Étude morphologique et statistique des orbitolines du synclinal d'Autrans (Vercors septentrional)

Annie Arnaud-Vanneau

▶ **To cite this version:**

Annie Arnaud-Vanneau. Étude morphologique et statistique des orbitolines du synclinal d'Autrans (Vercors septentrional). Paléontologie. 1966. dumas-00973816

HAL Id: dumas-00973816

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00973816

Submitted on 4 Apr 2014

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

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

Ex. n° 2

ARNAUD, née VANNEAU (Annie)

DES

Vercors

14 SEP. 1966

FACULTÉ DES SCIENCES
LABORATOIRE DE GÉOLOGIE
DE GRENOBLE

UNIVERSITE DE GRENOBLE I
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.46.43

14 SEP. 1966

ARNAUD ANNIE née VANNEAU

FACULTÉ DES SCIENCES
LABORATOIRE
DE GÉOLOGIE
DE GRENOBLE

ETUDE MORPHOLOGIQUE ET STATISTIQUE DES ORBITOLINES DU SYNCLINAL D'AUTRANS (VERCORS SEPTENTRIONAL)

Diplôme d'études supérieures

Grenoble Juin 1966

TABLE DES MATIERES

	page
INTRODUCTION	2
HISTORIQUE	3
APERCU STATIGRAPHIQUE	4
ECOLOGIE	5
ETUDE STATISTIQUE	7
A. La morphologie externe	7
B. Techniques utilisées pour les mesures	7
C. La statistique	9
C 1. Méthodes statistiques	10
C 2. Etude des histogrammes	12
C 3. Etude des courbes de croissance	13
I. Les petits Orbitolinidae	13
II. Les Orbitolines	14
D. Conclusions	19
MORPHOLOGIE INTERNE	20
A. Techniques utilisées	20
B. Structure du test	21
C. Organisation des loges	23
D. Variations de la hauteur des loges.	24
E. Structure de l'appareil embryonnaire	25
I. Les app. em. mégalosphériques	25
II. Les app. em. microsphériques	28
F. Conclusion.	29
ETUDE PARTICULIERE DES PETITS CONIQUES.	31
A. Les Dictyoconus	31
B. Les Orbitolinopsis	32
CONCLUSIONS	35
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	43

18 Figures et 3 tableaux hors-texte.

LEGENDE DES COURBES DE CROISSANCE

Orbitolines : Formes mégalosphériques : .
Formes microsphériques : o
Orbitolinopsis x
Dictyoconus . . . . . Δ

Le but de ce travail est d'étudier statistiquement et morpho. ogique-ment cinq populations d'Orbitolines récoltées dans différents niveaux marneux intra- ou supra-urgoniens de la région d'Autrans (Vercors septentrional)

Les résultats obtenus à l'aide de méthodes statistiques nous ont incité à étendre nos recherches initiales afin de trouver des relations entre les caractères externes déjà étudiés et les caractères internes dont certains étaient connus par ailleurs.

C'est la somme de toutes ces observations qui est exposée dans ce mémoire.

INTRODUCTION

Les Orbitolines sont des Foraminifères marins ayant vécu au Crétacé. Ce sont des Protozoaires benthoniques à test arénacé et imperforé. Leur allure générale est celle d'une lentille ou d'un chapeau chinois, et leur taille varie de quelques millimètres à quelques centimètres.

Ces microfossiles ont suscité beaucoup d'interêt depuis leur découverte : Leurs dimensions, leur forme simple laissaient entrevoir une utilisation stratigraphique aisée. Mais rapidement il s'avéra impossible de baser les reconnaissances sur des caractères morphologiques du fait de la multiplicité des formes présentées par une même espèce dans le même milieu, et, finalement, on dut renoncer à l'emploi de ces critères.

Les caractères internes (forme et agencement des loges et des logettes) n'ont pas donné jusqu'à présent de résultats pleinement satisfaisants.

Seules les reconnaissances basées sur la structure de l'appareil embryonnaire laissent entrevoir des résultats positifs, mais cette étude est encore trop récente et fragmentaire pour être entièrement utilisable. De toute manière, la technique mise en oeuvre dans ce dernier cas ne peut être employée par un géologue stratigraphe en vue d'une détermination rapide.

Cette brève revue des caractéristiques de ces animaux explique l'abondante littérature qui leur est consacrée et l'impasse où conduit souvent toute détermination.

En conclusion, nous pouvons citer cette phrase de P.RAT qui résume le désarroi des paléontologistes devant ces micro-organismes : " On leur a donné des noms, mais devant un échantillon précis on est habituellement désarmé pour savoir si l'un de ces noms est applicable."

HISTORIQUE

Les Orbitolines sont des fossiles qui ont été découverts de bonne heure grâce à leur taille.

Dès 1799, DE SAUSSURE les remarque, mais croit qu'il s'agit d'un jeu de la nature et les nomme " les lenticulaires de la Perte du Rhône".

Il s'écoule de nombreuses années avant qu'on ne reconnaisse leur nature exacte : J.F. BLUMENBACH pense qu'il s'agit de Madréporites, J. B. LAMARCK en fait des Orbulites.

En 1850, A. d'ORBIGNY leur donne un nom de genre et les décrit succintement : "Ce sont des Orbulites à côtés inégaux, l'un encroûté, l'autre avec des loges."

Par la suite, K.MARTIN (1889) établit la famille des Orbitolinidae et découvre leur structure interne, tandis que l'appareil embryonnaire ne sera remarqué que dix ans plus tard par J. G. EGGER.

Désormais, avec l'évolution des techniques, Les Orbitolines sont de mieux en mieux connues : H. DOUVILLE (1904) donne, à l'aide de lames minces, des descriptions très exactes de la structure interne. A. SILVESTRI (1931) constatant une variation de cette structure interne discerne un nouveau genre : Le genre Orbitolinopsis. Dès lors, de nombreux autres genres sont distingués et nous ne nous attarderons pas à parler de ceux-ci, car la littérature qui leur est consacrée devient de plus en plus abondante et parfois contradictoire.

Nous n'envisagerons ici que les auteurs ayant dirigé leurs travaux sur les Orbitolines sensu-stricto. Malgré ce choix restrictif, la littérature reste encore considérable. De grandes monographies ont été publiées : F. R. S. HENSON (1948), R. C. DOUGLASS (1961) et J.HOFKER (1964).

Actuellement, l'organisation interne et les caractères de l'appareil embryonnaire de ces animaux sont bien débrouillés. En bref, nous constatons qu'il y a eu une évolution dans l'étude et la reconnaissance spécifique de ces Foraminifères, mais les différents auteurs ne paraissent pas rechercher la coordination de laurs travaux avec les observations les plus anciennes.

De ce fait, ils ont tendance à rejetter dans l'ombre ces recherches antérieures ce qui ne fait qu'augmenter l'imbroglio dans lequel nous nous trouvons actuellement en ce qui concerne ces animaux.

Aussi, avons nous dressé un tableau présentant les critères dont se sont servis les auteurs pour la détermination des différentes espèces.

AUTEURS	CARACTERES EXTERNES	CARACTERES INTERNES	APPAREIL EMBRYONNAIRE
Avant 1930	++		
Silvestri 1931	++		
Henson 1948	+	+	
Douglass 1961	+	+	+
Schroeder 1962			++
Hofker 1963			++
Mehes 1964			++

Détermination faites : + En partie (sur les caractères cités ci-dessus)
++ Essentiellement (sur les caractères cités ci-dessus)

En conclusion, toutes les déterminations actuelles se font à l'aide des caractères de l'appareil embryonnaire, mais nous devons distinguer deux conceptions :

- Celle de J.HOFKER ne reconnait qu'une seule espèce d'Orbitoline, Orbitolina lenticularis, dont l'appareil embryonnaire subit une évolution durant les temps géologiques. Il a pu ainsi reconstituer un schéma évolutif avec datation des différents stades.
- Celle de R.SCHROEDER distingue divers types d'organisation de l'appareil embryonnaire et découpe le genre Orbitolina en nouveaux genres et sous-genres Mesorbitolina, Palorbitolina, Praeorbitolina.

Enfin les travaux de P.RAT se situent dans un contexte différent et sont basés sur les caractères morphologiques. Il a pu mettre en évidence une évolution dans le temps de la taille et de la forme de ces Foraminifères.

APERCU STRATIGRAPHIQUE

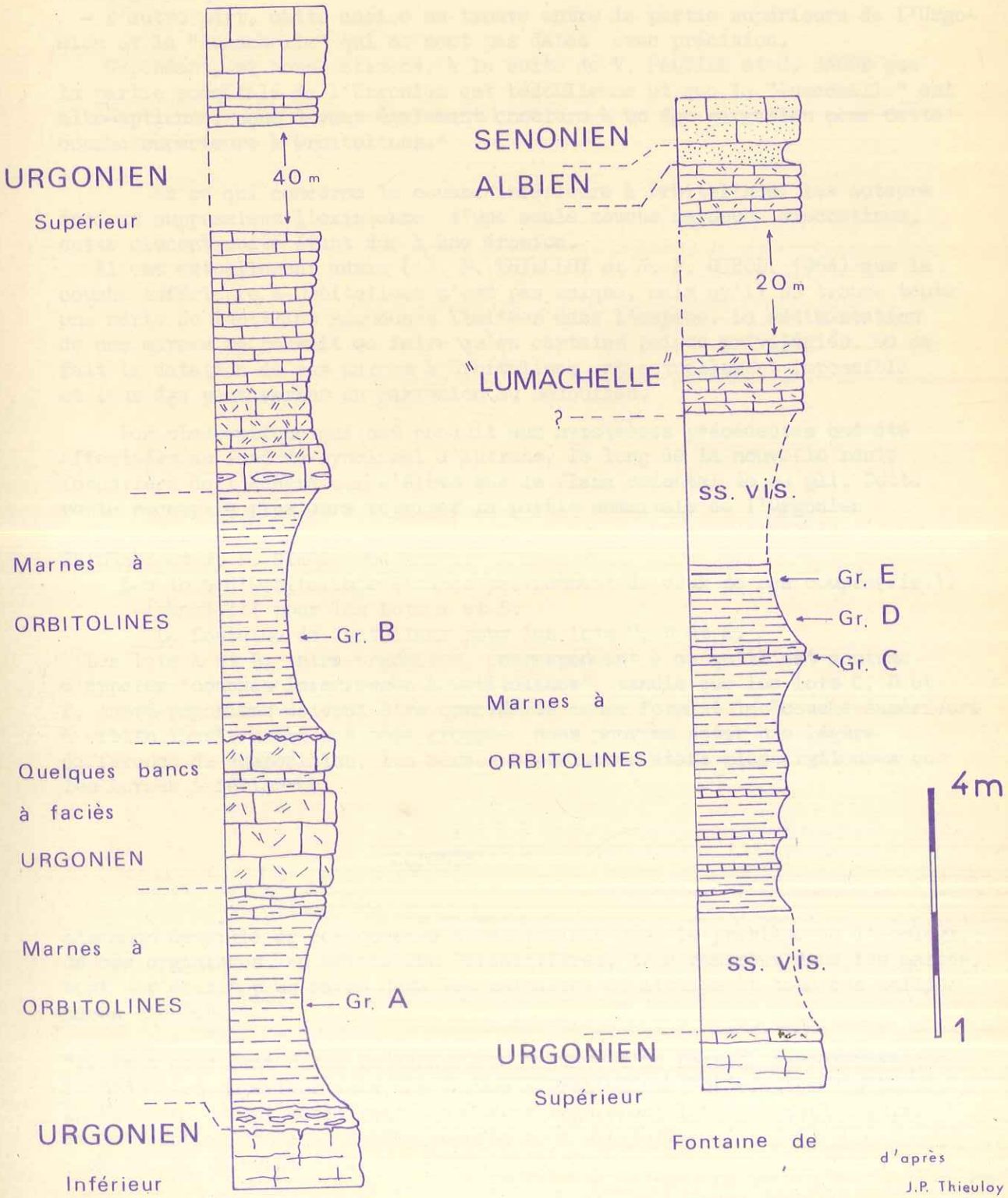
Depuis les grandes monographies de V.PAQUIER (1900) et C. JACOB (1907) sur la stratigraphie du Vercors, on distingue traditionellement deux couches à Orbitolines dans le Crétacé inférieur de ce massif.

- La couche inférieure à Orbitolines qui se trouve environ aux deux-tiers supérieurs de la masse urgonienne.
- La couche supérieure à Orbitolines qui repose sur l'Urgonien. Cette dernière, très fossilifère, est particulièrement connue aux gisements des Ravix et du Rimet. Elle est alors surmontée par la "lumachelle" albo-aptienne.

L'âge de ces couches fut très discuté, en particulier celui de la couche supérieure.

A.GRAS (1852) en faisait de l'Aptien, C. LORY (1860) la replaçait dans le Néocomien, mais W. KILIAN, V. PAQUIER et C. JACOB, se basant sur des considérations stratigraphiques régionales, reprenaient l'hypothèse de A.GRAS et concluaient à un âge Gargasien.

SCHEMA STRATIGRAPHIQUE FIG. 1



De fait, il est extrêmement difficile de dater cette formation avec précision.
- D'une part les rares fossiles recueillis (Brachiopodes, Echinodermes, Bryozoaires, Polypiers et rares Céphalopodes) n'apportent aucune indication stratigraphique.
- D'autre part, cette assise se trouve entre la partie supérieure de l'Urgonien et la "lumachelle" qui ne sont pas datés avec précision.

Cependant, si nous estimons, à la suite de V. PAQUIER et C. JACOB que la partie sommitale de l'Urgonien est bédoulienne et que la "lumachelle" est albo-aptienne, nous devons également conclure à un âge gargasien pour cette couche supérieure à Orbitolines.*

En ce qui concerne la couche inférieure à Orbitolines, les auteurs anciens supposaient l'existence d'une seule couche marneuse discontinue, cette discontinuité étant due à une érosion.

Il est actuellement admis (J. P. THIEULOY et J. P. GIROD. 1964) que la couche inférieure à Orbitolines n'est pas unique, mais qu'il se trouve toute une série de lentilles marneuses limitées dans l'espace. La sédimentation de ces marnes ne pouvait se faire qu'en certains points privilégiés. De ce fait la datation de ces marnes à Orbitolines est actuellement impossible et leur âge peut varier du Barrémien au Bédoulien.

Les observations qui ont conduit aux hypothèses précédentes ont été effectuées au fond du synclinal d'Autrans, le long de la nouvelle route forestière de l'Achard qui s'élève sur le flanc oriental de ce pli. Cette route recoupe à plusieurs reprises la partie sommitale de l'Urgonien ce qu a permis de dresser cinq colonnes stratigraphiques détaillées (J. P. THIEULOY et J. P. GIROD-1964)

Les lots d'Orbitolines étudiés proviennent de deux de ces coupes(Fig.1)
-Achard III pour les lots A et B.
- La fontaine de Chatellane pour les lots C, D et E.

Les lots A et B, intra-urgoniens, correspondent à ce qu'il est coutume d'appeler "couches inférieures à Orbitolines", tandis que les lots C, D et E, supra-urgoniens doivent être considérés comme formant la "couche supérieure à Orbitolines". Entre ces deux groupes, nous pouvons noter une légère différence de composition, les marnes supérieures étant plus argileuses que les marnes inférieures.

ECOLOGIE

L'examen détaillé de ces couches à Orbitolines pose le problème de l'écologie de ces organismes. En effet, ces Foraminifères, très nombreux dans les marnes, sont par contre plus rares dans les calcaires et atteignent tous des tailles assez élevées.

*Il faut cependant noter la découverte récente d'un fossile caractéristique du Bédoulien supérieur dans les marnes à Orbitolines supérieures des Baraques en Vercors, ce qui conduirait à abaisser légèrement l'âge de cette assise et par conséquent de la couche supérieure à Orbitolines.
(cf. J. P. THIEULOY et J. P. GIROD. 1965)

Contairement aux marnes à Orbitolines, nous y observons très peu d'embryons.

On peut donc penser que ces marnes constituent leur milieu de développement le plus favorable, du moins dans le Vercors.

L'étude de ces couches marneuses et de leur environnement nous conduit essentiellement à deux remarques :

- La proportion de carbonate de calcium croit progressivement dans les couches marneuses pour nous mener finalement aux calcaires urgoniens typiques. D'après J. P. THIEULOY, les Orbitolines, très nombreuses dans les zones les plus marneuses, se raréfient progressivement à mesure de la croissance du pourcentage de carbonate de calcium, et disparaissent complètement dans les calcaires urgoniens.

Ces observations sembleraient indiquer que le milieu calcaire ne convenait guère au developpement de ces organismes. Nous trouvons cependant, dans les calcaires, quelques orbitolines de grande taille et il est vraisemblable qu'il s'agit d'animaux calibrés et transportés par des courants sous-marins de leur milieu de vie vers des zones de cédimentation calcaire.

- Nous constatons souvent que ces couches à Orbitolines reposent sur les calcaires urgoniens par l'intermédiaire d'un Hard-ground ou d'un banc remanié à éléments d' Urgonien. Ceci indiquerait une reprise de sédimentation qui débuterait par le dépot de marnes à Orbitolines. Ce phénomène est visible en de nombreux points, en particulier pour les couches à Orbitolines inférieures des Grands Goulets et la couche supérieure du Rimet (Vercors)

Mode de vie

D'après les faunes auxquelles ils sont associés, ces Foraminifères vivaient sous une faible tranche d'eau de température mésogéenne et de salinité normale.

D'après certaines observations en provenance d'Espagne *, les marnes à Orbitolines seraient situées sous les niveaux à Huitres et se trouveraient donc à l'abri du mouvement percutant des vagues.

Jusqu'à une date récente, on considérait que les Orbitolines reposaient sur le fond par leur plus grande surface, c'est à dire leur surface poreuse.

Récemment, J. HOTKER présenta des arguments convaincants concernant une position de vie inverse. C'est la partie du test non poreux qui resterait en contact avec le sédiment.**

Cela expliquerait les formes anormales de certains individus dont la base est elliptique. Dans ce cas, les contraintes dues au milieu auraient déterminé cette déformation en génant le développement normal de l'individu.

Reproduction

La reproduction est soit sexuée, soit asexuée et se fait par une succession de deux types de générations :

- Les schizontes qui correspondraient aux formes microsphériques.
- Les gamontes qui correspondraient aux formes mégalosphériques.

Signalons enfin qu'il peut exister deux sortes de formes mégalosphériques qui entraineraient un trimorphisme, mais nous n'avons pu mettre en évidence un tel phénomène dans nos populations. Nous verrons, dans le chapitre suivant, quelles sont les différences morphologiques résultant de ce dimorphisme.

* Renseignement oral de P. LAT, rapportant une observation de P. CIRY

** Dès lors la partie apicale devient la partie basale, et c'est cette position que nous adopterons dans ce qui va suivre.

ETUDE MORPHOLOGIQUE ET STATISTIQUE

A.- LA MORPHOLOGIE EXTERNE.

Les Orbitolines sont des Foraminifères coniques dont une des faces du test est bombée ou plate et l'autre plane, concave ou convexe.

Leur coque est constituée d'une agglutination de matériel détritique pouvant avoir des origines diverses, cimenté par une fine pâte calcitique.

Leur test est formé d'un empilement unisérié de loges de diamètre croissant. Ces loges, dont les plus agées sont aussi les plus grandes, affectent la forme de coupelles ou de boite de Pietri dont les bords seraient dirigés vers le sommet. Elles sont divisées par des septa radiaux dont la section devient triangulaire à quelque distance de la partie externe. Leurs traces extérieures dessinent une succession d'anneaux concentriques lorsque le test est bien conservé. Par contre, si les Orbitolines sont usées, elles prennent un aspect caractéristique ressemblant "à un guillochage que l'on pratique sur les boites de montres" (J. F. PICTET & E. RENEVIER)

La partie conique ou cortex est dépourvue de pores. Seul le côté opposé constitué par le dernier plancher élaboré par l'animal est poreux. Ces loges sont secretées à partir d'un appareil embryonnaire, dont on distingue deux types : Les uns microsphériques et les autres mégalosphériques.

Les individus microsphériques, moins nombreux, débutent généralement par une spirale qui est un rappel de la forme ancestrale des Orbitolines. Cette spirale très courte laisse la place très rapidement à des loges normales.

Les formes mégalosphériques possèdent un appareil embryonnaire globuleux, de grande taille, situé au sommet chez les Orbitolines coniques, au centre chez les plates.

B.- LES TECHNIQUES UTILISEES POUR LES METHODES STATISTIQUES.

1.-Le lavage.

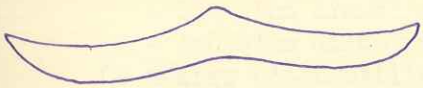
La première opération a consisté en un lavage des marnes provenant des cinq niveaux à l'aide de trois tamis dont le diamètre, en code AFNOR est respectivement 34, 32 et 28. Ce travail nous a permi d'obtenir trois lots d'éléments de diamètre compris entre 0,5 et 1,25 mm, 1,25 et 2 mm et de plus de 2 mm. Ce calibrage facilite le triage des échantillons.

2.- Le triage.

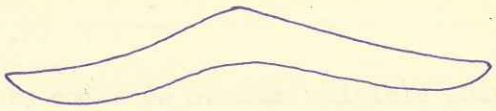
De chacun des cinq lots, nous avons recueilli au hasard 500 individus, en écartant toutefois les organismes trop abîmés ou encroûtés.

FORMES DES ORBITOLINES D'APRES HENSON FIG. 2

FORMES REFLECHIES ○

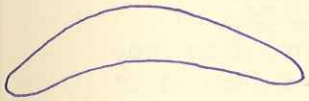


Conico-concave

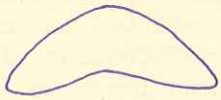


Convexo-concave

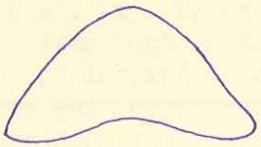
FORMES CONVEXO-CONCAVES ●



Basse

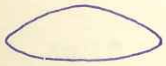


Haute



Haute

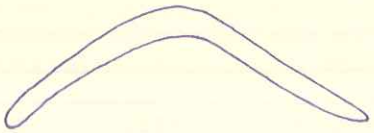
FORMES BICONVEXES ●



Basse

Haute

FORMES ANORMALES



Ces 500 individus se décomposent en :...
- 200 d'un diamètre supérieur à 2 mm.
- 200 d'un diamètre compris entre 1,25 et 2 mm.
- 100 d'un diamètre inférieur à 1,25 mm.

Ce nombre d'échantillons nous est apparu comme un minimum exigible pour des résultats statistiques valables.

3.- Observations sur le triage.

Pour ces cinq niveaux, les conditions géologiques semblent s'être reproduites de manière identique : Il s'agit d'un dépôt marneux avec des apports détritiques fins (quartz surtout) contenant de nombreux Foraminifères, principalement des Orbitolines. Nous y rencontrons également quelques macrofossiles tels que des tests d'oursins, des pinces de crabes, des Brachiopodes, des Bryozoaires, des dents de poisson...

Les Orbitolines recueillies ont des formes (cf. Fig. 2) et des tailles très diverses, leur diamètre variant de 0,5 à 8 mm et leur hauteur de 0,20 à 2,30 mm.

Le tableau représentant ces formes (Fig. 2) est inspiré de celui d'HENSON dont nous avons gardé la nomenclature. Les signes qui accompagnent les illustrations sont identiques à ceux qui ont été employés dans les graphiques de corrélation.

Sur les graphiques, nous avons également séparé les Orbitolinopsis et les Dictyoconus. Les premiers sont marqués par un petit x et les seconds par un petit triangle. Enfin, nous avons trouvé quelques formes d'Orbitolines abérrantes, jumelles ou triples, qui n'ont pas fait l'objet d'étude particulière.

L'apex des Orbitolines est plat, arrondi ou en forme de bouton.

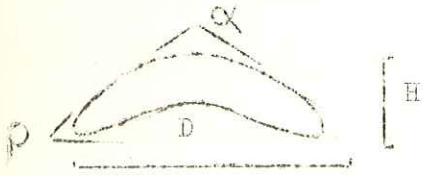
Nous n'avons pas essayé d'établir une classification spécifique à l'aide de ces différences morphologiques. Il est cependant utile de signaler les différents noms donnés à ces organismes par les géologues régionaux dans le Vercors, et de donner leur correspondance avec les noms cités par HENSON.

En 1852 A. GRAS étudiant les Orbitolines de la couche supérieure des Ravix, du Pré et du Mollard distingua deux espèces :
- L'une haute, convexo-concave : Orbitolina conoïdea.
- L'autre relevée, convexo-concave : Orbitolina discoïdea

En 1904, PAQUIER décrivait à Clôs d'Agout l'espèce Orbitolina boehmi qui est l'équivalent des formes basses biconvexes.

Signalons enfin que les formes hautes convexo-concaves de ce gisement ont été déterminées par H. DOUVILLE en 1912 sous le nom d'Orbitolina conulus.

4.- Les mesures.



Nous avons deux dimensions aisément mesurables : Le diamètre et la hauteur, mais il est d'autres critères numériques qui sont intéressants en particulier l'angle au sommet α et l'angle de raccordement β. Ces deux dernières mesures sont plus délicates et nous ne pouvions les envisager pour 2 500 échantillons.

De toute manière, des mesures précises de l'angle α ont été effectuées sur une centaine d'individus : Cet angle varie de 90° à 120°. Comme il induit la forme de l'Orbitoline et que cette forme a déjà été reconnue à l'oeil, sa mesure ne présente pas un intérêt essentiel.

Les diamètres ont été mesurés à l'aide d'un micromètre oculaire monté sur un binoculaire. Deux mesures ont été prises à angle droit pour chaque organisme, et seule la plus grande a été conservée. Les hauteurs ont été mesurées à l'aide d'un palmer précis au centième de millimètre.

Afin de manipuler facilement un groupe d'une centaine d'individus, nous avons utilisé une planchette percée d'une centaine d'encoches. Les hauteurs ont été mesurées en collant des rangées entières d'Orbitolines à l'aide d'un papier adhésif, l'épaisseur du papier étant déduite par la suite. Puis ces bandes étaient fixées sur des feuilles et repertoriées. Ce système nous a permis d'aller assez vite et de retrouver rapidement l'individu correspondant à des mesures particulières. Ces dernières étaient transcrites sur des tableaux doubles dont nous donnerons un exemple ici.

1er. diamètre en unité micrométrique	2ième diamètre en unité micrométrique
diamètre max. en unité micrométrique	Hauteur avec erreur en mm

Signe donnant la forme de l'Orbitoline	
Diamètre en mm	Hauteur sans erreur en mm

C.- LA STATISTIQUE

Le groupe des Orbitolinidae ne fut pas souvent étudié statistiquement et certains micropaléontologistes spécialistes de ces organismes pensaient même que toute étude de ce genre était vouée à l'échec. En effet, pouvait-on esperer obtenir quelque résultat de ces animaux apparemment polymorphes ? De plus, les critères morphologiques ne devaient-ils pas être abandonnés après avoir provoqué une grande confusion dans le passé ?

De fait, les méthodes actuelles nous conduisent elles aussi à des horizons très restreints, car la détermination valable d'une Orbitoline nécessite une coupe orientée passant par le centre de l'appareil embryonnaire. Ainsi, ne faut-il plus esperer reconnaitre une Orbitoline dans une roche dont la dureté interdit le dégagement d'un individu.

Les méthodes statistiques actuellement à notre disposition permettent d'obtenir de bons résultats dans certains cas, et il était intéressant de savoir si leur application aux Orbitolines apporterait quelque chose de nouveau. C'est dans cette optique que nous avons entrepris cette étude statistique, en relation étroite avec l'examen des caractères internes et de la morphologie externe.

La première étude statistique publiée sur les Orbitolines est, à notre connaissance, celle de O. LIEBERT (Thèse 1965), sur des populations contenues dans les "Schrattenkalk" du Säntis (Suisse).

Le matériel dont disposait cet auteur était constitué d'une part d'Orbitolines dégagées, malheureusement recristallisées et usées dont l'étude s'avera impossible par les méthodes actuelles et d'autre part de calcaires à Orbitolines.

En ce qui concerne ces derniers, il semble, d'après nos observations dans le Vercors, que le milieu calcaire ne convenait guère au développement de ces Foraminifères. D'ailleurs, le tableau illustrant cet ouvrage montre l'absence d'Orbitolines de petite taille ce qui indique un transport ou un tri différentie Enfin, l'auteur n'a pas séparé les larges formes microsphériques des formes mégalosphériques.

Tous ces éléments contribuent donc à fausser les moyennes, aussi faut-il utiliser celles-ci avec prudence, surtout dans le cas d'échantillons en nombre restreint.

Nous avons bénéficié, pour notre part, d'un matériel abondant, excellent, localisé manifestement dans son milieu de vie et bien conservé à tous les niveaux à l'exception des deux derniers (D et E) où les individus sont en partie recristallisés. Nous avons donc travaillé sur un nombre élevé d'individus et notre première surprise fut de constater que ces animaux, bien qu'échappant à toute description morphologique stricte, présentaient des corrélations très satisfaisantes et répondaient entièrement à ce qu'on pouvait leur demander sur un plan statistique.

C 1.- LES METHODES STATISTIQUES

Pour étudier ces Foraminifères, nous avons sélectionné deux méthodes qui sont, à notre avis, les plus démonstratives.

I.- Les distributions de fréquence

Elles permettent d'apprécier les fréquences d'une dimension dans une population donnée. Elles sont représentées graphiquement par des histogrammes. Dans le cas d'une espèce, ces distributions de fréquence se traduisent par une courbe en cloche ou courbe de Gauss.

Dans le cas de plusieurs espèces, nous obtenons une courbe de Gauss polymodale mais ces modes se chevauchent bien souvent. Il s'ensuit que ces courbes ne sont pas toujours très lisibles. Dans notre cas, nous nous sommes efforcés d'éliminer les genres différents, tels que le genre Orbitoinopsis ou le genre Dictyoconus, afin de faciliter la lecture de ces histogrammes.

Nous n'avons pas séparé les formes mégalosphériques des formes microsphériques sauf dans les deux derniers groupes (D et E) où le nombre des formes microsphériques est assez important pour être distingué.

Les trois autres lots (A, B et C) contiennent peu de formes microsphériques. Cela est dû en partie à des raisons d'ordre pratique car les petites formes microsphériques sont usées et encroûtées. De ce fait, elles se distinguent mal des formes mégalosphériques et leur séparation reste douteuse.

En conclusion, ces histogrammes sont dressés surtout à titre comparatif, car ces courbes peuvent être influencées par d'autres facteurs indépendants (croissance, mortalité ..) qui se traduisent par des modes désarmants quant à leur interprétation.

II.- Les courbes de croissance ou de corrélation.

Elles permettent d'observer si deux caractères sont liés et évoluent d'une manière concomitante tout au long de la croissance.

Dans notre cas, nous avons étudié les rapports diamètre-hauteur des tests. Pour cela, nous avons porté sur un syastème d'axes de coordonnées les hauteurs en abscisses et les diamètres en ordonnées, et ainsi, chaque point du graphique correspond à un couple de mesures. Si ces deux variables sont liées entre elles, les différents points se disposent sensiblement suivant une droite ou une courbe.

Dans le cas d'une croissance isométrique, et c'est notre cas *, la hauteur et le diamètre sont liés par une relation linéaire de la forme :

$$D = aH + b \qquad (1)$$

D : Diamètre
H : Hauteur
a : Taux de croissance
b : Constante fixant la droite suivant laquelle s'aligne les différents points.

Ainsi, pour étudier et comparer ces courbes de croissance nous avons employé, sur les conseils de Monsieur H. TINTANT, la méthode dite de "la droite de Teissier" ou "axe principal réduit"**. Cet axe principal réduit est la droite qui "réduit au minimum l'aire des triangles formés en chaque point par les parallèles aux axes de coordonnées et la droite en question".

Cet axe est une droite de la forme y = ax + b. Dans le cas présent, y est égal à D (diamètre) et x est égal à H (hauteur). Nous pouvons alors écrire :

$$D = aH + b \quad (2) \; ***$$

a est égal au rapport des écarts types, et l'on peut écrire d'autre part :

$$a = \frac{sD}{sH}$$

sD : Ecart type des diamètres
sH : Ecart type des hauteurs
Nous pouvons par ailleurs écrire: $sD = \sqrt{\frac{\Sigma D^2 - \frac{(\Sigma D)^2}{N}}{N}}$

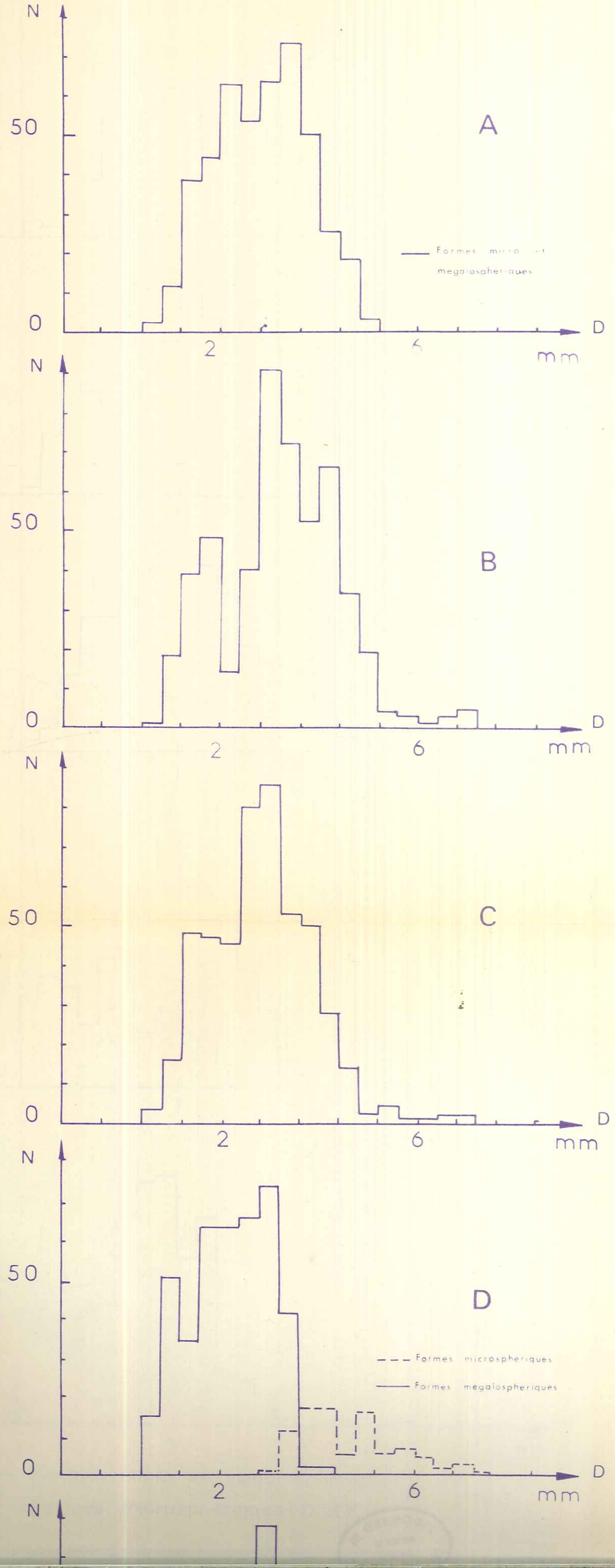
avec : ΣD : Somme des diamètres des échantillons.
ΣD^2 : Somme des carrés des diamètres des échantillons.

* En effet, les Orbitolines se développent dans une seule direction et par adjonction de parties semblables (au sens géométrique du terme)

** Cette méthode est expliquée en détail par J. IMBRIE. Biometrical methods in the study of invertebrate fossils. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. New York 1956 vol. 108 , Article 2.

*** L'équation (2) n'est qu'une équation de travail obtenue par nos mesures et elle n'est qu'une valeur approchée de l'équation réelle (1)

HISTOGRAMMES DES DIAMETRES



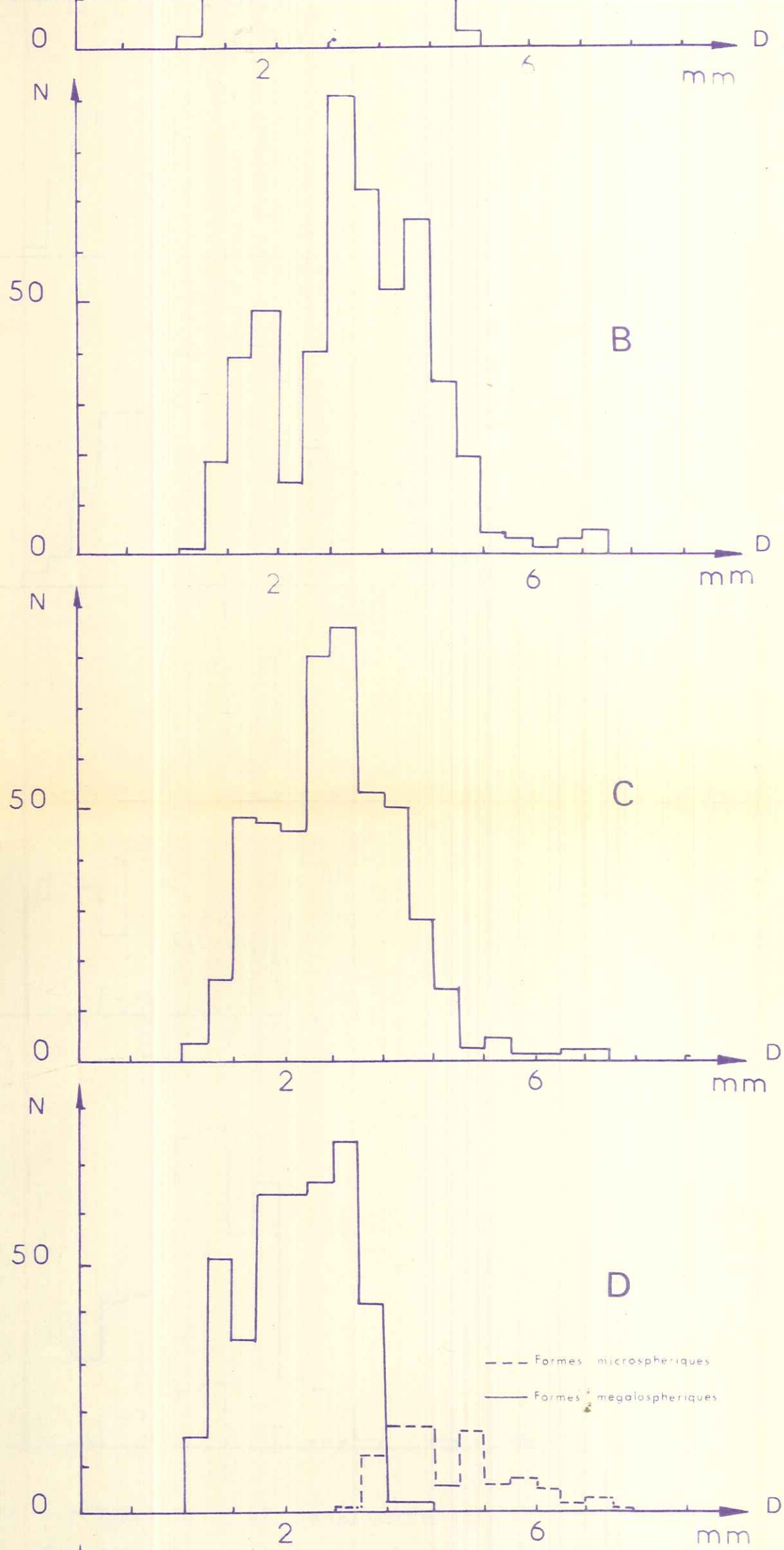

N
50
0
2
6
mm
D
B
C
D
E
Formes microspheriques
Formes megalospheriques

FIG 4

HISTOGRAMMES DES HAUTEURS

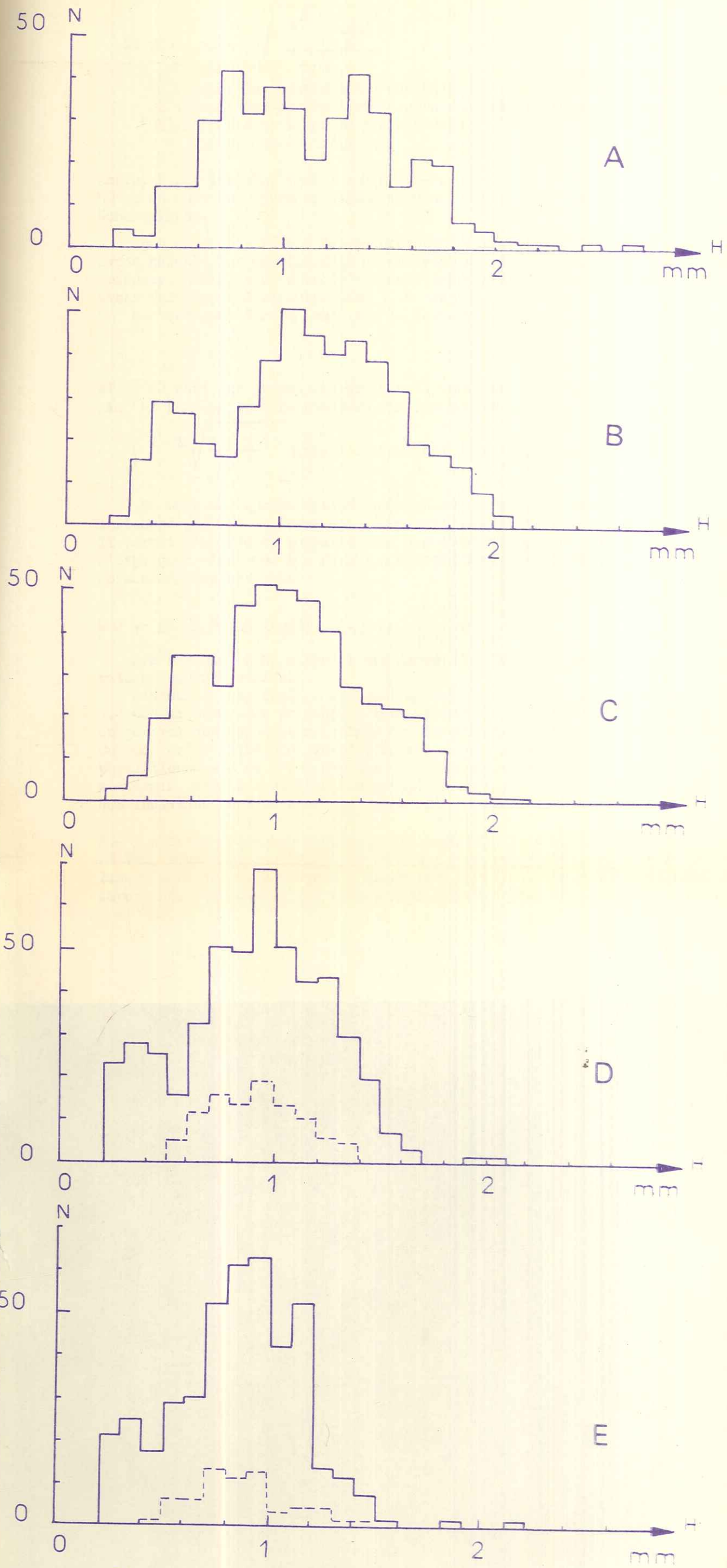


FIG 3

$(SD)^2$: Carré de la somme des diamètres
N : Nombre des échantillons.

De plus $sH = \sqrt{\frac{SH^2 - \frac{(SH)^2}{N}}{N}}$

SH : Somme des hauteurs des échantillon
SH^2 : Somme des carrés des hauteurs des échantillons.
$(SH)2$: Carré de la somme des hauteurs
N : Nombre des échantillons.

Enfin, b est lui-même égal à : b = MD - a MH
MD et MH sont les moyennes arithmétiques des diamètres et des hauteurs des échantillons.

Nous avons séparé les formes microsphériques et mégalosphériques, puis nous avons calculé les coefficients de corrélation et les équations des droites de Teissier. Enfin, pour pouvoir comparer les pentes de toutes ces droites, nous avons fait appel à un autre test : Le test Z.

Ce test peut être calculé par la formule :

$$Z = \frac{a1 - a2}{\sqrt{sa1^2 + sa2^2}}$$

a1 et a2 sont les pentes des droites de croissance (droites de Teissier)
sa1 et sa2 les erreurs standard sur les pentes

$a = sa\sqrt{\frac{1 - R^2}{N}}$ avec R coefficient de corrélation et N nombre d'échantillon

Le mode de représentation appliqué est très interessant car il n'est pas influencé par les facteurs qui faussent l'interprétation des histogrammes. Il permet d'apprecier immédiatement les différents modes de croissance et d'expliquer ainsi que les formes microsphériques se distinguent nettement des formes mégalosphériques.

C 2 .- ETUDE DES HISTOGRAMMES. (Fig. 3 et 4)

Les histogrammes, malgré leurs inconvénients, permettent de faire des comparaisons souvent utiles.

L'étude de nos cinq groupes met en évidence trois faits essentiels :

1.- Ces histogrammes présentent tous un mode bien caractéristique correspondant en général aux moyennes calculées des formes mégalosphériques (cf. tableau 1) Ce mode est sensiblement le même dans les cinq groupes. Mais alors que dans les populations A, B et C les courbes de Gauss décroissent lentement, cette courbe se termine brutalement dans les groupes D et E par suite de la disparition des individus dont le diamètre dépassait 3,6 mm et la hauteur 1,2 mm.

2.- Les formes microsphériques se distinguent mal car elles ont en très petit nombre, sauf dans les groupes D et E où, plus nombreuses, elles s'individualisent dans les diagrammes des diamètres. En effet, leurs largeurs sont plus importantes que celles des formes mégalosphériques.

TABLEAU 1

GROUPE	N	MD	MH	sD	sH	a	a	R	DROITE DE TEISSIER
M									
Gr.A	384	2,8170	1,1326	0,961	0,405	2,37	0,0948	0,63	y = 2,37 x + 0,13
Gr.B	446	2,7209	1,1098	0,955	0,411	2,32	0,0440	0,92	y = 2,32 x + 0,15
Gr.C	456	2,6845	1,0741	0,900	0,383	2,34	0,0421	0,92	y = 2,34 x + 0,17
Gr.D	400	2,2037	0,9087	0,824	0,369	2,23	0,0691	0,79	y = 2,23 x + 0,18
Gr.E	417	2,2355	0,9288	0,827	0,360	2,29	0,0687	0,79	y = 2,29 x + 0,11
m									
Gr.A	13	3,8192	1,0430	1,007	0,297	3,39	0,3899	0,91	y = 3,39 x + 0,28
Gr.B	15	5,2506	1,2920	1,050	0,274	3,83	0,5320	0,77	y = 3,83 x + 0,30
Gr.C	9	5,6977	1,4388	1,437	0,446	3,22	0,7213	0,74	y = 3,22 x + 1,06
Gr.D	88	4,6422	0,9081	1,024	0,190	5,38	0,4950	0,51	y = 5,38 x - 0,24
Gr.E	63	4,2671	0,8577	1,332	0,226	5,89	0,5065	0,73	y = 5,89 x - 0,78
X									
Gr.A	29	1,0468	0,9000	0,154	0,136	1,13	0,1571	0,66	y = 1,13 x + 0,03
Gr.B	12	0,6966	0,6725	0,121	0,192	0,63	0,0958	0,85	y = 0,63 x + 0,27
Gr.C	13	0,7369	0,6561	0,098	0,110	0,89	0,2376	0,27	y = 0,89 x + 0,15

GROUPE TESTE	TEST Z.
M	
A et B	0,476 NS
B et C	0,227 NS
C et D	1,359 NS
D et E	0,619 NS
A et D	1,196 NS
A et E	0,677 NS
m	
A et B	0,592 NS
B et C	0,663 NS
C et D	2,468 S
D et E	0,720 NS
A et E	2,912 HS
X	
A et B	2,717 HS
B et C	1,016 NS

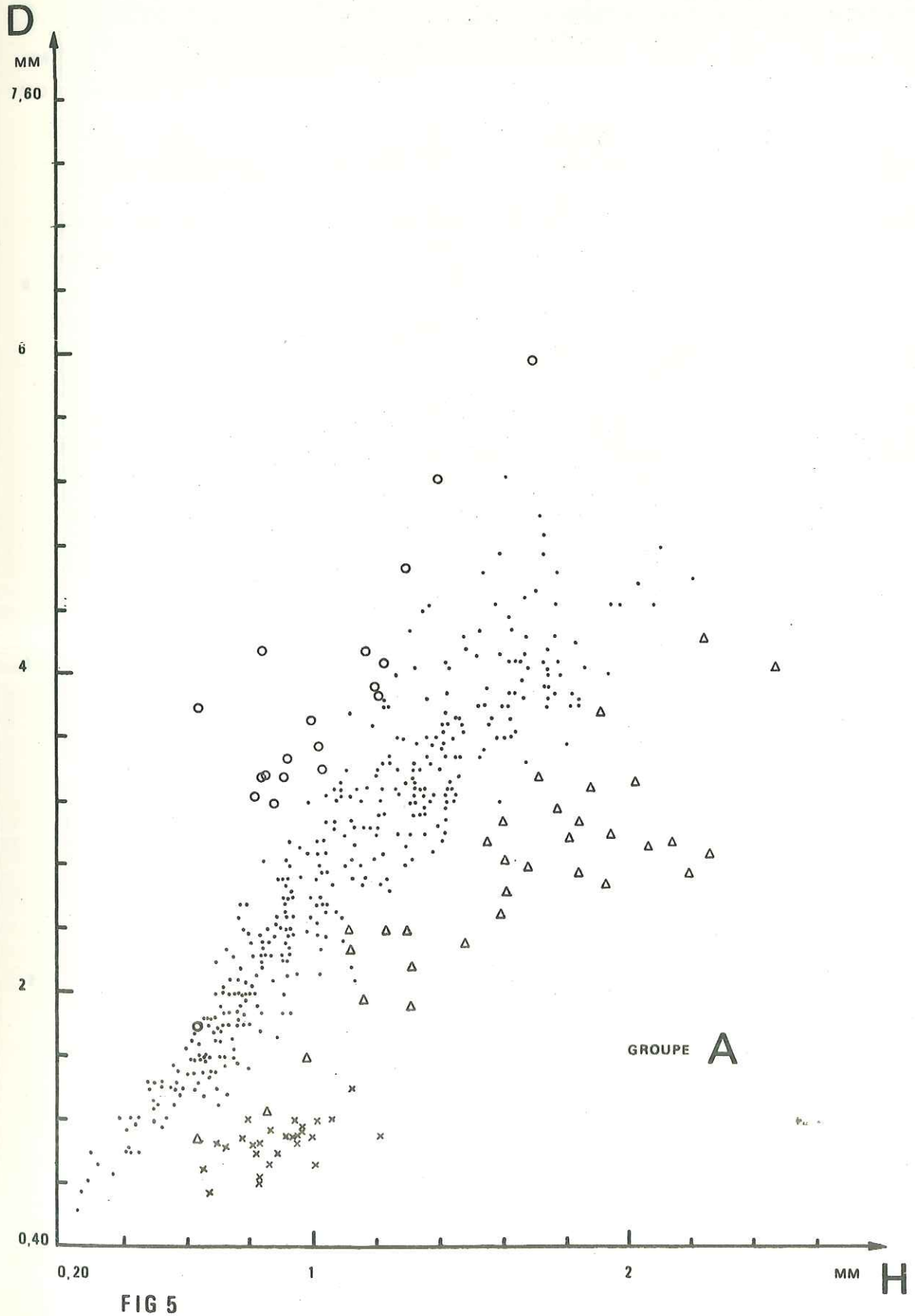


FIG 5

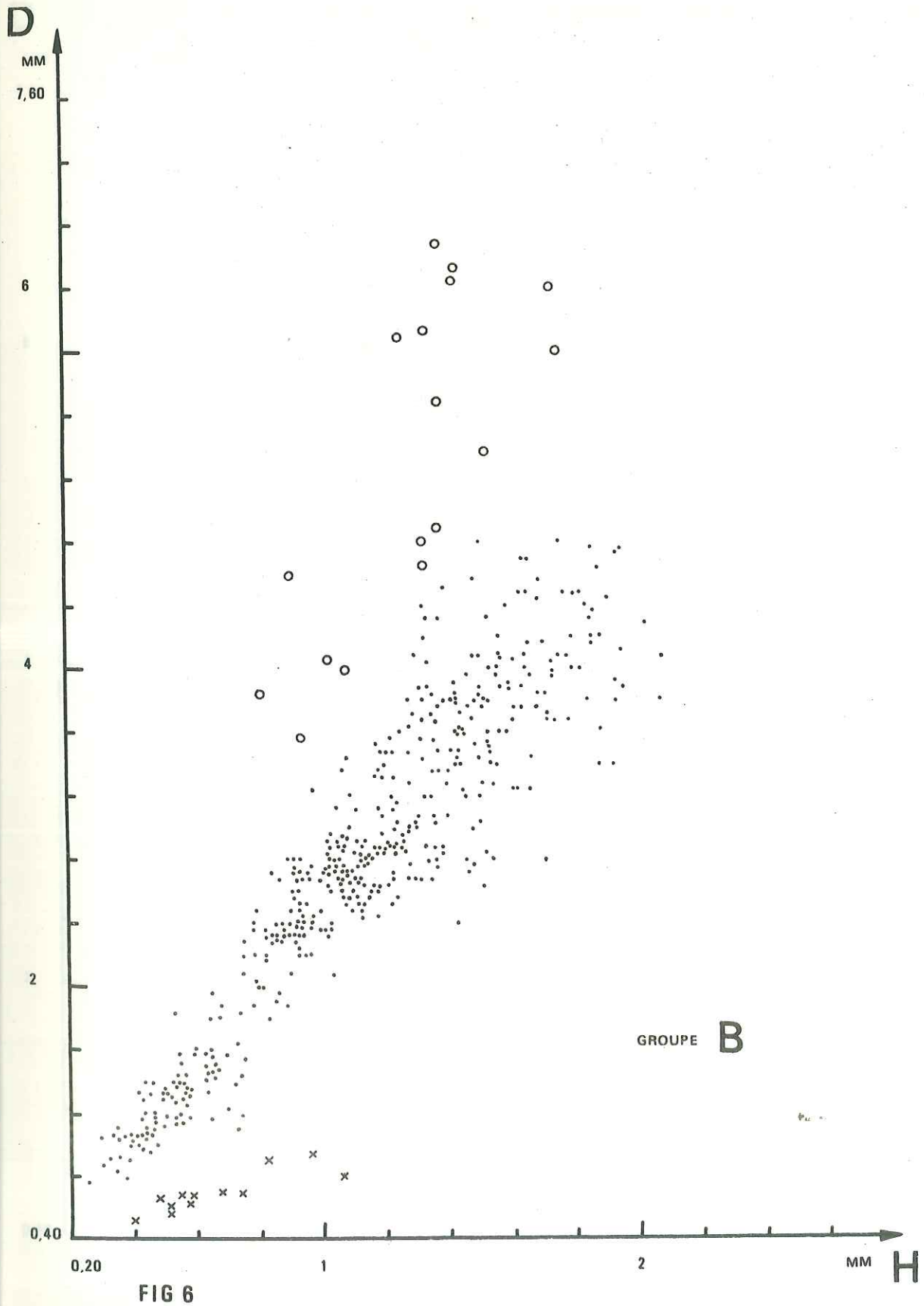


FIG 6

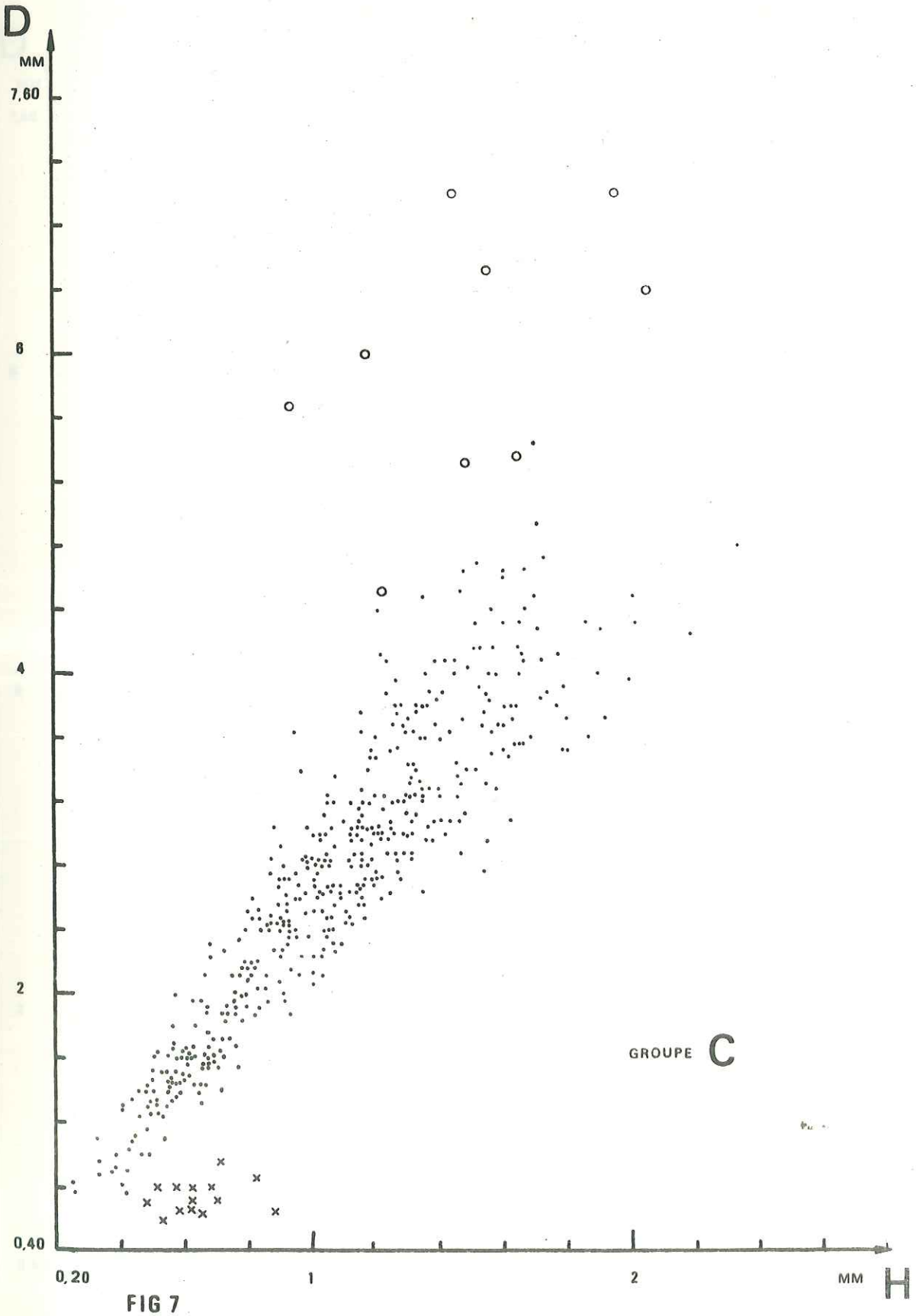


FIG 7

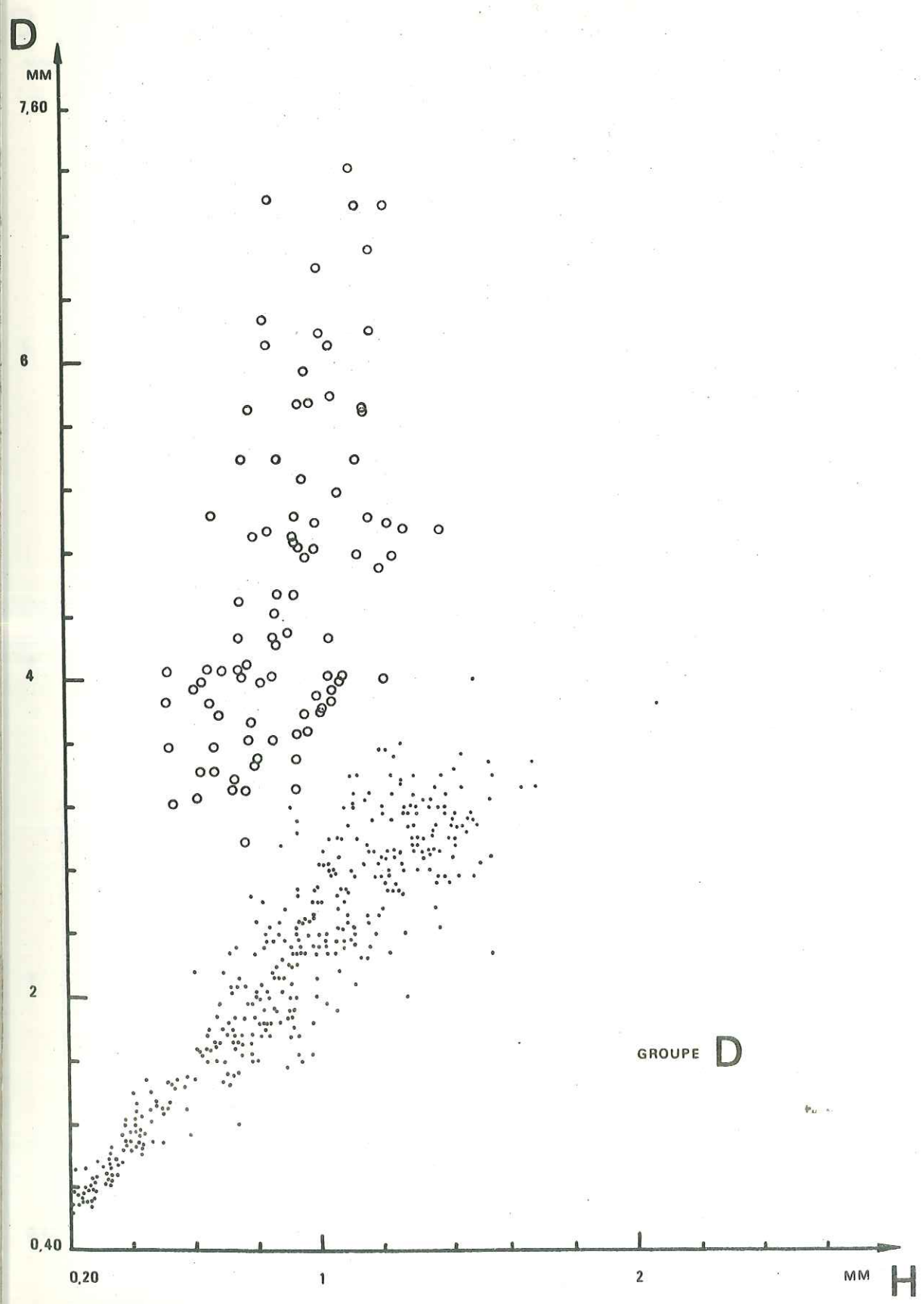


FIG 8

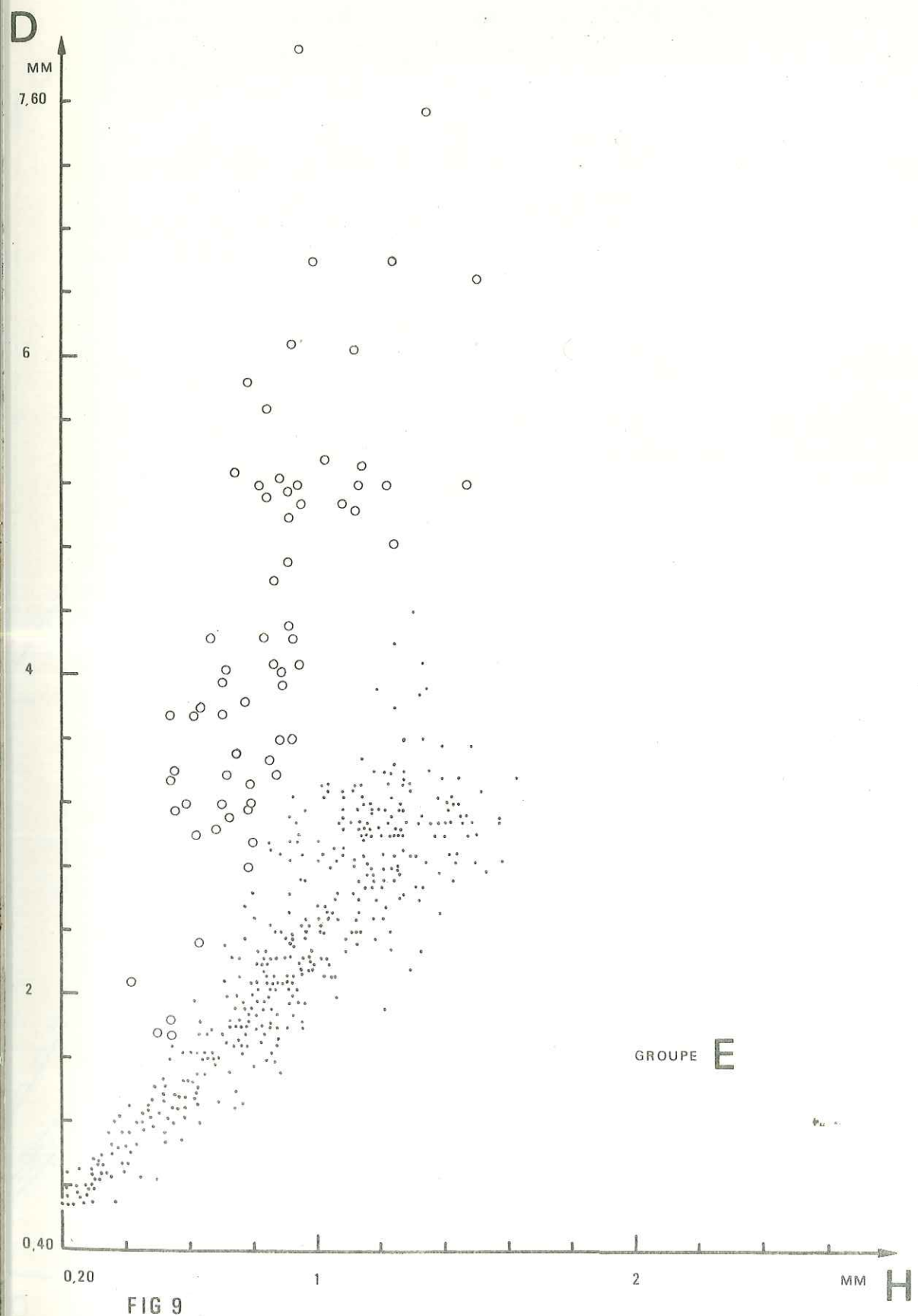


FIG 9

COMPARAISON DES DROITES DE TEISSIER

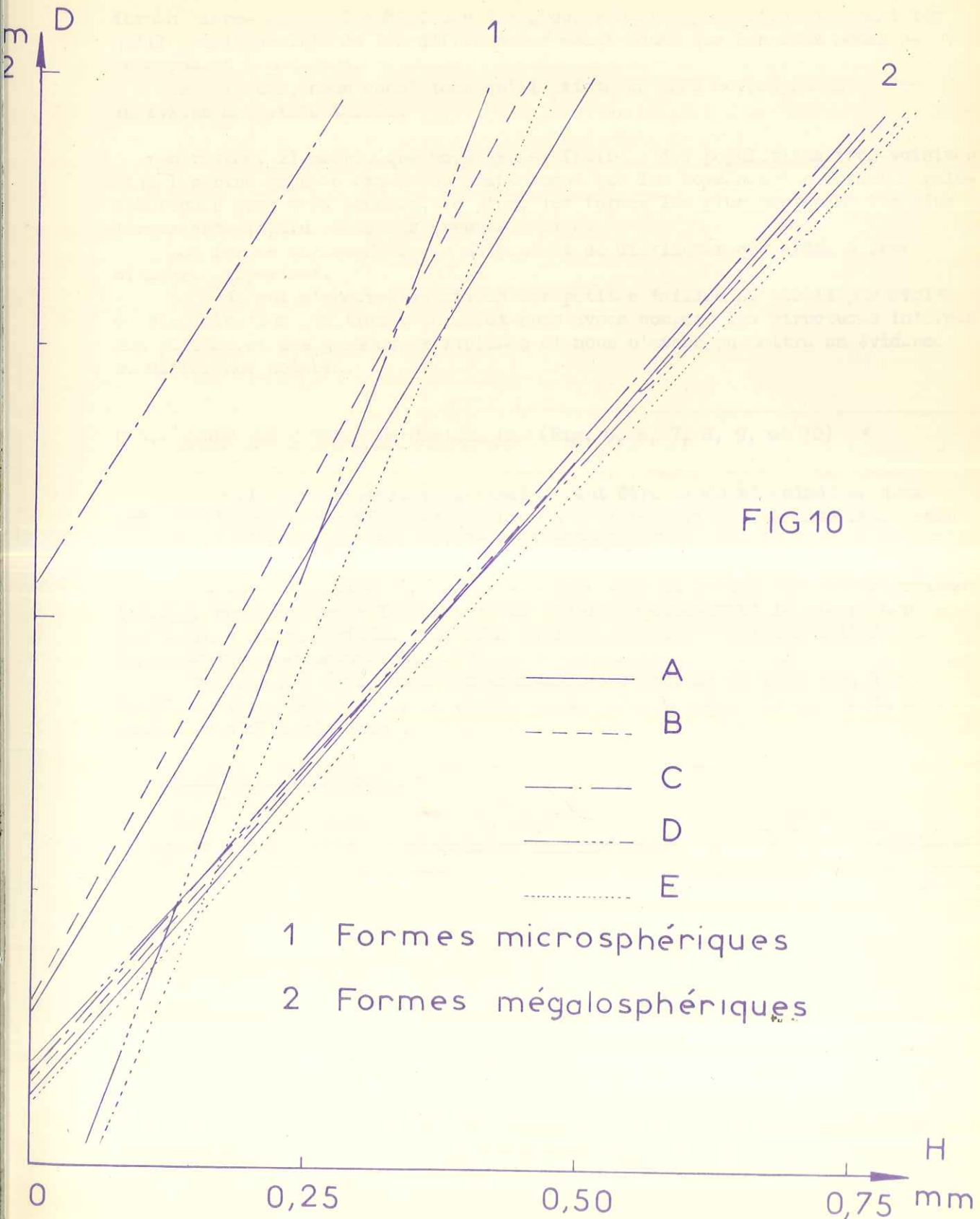


FIG 10

Pour les hauteurs, les deux histogrammes des formes microsphériques et des formes micro- et mégalosphériques des groupes D et E permettent de constater qu'il est impossible de les différencier étant donné que les deux modes se superposent à peu près.

Par ailleurs, nous constatons qu'il existe un mode correspondant à des individus de petite taille.

En résumé, il semble que nous ayons affaire à des populations très voisines dans les cinq groupes examinés, étant donné que les moyennes des formes mégalosphériques sont très proches. De plus, les formes les plus hautes et les plus larges ont disparu dans les groupes D et E.

Les formes microsphériques ne peuvent se distinguer que grâce à leur diamètre important.

Le mode qui s'observe au niveau des petites tailles ne paraît pas avoir de signification génétique. En effet nous avons comparé les structures internes des petites et des grandes orbitolines et nous n'avons pu mettre en évidence de différence notable.

C 3.- ETUDE DES COURBES DE CROISSANCE. (Fig. 5, 6, 7, 8, 9, et 10) *

L'ensemble des Orbitolinidae étudié peut être aisément scindé en deux grâce à l'étude des différents graphiques : D'une part les Orbitolines sensu stricto et d'autre part les petits Orbitolinidae.

Après avoir ouvert une courte parenthèse pour le groupe des petits Orbitolinidae, nous donnerons les principaux résultats concernant le groupe des Orbitolines sensu stricto, puis nous expliquerons ces résultats à l'aide de considérations structurales.

Le tableau n°1 nous donne les équations des droites de Teissier, les coefficients de corrélation de chaque groupe et les resultats des tests Z entre les différents lots .

1. Les petits Orbitolinidae.

Les trois premiers lots (A, B, et C) contiennent des Orbitolinidae appartenant aux genres Dictyoconus et Orbitolinopsis, nettement individualisés sur les courbes de croissance.

1. les Dictyoconus

Ce sont des individus de grande taille contenus dans le lot A. Ils possèdent des formes micro- et mégalosphériques malheureusement peu distinguables à l'oeil. Pour cette raison, et à cause de leur petit nombre, nous n'avons pas entrepris d'étude statistique.

Ces Dictyoconus sembleraient appartenir à une forme nouvelle, car on ne connait pas d'individus de si grande taille, à l'exception du Lectodictyoconus giganteus Schroeder, mais ce dernier, comme son nom l'indique, ne possède pas de crosse de départ excentrée.

* La légende des courbes de corrélation se trouve dans la table des matières.

2.- Les Orbitolinopsis (cf. tableau 1)

Nous distinguerons deux groupes d'Orbitolinopsis car les courbes de croissance montrent des différences de pentes hautement significatives. D'une part nous considérons ceux contenus dans le groupe A et d'autre part ceux des lots B et C.

- Le premier groupe (A) possède des Orbitolinopsis dont les dimensions moyennes sont de 1,05 mm pour les diamètres et de 0,90 mm pour les hauteurs.
- Les deux lots suivants (B et C) contiennent des Orbitolinopsis plus petits dont le diamètre moyen est voisin de 0,73 mm (B) et 0,69 mm (C) et la hauteur moyenne 0,65 mm (B) et 0,67 mm (C).

Nous nommerons Orbitolinopsis a les individus du lot A et Orbitolinopsis b ceux des lots B et C.

Leur étude et leur détermination seront entreprises dans un chapitre ultérieur

II.- Les Orbitolines.

1.- Les formes mégalosphériques.(cf. tableau 1)

Les nuages de points des populations A, B, et C se superposent sensiblement ainsi que ceux des populations D et E.

Les droites de Teissier de ces cinq groupes ne se distinguent guère les unes des autres, mais si nous comparons les nuages de points des trois premières populations et ceux des deux dernières, nous nous rendons compte que les formes de grande taille ont disparu des niveaux D et E. Par contre le test Z reste toujours non significatif.

2.- Les formes microsphériques.(cf. tableau 1)

Leur étude est beaucoup plus difficile car les échantillons sont peu nombreux dans les trois premiers lots (A, B et C)

L'examen des moyennes prouve cependant que les formes des groupes A, B et C sont plus hautes que celles des groupes D et E. De plus les formes du groupe A ont une taille inférieure à celle des groupes B et C.

Les différents tests montrent que les trois premiers groupes ne se distingue pas mais qu'il existe une différence significative entre les groupes C et D, et une différence hautement significative entre les groupes A et D.

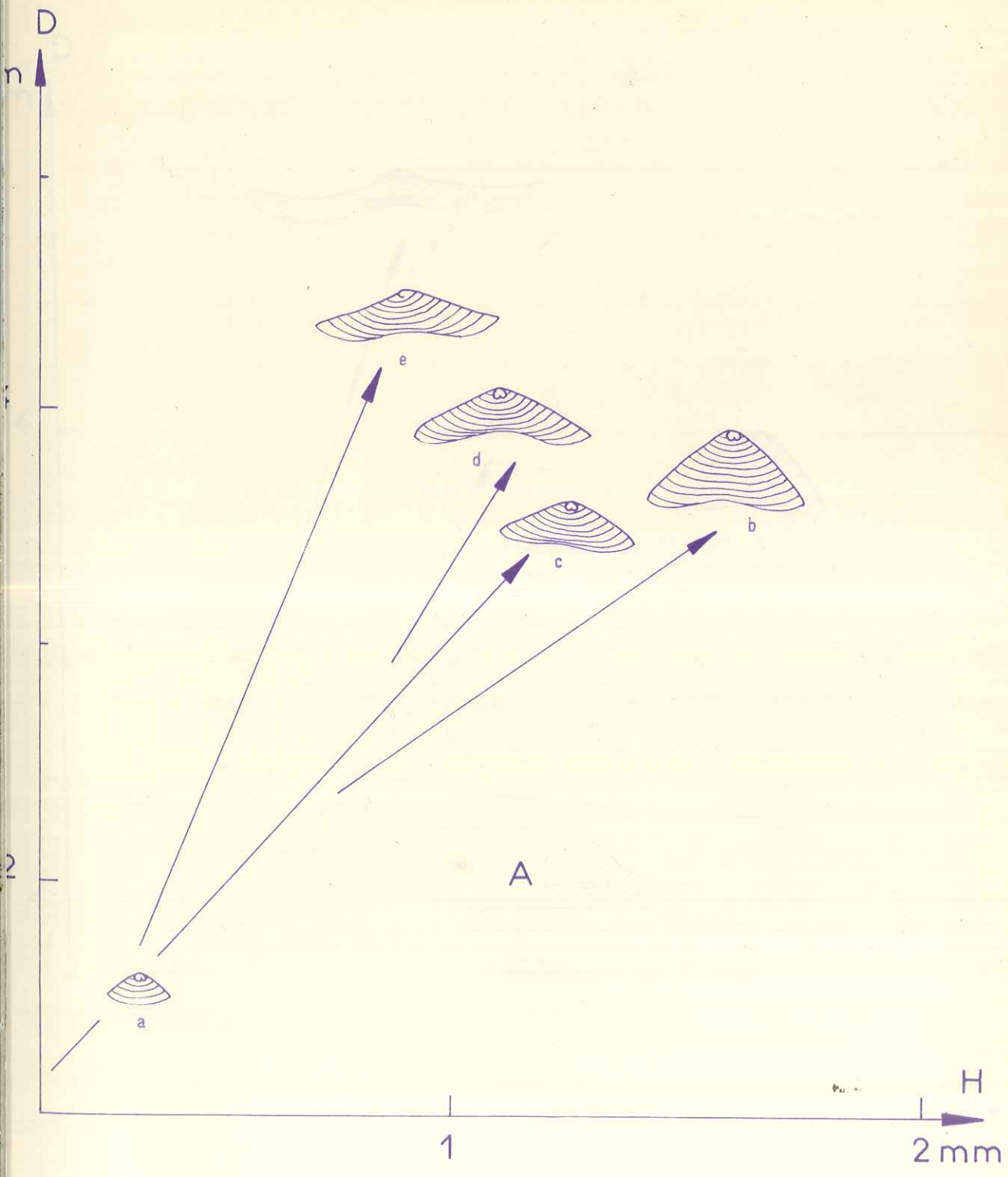
Enfin, le coefficient b de la droite de Teissier devient négatif pour les deux derniers groupes (D et E) (cf. Fig. 10)

3.- Essai d'explication (cf. Fig. 11, 12 et 13)

a.- Mode de croissance des Orbitolines :

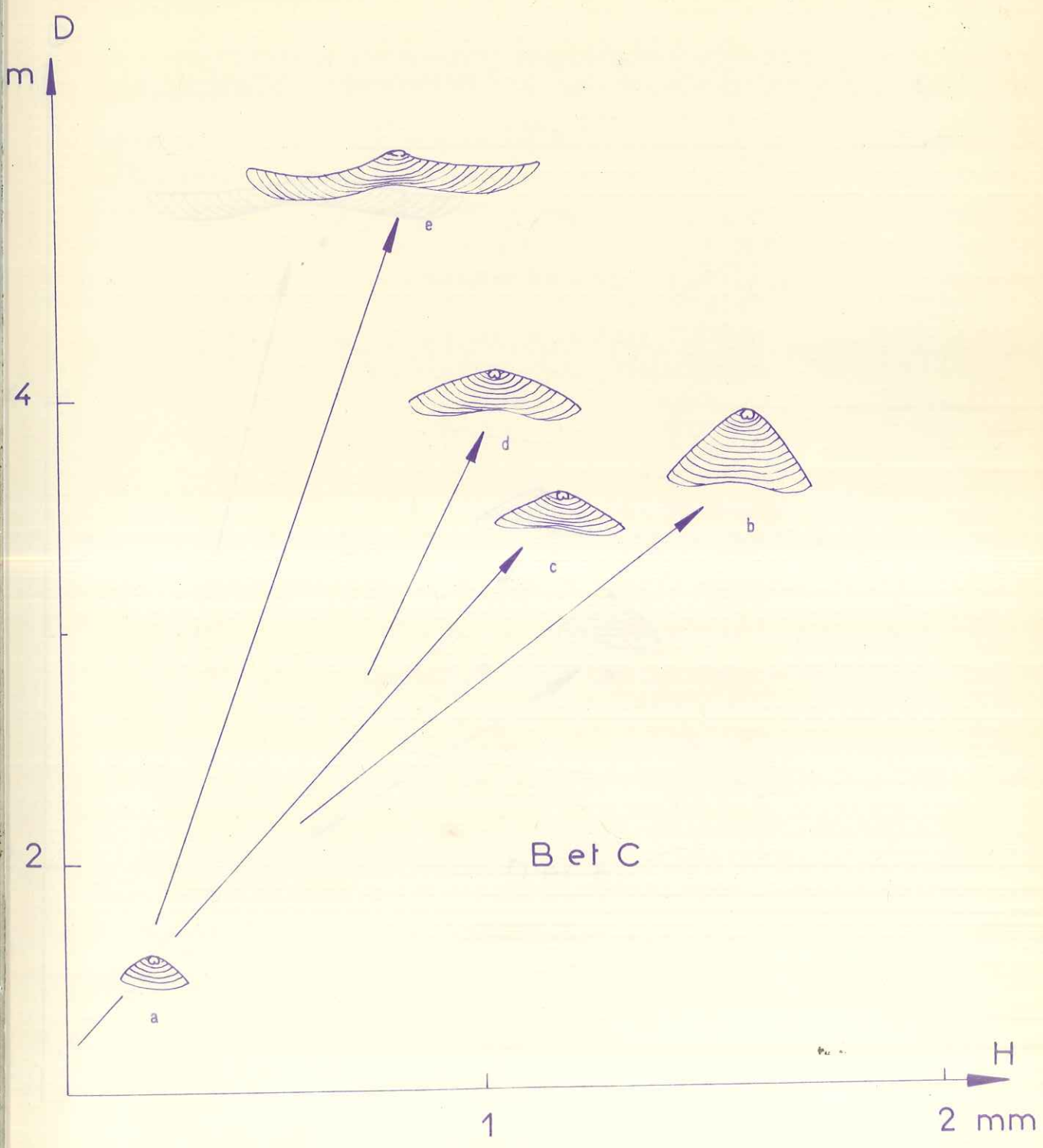
Le mode de croissance donne sa forme à l'Orbitoline.

FIG 11



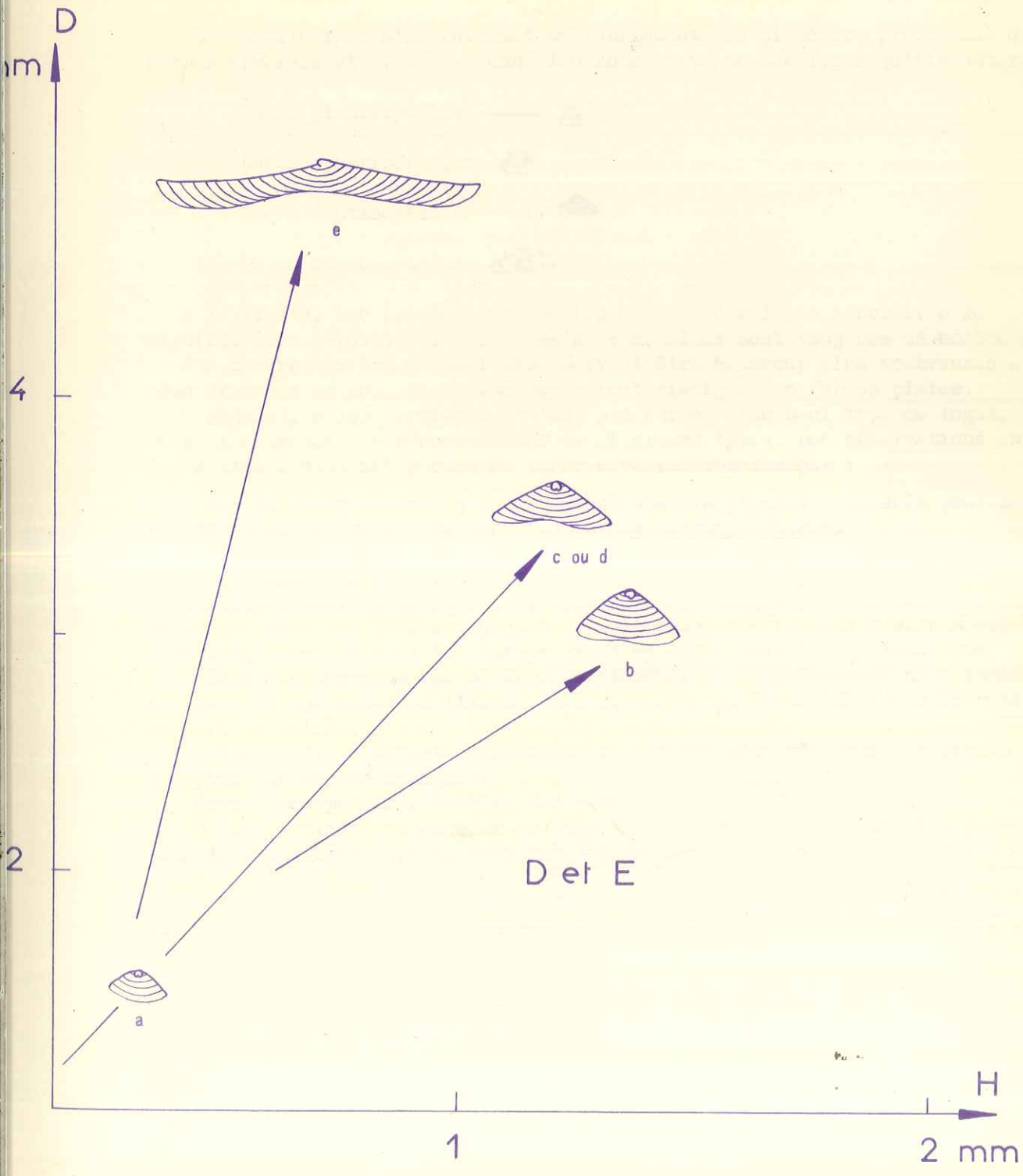
INTERPRETATION SCHEMATIQUE DES DIAGRAMMES DE CORRELATION.

FIG 12



INTERPRETATION SCHEMATIQUE DES DIAGRAMMES DE CORRELATION.

FIG 13



INTERPRETATION SCHEMATIQUE DES DIAGRAMMES DE CORRELATION

Ainsi, pour comprendre les anomalies des courbes de corrélations et des histogrammes, nous allons tout d'abord examiner le déroulement de cette croissance puis essayer d'expliquer ces anomalies à travers celle-ci.

Les Orbitolines s'accroissent en fabriquant des planchers présentant des formes diverses et P. Ac. a donné les noms suivants aux loges qu'ils déterminent.

Loges planiseptales ———

Loges sphériseptales

Loges scutiseptales ———

Loges sigmoseptales

A la limite, les loges sigmoseptales donnent des loges annulaires de signification géroutique, mais dans ce cas, elles sont toujours en nombre restrei

Par contre ces loges annulaires peuvent être beaucoup plus nombreuses et nous arrivons au mode de croissance caractéristique des formes plates.

Cependant, chaque Orbitoline n'est pas formée d'un seul type de loges, mais elle présente des successions de plusieurs types. Des observations en lames minces nous ont permis de tirer diverses conclusions :

- Les premiers planchers apparus sont sphériseptaux que ce soit pour les formes mégalosphériques ou pour les formes microsphériques.

- Ces planchers sphériseptaux cèdent la place à des planchers de formes différentes. Ceux-ci apparaissent plus ou moins tardivement et nous pouvons noter que chez les formes coniques les planchers sphériseptaux subsistent plus longtemps que chez les formes ayant un angle apical plus important.

Ainsi pensons nous que ce type de plancher ne peut dépasser un certain diamètre et que celui-ci atteint, des planchers de formes différentes vont prendre le relais.

Evidemment, ce diamètre critique est atteint plus tôt pour les formes plates que pour les formes coniques.

Nous avons pu ainsi établir des schémas figurant des Orbitolines en coupe selon leur emplacement sur les graphiques de corrélation. Seules les formes les plus typiques sont représentées sur ces schémas.(cf. Fig. 11, 12 et 13)

b.- Explication de l'interpretation schematique des diagrammes de corrélation

Dans les figures 11, 12 et 13, nous avons dessiné, pour chacun de ces diagrammes de corrélation, cinq Orbitolines vues en coupe. (A l'exception de la figure 13 où il n'y en a que quatre).

- La plus petite Orbitoline représente un individu aux premiers stades de développement (a)

- Les trois Orbitolines mégalosphériques de taille plus grande sont des adultes dont l'angle apical plus ou moins ouvert a déterminé des formes très caractéristiques :

. Une forme conique (b)
. Une forme lenticulaire (c)
. Une forme plate (d)

- Enfin, le dernier dessin représente une forme microsphérique adulte (e).

Les premières loges qui se développent autour de l'appareil embryonnaire sont sphériseptales. Ce développement primitif, identique pour toutes les Orbitolines mégalosphériques et microsphériques explique le peu de dispersion qui existe vers le bas de tous les diagrammes.

Nous allons étudier la succession des planchers chez les individus mégalosphériques, puis nous passerons aux formes microsphériques.

c. Mode de croissance des formes mégalosphériques de nos cinq groupes.

- Groupe A :

Nous avons vu que les loges sont toujours sphériseptales pour les organismes jeunes.

Les formes à petit angle apical (b) possèdent des loges sphériseptales, puis sigmoseptales et parfois quelques loges annulaires.

Les formes dont l'angle apical est plus grand (c et d) présentent la même succession de loges, mais lorsque cet angle croit, le nombre de loges sphériseptales diminue et celui des loges sigmoseptales, dont la partie centrale s'amincit progressivement, augmente.

Les adultes se terminent presque toujours par quelques loges annulaires.

Les formes coniques sont évidemment très caractéristiques car elles peuvent atteindre de bonnes dimensions, et nous pensons que celles-ci ont été décrites par M. DOUVILLE sous le nom d'Orbitolina conulus quand on lui a soumis des échantillons provenant de la couche à Orbitolines de Clos d'Agoût. *

- Groupes B et C :

Nous avons groupé ces deux lots car nous n'avons pas pu constater entre eux de différences.

Les individus jeunes débutent par quelques loges sphériseptales, puis, très vite, nous assistons à un aplatissement de ces dernières qui deviennent scutiseptales (a).

Pour les Orbitolines les plus coniques (b), c'est à ce stade de développement que s'arrête bien souvent la croissance. Elle peut se poursuivre dans certains cas, et il se forme alors des loges sigmoseptales et même quelques loges annulaires. La forme obtenue est celle de l'Orbitolina conoïdea Gras des Ravix et du Rivet.*

Les individus à angle apical plu grand (c et d) présentent la même succession dans leur croissance que celle des individus coniques ci-dessus, et conservent l'aspect de leurs homologues du groupe A.

* Une telle identification sera justifiée ultérieurement.

- Groupes D et E :

Nous avons réuni ces deux groupes pour les mêmes raisons que précédemment.

Mais ici, nous observons qu'au stade sphériseptal succède brutalement quelques loges annulaires. De ce fait, les Orbitolines obtenues ont un diamètre plus petit et ressemblent à des lentilles. Dans ce cas, les formes (c) et (d) ne se distinguent plus et on remarque seulement les formes (b) à cause de leur aspect conique.

Elles ont alors exactement l'aspect de l'Orbitolina lenticularis Blumenbach. *

Cet e vue générale est cependant quelque peu schématique car :
- Il existe également dans le groupe A des loges planiseptales et des planchers scutiseptaux.
- On trouve parfois, dans les groupes D et E, des planchers sigmoseptaux, mais cela paraît être soit un accident, soit un artefact car ils sont très peu nombreux.

En résumé, nous avons pu constater qu'il y avait disparition d'un stade de croissance (stade sigmoseptal) entre les groupes C et D, et que celle-ci entraînait naturellement une diminution de taille.

d.- Mode de croissance des formes microsphériques de nos cinq groupes.

Le stade de développement des jeunes est identique à celui des formes mégalosphériques.

- Groupe A :

Ici les formes microsphériques se distinguent mal des formes mégalosphériques. On retrouve la succession des loges sphériseptales ——— loges sigmoseptales, mais les loges annulaires sont encore peu nombreuses et semblent être une exagération des loges sigmoseptales.

- Groupes B et C :

La différence entre les formes micro- et mégalosphériques est plus marquée. Les loges se succèdent ainsi :

Loges sphériseptales ——— loges scutiseptales ——— loges sigmoseptales

Les loges annulaires sont bien développées et l'on obtient des formes de grande taille dont l'allure évoque celle d'Orbitolina discoïdea Gras.*

* Une telle identification sera justifiée ultérieurement.

- Groupes D et E :

La différence entre les formes micro- et mégalosphériques est encore plus nette. Il existe des loges sphériseptales auxquelles succèdent des loges annulaires très développées.

Bien entendu, les différences entre les groupes ne sont pas aussi tranchées et on peut retrouver quelques planchers sigmoseptaux chez certains individus des groupes D et E.

En résumé, nous observons pour les formes microsphériques la même disparition du stade de croissance sigmoseptal que pour les formes mégalosphériques. Cet accident ne s'accompagne pas d'une diminution de taille visible, car cette diminution normale a été compensée par une augmentation importante du nombre de loges annulaires.

Ces loges annulaires, très peu nombreuses dans le groupe A, se multiplient et deviennent un mode de croissance normal chez les derniers groupes.

c.- Essai d'explication.

L'étude statistique a mis en évidence deux anomalies. Nous allons tenter de les expliquer par des phénomènes produits au cours de la croissance.

- Première anomalie :

La disparition des individus mégalosphériques de grande taille, dans les groupes D et E, se traduit par une chute brutale des courbes de Gauss et une réduction des nuages de points.

Cette anomalie est, à notre sens, liée à la disparition du stade de croissance sigmoseptal dans les populations D et E. Effectivement, dès ce moment, des individus de grande taille ne peuvent plus se constituer.

Ce stade de croissance adulte disparu, les Orbitolines vont conserver les stades de croissance juvénils et ces derniers sont identiques à ceux des populations A, B et C. Ainsi, les droites de Teissier des cinq populations ne vont pas varier et cela explique qu'on ne peut pas différencier graphiquement les droites de Teissier des formes mégalosphériques.

En ce qui concerne les formes microsphériques, nous avons déjà exposé pourquoi, malgré son existence, cette anomalie n'était pas visible.(cf. le paragraphe C 3, 3, d)

- Deuxième anomalie :

Quand on remonte la série stratigraphique, les droites de croissance des individus microsphériques se redressent progressivement et tendent à devenir parallèles à l'axe des ordonnées (portant les mesures des diamètres).

Ce phénomène se traduit par une différence significative entre les populations C et D et hautement significative entre les populations A et D.

Nous allons essayer d'expliquer cette anomalie en observant ce qui se passe dans les populations A, B et C, et D et E.

-Dans la population A, la droite de Teissier des formes microsphériques et celle des formes mégalosphériques sont très proches. En effet, les formes microsphériques ressemblent à des formes mégalosphériques tres plates car elles ne possèdent pas de stade de croissance annulaire.
Elles ne s'en distinguent que par un angle apical plus ouvert et quelques loges annulaires supplémentaires.

- Dans les populations B et C, les droites de Teissier des formes microsphériques s'écartent de plus en plus de celles des formes mégalosphériques. Ici, les formes microsphériques ont adopté un mode de croissance annulaire, mais le passage des loges sigmoseptales aux loges annulaires est très progressif et certaines loges annulaires sont en fait des loges sigmoseptales complètement aplaties dans leur partie centrale. Aussi, la hauteur va continuer à varier légèrement en fonction du diamètre.

- Dans les populations D et E, les droites de Teissier sont extrêmement redressées (formes microsphériques) et leurs coefficients b sont même négatifs.
Dans ces niveaux, les formes microsphériques ont de vraies loges annulaires et il n'existe plus de passage progressif par l'intermédiaire de loges sigmoseptales. Ainsi l'orbitoline n'atteindra sa hauteur définitive qu'après le stade sphériseptal. Dès lors les droites de croissance traduisent les variations du diamètre pour une hauteur constante et ce fait explique que ces droites tendent à devenir parallèles à l'axe portant les diamètres.

En conclusion, les variations des droites de Teissier traduisent l'acquisition progressive du stade de croissance annulaire par les individus microsphériques.

D.- CONCLUSIONS.

L'examen statistique et morphologique des cinq populations de l'Achard nous a permis de relever deux modifications architecturales chez celles-ci.

- Une modification brutale : Disparition d'un stade de croissance adulte entre les populations D et E.

- Une modification plus lente : Acquisition progressive d'un stade de croissance annulaire.

LA MORPHOLOGIE INTERNE

FACULTÉ DES SCIENCES
LABORATOIRE
DE GÉOLOGIE
DE GRENOBLE

A la suite des perspectives ouvertes par l'étude statistique, nous ne pouvions ignorer plus longtemps la structure interne de ces Foraminifères.

Nous avons déjà exposé les premiers résultats de cette confrontation étude statistique - étude des caractères internes. En effet, la forme des loges nous permet d'expliquer certaines anomalies statistiques, et nous avons détaché ce paragraphe du chapitre traitant de la morphologie interne car, à notre avis, allure extérieure et forme des planchers sont deux éléments intimement liés. Enfin, pour les auteurs actuels le terme structure interne est souvent synonyme d'étude de l'appareil embryonnaire.

L'observation de cette petite partie des Orbitolines nous a conduit à l'utilisation de techniques particulières que nous exposons ci-dessous.

A.- LES TECHNIQUES UTILISEES.

Le but de ce travail est d'obtenir des coupes axiales passant par le centre de l'appareil embryonnaire. Pour cela, nous avons utilisé les méthodes préconisées par J. HOFKER. En premier lieu nous marquons l'apex d'une Orbitoline par un point de bleu de Méthylène. Puis grâce à du baume du Canada préalablement cuit, nous collons notre échantillon sur le bord de la lame, en faisant de sorte qu'un peu moins de la moitié se trouve à l'extérieur (1).

Cette partie non protégée est d'abord usée sur un tour avec du corindon puis terminé à la main sur une plaque de verre avec de l'abrasif fin (800) jusqu'à ce que le rebord de la lame soit atteint.

A la fin de cette opération, le plan de coupe de l'Orbitoline est rectiligne. En réchauffant le baume du Canada, nous pouvons alors retourner l'échantillon sur la lame de verre afin que son côté déjà coupé repose sur celle-ci.(2).

Nous usons au tour jusqu'à peu de distance de l'appareil embryonnaire, puis nous terminons à la main sur le verre dépoli.

Dans cette dernière partie, nous vérifions constamment l'usure à la loupe binoculaire pour être sûr d'arriver le plus près possible du centre. Ce stade atteint, nous retournons une dernière fois le test. L'usure finale se fait à la main jusqu'à l'obtention d'une lame mince d'épaisseur normale.

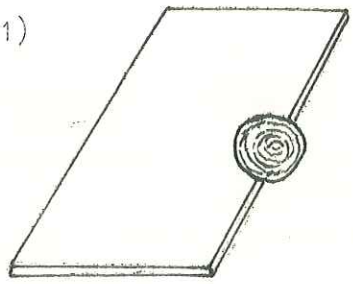
Pour reconstituer l'appareil embryonnaire, nous avons fait appel à une autre technique. Nous avons établi des coupes sériées de cet appareil aussi bien transversalement que radialement. Dans ce cas, l'usure se fait exclusivement à la main et très doucement.

Ainsi, nous arrivons à obtenir des coupes séparées de 5 à 10 microns. Pour dessiner chacun de ces stades, une simple pellicule de baume du Canada cuit recouvrant la préparation permet d'observer tous les détails assez nettement.

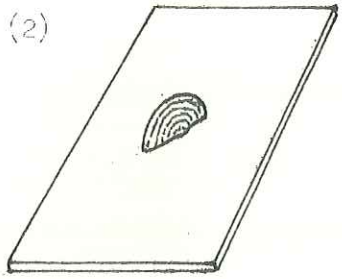
Enfin, comme les sections radiales ne suffisent pas pour avoir une bonne idée de l'organisation interne des loges, nous avons dissous progressivement quelques individus à l'aide d'acide chlorhydrique.

L'ensemble de ces techniques nous a permis de faire de nombreuses observations dont le détail sera exposé dans les paragraphes suivants.

(1)



(2)



B.- STRUCTURE DU TEST.

Comme nous l'avons déjà signalé, le test des Orbitolites est aréna cé. En fait, les parois des loges sont formées de deux parties (cf. Fig. 14) :

1.- Une partie est composée de calcite hyaline. Cette couche, très fine s'amincit et disparaît à quelque distance du bord.

2.- Le reste du test est formé de calcite microgrumulaire opaque constituant les cloisonnettes et les septa, mais à mesure que l'on gagne le centre de l'individu, la proportion de matériaux détritiques augmente aux dépens de la calcite microgrumulaire. Finalement, au centre, ces matériaux deviennent si abondants qu'ils masquent totalement la structure interne.

I.- La couche superficielle.

J. HOFKER ne l'avait pas vu chez les Orbitolines barrémo-aptiennes, et il en déduisait qu'elle était absente ou très réduite.

Nous l'avons retrouvée dans nos échantillons, mais elle ne ressort que dans les planchers composés de matérieux opaques et elle est invisible extérieurement. D'autre part on ne la distingue que dans les loges adultes où elle subit peut-être un épaississement.

II.- La partie arénacée.

Les planchers sont constitués de calcite microgranulaire cimentant des éléments étrangers. Ces éléments sont surtout des grains de quartz détritiques souvent anguleux et de taille variable.

Cependant, nous devons noter qu'ils ne dépassent pas 50 microns dans les trois premiers groupes A, B et C, alors qu'ils sont plus nombreux et plus grands dans les deux derniers groupes D et E où ils atteignent facilement 100 microns de diamètre.

Il s'agit peut-être d'une observation sans signification particulière, mais nous pouvons remarquer que les populations C, D et E se trouvent dans des milieux identiques (marnes argileuses) et que pourtant la composition du test des individus du groupe C est différente de celle des individus des groupes D et E.

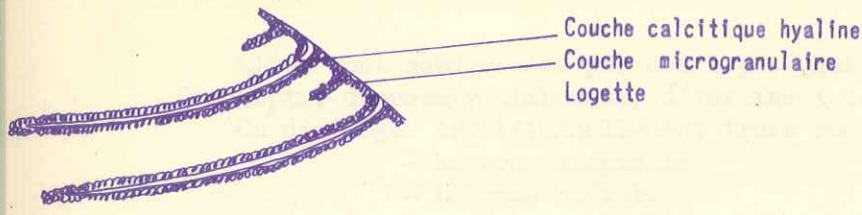
De plus, dans le niveau A, à coté des Orbitolines, il existe des Dictyoconus qui ont sensiblement un même aspect et une même taille, et qui pourtant contiennent très peu de grains de Quartz détritiques dans leur test.

Il y aurait donc dans cette accumulation de matériel détritique un autre facteur que celui imposé par le milieu. Dans le cas des Dictyoconus, cette ségrégation de matériel pourrait avoir une origine génétique.

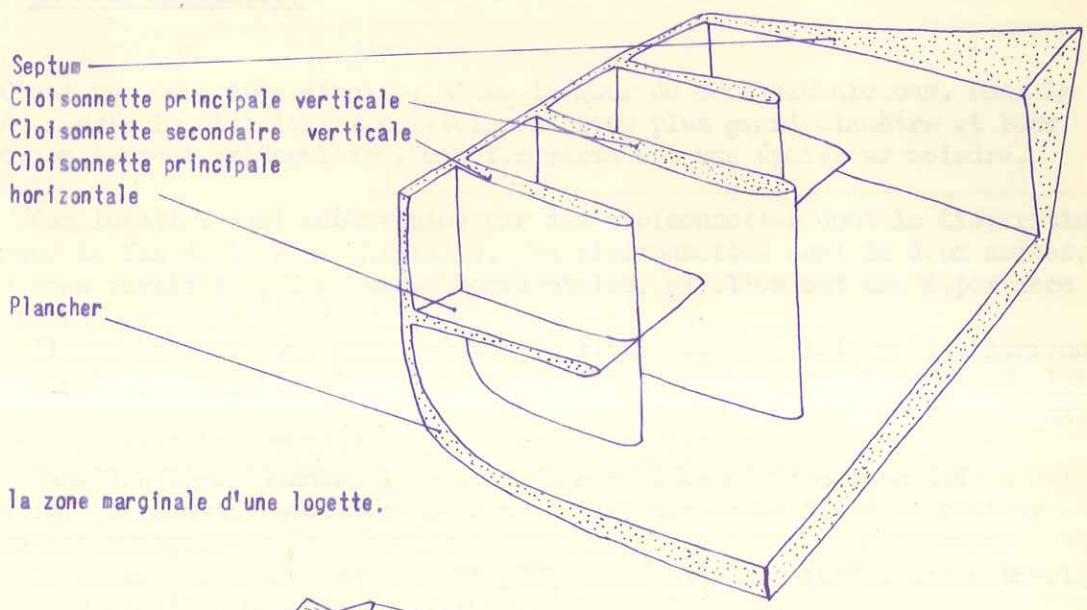
Il ne s'agit ici que de suppositions, mais signalons que R. DOUGLASS a élevé ce caractère au niveau de critère

A côté des grains de Quartz, on rencontre quelques rares granules de limonite et de minéraux ferro-magnésiens. Enfin, de nombreux nodules minuscules de limonite sont visibles dans les parties occupées par le protoplasme du vivant de l'organisme.

ORGANISATION DES LOGES FIG. 14



Détail montranr la constitution du test.



Détail de la zone marginale d'une logette.

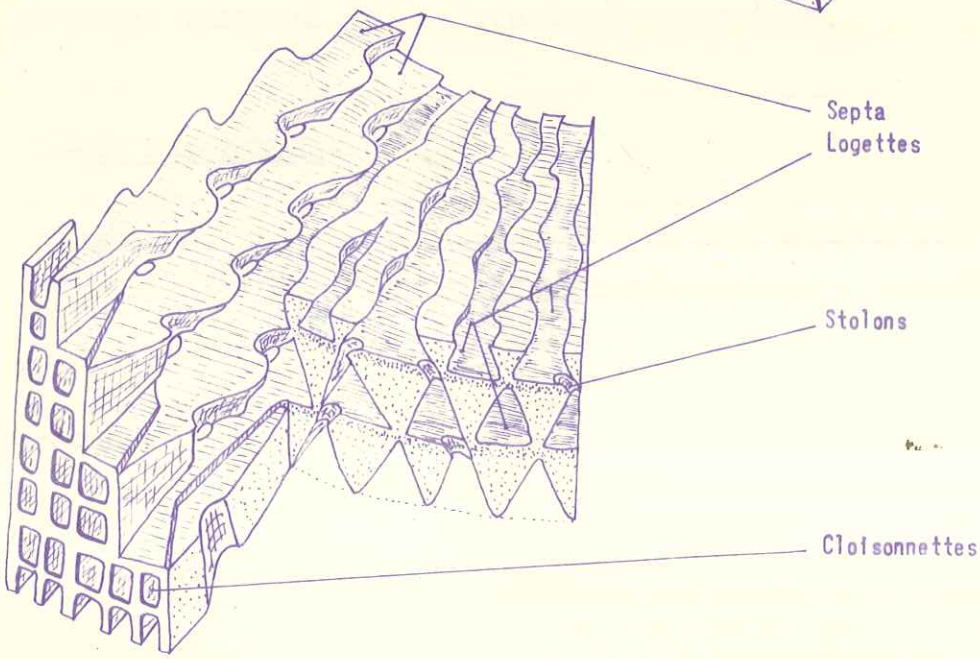


Schéma de l'organisation des loges.

C.- ORGANISATION DES LOGES. (cf. Fig. 14)

Elles sont subdivisées par des septa qui alternent d'une loge à l'autre. Ces septa, disposés radialement, déterminent des logettes (H. DOUVILLE)
On distingue traditionnellement trois zones :

- La zone marginale
- La zone radiale
- La zone centrale ou réticulée.

I.- La zone marginale.

C'est une zone très étroite, d'une largeur de 80 à 120 microns. Dans la zone marginale, les logettes atteignent leur plus grand diamètre et leur section devient triangulaire, car les septa ont une épaisseur moindre.

Ces logettes sont subdivisées par des cloisonnettes dont la disparition marque la fin de la zone marginale. Ces cloisonnettes sont de deux sortes, les unes verticales, les autres horizontales, et elles ont une importance différente.

Il y a en effet une cloisonnette verticale et une cloisonnette horizontale principale par logette, les cloisons verticales étant plus longues que les horizontales. Ces logettes possèdent également des cloisonnettes secondaires en nombre variable et leur donnant extérieurement un aspect cellulaire.

Dans les loges jeunes, le nombre de ces cloisonnettes secondaires est réduit, alors qu'il peut être de 2 ou 3 dans les loges âgées de hauteur plus importante.

Le nombre de cloisonnettes est plus élevé chez les formes microsphériques de grande taille que chez les formes mégalosphériques.

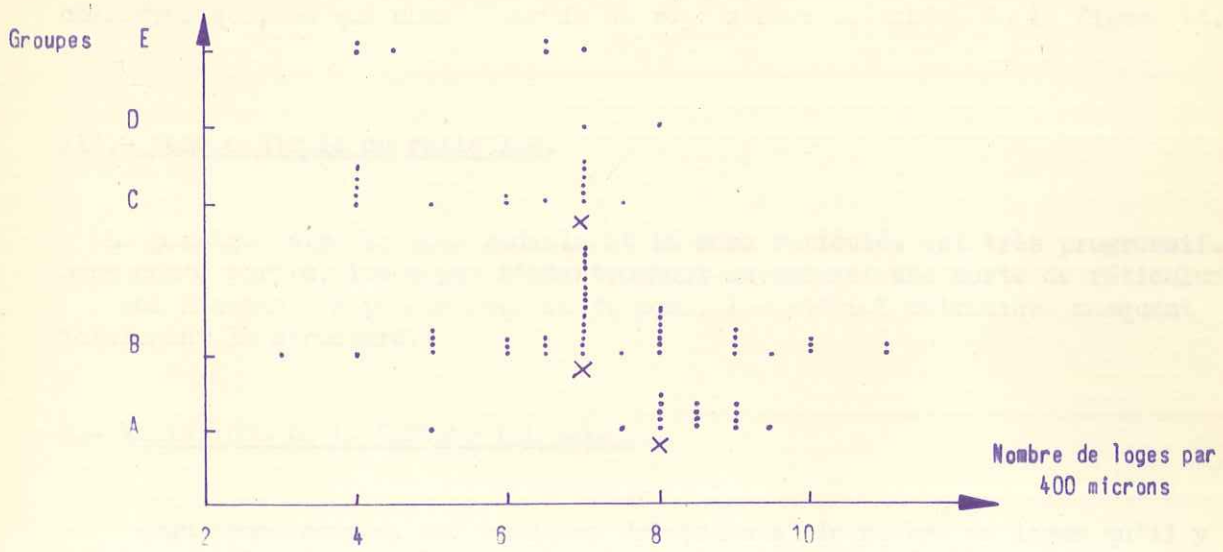
II.- La zone radiale.

En sortant de la zone marginale, les septa s'élargissent brusquement réduisant l'espace des loges. Ces septa prennent une section triangulaire dont la partie la plus large est dirigée vers l'apex.

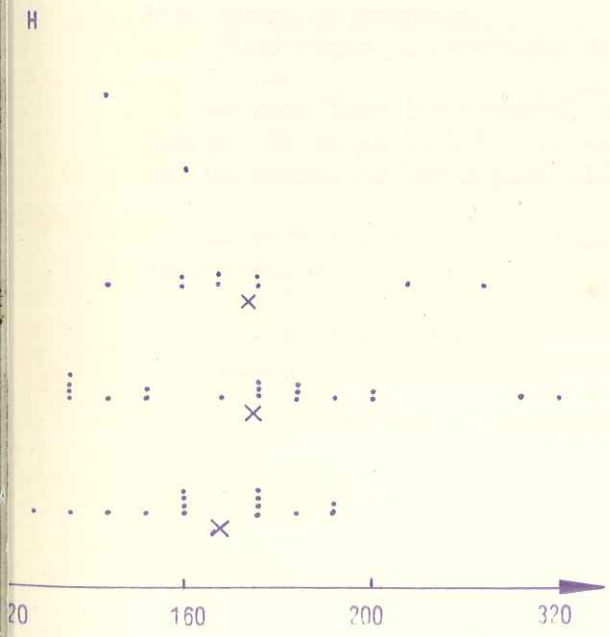
Par ailleurs, bien que leur direction reste toujours radiale, leur allure devient vermiculée. Rapidement la structure ne va plus être visible, les septa se chargeant de matériaux détritiques qui font disparaitre leurs contours.

Les loges communiquent entre elles par des stolons. Ceux-ci alternent d'une logette à l'autre. J. HOFKER pense qu'ils ont déterminé l'aspect contourné des septa car le foraminifère, en construisant ses cloisons aurait laissé libre les communications avec la loge précédente par où passait le protoplasme.

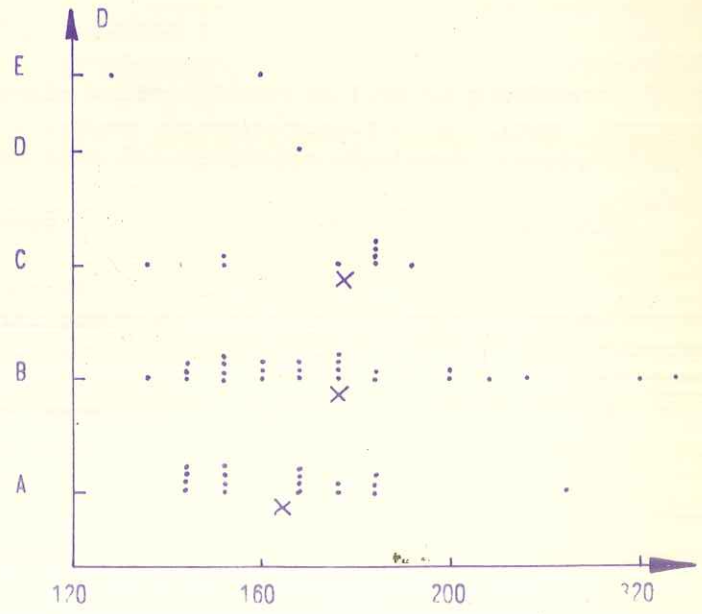
DIAGRAMMES COMPARATIFS DES CINQ POPULATIONS FIG. 15



Mesures du nombre de loges par 400 Microns.



esures de la hauteur de la deutéroconque



Mesures du diamètre de la deutéroconque .

Le signe X indique la moyenne.

Nous n'avons pu réaliser d'aussi bonnes observations en lame mince, mais nous avons vu tous ces détails sur des échantillons traités à l'acide chlorhydrique, ce qui nous a permis de représenter le schéma de la figure 14.

III.- Zone centrale ou réticulée.

Le passage entre la zone radiale et la zone réticulée est très progressif. Dans cette partie, les septa s'anastomosent en donnant une sorte de réticulum.

Nous n'avons pas pu observer cette zone, le matériel détritique masquant totalement la structure.

D.- VARIATIONS DE LA HAUTEUR DES LOGES.

Nous avons compté, sur quelques Orbitolines, le nombre de loges qu'il y avait pour 400 microns. Les résultats nous ont permis d'établir un diagramme comparant ce nombre dans les cinq populations.(Fig. 15)

Ce diagramme est surtout intéressant pour les trois premiers groupes, car les échantillons des groupes D et E, très recristallisés, prêtent mal à ce genre de comptage.

Nous avons pu constater les faits suivants :

— Dans tous les groupes, un certain nombre d'échantillons ne possèdent que peu de loges (4 à 5), ce sont les formes microsphériques et d'autres ont un nombre de loges plus élevé, ce sont les individus mégalosphériques.

— Pour les formes mégalosphériques des trois premiers groupes nous avons trouvé que :

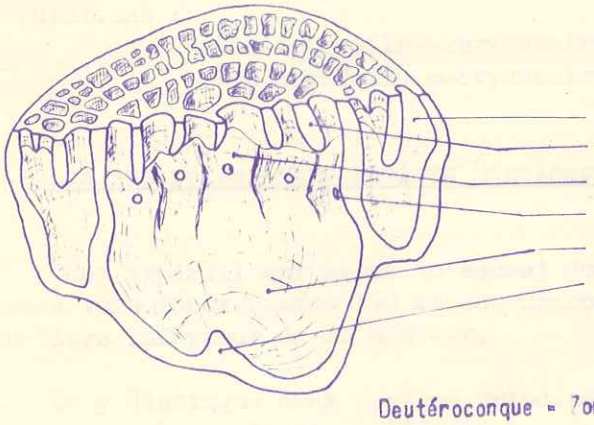
- Dans le groupe A, la moyenne est de 8 loges pour 400 microns.
- Dans les groupes B et C cette moyenne, plus faible, est de l'ordre de 7 loges par 400 microns.

De ces faits, nous pouvons tirer deux conclusions qui doivent cependant être employées avec quelque prudence :

- Les formes microsphériques ont des loges plus hautes que les formes mégalosphériques. Cette observation peut provenir du fait que les formes microsphériques ont beaucoup de loges annulaires qui sont plus hautes par construction. Il peut s'agir également d'un caractère dû au dimorphisme.
- Les loges sont moins hautes dans le groupe inférieur A que dans les deux groupes suivants B et C.

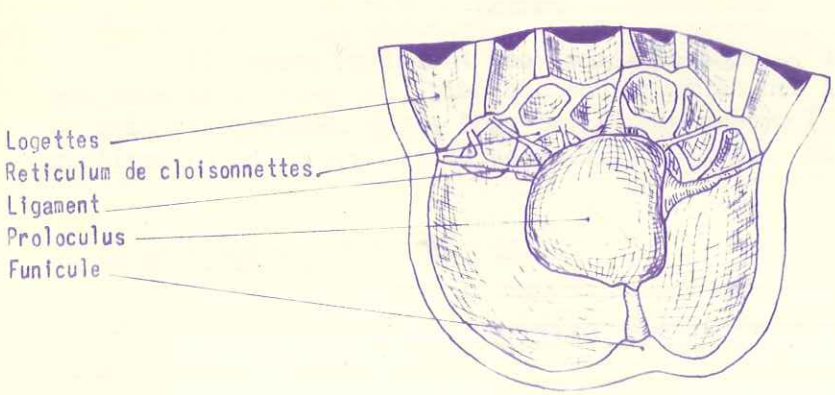
La différence est cependant trop faible pour être vraiment significative.

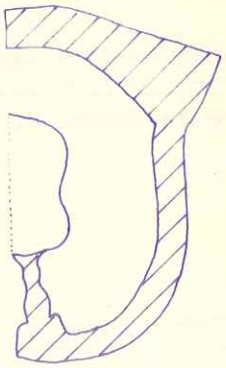
COUPES DE L'APPAREIL EMBRYONNAIRE FIG. 16



Deutéroconque = Zone apicale + zone péri-proloculaire

COUPE DE LA DEUTEROCONQUE ET DU TOUR PERI-EMBRYONNAIRE





Coupe schématique perpendiculaire à la précedente

COUPE MONTRANT LE PROLOCULUS DANS LA DEUTEROCONQUE.

E.- STRUCTURE DE L'APPAREIL EMBRYONNAIRE.

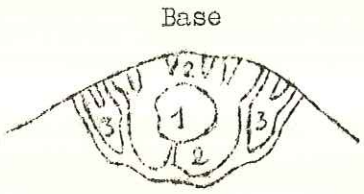
Deux sortes d'appareils embryonnaires sont discernables dans nos cinq populations :

- Les appareils embryonnaires mégalosphériques.
- Les appareils embryonnaires microsphériques.

I.- Les appareils embryonnaires mégalosphériques :

Cet appareil est situé au sommet du cône cortical. Il est globuleux, assez volumineux (entre 150 et 200 microns) et présente un étranglement au tiers inférieur de sa hauteur.

On y distingue deux parties principales :
- Le proloculus (1)
- La deutéroconque (2)



Il existe également une troisième partie, la loge péri-embryonnaire, que nous traiterons ici, bien que son appartenance à l'appareil embryonnaire ne soit pas prouvée. Cette loge péri-embryonnaire (3) a un aspect si caractéristique qu'on ne peut la détacher de l'appareil embryonnaire.

1. Le proloculus : (cf. Fig. 16)

Cette partie a été décrite pour la première fois par J. HOFKER dans sa thèse (1963)

Il s'agit d'un corps globuleux, en pseudochitine, apparemment suspendu dans une coque calcaire. Ce proloculus est relié à l'enveloppe qui l'entoure par des ligaments en pseudo-chitine, principalement en deux points :

- Un ligament le rattache à un petit funicule calcaire inséré sur le plafond de la deutéroconque.
- Du côté opposé, des filaments rejoignent les cloisonnettes situées dans la partie basale de l'appareil embryonnaire.

Ce proloculus est très souvent flétri ce qui permet une meilleure observation des attaches qui le reliait aux cloisons.

Enfin, nous n'avons pas vu l'ouverture de ce proloculus, mais, d'après J. HOFKER, cette ouverture serait tournée vers l'apex.

2.- La deutéroconque (cf. Fig. 16)

La deutéroconque constitue le logement calcaire du proloculus. Cette partie comprend deux zones :

- La première s'étend de l'apex jusqu'à l'étranglement de la deutéroconque. Nous proposons pour cette région le nom de zone apicale.

- La seconde entoure le proloculus. Elle est globulaire, indivise et bilobée en coupe, et nous adopterons pour elle le terme de zone périproloculaire.

Ces deux zones ont été discernées par R. SCHROEDER et J. HOFKER, mais leur interprétation est très différente selon ces deux auteurs.

La zone apicale représente la zone supra-embryonnaire de R. SCHROEDER et la deutéroconque de J. HOFKER.

La zone périproloculaire correspond au proloculus de R. SCHROEDER et aux chambres épi-embryonnaires de J. HOFKER.

Cette différence de nomenclature provient de raisonnements différents que nous allons tenter d'expliquer dans ce qui va suivre.

- R. SCHROEDER n'avait pas remarqué le proloculus chitineux. De ce fait, induit en erreur par la forme bilobée de la zone périproloculaire, il y discernait une protoconque et une deutéroconque. (l'ensemble formant le proloculus). Pour lui, la zone supra-embryonnaire était ce qui se trouvait au-dessus. (Pour nous, cette zone se trouve au-dessous, comme nous l'avons déjà indiqué)

- J. HOFKER distinguait une deutéroconque et des chambres épi-embryonnaires indivises.

Nous avons été amené à reviser l'interprétation de ces chambres épi-embryonnaires d'après les trois observations suivantes :

1. En effectuant des coupes sériées horizontales, nous avons constaté l'apparition de la zone épi-embryonnaire de J. HOFKER très rapidement sous la surface extérieure.

Cette remarque nous a conduit à réaliser une dizaine de coupes successives qui nous ont permis d'observer l'évolution suivante : (cf. Fig. 17)

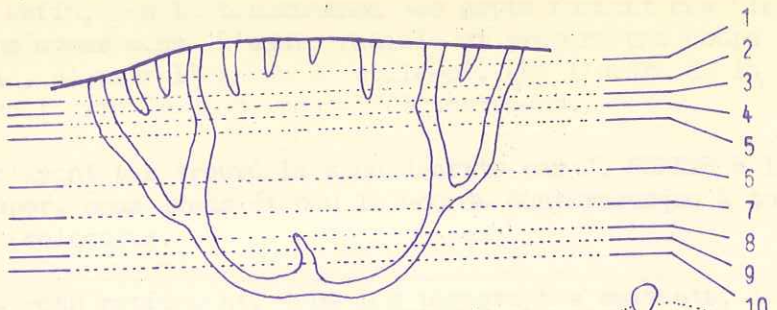
Dans un premier stade (1), la partie centrale du reticulum disparaît. En prolongeant l'usure, le reticulum s'efface complètement (2 et 3) et nous voyons apparaître les chambres épi-embryonnaires indivises de J. HOFKER.

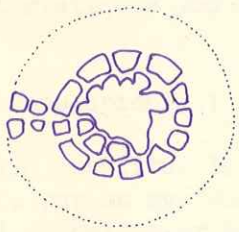
En ce point, nous ne sommes pas encore au niveau de l'étranglement qui sera atteint peu après le stade (4). Au stade (5), presque toutes les "chambres épi-embryonnaires " ont disparu. Les stades finaux montrent la terminaison des dernières "nervures" (6 et 7) et l'apparition du funicule (8, 9 et 10)

2. Par ailleurs, nous avons remarqué que les ligaments reliant le proloculus à la zone apicale ne descendent pas plus bas que l'étranglement.

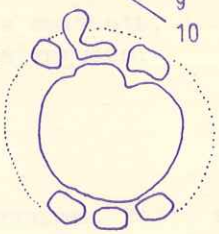
Or, en coupe radiale, nous voyons le proloculus se rattacher à la zone épi-embryonnaire de J. HOFKER. (cf. Photo)

COUPES SERIEES DE L'APPAREIL EMBRYONNAIRE FIG. 17

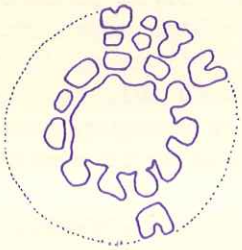




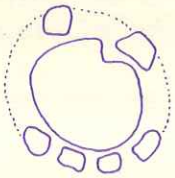
STADE 1
D = 280 microns
d = 196 m.



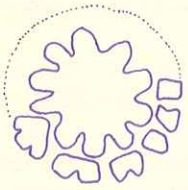
STADE 6
D 220 m
d = 180 m.



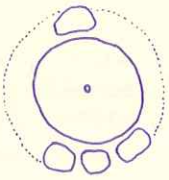
STADE 2
D = 270 m.
d = 180 m.



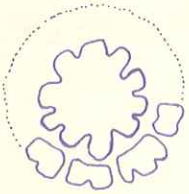
STADE 7
D 220 m.
d = 170 m.



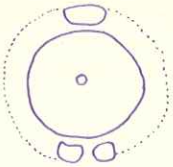
STADE 3
D = 220 m.
d = 170 m.



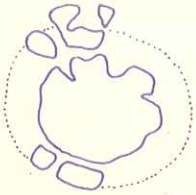
STADE 8



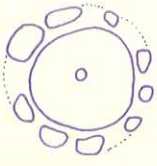
STADE 4
D = 220 m.
d = 140 m.



STADE 9



STADE 5
D = 220 m.
d = 140 m.



STADE 10
D = 240 m.
d = 160 m.

D : Diamètre total (Loges péri-embryonnaires + Deutéroconque)
d : Diamètre de la deutéroconque.

3. Enfin, dès la terminaison des septa formant ces "loges péri-embryonnaires", nous avons cessé l'usure radiale et préparé une coupe transversale.
Il semble, d'après l'examen de celle-ci, que l'usure de la dernière coupe radiale se soit arretée juste sous l'étranglement.

Ainsi, n'ayant pas trouvé la zone décrite par J. HOFKER à la place qu'elle devrait occuper, nous avons étendu le nom de deutéroconque à tout le logement calcaire du proloculus.

Nous donnerons rapidement, dans les paragraphes suivants, les principales caractéristiques des deux zones que nous avons distinguées.

a. La zone apicale :

Elle constitue la partie basale de la deutéroconque. Cette zone est occupée par un système de cloisonnettes ramifiées donnant extérieurement un aspect en colombier à l'appareil embryonnaire. Ces cloisonnettes sont plus longues sur les bords qu'au centre, entrainant alors une concavité sommitale de cette partie.
Nous avons noté qu'en section transversale il n'apparait jamais plus de quatre cloisonnettes dans les appareils embryonnaires des individus du groupe A et plus de six cloisonnettes dans les appareils embryonnaires de ceux des groupes B et C.
D'après J. HOFKER, le rôle de ces cloisonnettes est de soutenir l'appareil embryonnaire. Nous pensons qu'elles servaient également de points d'attache au proloculus.

b. La zone périproloculaire :

Elle occupe les deux-tiers de la deutéroconque et constitue la partie la plus large de l'appareil embryonnaire. En coupe elle est bilobée, mais cet aspect est dû à la présence du funicule qui est une petite excroissance calcaire se détachant du sommet de la deutéroconque.
Le funicule n'est pas obligatoirement axial, ce qui peut entrainer une dissymétrie de l'appareil embryonnaire expliquant que les mesures des diamètres et des hauteurs peuvent varier selon le sens de la coupe.
Nous pensons aussi, qu'en coupe transversale, la zone périproloculaire peut être légèrement éllipsoïdale dans certains cas.
Enfin, la deutéroconque communique avec la loge péri-embryonnaire par des pores de communication situés au niveau de l'étranglement dans des dépressions formées par les cloisonnettes.

3. La loge péri-embryonnaire :(cf. Fig. 16)

Il s'agit de la première loge entourant l'appareil embryonnaire. Cette première loge se distingue des autres par sa largeur (environ 80 microns pour nos échantillons)

FIG. 18

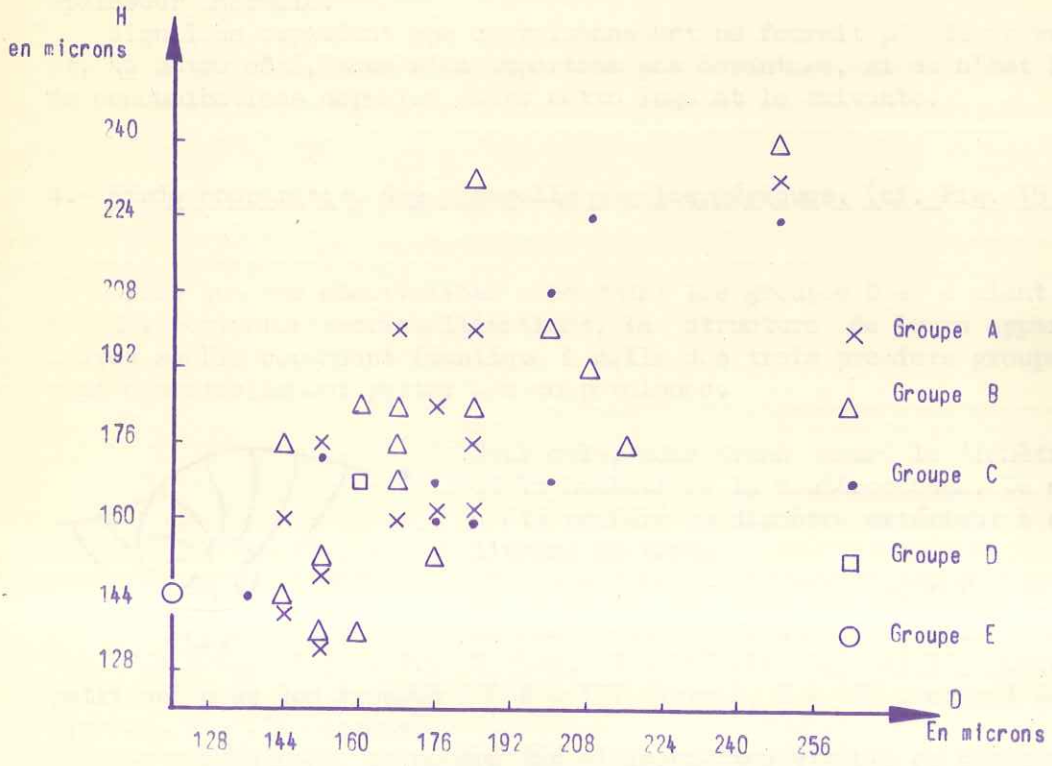


DIAGRAMME DE CORRELATION DES DIAMETRES ET DES HAUTEURS DE LA DEUTEROCONQUE
dans les cinq populations.

TABLEAU

Groupe	N	MD en μ	MH en μ	R	a	b	Z
A	12	165	167	0,56	0,77	+ 4,56	
B	17	177	176	0,65	0,88	+ 2,81	0,50 NS
C	9	178	174	---	---	---	---

MD en microns : Moyenne des diamètres de la deutéroconque
MH en microns : Moyenne des hauteurs de la deutéroconque.

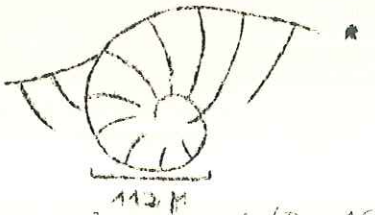
R. SCHROEDER pensait qu'il s'agissait de logettes rangées en cercle et les rattachait à l'appareil embryonnaire.

J. HOFKER reconnaissant sa nature identique à celle des autres loges était assuré de son appartenance à l'appareil embryonnaire. Pour lui, cette première loge doit compenser la verticalité de la deutéroconque, ce qui explique son épaisseur anormale.

Signalons cependant que ce raisonnement ne fournit pas de preuves formelles et, de notre côté, nous n'en apportons pas davantage, si ce n'est l'existence de communications normales entre cette loge et la suivante.

4.- Etude comparative des appareils mégalosphériques. (cf. Fig. 15 et 18)

Bien que nos observations concernant les groupes D et E aient été gênées par d'importantes recristallisations, la structure de leurs appareils embryonnaires semble cependant identique à celle des trois premiers groupes sur lesquels vont essentiellement porter nos comparaisons.



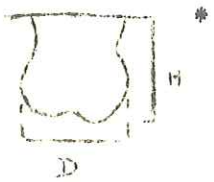
*

Pour cela, nous avons mesuré le diamètre maximum et la hauteur de la deutéroconque. Ce diamètre maximum a été préféré au diamètre extérieur à cause de l'usure du test.

En comparant ces deux mesures (Fig. 15 et 18) nous nous sommes rendu compte que l'appareil embryonnaire moyen du groupe A (D = 165 microns, H = 167 microns) est légèrement plus petit que ceux des groupes B (D = 177 microns, H = 176 microns) et C (D = 178 microns, H = 174 microns).

En conséquence, le nombre des cloisonnettes visible en section transversale est plus faible dans le groupe A (4 au maximum) que dans les groupes B et C (6 au maximum). Mais nous n'avons pas trouvé de différences significatives entre ces appareils embryonnaires (Z = 0,50) en testant la différence de pente des droites de Teissier des groupes A et B. D'ailleurs, le diagramme de corrélation ne montre qu'un seul nuage de points où nul groupe ne se distingue des autres (cf. Fig. 18)

II.- Les Appareils embryonnaires microsphériques :



*

L'appareil embryonnaire microsphérique, très petit (112 microns sur un de nos échantillons) se caractérise par sa forme trochospiralée. Extérieurement il ressemble à un bonnet phrygien très aplati, bien qu'il soit d'une observation difficile de par sa petite taille.

Schéma de l'appareil embryonnaire microsphérique d'après une photo.

* schémas inversés

Nos observations concernant ces formes microsphériques sont partielles pour deux raisons :

- Dans les groupes A, B et C, l'apex est soit recristallisé, soit très usé et dans ce cas la spirale a disparu .
- Dans les groupes D et E tous les apex sont recristallisés, aussi, en lame mince on ne peut voir qu'un fantôme spiralé, ou, le plus couramment encore, ne subsiste qu'une dissymétrie de l'apex.

En définitive, nos observations sont basées sur un unique individu du groupe A aussi ne pouvons-nous décrire d'autres détails que ceux bien connus depuis les travaux de J. HOFKER.

La spirale débute par un proloculus de petite taille, suivi de loges simples tout d'abord, mais dont l'organisation se complique par la suite. Ces loges ne possèdent pas de cloisonnettes verticales ou horizontales.

F.- CONCLUSIONS.

Etant donné le mauvais état de conservation des deux derniers groupes (D et E), nous ne pouvons tirer de conclusions générales concernant la structure interne de nos cinq populations.

Les seules observations communes que nous ayons faites concernent la composition du test. Nous avons vu alors que cette composition changeait entre les trois premiers lots d'une part et les deux derniers d'autre part.

Ainsi, les deux conclusions suivantes ne s'appliquent qu'aux trois premiers groupes :

- Les loges des Orbitolines du groupe A sont moins hautes que celles des individus des groupes B et C.
- Les appareils embryonnaires du groupe A sont plus petits que ceux des groupes B et C.

Les différences que nous notons sont très faibles, et il ne semble pas que nous ayons affaire à deux espèces différentes, mais plutôt à deux stades d'évolution d'une même espèce.

Connaissant la structure de l'appareil embryonnaire de ces Orbitolines, il nous reste à les replacer dans le cadre de la classification actuelle, la forme de cet appareil embryonnaire étant admis de nos jours comme caratère spécifique.

L'aspect de leur appareil embryonnaire est identique à celui du Form Group I de J. HOFKER.

Pour cet auteur, il n'y a qu'une seule espèce d'Orbitoline : Orbitolina lenticularis, et ses cinq Form Groups sont cinq stades d'évolution de l'appareil embryonnaire.

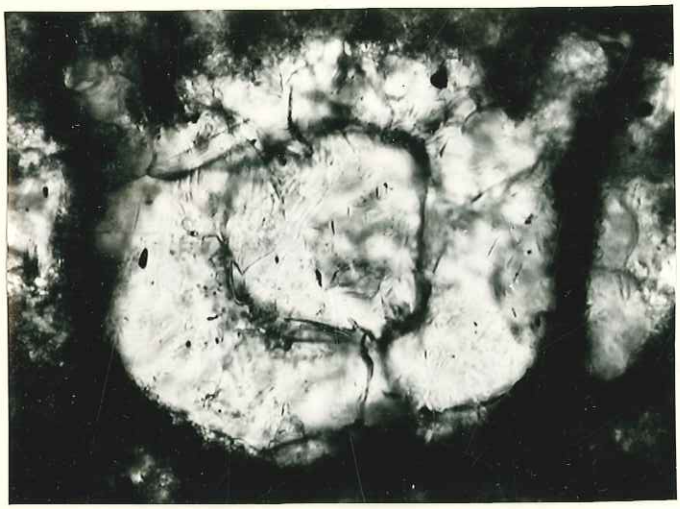
Nous n'adopterons pas cette systématique pour la raison suivante : Pour J. HOFKER, les appareils embryonnaires évoluent lentement et il avait admis, dans son Form group I, l'existence de chambres épi-embryonnaires indivises qui, plus tard, auraient donné les chambres épi-embryonnaires complètes du Form group II. Cette idée est très bonne et pourrait fort bien représenter la réalité.

Malheureusement, dans nos populations, ces chambres indivises n'existent pas. On pourrait en effet assimiler les"nervures"de la zone périproloculaire à des ébauches de chambres épi-embryonnaires, mais nous pensons que ces "nervures" ne sont que les terminaisons des cloisonnettes de la zone apicale.

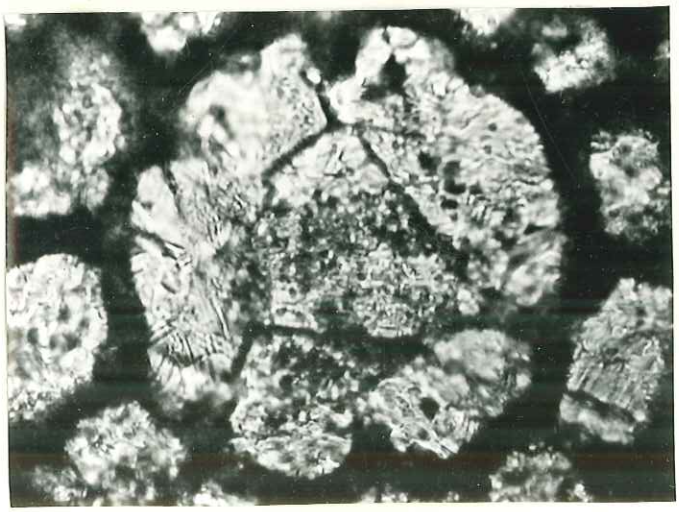
L'absence de cette zone entraîne donc l'existence d'un hiatus entre les appareils embryonnaires du Form group I et ceux du Form group II. C'est ce que nous observons : Dès le changement de Form group, la taille de la deutéroconque (HOFKER) diminue et cette diminution ne s'explique pas si l'on admet une évolution progressive de l'appareil embryonnaire.

Cette raison nous a conduit à assimiler nos Orbitolines au sous-genre Palorbitolina Schroeder qui comporte le même type d'appareil embryonnaire que le Form group I de J. HOFKER.

La détermination spécifique Orbitolina (Palorbitolina) lenticularis Schroeder que l'on pourrait attribuer à nos échantillons mérite cependant d'être discutée, ce que nous ferons au cours de notre conclusion générale.



Coupe transversale de l'appareil embryonnaire d'une Orbitoline du groupe A montrant le proloculus, la deutéroconque et la loge péri-embryonnaire.



Coupe radiale de l'appareil embryonnaire d'une Orbitoline du groupe A montrant le proloculus réuni aux cloisonnettes de la zone apicale de la deutéroconque.

ETUDE PARTICULIERE DES PETITS ORBITOLINIDAE

Après avoir signalé ces petits Orbitolinidae dans la partie statistique, nous allons les étudier, dans les paragraphes suivants, du point de vue de la structure interne. De plus, nous essayerons de les rapprocher d'espèces déjà connues.

Nous passerons en revue successivemnt les Dictyoconus , puis les Orbitolinopsis.

A.- ETUDE DES DICTYOCONUS.

I.- Diagnose :

Ce sont des individus de grande taille qui ressembleraient à des Orbitolines à petit angle apical si ce n'était la présence d'une crosse sommitale excentrée bien visible.

Bien que les individus macrosphériques et microsphériques soient mêlés, nous donnerons leurs mesures moyennes pour avoir un ordre de grandeur. Le diamètre moyen est de 2,75 mm et leur hauteur moyenne est de 1,60 mm, ce qui leur donne un rapport D/H = 1,72. Autrement dit, ils sont à peu près deux fois plus hautes que larges.

Ces Foraminifères possèdent des planchers sphériseptaux, puis scutiseptaux et enfin sigmoseptaux.

Leur test est formé essentiellement de calcite et les grains de Quartz y sont rares.

Leur septa principaux sont très épais. En coupe radiale, ils ont une forme triangulaire comme ceux des Orbitolines et il existe au centre un reticulum où l'on ne distingue pratiquement pas de piliers.

Par rapport aux Orbitolines, ces Dictyoconus possèdent des septa deux fois plus gros. Comme elles, ils ont des cloisons secondaires horizontales et verticales. Ils en diffèrent essentiellement par leur appareil embryonnaire qui est apparemment uniloculaire et ovoïde, et dont le plus grand diamètre est sensiblement parallèle au côté de l'angle apical qui lui est le plus éloigné.

Le diamètre des proloculi mégalosphériques varie de 104 à 136 microns, avec une moyenne de 120 microns. Celui du proloculus microsphérique est d'environ 88 microns.

L'appareil embryonnaire est situé à l'extrémité d'une spirale formée de logettes d'organisation assez simple.

II.- Discussion

Nous avons essayé de rapprocher ces Dictyoconus de formes déjà connues.

Notre première idée fut de les comparer au Rectodictyoconus giganteus Schroeder. Nous avons déjà cité les arguments défavorables à une telle identification.(cf. Ier. chapitre, paragraphe C 3, I)

Ensuite la valeur du rapport D/H nous a conduit à le rapprocher de Dictyoconus barremianus Moullade bien que ces spécimens soient très petits et qu'il n'y ait pas de description concernant les formes microsphériques. En dehors de ce rapport, il existe d'autres points de ressemblance. M. MOULLADE, dans une première publication * avait décrit ses spécimens sous le nom d'Imagia, la forme triangulaire des septa et le reticulum central l'ayant induit en erreur. Cet aspect des septa est identique à celui de nos échantillons. D'autre part, le proloculus a exactement les mêmes dimensions et le même aspect ovoïde.

Par la suite, cet auteur a replacé cette espèce dans le genre Palaeodictyoconus, genre qui possède une zone centrale pilaroïde.**

Pour notre part, nous conserverons la première diagnose et nous l'appelerons Dictyoconus barremianus du Barrémien inférieur et moyen, bien qu'un doute subsiste quant à la figuration.

En conclusion, bien que cette forme soit rangée dans les Dictyoconus, elle est très proche des Orbitolines par la structure de ses loges. Elle s'en distingue par son appareil embryonnaire très spécial et la forme de son proloculus. Tous ces caractères montrent cependant que son appartenance au genre Dictyoconus mérite sans doute d'être discutée.

B.- ETUDE DES ORBITOLINOPSIS.

Les résultats statistiques nous avaient permis de distinguer deux groupes d'Orbitolinopsis :

- Les Orbitolinopsis a dans le lot A
- Les Orbitolinopsis b dans les groupes B et C.

Une étude plus détaillée de ces Orbitolinidae nous a confirmé l'existence de deux espèces différentes correspondant à ces formes a et b.

* M. MOULLADE, 1960. " Les Orbitolinidae des microfaciès barrémiens de la Drôme"

** M. MOULLADE, 1965 " Contribution au problème de la classification des Orbitolinidae."

I.- Les Orbitolinopsis a.

Ce sont de petits Orbitolinidae coniques ayant un diamètre moyen de 1,08 mm et une hauteur de 0,9 mm, donc légèrement plus larges que hauts. Ils sont dissymétriques et leur section radiale est elliptique. Leur test débute par une spirale qui fait place rapidement à un stade rectiligne formé de planchers planiseptaux.

Les loges sont divisées par des cloisons radiales légèrement ondulées, s'élargissant à une faible distance du bord. Ces cloisons s'anastomosent pour former le reticulum central qui occupe la majeure partie de l'animal.

L'appareil embryonnaire est formé d'une protoconque et d'une deutéroconque.

Discussion :

Nos Orbitolinopsis se rapprochent de trois espèces connues :

- Orbitolinopsis debelmasi
- Orbitolinopsis subkiliani
- Orbitolinopsis kiliani

L'Orbitolinopsis debelmasi, de dimensions supérieures à celles de nos spécimens, est plus haut que large. D'autre part il possède un grand nombre de cloisonnettes verticales, cloisonnettes dont nous n'avons pas retrouvé la trace dans nos échantillons.

L'Orbitolinopsis subkiliani présente un rapport D/H qui est beaucoup plus proche de celui des Orbitolinopsis a. (O. subkiliani : D/H = 1,1 et O. a D/H = 1,2). Malheureusement cet Orbitolinopsis est presque aussi haut que large.

Ainsi, seul l'Orbitolinopsis kiliani figuré par SILVESTRI ressemble à nos échantillons de forme a.

D'une part il est un peu plus large que haut, d'autre part les planchers sont légèrement concaves dans les échantillons de SILVESTRI. Nous avons retrouvé ce trait particulier dans quelques uns de nos spécimens.

Par ailleurs, les Orbitolinopsis a possèdent un embryon biloculaire comme les Orbitolinopsis kiliani déjà décrits par M. MOULLADE et J. P. THIEULOY. Ainsi, nous assimilerons nos Orbitolinopsis a à l'espèce Orbitolinopsis kiliani du Barrémien supérieur et peut-être moyen.

Signalons que cet Orbitolinopsis kiliani fut découvert par PREVER à Clos d'Agoût dans une couche à Orbitolines de l'Urgonien qui avait fourni par ailleurs l'Orbitolina conulus de H. DOUVILLE.

II.- Les Orbitolinopsis b.

1.- Diagnose

Ce sont des formes plus petites que les précédentes, sensiblement aussi hautes que larges, dont le test est conique et qui possèdent un apex spiralé peu visible.

Les mensurations de ces formes sont les suivantes :
Dans le lot B, D = 0,70 mm et H = 0,67 mm. D/H = 1,03
Dans le lot C, D = 0,73 mm et H = 0,68 mm. D/H = 1,11

Les planchers sont planiseptaux et les cloisons radiales légèrement ondulées donnent, en se réunissant, un reticulum. Ce dernier est moins important que dans l'espèce Orbitolinopsis kiliani. D'autre part, les planchers ont tendance à se réunir deux à deux dans la partie terminale de la zone marginale.

L'appareil embryonnaire n'a pu être observé, mais il est possible qu'il s'agisse de formes microsphériques.

2.- Discussion.

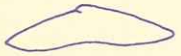
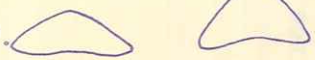
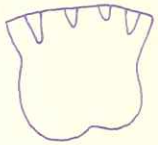
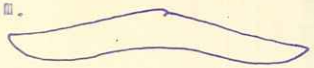
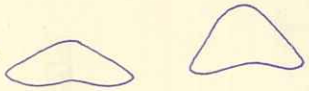
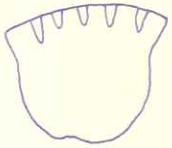
L'identification de cette espèce nous a donné beaucoup moins de mal. Trois caractères : Section transversale en forme de triangle équilatéral, tendance des planchers à se réunir deux à deux, zone réticulée assez réduite nous ont fait assimiler les Orbitolinopsis de la forme b à l'Orbitolinopsis cuvillieri Moullade du Barrémien.

III.- Conclusions.

La détermination de ces Orbitolinidae nous permet essentiellement d'avoir une idée de l'âge des marnes qui les contenaient.

Nous pensons à présent que les niveaux A, B et C sont Barrémiens. La disparition des petits Orbitolinidae dans les couches D et E indiquerait un âge plus récent, certainement Bédoulien.

TABLEAU N° 2

	FORMES	FORME DES PLANCHERS	COMPOSITION DU TEST	NOMBRE DE LOGES PAR 400 MICRONS	MESURES DE L'APPAREIL M.	ASPECT DE L'APPAREIL M.
A	m.  M. 	sphéri — sigmo — qqs. annulaires. sphéri — sigmo — qqs. annulaires	+ Quartz	m = 5 M = 8	D = 165 µ H = 167 µ	
B	m.  M. 	sphéri (scuti) —— sigmo — annulaires vraies sphéri (scuti) —— sigmo — qqs. annulaires	+ Quartz	m = 5 M = 7	D = 177 µ H = 176 µ	
C	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM	D = 178 µ H = 174 µ	IDEM
D et E	m. M.	sphéri ——— annulaires vraies sphéri ——— qqs. annulaires	++ Quartz.			

m : Formes microsphériques
M : Formes mégalosphériques
+ : Moyennement
++ : Beaucoup

sphéri : Loges sphériseptales
sigmo : Loges sigmoseptales
scuti : Loges scutiseptales
annulaires : Loges annulaires

CONCLUSION

L'étude statistique et morphologique de nos populations de Foraminifères nous permet de tirer diverses conclusions d'ordre tant taxinomique que statigraphique.

Après avoir indiqué les critères de séparation de leurs représentants en trois grands groupes, nous envisagerons le problème de l'âge de leurs différents niveaux, ainsi que celui de l'appellation des deux espèces mises en évidence.

En résumant sur un seul tableau (Tableau n°2) les remarques que nous avons faites tant sur le plan de la statistique que sur celui de la structure interne, nous constatons, d'un simple regard, que nos cinq populations se disposent en trois groupes distinctifs : Le groupe A
Le groupe B-C
Le groupe D-E

En raison de la recristallisation des individus du groupe D-E, nous n'avons pas pu faire beaucoup d'observations sur leur structure interne, à l'inverse des deux premiers groupes A et B-C. Leurs appareils embryonnaires appartiennent toutefois au sous-genre Palorbitolina Schroeder comme ceux des groupes A et B-C.

Les différences entre les groupes A d'une part et B-C d'autre part sont assez minimes :

- Extérieurement on ne distingue pas les formes mégalosphériques du groupe A de celles du groupe B-C. Par contre les formes microsphériques du groupe B-C sont plus plates et plus grandes que celles du groupe A.
- Intérieurement, d'une part quelques variations dans la forme et la hauteur des loges sont décelables, d'autre part, l'appareil embryonnaire du groupe A est légèrement plus petit que celui du groupe B-C.

Quelques variations de détail peuvent se présenter, mais les stades intermédiaires existent dans les deux groupes sans que l'on puisse observer la brusque apparition ou la disparition d'un caractère. Ces deux groupes semblent donc matérialiser deux stades d'une évolution phyllétique.

Par contre, il n'en est pas de même entre les groupes B-C et D-E où la disparition d'un stade de croissance dans le groupe D-E entraîne une modification de l'aspect extérieur de l'Orbitoline. (les Orbitolines des lots D et E sont plus petites.)

Par ailleurs, la composition du test change brutalement sans avoir été annoncée par des variations progressives.

Dans les cas où l'appareil embryonnaire d'individus du groupe D-E a pu être observé, nous avons constaté que cet appareil embryonnaire appartient au sous-genre Palorbitolina Schroeder. Aussi ces différences semblent traduire un changement spécifique.

Le parallélisme entre nos cinq assises et les couches à Orbitolines du Vercors et de la Grande Chartreuse peut être obtenu en se basant soit sur des positions stratigraphiques semblables, soit sur la présence de petits Orbitolinidae, soit enfin sur des convergences de formes.

Il ne faut cependant pas oublier que ces couches à Orbitolines du Vercors ou de la Grande Chartreuse sont discontinues, et la chance est minime pour que deux de ces couches aient exactement le même âge.

— Nous paralléliserons la couche A de l'Achard avec celle de Clos d'Agoût grâce à deux arguments :

- La position stratigraphique : Ce sont des couches intra-urgoniennes dans les deux cas.
- La présence d'Orbitolinopsis kiliani à Clos d'Agoût et dans le niveau A de l'Achard. Par contre l'absence d' Orbitolinopsis cuvillieri (présent à Clos d'Agoût) semblerait indiquer un âge légèrement plus ancien pour la couche A de l'Achard.

— Nous avons rapproché les couches B et C de celle du Rimet, grâce aux arguments suivants :

- Convergence des formes micro- et mégalosphériques.
- Position stratigraphique de la couche C reposant sur l'Urgonien, comme la couche marneuse du Rimet.
- Présence d'Orbitolinopsis cuvillieri dans les couches B et C.

Celle d'Orbitolinopsis cuvillieri ne peut être prouvée au Rimet du fait de la recristallisation, mais la forme et la taille des petits Orbitolinidae qu'on y rencontre sont identiques à ceux des couches B et C.

Nous pensons cependant que la couche du Rimet est peut-être d'âge plus récent car la forme en disque des formes microsphériques est mieux réalisée que dans les couches B et C.

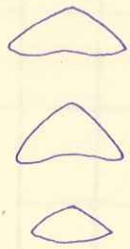
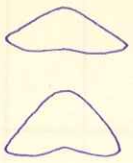
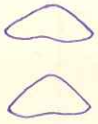
— Pour les couches D et E, la convergence des formes tend à les rapprocher d'une couche supérieure à Orbitolines des Ravix où les petits Orbitolinidae sont absents.(comme dans les niveaux D et E de l'Achard). Mais dans cette assise des Ravix, les Foraminifères semblent remaniés car ils sont bien calibrés.

Il reste enfin à préciser la position stratigraphique de ces différents niveaux.

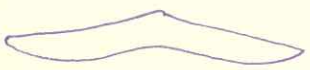
Nous avons établi pour cela un tableau en se basant sur les petits Orbitolinidae et le tableau évolutif de J. HOFKER.

TABLEAU N° 3

FORMES MEGALOSPHERIQUES.

GROUPES	FORMES	DETERMINATIONS BASEES SUR L'ASPECT EXTERNE	DETERMINATIONS BASEES SUR L'APPAREIL EMBRYONNAIRE
A		ORBITOLINA — conulus (Douvillé) — boehmi (Prever)	PALORBITOLINA lenticularis (Schroeder) = FORM GROUP I (Hofker)
B et C		ORBITOLINA — conoïdea (Gras)	
D et E		ORBITOLINA — lenticularis (Blumenbach) — lenticularis (Blumenbach)	

FORMES MICROSPHERIQUES

A			
B et C		ORBITOLINA — discoïdea (Gras)	
D et E			

TABLEAU

Datation faite sur :	BARREMIEN					APTIEN	
	inf.	moyen		supérieur		Bédoulien	Gargasien
		base	sommet	base	sommet		
Dictyoconus barremianus							
Orbitolinopsis kiliani							
Orbitolinopsis cuvillieri							
Tableau évolutif des appareils embryonnaires de J. HOFKER Pour A Pour B et C							
Position approximative de nos populations Pour A Pour B et C Pour D et E							?

En consultant ce tableau nous constatons que :

- Le niveau A appartiendrait à la base du Barrémien supérieur.
- Pour les niveaux B et C, la forme de l'appareil embryonnaire et la présence d'Orbitolinopsis cuvillieri indiquent le sommet du Barrémien supérieur, voire même le Bédoulien.
- Pour les niveaux D et E, nous pensons que leur âge est Bédoulien en l'absence de tout repère stratigraphique et de petits Orbitolinidae. Ces niveaux montent peut-être jusqu'à la base du Gargasien, mais nous n'en avons absolument aucune preuve.

Un des problèmes majeurs est de nommer ces Orbitolines et cet aspect nous retiendra tout particulièrement.

Les taxons spécifiques relatifs à nos échantillons sont abondants, ce qui a rendu notre tâche délicate, et le tableau n° 3 rappelle les noms donnés aux Orbitolines de la région dauphinoise par les différents auteurs.

En résumé, Orbitolina conulus Douvillé et Orbitolina boehmi Prever correspondent aux individus du niveau A, Orbitolina conoïdea et Orbitolina discoïdea Gras à ceux des niveaux B et C, et Orbitolina lenticularis Blumenbach à ceux des niveaux D et E.(car leur forme est identique à celles des Orbitolines décrites à la Perte du Rhône)

Enfin, toutes ces espèces sont reprises actuellement sous le nom synthétique d' Orbitolina (Palorbitolina) lenticularis Schroeder.

Ce taxon Orbitolina (Palorbitolina) lenticularis doit être, à notre avis, réservé aux Orbitolines des deux derniers groupes D et E pour les raisons suivantes :

- La convergence de forme existant entre ces dernières et la "lenticulaire de la Perte du Rhône" s'explique par l'absence de stade sigmoseptal.
- Les Orbitolina lenticularis figurées par R. DOUGLASS et les notres présentent la même composition du test : On y trouve en effet une notable proportion de grains de Quartz de grande taille.
- Il n'existe de petits Orbitolinidae ni dans les couches de la Perte du Rhône, ni dans les niveaux D et E.
- Enfin, l'appareil embryonnaire d'un exemplaire d'Orbitolina lenticularis de la Perte du Rhône figuré par J. HOFKER appartient au sous-genre Palorbitolina Schroeder.*

Le nom d'Orbitolina (Palorbitolina) lenticularis étant attribué aux Foraminifères des assises D et E, quel nom faut-il alors donner à ceux des couches A, B et C ?

Nous rejetons l'appellation Orbitolina boehmi Prever qui ne représente qu'un stade d'accroissement d'une Orbitoline.

Nous rejetons également le terme Orbitolina conulus Douvillé, décrit dans toute l'Europe sur le simple critère de la forme très conique et qui n'a plus aucune signification actuellement.

Il ne subsiste plus ainsi que l'espèce Orbitolina conoïdea Gras, décrite au Rimet, non loin du gisement de l'Achard. Ce taxon traduit la présence de formes coniques très hautes dont l'aspect provient de l'existence de loges sigmoseptales permettant d'obtenir de grande formes élevées.

La diagnose du sous-genre Palorbitolina Schroeder pourra être émendée en faisant intervenir une nouvelle interprétation de l'appareil embryonnaire et quelques détails inédits tant sur l'aspect extérieur que sur le plan de la structure interne.

* Dans ces niveaux Bédoulien ou Gargasien, il est fort possible cependant que l'on puisse trouver des Praeorbitolina ou des Orbitolina (Mesorbitolina) lotzei dont l'appareil embryonnaire diffère du sous-genre Palorbitolina par sa taille et sa forme. D'ailleurs, dans son tableau évolutif, J. HOFKER figure dans le même niveau des appareils embryonnaires de Palorbitolina et d'Orbitolina(Mesorbitolina) lotzei ce qui prouve bien la coexistence de ces Orbitolines.

Diagnose du sous-genre Palorbitolina Schroeder.

Ce sous-genre comprend des représentants dimorphiques (formes micro- et mégalosphériques) qui se distinguent par des aspects morphologiques très différents.

Les individus mégalosphériques sont convexo- ou conico-concaves, de petite taille. Leur diamètre moyen est de l'ordre de 2 à 2,5 mm et leur hauteur moyenne de 0,9 à 1,10 mm.

La valeur moyenne du rapport D/H, relativement constante, est comprise entre 2,4 et 2,5. Les valeurs extrêmes de ce rapport sont respectivement de 2 pour les formes très coniques (le diamètre est le double de la hauteur) et de 3 pour les formes très plates (dont le diamètre est le triple de la hauteur).

Les individus microsphériques sont aussi hauts que les formes mégalosphériques, mais ils sont beaucoup plus larges (de 4 à 5,6 mm en moyenne). Les formes microsphériques les plus anciennes (base du Barrémien supérieur) ne se distinguent pas bien des formes mégalosphériques les plus larges, mais les plus récentes ont par contre une allure discoïde très typique qui les différencient des formes mégalosphériques.

Les premiers planchers qui se développent sont des planchers sphériseptaux. Cependant, les Palorbitolines du Barrémien possèdent des planchers signoseptaux qui disparaissent chez les Palorbitolines les plus récentes. Enfin, il apparaît quelques loges annulaires chez presque tous ces individus.

Ces loges annulaires peuvent avoir une signification gérontique pour les formes mégalosphériques où elles sont en petit nombre, mais, pour les formes microsphériques, leur nombre important indique qu'il s'agit d'un nouveau mode de croissance.

Le test de ces Foraminifères est constitué d'un matériel détritique abondant dont le constituant principal est le Quartz.

L'appareil mégalosphérique globuleux est d'une organisation assez simple. Il est constitué :

— D'un proloculus chitineux ressemblant à un ballonet suspendu à l'intérieur d'un logement calcaire qui constitue la deutéroconque.

— D'une deutéroconque formée de deux parties :

- La zone apicale en contact avec l'extérieur contient un reticulum de cloisonnettes qui se poursuit jusqu'à l'étranglement situé au tiers inférieur de l'appareil embryonnaire.
- La zone périproloculaire, plus volumineuse, entoure le pibloculus qui s'y rattache par l'intermédiaire d'un funicule.

Cet appareil embryonnaire est entouré d'une loge péri-embryonnaire d'assez grande hauteur (environ 80 microns)

L'appareil microsphérique, de très petite taille est trochospiralé.

Discussion :

Ce sous-genre se distingue des autres sous-genres d'Orbitolines sensu stricto car son appareil embryonnaire est le plus simple de tous. Par ailleurs, ses représentants sont parmi les plus petites Orbitolines S. str.

En effet, d'une part les formes mégalosphériques ne possèdent pas de vraies loges annulaires et d'autre part les loges juvéniles sphériseptales ne dépassent jamais un certain diamètre qui reste très faible.

Il semblerait donc que les Palorbitolines seraient les plus archaïques des Orbitolines s. str. et ce sous-genre ne doit guère dépasser le Bédoulien ou au maximum le Gargasien inférieur.

Nous avons distingué deux espèces dont nous allons donner une rapide diagnose.

1.- Orbitolina (Palorbitolina) conoïdea :

Ce sont des Palorbitolines dont les individus mégalosphériques les plus coniques atteignent une taille assez élevée. La forme discoïde va se réaliser chez les individus microsphériques. Le diamètre moyen des formes mégalosphériques est de 2,7 mm et leur hauteur moyenne de 1,10 mm.

Les loges présentent la succession suivante :

sphériseptales — scutiseptales — signoseptales — annulaires

Leur test est composé de nombreux grains de Quartz détritiques de petite taille dont le diamètre est inférieur à 50 microns.

Leur appareil embryonnaire mégalosphérique, d'un diamètre de 100 à 180 microns montre, en coupe, un maximum de six cloisonnettes dans la zone apicale de la deutéroconque.

Nous réserverons le terme de Orbitolina (Palorbitolina) conoïdea forme conoïdea pour les individus mégalosphériques et de Orbitolina (Palorbitolina) conoïdea forme discoïdea pour les individus microsphériques.

Ces Palorbitolines ne dépassent guère le Barrémien et arrivent peut-être jusqu'au Bédoulien inférieur.

2.- Orbitolina (Palorbitolina) lenticularis.

Ce sont des Palorbitolines de petite taille ayant un aspect lenticulaire. Le diamètre moyen des formes mégalosphériques est de 2,20 mm et leur hauteur moyenne de 0,91 mm.

Les loges présentent les formes suivantes :

Loges sphériseptales ——————— loges annulaires.

Leur test est composé de grains de Quartz dont le diamètre peut atteindre 100 microns.

L'appareil embryonnaire de ces Foraminifères n'a pu être étudié en raison de la recristallisation, mais nous pensons que cette lacune pourra être comblée ultérieurement.

Ces formes sont hédouliennes et montent peut-être jusque dans le Gargasien basal.

Discussion :

Nous avons établi un tableau permettant de séparer les formes mégalosphériques de O.(Palorbitolina) conoïdea et O.(Palorbitolina) lenticularis sur des critères très facilement accessibles. Les formes microsphériques s'isolent sur les mêmes critères, mais les individus microsphériques présentent toujours de vraies loges annulaires à l'exception des Palorbitolines de la base du Barrémien supérieur.

TABLEAU

DETERMINATION FAITE	O.(PALORBITOLINA)CONOIDEA	O.(PALORBITOLINA LENTICULARIS
En examinant la morphologie externe des individus dégagés d'une population.	Présence de formes coniques de haute taille	Les individus ont un aspect général de "lentilles" et on ne trouve jamais de forme conique de haute taille.
En examinant les individus sur des lames minces de roches	1. Les planchers des individus présentent un stade sigmoseptal très caractéristique 2. Le test est formé de quartz de petite taille(inf. à 50 m.)	1. Il n'y a pas de stade sigmoseptal. On passe directement du stade sphériseptal au stade annulaire 2. Le test est formé de beaucoup de grains de quartz de grande taille(jusqu'à 100 m.)

En conclusion, l'observation des Orbitolines infra- et supra urgoniennes du gisement de l'Achard nous a conduit à étudier cinq stades d'évolution d'un sous-genre d'Orbitolina : le sous-genre Palorbitolina Schroeder.

Ces stades nous ont permis de constater trois modifications architecturales des Palorbitolines au cours du Barrémien et de l'Aptien et qui sont les suivantes :

a. Une augmentation de la taille de l'appareil embryonnaire, phénomène déjà mis en évidence par J. HOFKER.

b. Une diminution de taille des formes mégalosphériques, par la perte d'un stade de croissance adulte.

c. Enfin, un élargissement des formes microsphériques par l'acquisition d'un nouveau stade de croissance : Le stade annulaire.

De ces modifications, nous avons retenu que les Orbitolines ont essayé de se développer de deux manières différentes :

- D'une part, elles ont fait une tentative de développement en hauteur et en largeur en acquérant des loges entières de formes diverses et surtout des loges sigmoseptales.* Mais cet essai s'est soldé par un échec, et par l'abandon de ces formes de loges trop compliquées et surtout limitatives. De ce fait, les Palorbitolines du Bédoulien se sont retrouvées avec des loges juvéniles sphériseptales et quelques loges annulaires.

C'est l'échec de cette tentative qui a certainement entraîné l'extinction rapide du sous-genre Palorbitolina.

A l'Aptien, les Orbitolines vont essayer de se développer à nouveau en hauteur : C'est le cas de l'Orbitolina scutum Fritsch.

Mais ce développement obtenu par la multiplication des loges sphériseptales est resté sans lendemain.

- D'autre part elles ont tenté de se développer en largeur à l'aide de loges annulaires. Ce mode de croissance qui s'est affirmé lentement chez les formes microsphériques au cours du Barrémien s'est revélé comme un succès complet. En effet, ce développement qui n'est pas limitatif, assure en même temps une plus grande surface de support.

Ainsi, après l'Aptien, les Orbitolines vont être constituées essentiellement de loges annulaires, après quelques loges sphériseptales. Au Cénomanien enfin, ces loges sphériseptales finiront par disparaître au profit des loges annulaires.

Nous avons ainsi constaté que du Barrémien à l'Aptien vont s'édifier et se diversifier plusieurs modes de croissance dont un seul sera conservé ultérieurement.

Ainsi, ces Orbitolines conservées au sein des sédiments depuis les lointains temps crétacés, tendent à perdre peu à peu leur légende de Foraminifères déconcertants et à se plier au cadre rigide de la systématique.

* Notons qu'à la même époque on retrouve des loges sigmoseptales chez le Dictyoconus barremianus Moullade.

BIBLIOGRAPHIE

ASTRE (G), 1930.- Sur les petites Orbitolines plates du sommet des marnes de Santa Fé d'Organya et sur l'âge de ces marnes. Bull. Soc. Géol. Fr. 4, vol. 29, 3-5, p.305-319

BASSOULET (J.P) & MOULLADE (M), 1962.- Les Orbitolinidae du Crétacé inférieur de la sierra de Montsech, province de Lérida (Espagne) Rev. Micropal. 5, 2, p. 104-114

BILLIARD (J) & MOULLADE (M), 1964.- Etude de quelques représentants du genre Iraqia (Orbitolinidae) dans l'Aptien des contreforts pyrénéens. Rev. Micropal. 6, 4, p. 237-242

BLANCHET (F), 1916.- Etude micrographique des calcaires urgoniens. Trav. Lab. Géol. Grenoble. XI, 3, p. 29-86

CHEVALLIER (J), 1961.- Quelques nouvelles espèces de Foraminifères dans le Crétacé inférieur méditerranéen. Rev. Micropal. 4, 1, p. 29-36

CIRY (P) & RAT (P), 1953.- Description d'un nouveau genre de Foraminifère : Simplorbitolina manasi nov. gen., nov. sp. Bull. Scient. Bourgogne. XIV, p. 85-100

DIENI (I), MASSARI (F), MOULLADE (M), 1963.- Sur quelques Orbitolinidae des calcaires à faciès urgonien du Crétacé inférieur des environs d'Orosei (Sardaigne) Boll. Soc. Paléont. Ital. 2, 2, p. 2-8

DOUGLASS (R.C), 1960 a.- The Foraminifera genus Orbitolina in North america. U.S.Géol. Survey.Prof.Pap. 353

- - - - - - - - 1960 b.- Revision of the family Orbitolinidae Micropal. vol. 6, 3, p. 249-270

DOUVILLE (H), 1904.- Sur la structure des Orbitolines. Bull. Soc. Géol. Fr. 4, 4, p. 653-660

- - - - - - - 1912.- Les Orbitolines et leurs enchainements. C. R. Acad. Sci. Paris. 155, p. 567-572

FOURY (G), 1963.- Deux nouvelles espèce d'Orbitolinidae du faciès urgonien des Alpilles (Bouches du Rhône) Rev. Micropal. 6, 1, p. 3-12

FOURY (G) & MOULLADE (M), 1966.- Orbitolinidae nouveaux du Barrémien (faciès urgonien) des Alpilles (Bouches du Rhône) Rev. Micropal. 8, 4, p. 249-257

GRAS (A), 1852.- Catalogue des corps organisés fossiles qui se rencontrent dans le département de l'Isère. Grenoble.

GIGNOUX (M) & MORET (L), 1952.- La géologie dauphinoise. Masson. Paris. 2ième.ed.

GUILLAUME (H), 1956.- Une nouvelle espèce crétacée du genre Dictyoconus Blankenhorn. Ecl. Géol. Helv. 49, 1, p. 141-156

HENSON (F.R.S), 1948.- Larger imperforate Foraminifera of south-western Asia. London.

HOFKER (J Jr.), 1963.- The genus Orbitolina (Foraminiferida) Leidse Géol. Med. 29, p. 181-253
- - - - - - - - 1964.- Note sur Orbitolina conulus Douvillé. Rev. Micropal. 7, 1, p. 72-76

IMBRIE (F), 1956.- Biometrical methods in the study of invertebrate fossils. Bull. Am. Mus. New York vol. 108, 2, p. 211-252

JACOB (C), 1907.- Etude paléontologique et stratigraphique sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et les régions voisines. Thèse. Grenoble.

LAMOTTE (H), 1957.- Initiation aux méthodes statistiques en biologie. Masson.

LEYMERIE (A), 1881.- Description géologique et paléontologique des Pyrénées de la Haute-Garonne. Toulouse.

LIENERT (O), 1965.- Stratigraphie der Drusbergschichten und des Schratten-kalks im Säntisgebirge unter besonderer Berücksichtigung der Orbitoliniden. Dipl. Ing. Géol. E. T. H. Zürich.

MAYNC (W), 1955 a.- Dictyoconus walnutensis in the middle Albian Guacharo limestone of Eastern Venezuela. Cushman Found. for Res. Contr.vol. 6, 3, p. 85-96
- - - - - - 1955 b.- Coskinolina sunnilandensis n. sp., a lower cretaceous (Urgo-Albian) species. Cushman Found. for Res. Contr.6,3, p.105-11

MEHES (K), 1964.- The Foraminifera genus Orbitolina from Hungary. Acta Géologica VIII, 1-4

MOORE (R), LALICKER (L), FISCHER (A), 1952.- Invertebrate fossils

MORET (L), 1958. Manuel de paléontologie animale. Masson. Paris. 4 ième .ed.

MOULLADE (M), 1960.- Les Orbitolinidae des microfaciès bar émiens de la Drôme Rev. Micropal. 3, 3, p. 118-192
- - - - - - - - 1963.- Etat actuel des connaissances sur les Orbitolinidae (Foraminifères) du Crétacé inférieur mésogéen. Colloque du Crétacé inférieur. France et régions limitrophes.
- - - - - - 1965.- Contribution au problème de la classification des Orbito-linidae. C. R. Acad. Sci. Paris. 260, 14,p 4031-4034

MOULLADE (M) & THEULOY (J.P), 1965.- Précisions sur Orbitolina ? kiliani espèce type d'Orbitolinopsis Silvestri. C. R. Acad. Sci. Paris 261, P. 4175-4178

ORBIGNY (A) d', 1850.- Prodrôme de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés faisant suite au cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique. vol. 2. Paris

PAQUIER (V), 1900.- Recherches géologiques dans le Diois et les Barronies orientales. Thèse. Grenoble.

PICTET (F.J) & RENEVIER (E), 1858.- Description des fossiles du terrain Aptien de la Perte du Rhône et des environs de Sainte Croix. Mat. Pal. Suisse. 1, p. 1-384

PIVETEAU (J), 1952.- Traité de paléontologie. vol. 1

POKORNY (V), 1963.- Principles of zoological micropaleontology. Pergamon press. London. vol.I

RENEVIER (P.L), 1909.- Foraminifera in : Parona, C.F. La fauna coralligena del crétaceo dei Monti d'Ocre nell'Abruzzo aguilano. Carta. Géol. Ital. Mem. desc. 5, 1, p. 1-242

RENEVIER (P.L) & SILVESTRI (A), 1904.- Contribuo allo studio delle Orbitolinidae. Boll. Soc. Géol. Ital. 23, 3, p. 477-486

RAT (P), 1959.- Le milieu et le développement des Orbitolines (Foraminifères) Bull. Soc. Géol. Fr. 7, 1, p. 651-657

- - - - - -1963.- L'accroissement de taille et les modifications architecturales corrélatives chez les Orbitolines. In Evolutionary trends in Foraminifera. Elsevier Publish. p. 93-109

- - - - - 1963 b.- Essai sur la repartition stratigraphique des divers genres architecturaux du genre Orbitolina. Coll. Crétacé inférieur.France.

SCHROEDER (R), 1962.- Orbitolinen des Cenomans Südwesteuropas. Pal. Zeitschr. 38, 3-4, P. 171-202

- - - - - - - - 1963 a.- Palorbitolina, ein neues Subgenus der Gattung Orbitolina (Foraminifera) N. Jb. Geol. Paläeont AbH. 117, p. 346-359

- - - - - - - 1963 b.- Les connaissances acquises jusqu'ici des Orbitolinidae rencontrés dans le Crétacé inférieur du S-W de l'Europe. Coll. Crétacé inférieur. France et régions limitrophes.

- - - - - - - 1963 c.- Grundlagen einer Orbitolinen Biostatigraphie des tieferen urgons in pyrenäisch-kantabrischen Grenzgebiet.(Nordspanien) N. Jb. Geol. Palaeont. Mh. 6, p. 320-341

- - - - - - - 1964 a.- Orbitoliniden. Biostratigraphie des urgons nord-östlich von Teruel (Spanien) N. Jb. Géol. Palaeont. Mh.p. 462-474

- - - - - - - 1964 b.- Kritische Bemerkungen zu den Orbitolinen Untersuchungen von M.Moullade. N. Jb. Geol. Palaeont. Mh. 7, p.429-439

- - - - - - - 1964 c.- Zur evolution der Cenoman-Orbitolinen. Eine Entgegnung an J. Hofker Jr. N. Jb. Geol. Palaeont. Mh. 7, p. 682-693

SCHROEDER (R), 1964 d.- Communication préalable sur l'origine des Orbitolines. C. R. Som. Soc. Géol. Fr. 10, p. 411-412

- - - - - - - - 1965 a.- Neorbitolinpsis n. gen. und ihre Systematische Position innerhalb der Orbitoliniden. Eclog. Geol. Helv. 58, 1, p.579-589

- - - - - - - - 1965 b.- Dictyoconus pachymarginalis n. sp. auss dem Apt des Elbruz-gebirgs (Nord-Iran) Eclog. Geol. Helv. 58, 2, p. 975-980

SCHROEDER (R) & POIGNAT (A), 1964.- Orbitolinopsis aquitanica, eine neue Foraminifera der Unterkreide des Aquitaine (S-W Frankreich) Eclog. Geol. Helv. 57, 2, p.553-557

SILVESTRI (A), 1932.- Foraminiferi del Crétaceo della Somalia. Pal. Ital. n. ser., 2, p.145-204

TERMIER (H) & TERMIER (G), 1960.- Atlas de paléogéographie.

THIEULOY (J.P), 1959.- Etude micrographique des calcaires à débris barrémo-aptiens sue le pourtour méridional du Vercors. Trav. Lab. Géol. Grenoble. XXXV, p. 39-99

THIEULOY (J.P) & GIROD (J.P), 1964.- L'Aptien et l'Albien fossilifère du synclinal d'Autrans (Vercors septentrional) Trav. Lab. Géol. Grenoble. XXXX, p. 91-111

TINTANT (H), 1963.- Les Kosmocératidés du Callovien inférieur et moyen d'Europe occidentale. Essai de Paléontologie quantitative. Les presses universitaires de France. Thèse. Dijon.