, puis, augmentant peu à peu, elle annonce un milieu plus profond où les éléments benthiques roulés amenés par les courants se dispersent pour disparaître complètement. Tout différent est l'apport massif de débris remaniés dû à d'importants courants rendant, dès le niveau 66, les organismes pélagiques plus rares.

Avec le sommet des calcaires à silex, et les couches à Orbitoïdes, on constate que l'intensité des courants diminue, les éléments détritiques plus fins se sédimentent dans les zones plus calmes; on serait tenté de croire que la profondeur continue d'augmenter, les particules détritiques ne pouvant se déposer en un milieu littoral trop agité, mais en fait on s'aperçoit au contraire qu'elle diminue : les formes pélagiques devenues rares, l'appari-

tion importante de Rotalidés calcaires, d'Orbitoïdes, de Siderolites témoignent de faciès détritiques peu profonds.

Détermination de l'âge de la série.

Si la détermination de l'âge de cette série n'était déjà pas facilitée par la macrofaune assez rare, elle ne l'est guère mieux par l'étude de la microfaune; les seuls organismes qui peuvent nous renseigner ici sont les Globotruncana. Or, elles sont plutôt rares, surtout présentes dans les niveaux de base.

Cette série repose, à sa base, sur la lumachelle d'âge aptien supérieur; on peut admettre que les couches très gréseuses et glauconieuses qui la surmontent jusqu'au niveau 5 sont d'âge albien, car si les débris phosphatés roulés, caractéristiques de cet étage, sont absents ici, on les trouve non loin de là dans le Vercors. Les couches gréseuses suivantes deviennent très difficiles à dater; je n'ai trouvé aucun fossile caractéristique du Cénomanien, et la présence aux niveaux 5 et 6 de *Globotruncana lapparenti inflata* Bolli indiquerait un âge turonien des dépôts correspondants !

L'apparition en même temps que la précédente de *Globotruncana lapparenti bulloïdes* Vogler, *Glob. lapparenti lapparenti* Bolli et *Glob. lapparenti tricarinata* Quéreau est normale, puisque ces formes apparaissent dès le Turonien. Par la suite, seules subsistent les deux dernières, mais comme elles se répartissent du Turonien au Campanien supérieur et même Maestrichtien pour la seconde, elles ne permettent pas de conclure à l'absence ou la présence d'Emschérien.

Au niveau 45, présence de *Globotruncana stuarti* de Lapparent (Campanien supérieur - Maestrichtien) qui, associée ici à *Glob. lapparenti lapparenti* Bolli indique encore un âge campanien supérieur; à partir de ce niveau correspondant à peu près au sommet des lauzes, on ne rencontre plus de Globotruncana dans les calcaires à silex dont il est bien difficile de dire s'ils sont Campanien supérieur ou Maestrichtien; mais la présence d'une faune (benthique) toujours identique, à part quelques Orbitoïdes différentes de celles de Méaudre, et de débris de Bryozoaires qui, comme nous le verrons, proviennent probablement des calcaires à Bryozoaires du Dévoluy, auxquels Ch. Lory attribue un âge campanien, indiquerait que nous sommes encore dans le Campanien supérieur.

Tous les Orbitoïdes de Méaudre, ainsi que l'espèce *Siderolites calcitrapoïdes* Lmk, associés à *Globotruncana stuarti* de Lapparent, indiquent nettement cette fois un âge maestrichtien pour ces couches terminales.

RÉSUMÉ. — Avec la transgression albienne s'installe le régime de faciès néritique gréso-glauconieux correspondant à des formations terrigènes qui ont pris naissance au bord du géosynclinal dauphinois; l'épaisseur assez réduite de ces dépôts indique que d'intenses courants devaient produire des abrasions sous-marines importantes. Avec le Turonien, les conditions bathymétriques changent et on constate une succession rapide de formations gréso-glauconieuses et de calcaires plus vaseux, cette période correspond à une grande instabilité des fonds marins dans une zone agitée de violents courants. Peut-être est-ce là le contre-coup de mouvements qui, à la même époque, ont bosselé et exondé toute la région du Dévoluy. Cette instabilité se termine au niveau 16 après un brusque approfondissement de la mer marquée par l'invasion d'un faciès uniquement pélagique.

A partir de ce moment nous pénétrons dans une mer plus calme, augmentant progressivement de profondeur; aux faciès littoraux à Bryozoaires succèdent des niveaux plus pélagiques, après une période encore troublée par les courants au Campanien supérieur (niveaux 35 à 45), les sédiments épurés de tous éléments détritiques correspondent au maximum de profondeur de la mer sénonienne. C'est à ce moment que d'importants courants vont apporter les restes de Bryozoaires formant dans le fond vaseux une véritable boue à Bryozoaires. D'où venaient ces organismes ? S'ils avaient été remaniés en place, ils ne pourraient provenir que d'un sédiment déjà consolidé et l'on devrait, dans ce cas, trouver des blocs de la roche remaniée et non seulement les organismes qui la constituent; ils ne peuvent donc venir que d'un sédiment à Bryozoaires en voie de dépôt, or il n'en existait à cette époque ni dans le Nord ni dans l'Est, où le faciès profond est représenté par des formations uniquement pélagiques à Globigérines et Spongiaires, ni dans le Sud, car nous savons que dans les chaînes subalpines septentrionales, Campanien et Maestrichtien ne sont pas représentés; ils ne peuvent donc provenir que du Dévoluy où en effet Ch. LORY signale, sous les calcaires à silex maestrichtiens, la présence de calcaires à Bryozoaires. On peut donc admettre que notre région était alors, au Campanien supérieur, parcourue par une zone de courants qui, charriant les Bryozoaires du Dévoluy, alimentaient l'apport détritique du Vercors.

Remarque : L'absence de Flagellés dans les silex de Sassenage s'expliquerait par le fait que nous sommes dans une zone très agitée par les courants, où les Flagellés ne trouvaient pas un milieu propice à leur développement.

Avec le Maestrichtien la mer, comme nous l'avons vu, diminue peu à peu de profondeur, des bancs d'huîtres s'installent un peu partout; toujours loin des rivages puisque aucun apport de minéraux détritiques ne se manifeste, il a dû se produire un lent soulèvement annonçant l'émersion du nummulitique. Cette mer communiquait toujours largement avec le bassin de Paris, passant par-dessus le Jura, où, à Alfermee, dans le Jura suisse, la faune est absolument semblable à celle de Méaudre.

BIBLIOGRAPHIE

1850-1851. D'ORBIGNY (A.). — Paléontologie française, Fossiles crétacés. Bryozoaires.

1858. LORY (Ch.). — Compte-rendu d'une excursion à Sassenage. Grenoble.

1885. FALLOT (J.-E.). — Etude géologique sur les étages moyen et supérieur dans le SE de la France.

1891. MURRAY (J.). et RENARD (A.-F.). — Report on deep sea deposits, collected during the voyage of H. M. S. Challenger, London.

1897. CAYEUX (L.). — Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires : Craie du Bassin de Paris (*M. S. G. N.*, 4).

1900. HOVELACQUE (M.). — Album de Microphotographies de roches sédimentaires recueillies par W. Kilian, Paris, Gauthier-Villars.

1901-1902. LORY (P.). — Contribution à l'étude micrographique du Crétacé supérieur dans le Dévoluy et les régions voisines (*T. L. G.*).

1901. SCHLUMBERGER (C.). — Première note sur les Orbitoïdes (*B. S. G. F.*, I, 4e série).

1902. SCHLUMBERGER (C.). — Deuxième note sur les Orbitoïdes (*B. S. G. F.*, II, 4e série).

1903. SCHLUMBERGER (C.). — Troisième note sur les Orbitoïdes (*B. S. G. F.*, III, 4e série).

1904. SCHLUMBERGER (C.). — Quatrième note sur les Orbitoïdes (*B. S. G. F.*, IV, 4e série).

1904. PAQUIER (V.). — Sur les calcaires à Orbitoïdes de Méaudre (Isère) (*B. S. G. F.*, t. IV, 4e série).

1908. SILVESTRI (A.). — Fossili cretacei della contrada Calcasacco presso Termini. Imerese (Palermo). *Paleontografia italica*, vol. 14.

1915. DOUVILLE (H.). — Révision des Orbitoïdes (*C. R. A. S.*, vol. 161).

1916. CAYEUX (L.). — Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires (*M. C. G. F.*).

1920. DOUVILLE (H.). — Révision des Orbitoïdes (*B. S. G. F.*, 20, 4e série).

1922. Douvillé (H.). — Révision des Orbitoïdes (*B. S. G. F.*, 22, 4e série).

1932. Arni (P.). — Eine neue Siderolites spezies. *Ecl. geol. Helv.*, vol. 25.

1933. Cuschman (J. A.). — Foraminifere. Their classification and economic use. 2e éd.

1933. Cuschman (J. A.). — An illustrated key to the genera of the Foraminifera. Spec. publ., n° 5.

1934. Moret (L.). — Géologie du massif des Bornes.

1936. Renz (O.). — Uber ein Maestrichtien-Cenomanien. Vorkommen bei Affermee am Bielersee. *Ecl. Geol. Helv.*, vol. 29, n° 2.

1938. Marie (P.). — Sur quelques Foraminifères nouveaux, ou peu connus du Crétacé du Bassin de Paris (*B. S. G. F.*, 8, 91).

1944. Bolli (H.). — Zür Stratigraphie der Oberen Kreïde in den Höheren helvetischen Decken. *Ecl. Geol. Helv.*, vol. 37, n° 2.

1944. Glaessner-Martin (F.). — Principles of micropaleontology.

1948. Moret (L.). — Manuel de Paléontologie animale, 2e éd.

1950. Gignoux (M.). — Géologie stratigraphique, 4e éd.

1950. Carozzi (A.). — Contribution à l'étude des rythmes de sédimentation. *Archives des Sciences*, vol. 3, fasc. 1-2.

1951. Cuvillier (J.). — Corrélations stratigraphiques par microfaciès en Aquitaine occidentale.

1952. Gignoux (M.) et Moret (L.). — Géologie dauphinoise. Initiation à la Géologie par l'étude des environs de Grenoble, 2e éd.

1952. Tilev Nuh. — Etudes de Rosalines maestrichtiennes du SE de la Turquie (*Bulletin du Lab. de Géol. de l'Univ. de Lausanne*).

1953. Carozzi (A.). — Données micrographiques sur le Crétacé supérieur helvétique (*Bull. de l'Institut national genevois*, t. LVI).

1953. Piveteau. — Traité de Paléontologie, t. I.

ABREVIATIONS

M. S. G. N. = Mémoires de la Soc. Géol. du Nord.

T. L. G. = Trav. Lab. Géol. Grenoble.

C. R. A. S. = Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences.

B. S. G. F. = Bulletin de la Soc. Géol. de France.