Étude systématique et statistique des peuplements de foraminifères et d'ostracodes du Callovo-oxfordien dans la région de Besançon

Hervé Piotelat

▶ **To cite this version:**

Hervé Piotelat. Étude systématique et statistique des peuplements de foraminifères et d'ostracodes du Callovo-oxfordien dans la région de Besançon. Paléontologie. Université Claude Bernard Lyon 1, 1984. Français. NNT : . tel-01998852v2

HAL Id: tel-01998852
https://theses.hal.science/tel-01998852v2

Submitted on 20 Aug 2019

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.

A Monsieur l'abbé Mouterde

AUTEUR

n° d'ordre : 1581

Année 1984

Reconnaissance et amitiés _

UNIVERSITÉ DE LYON C.S.T. GÉOLOGIE

THESE

présentée

DEVANT L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON I

pour obtenir

LE DOCTORAT DE TROISIEME CYCLE

SPECIALITE : MICROPALEONTOLOGIE

par

HERVE PIOTELAT

ETUDE SYSTEMATIQUE ET STATISTIQUE DES PEUPLEMENTS DE FORAMINIFERES ET D'OSTRACODES DU CALLOVO-OXFORDIEN DANS LA REGION DE BESANCON

soutenue le : 13 Octobre 1984

devant la commission d'examen :

M.	R. ENAY	Président
Mme	C. RUGET	
MM	D. CONTINI	Examinateurs
	N. MONGEREAU	
	R. MOUTERDE	

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON I

Président honoraire : M. le Professeur J. BOIDIN

Administrateur Provisoire : M. le Professeur C. DUPUY

Administrateur Provisoire Adjoint : M. le Professeur J. CHANEL

Administrateur Provisoire Adjoint : M. le Professeur R. MORNEX

Secrétaire Général de l'Université : M. F. MARIANI

U.E.R. de Médecine GRANGE-BLANCHE.....	M. le Pr. Paul ZECH
U.E.R. de Médecine ALEXIS CARREL.....	M. le Pr. René MORNEX
U.E.R. de Médecine LYON NORD.....	Mme le Pr. PINET
U.E.R. de Médecine LYON SUD.....	M. le Pr. Jean NORMAND
U.E.R. Faculté de Pharmacie.....	M. le Pr. C.A. BIZOLLON
U.E.R. des Techniques de Réadaptation.....	M. le Pr. EYSSETTE
U.E.R. de Biologie Humaine.....	M. le Pr. P.A. BRYON
U.E.R. E.P.S.....	M. A. MILLON, Pr d'E.P.S.
U.E.R. Faculté d'Odontologie.....	M. le Pr. Jean LABE
U.E.R. de Mathématiques.....	M. René REDON, M.A.
U.E.R. de Physique.....	M. le Pr. Robert UZAN
U.E.R. de Chimie et Biochimie.....	Mme A. VARAGNAT, M.A.
U.E.R. des Sciences de la Nature.....	M. le Pr. ELMI
U.E.R. des Sciences Physiologiques.....	Mme le Pr. J.F. WORBE
U.E.R. de Physique Nucléaire.....	M. le Pr. E. ELBAZ
I.U.T. I.....	M. le Pr. J. GIELLY
I.U.T. II.....	M. le Pr. P. MICHEL
Observatoire de Lyon.....	M. MONNET, Astronome Adjoint
U.E.R. de Mécanique.....	M. le Pr. ~~BATAILLE~~ GAY

Février 1984

AVANT-PROPOS

Il m'est agréable d'avoir à remercier les personnes qui m'ont aidé à mener à bien ce travail.

Toute ma gratitude va à Madame Christiane RUGET. Elle m'a fait largement profiter de sa connaissance des foraminifères au cours de ces trois années et elle n'a pas ménagé ses efforts lors de l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens à remercier Mr René MOUTERDE qui m'a accueilli au laboratoire de Géologie de la Faculté Catholique des Sciences et qui, par l'emploi qu'il m'a fourni, m'a donné les moyens de poursuivre mes études de troisième cycle.

Je suis reconnaissant envers Mr D.CONTINI. Il m'a guidé sur le terrain et a relu et corrigé une partie du manuscrit.

Je remercie Mr le Professeur R.ENAY qui me fait l'honneur de présider ce jury et Mr N.MONGEREAU qui a accepté d'y participer.

Mademoiselle A.M.BODERGAT en déterminant et en comptant les ostracodes m'a fait bénéficié d'un travail considérable. Qu'elle en soit vivement remerciée.

Ma reconnaissance va également à Mesdames GREGOT et LAPICOREY qui se sont chargées de la frappe du manuscrit. La qualité du texte dactylographié leur doit beaucoup ainsi qu'aux correcteurs qui se sont proposés avec spontanéité.

J'associe à ces remerciements mes camarades étudiants et tous les membres de la petite famille qui constitue le laboratoire de géologie de la "CATHO", pour l'aide efficace et le soutien qu'ils m'ont toujours apportés.

Je réserve une place particulière à ceux qu'il serait vain de remercier et sans qui rien n'aurait été possible : mes parents à qui je dédie ce mémoire.

UNIVERSITÉ DE LYON
C.S.T.
GÉOLOGIE
I

TABLE DES MATIERES

Avant-propos

Table des matières.....p. 1

INTRODUCTION..... 5

1 - GENERALITES..... 7

1.1. Situation géographique..... 7

1.2. Cadre structural..... 7

1.3. Cadre stratigraphique..... 9

1.4. Provenance des prélèvements..... 12

1.4.1. Palente..... 12

1.4.2. Epeugney..... 14

1.4.3. Arc-sous-Montenot..... 16

1.5. Méthodes d'études..... 18

1.5.1. Sur le terrain..... 18

1.5.2. Au laboratoire..... 18

1.5.3. Méthodes d'analyses de données utilisées..... 19

2 - SYSTEMATIQUE..... 23

2.1. Les foraminifères..... 23

2.2. Les ostracodes..... 64

3 - REPARTITION STRATIGRAPHIQUE..... 67

4 - ANALYSE QUANTITATIVE DE LA REPARTITION DES ORGANISMES..... 71

4.1. Méthodes de comptage et limites de l'interprétation..... 72

4.1.1. Méthode de comptage utilisée..... 72

4.1.2. Normalisation des données..... 75

4.1.3. Limites d'interprétation..... 77

4.2. Mise en évidence de groupes fauniques..... 78

4.2.1. Les foraminifères..... 78

a - Groupe 1 - Frondicularia nikitini..... 80

b - Groupe 2 - Genres Triplasia et Flabellammina..... 80

c - Groupe 3 - Ammobaculites sp.A..... 83

d - Groupe 4 - Reophax horridus..... 85

e - Groupe 5 - Ophtalmiidés..... 87

f - Groupe 6 - Nubeculinella tibia bulbifera..... 87

g - Groupe 7 - Genres Spirillina et Paalzowella..... 87

h - Groupe 8 - Les gros agglutinants calcaires..... 89

i - Groupe 9 - Les agglutinants siliceux..... 93

j - Groupe 10- Les lenticulines..... 95

k - Les autres taxons..... 96

4.2.2. Les ostracodes..... 96

4.2.3. Relations entre les groupes et les autres organismes. 103

4.2.4. Relations entre les groupes et les données sédimentologiques..... 103

a - Teneur en carbonates..... 103

b - Composition des argiles..... 106

4.3. Comparaison entre les coupes..... 107

4.3.1. Différences..... 107

4.3.2. Corrélations..... 109

4.4. Structure des peuplements..... 112

4.4.1. Indices de diversité..... 112

4.4.2. Nombre d'espèces et variabilité faunique..... 114

4.4.3. Dominance faunique..... 115

4.4.4. Abondance..... 115

4.4.5. Rapports agglutinants/benthiques et agglutinants calcaires/agglutinants siliceux..... 115

4.4.6. Ajustement à un modèle de distribution..... 117

a - Principe du modèle de Motomura..... 117

b - Application aux peuplements fossiles du Callovo-Oxfordien de Franche-Comté..... 119

4.5. Essai d'interprétation..... 121

4.5.1. Cadre paléogéographique et paléoécologique..... 121

4.5.2. Examen des groupes fauniques..... 123

- Ophtalmiidés, Spirillines..... 123
- Lenticulines, gros agglutinants calcaires..... 126
- Triplasia-Flabellammina, Nubeculinella tibia bulbifera..... 128
- Ammobaculites sp.A..... 130
- Reophax horridus..... 130
- Agglutinants siliceux..... 130
- Ostracodes..... 133

4.5.3. Synthèse..... 134

CONCLUSION..... 137

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE..... 141

Liste des figures..... 149

Liste des tableaux en annexes..... 153

ANNEXES

INTRODUCTION

La région de Besançon constitue un endroit privilégié pour l'étude des foraminifères dégagés du Callovien supérieur en raison du large développement des faciès marneux.

L'étude des formations du Callovien supérieur est complétée par celle des niveaux marneux de l'Oxfordien inférieur : marnes à renggeri et couches à sphérites.

Les quatre premiers chapitres de ce travail sont constitués par une étude classique des foraminifères : généralités, analyse biométrique, systématique et répartition stratigraphique.

Le dernier chapitre concerne l'étude statistique de la répartition des foraminifères et des ostracodes. Cette étude a conditionné l'ensemble du travail, notamment au niveau des méthodes. Elle cherche à relier les variations de la composition de la microfaune à celles du milieu de dépôt. Ces variations s'inscrivent dans une séquence de comblement de bassin qui débute au Callovien supérieur au Nord, et à l'Oxfordien inférieur au Sud.

Le plan choisi dans ce chapitre peut paraître surprenant, la description du cadre paléogéographique et paléoécologique n'intervenant qu'après l'énoncé des principales observations. En effet l'interprétation des résultats ne peut se faire qu'en intégrant toutes les données, dans la dernière partie du chapitre.

1 - GENERALITES

1.1. Situation géographique (fig.1)

La région dans laquelle s'inscrit ce travail est située à l'Est de la France, et au Sud de la ville de Besançon. Cette région est couverte, du Nord vers le Sud, par les cartes au 1/50.000 de Besançon, Quingey et Salins-les Bains.

Les prélèvements proviennent de trois localités alignées suivant un axe Nord-Sud.

Ce sont, du Nord vers le Sud :

- Palente; quartier de Besançon à la périphérie Nord de la ville
- Epeugney; à l'Ouest d'Ornans et à quinze kilomètres au Sud de Besançon.
- Arc-sous-Montenot; à dix kilomètres à l'Est de Salins-les-Bains et à quarante kilomètres au Sud de Besançon.

Un sigle de trois lettres est affecté à chacune des coupes. Ce sigle est indiqué sur la figure 1 et il est répété dans l'appellation de chaque prélèvement.

Une localisation plus précise des coupes sera donnée dans le paragraphe "provenance des prélèvements".

1.2. Cadre structural (fig.2)

La région étudiée appartient à la partie Nord du Jura externe. Sa structure est caractérisée par une alternance de zones plissées et faillées (les faisceaux) et de zones non plissées (les plateaux).

Du Nord vers le Sud, on distingue :

- le plateau de Besançon : sur sa bordure sud-est se situe la coupe de Palente.
- le plateau d'Ornans séparé en deux par l'accident de Mamirolle et sur lequel se trouve Epeugney.
- le faisceau salinois; de direction Sud-Ouest - Nord-Est

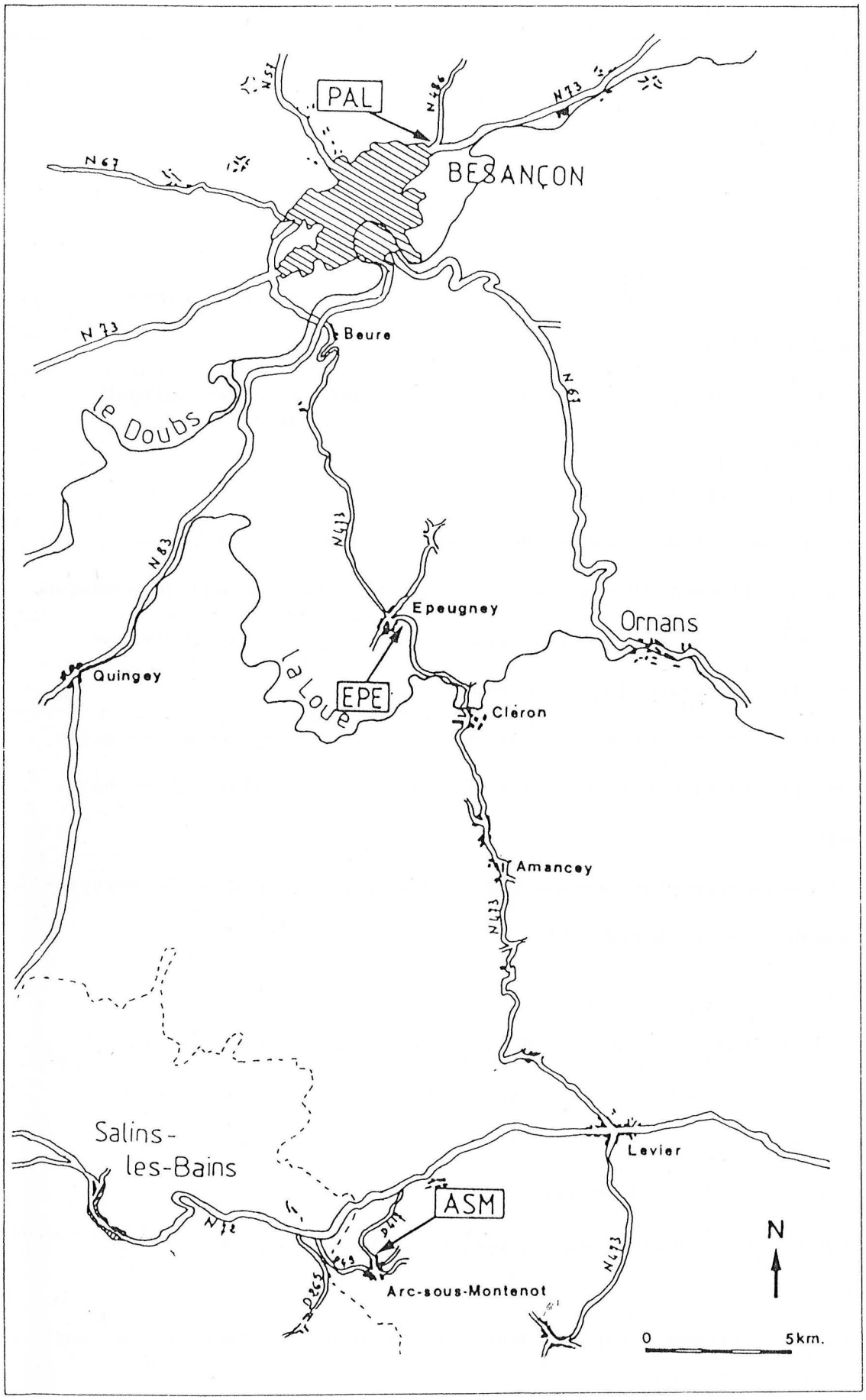


Fig. 1 - Situation géographique des coupes.

- le plateau de Champagnole, encadré à l'Ouest par la chaîne de l'Euthe et à l'Est par le faisceau de Syam. Arc-sous-Montenot est sur la bordure nord de ce plateau, à la limite du faisceau salinois.

1.3. Cadre stratigraphique

Depuis le siècle dernier, plusieurs auteurs ont étudié les formations callovo-oxfordiennes de la région. Parmi eux, on peut citer : MARCOU (1848), CHOFFAT (1878), GIRARDOT (1896), THEOBALD et BARBIER (1958), DREYFUSS (1954). Plus récemment, les travaux de synthèse ont été réalisés par CONTINI (1969, 1972, 1976) et par ENAY (1966) pour la partie la plus méridionale de la région. Une description rapide de la succession des terrains est donnée ici.

Le Callovien moyen est une période où la sédimentation est très réduite. Il correspond à des dépôts peu épais et condensés d'oolites ferrugineuses qui viennent recouvrir la surface perforée de la dalle nacrée du Callovien inférieur.

La sédimentation marneuse ne reprend qu'à partir du Callovien supérieur avec le dépôt des formations des marnes de Palente et des calcaires marneux. Elle se poursuit au cours de l'Oxfordien inférieur avec les marnes à renggeri et les couches à sphérites.

Les différentes formations sont,de la base vers le sommet :

- les marnes de Palente : (3 à 4m), ce sont des marnes grises contenant beaucoup d'ammonites et de brachiopodes. Vers le sommet, des niveaux légèrement plus calcaires apparaissent. Ces marnes sont surmontées par un banc calcaire ferrugineux formant un ressaut très net. C'est le banc à Collotites qui marque le sommet de la zone à Athleta.

- les calcaires marneux : il s'agit en fait d'une alternance de marnes et de calcaires marneux riches en fossiles : ammonites, brachiopodes et bélemnites. A la base de la formation, un niveau plus dur est constitué

par une véritable lumachelle à brachiopodes. Ces dépôts appartiennent à la zone à Lamberti. Au sommet de cette zone apparaissent les marnes à renggeri.

- les marnes à renggeri :ce sont des marnes noires à très nombreux fossiles pyriteux. Elles s'étendent depuis le sommet de la zone à Lamberti jusqu'à la zone à Cordatum. La zonation est souvent difficile à établir, car le faciès marneux est uniforme et les seules ammonites présentes sont des nuclei pyriteux qui peuvent avoir été transportés.

Les affleurements correspondent à d'anciennes marnières abandonnées depuis longtemps et la partie inférieure des marnes à renggeri est très souvent masquée par des glissements.

- les couches à Sphérites : les sphérites sont des nodules calcaires décimétriques répartis en bancs réguliers au sein d'un ensemble de marnes jaunes. Ces niveaux noduleux, espacés à la base de la formation, deviennent plus fréquents dans la partie supérieure. Cet ensemble représente le sommet de la zone à Cordatum et une partie de la zone à Plicatilis.

La sédimentation devient ensuite plus calcaire avec le dépôt des calcaires siliceux.

Cette succession lithologique est surtout valable dans la région de Besançon (Palente et Epeugney). A Arc-sous-Montenot, les formations diffèrent nettement :

- Les niveaux marneux et calcaires du Callovien supérieur n'existent pas, alors qu'au Nord, ils avaient une puissance de 7 à 8 mètres.
Ce dernier est représenté sous le faciès oolite ferrugineuse.

- Les marnes à renggeri sont moins épaisses (20 mètres au lieu de 30).

Elles reposent directement sur l'oolite ferrugineuse. Elles sont entrecoupées de petits bancs calcaires qui n'existent pas au Nord.

- Les couches à Sphérites sont réduites (9 mètres au lieu de 30).

UNIVERSITÉ DE LYON
C.S.T.
GÉOLOGIE

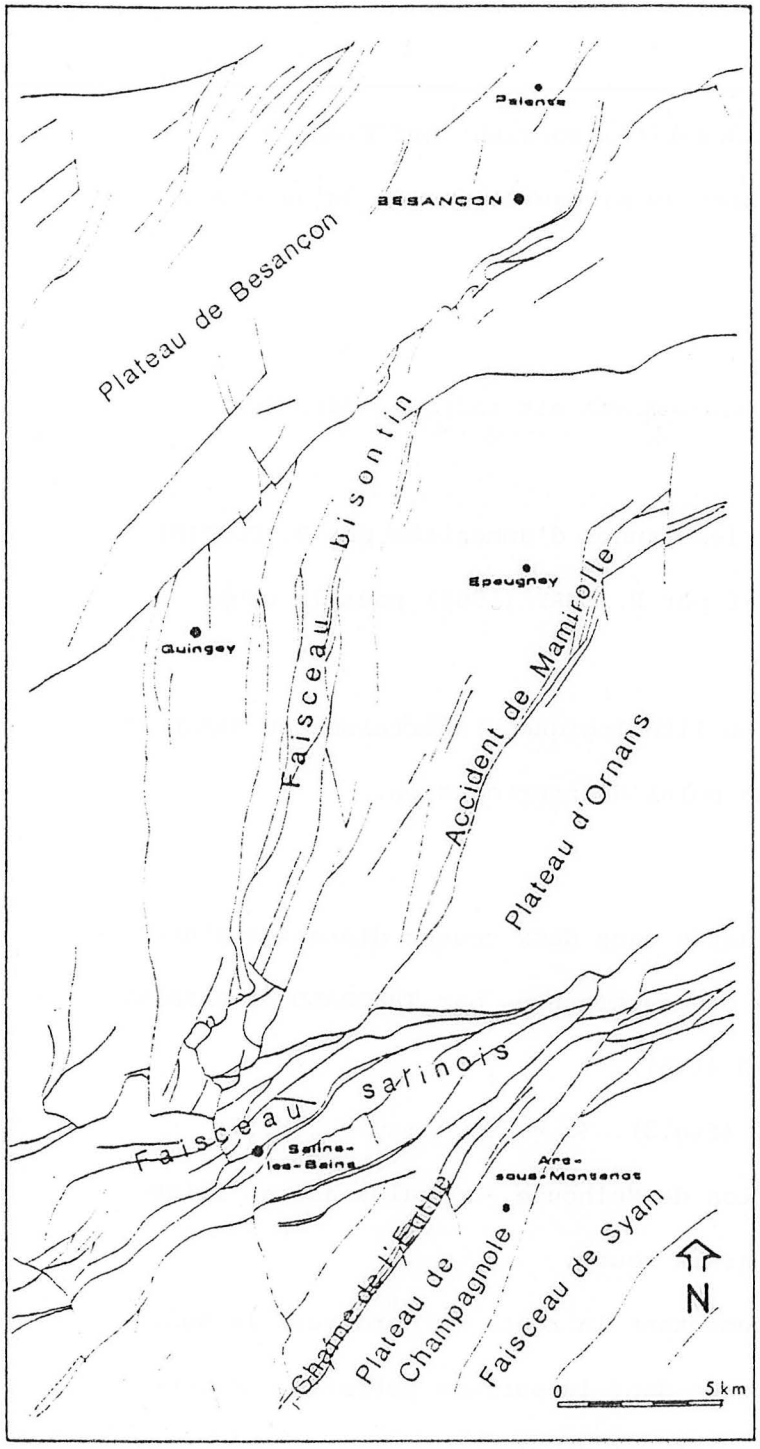
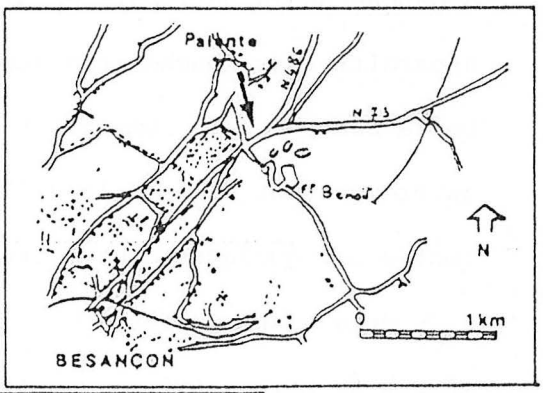


Fig. 2 - Cadre structural.



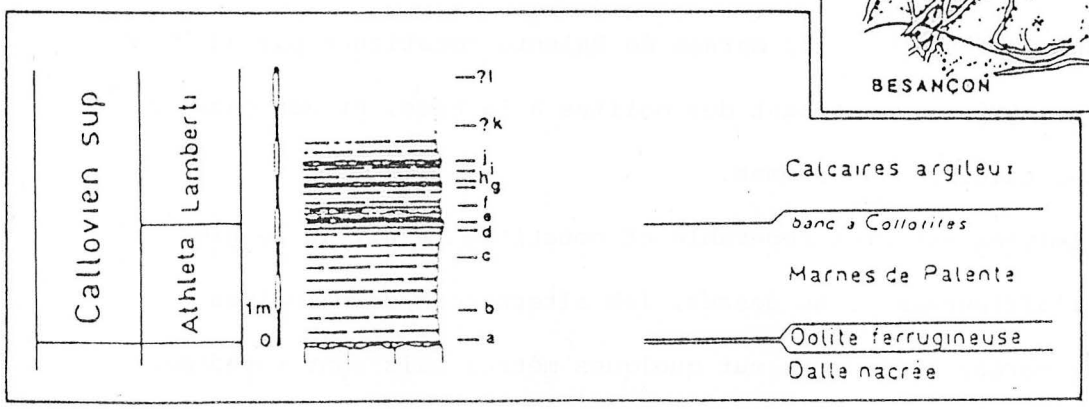


Fig. 3 - Coupe du talus de la R.N. 73 à Palente.
Situation géographique de la coupe et localisation des prélèvements.

D'après D. CONTINI et R. ENAY, les sphérites seraient différentes de celles rencontrées au Nord, aussi bien au niveau du faciès qu'au niveau du contenu faunique.

1.4. Provenance des prélèvements

La localisation précise des prélèvements est indiquée dans les figures 3,4,5 et 6.

La zonation a été établie sur les faunes d'ammonites par D. CONTINI pour la région proche de Besançon et par R. ENAY (1966) pour la coupe d'Arc-sous-Montenot.

Les limites stratigraphiques ou lithologiques incertaines ou masquées sont indiquées en pointillé avec un point d'interrogation.

1.4.1. Palente

Les échantillons ont été collectés dans deux coupes distantes d'une centaine de mètres. Ces coupes ont été mentionnées par THEOBALD et BARBIER (1958) et par RANGHEARD et THEOBALD (1961).

a) - Coupe le long de la R.N.73. (fig.3). (x = 880.9 ; y = 258.15)

A gauche de la nationale en direction de Mulhouse, un talus ancien laisse apparaître des couches tronquées par la route.

De la base vers le sommet, et en remontant la route du Nord vers le Sud, on trouve tout d'abord la dalle nacrée dont la surface perforée est surmontée par quelques centimètres d'oolites ferrugineuses.

Puis vient la formation des marnes de Palente constituée par quelques mètres de marnes grises, contenant des oolites à la base, et des passées légèrement plus calcaires au sommet.

Le banc à Collotites est bien repérable et constitue le niveau le plus résistant de l'affleurement. Au dessus, les alternances de calcaires argileux et de marnes affleurent sur quelques mètres mais sont rapidement masquées par la végétation.

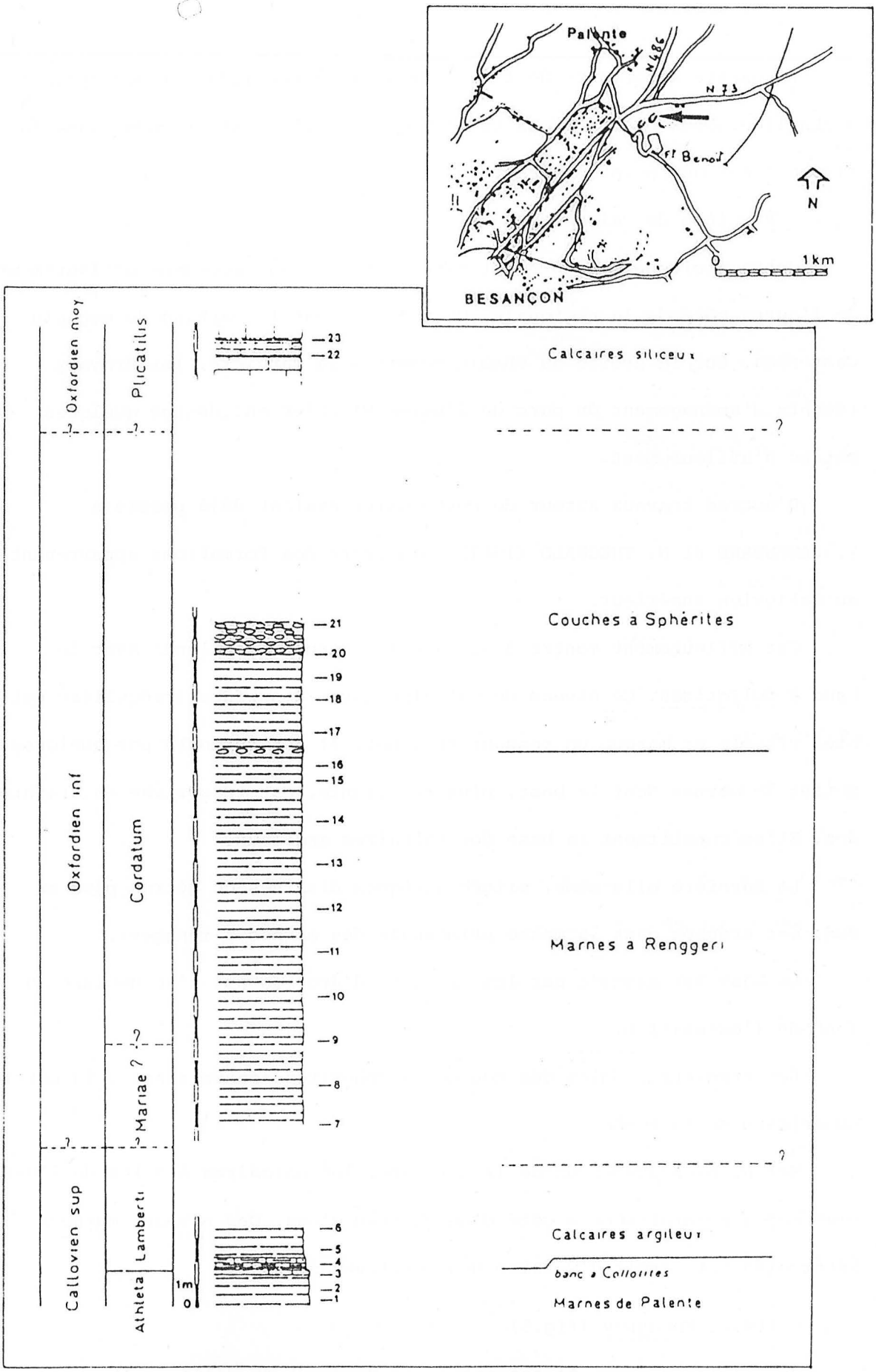


Fig. 4 - Coupe de la marnière de Palente. Situation géographique de la coupe et localisation des prélèvements.

La partie supérieure de l'affleurement est polluée par des argiles à chailles. Deux échantillons en proviennent, ils sont précédés dans la figure 3 par des points d'interrogation.

b) - Marnière de Palente (fig.4) (x = 881,2 ; y = 258.)

Cette ancienne marnière est située en face du précédent affleurement, de l'autre côté de la nationale. On y accède par le parking du magasin Castorama. Sur la droite du chemin menant à la marnière, les travaux récents d'aménagement du parc de l'usine Mischler ont dégagé quelques mètres d'affleurement.

D'autres travaux autour de cette usine avaient déjà permis à Y. RANGHEARD et N. THEOBALD (1961) de décrire des formations appartenant au Callovien supérieur.

Cet affleurement montre à sa base les marnes de Palente avec le banc à Collotites. Ce niveau de calcaire jaune à surface irrégulière est bien visible et marque un ressaut très net. Il est surmonté par quelques mètres de marnes dont la base, plus résistante, est très riche en brachiopodes. Elles constituent la base des calcaires argileux.

La marnière elle-même, située quelques dizaines de mètres plus au Sud, est creusée dans la masse principale des marnes à renggeri.

La base est masquée par les produits d'érosion qui s'accumulent au fond de l'excavation.

Les premiers nodules des couches à Sphérites apparaissent à la partie supérieure de la coupe.

Enfin, bien au-dessus de la marnière, les calcaires à silex de l'Oxfordien moyen apparaissent à côté d'un château d'eau. Des niveaux marneux intercalés ont permis d'y faire deux prélèvements.

1.4.2. Epeugney (fig.5)

Une ancienne marnière est située au Nord-Est du village d'Epeugney, dans la côte menant à la croix de l'Echaille. Cette coupe a été citée

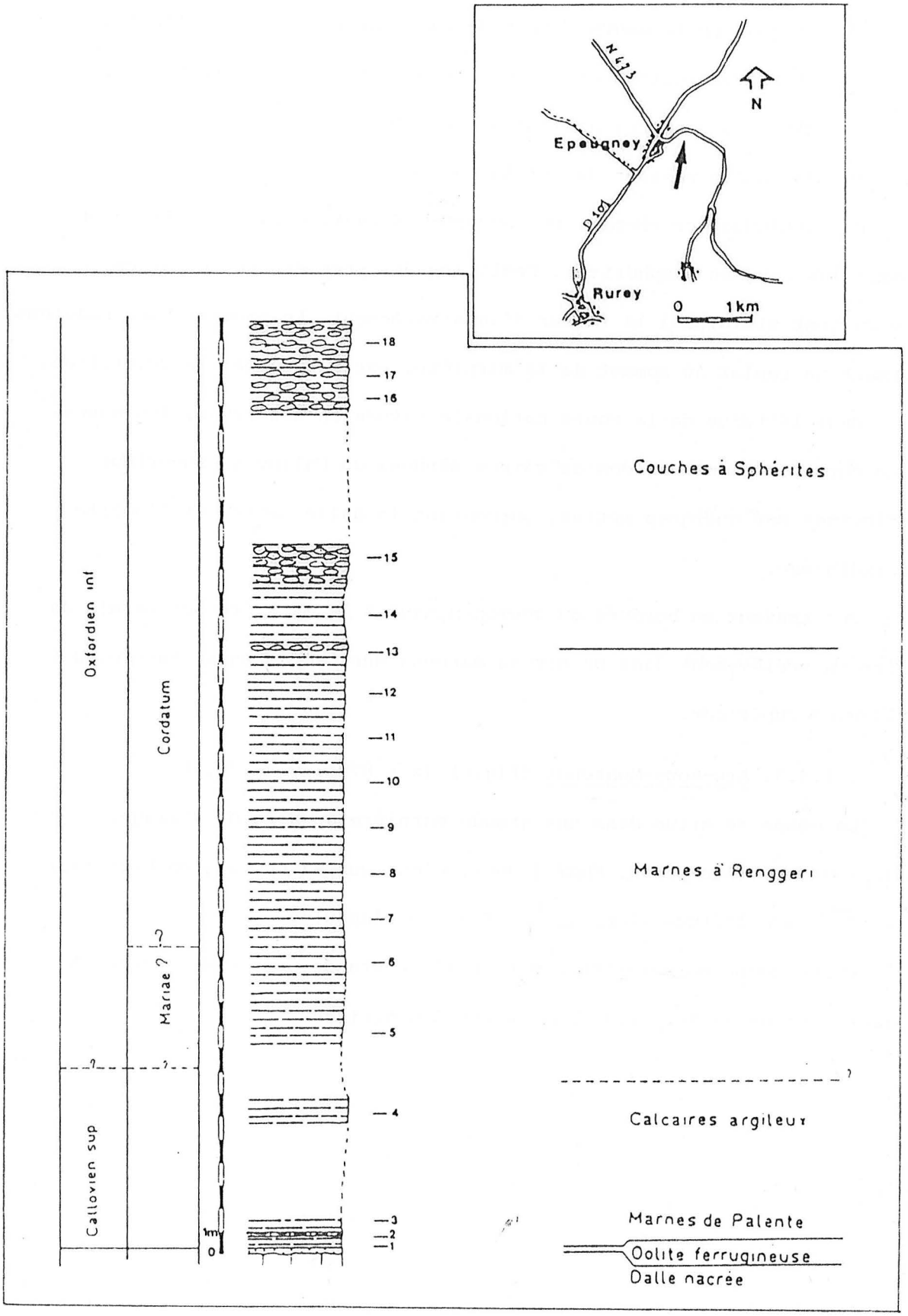


Fig. 5 - Coupe d'Epeugney. Situation géographique de la coupe et localisation des prélèvements.

dans la littérature sans qu'aucune description précise n'en soit donnée. Cela s'explique par le mauvais état de la marnière dans laquelle les couches ont souvent glissé et ont été recouvertes par la végétation.

Les marnes à renggeri affleurent dans toute la coupe ainsi que dans le talus du chemin passant devant la marnière.

En continuant ce chemin, une seconde excavation laisse voir à son sommet les couches à sphérites. Seuls les dix premiers mètres de ce niveau sont visibles à la faveur d'un arrachement. Le premier banc noduleux, formant un replat au sommet de la marnière, est masqué par la végétation.

Dans le talus de la route nationale située en contrebas, les bancs plus durs des marnes et des calcaires marneux du Callovien supérieur affleurent sur quelques mètres, surmontant la dalle nacrée et l'oolite ferrugineuse.

Des travaux en bordure du chemin menant à la marnière ont permis de faire un prélèvement dans un niveau marneux dur, appartenant encore au Callovien supérieur.

1.4.3. Arc-sous-Montenot (fig.6) (x = 879 ; y = 220,4)

La coupe se situe dans une grande marnière au Nord du village. Elle a été décrite par R. ENAY (1966). C'est sur sa succession biostratigraphique que l'étude micropaléontologique s'appuie.

Cette coupe permet l'observation d'une grande partie des marnes à renggeri et de la totalité des couches à sphérites.

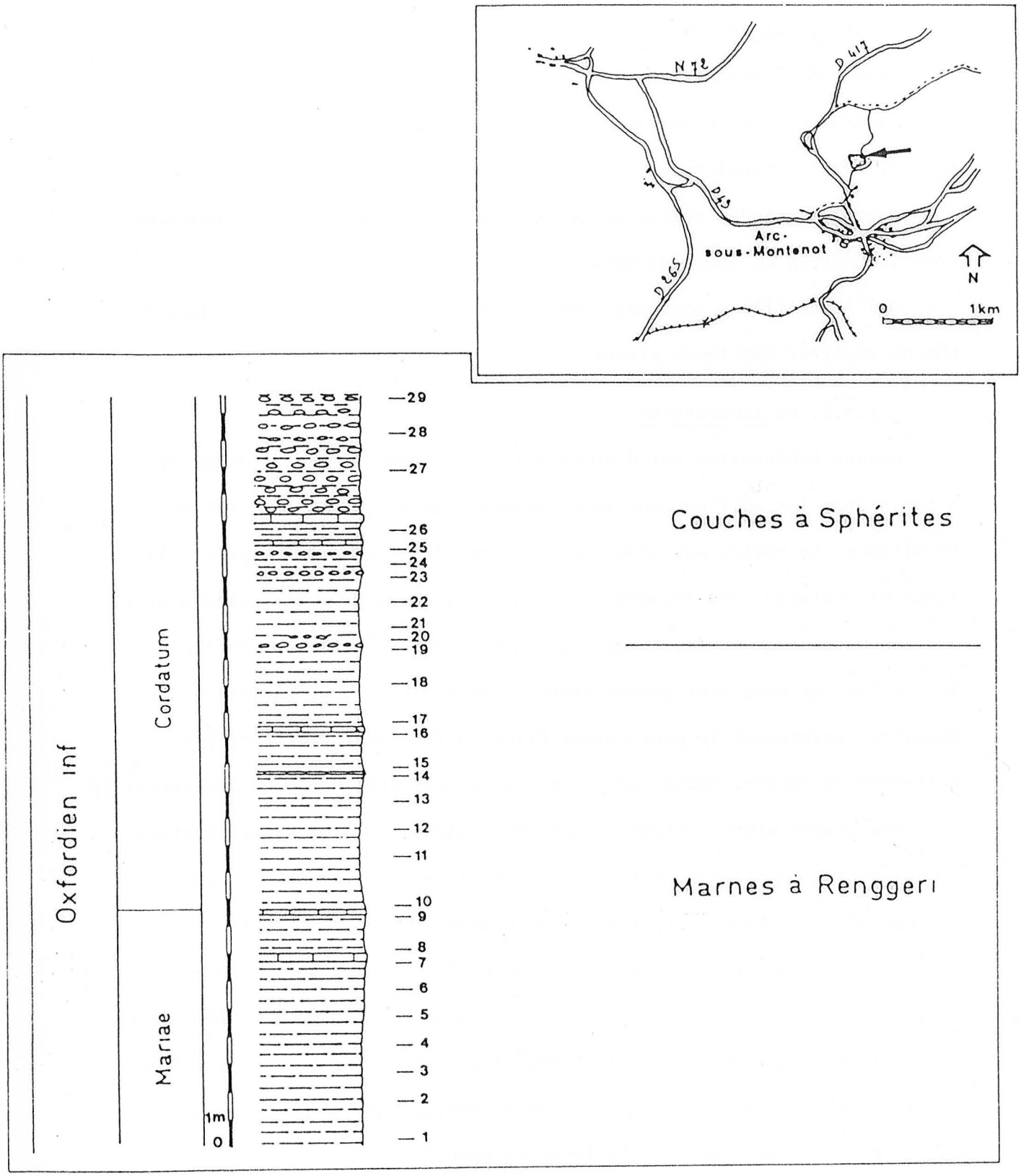


Fig. 6 - Coupe d'Arc-sous-Montenot. Situation géographique de la coupe et localisation des prélèvements.

1.5. Méthodes d'étude

1.5.1. Sur le terrain

Pour chaque échantillon, environ 2,5 kg de sédiment sont prélevés sur la plus grande étendue possible d'un même niveau, et sur une vingtaine de centimètres d'épaisseur.

Dans les grandes séries marneuses, les prélèvements sont échelonnés tous les mètres ou tous les deux mètres.

Des échantillons sont pris dans les niveaux de roches dures dans le but de réaliser des lames minces.

1.5.2. Au laboratoire

Chaque échantillon est d'abord pesé, puis lavé sur une colonne de 5 tamis dont les mailles sont successivement de 450, 300, 180, 125 et 50 microns. Le résidu est séché, puis chaque fraction est observée à la loupe binoculaire. Les foraminifères sont collectés dans une cellule ainsi que les ostracodes et les fragments d'autres organismes. Les fractions 180 et 125 microns sont pesées avant et après le tri, de manière à connaître exactement le pourcentage trié. La fraction 50 µm n'est pas collectée en entier. Seule une petite partie est prélevée pour l'observation.

Des coupes minces orientées ont été réalisées grâce à l'utilisation d'une platine chauffante. Elles permettent l'observation de la structure interne de certains foraminifères agglutinants.

Des dessins ont été faits à la chambre claire dans le but de mesurer de manière précise les paramètres utilisés dans les analyses biométriques.

Les lames minces de roche, l'étude des argiles ainsi que les calcimétries ont été réalisées au laboratoire de sédimentologie du département des sciences de la terre de l'université Lyon 1.

Les photographies ont été faites au microscope électronique à balayage de l'Université Claude Bernard.

1.5.3. Méthodes d'analyses de données utilisées

J'ai souvent employé les méthodes statistiques à l'occasion de ce travail. Cela a été possible grâce à l'utilisation d'une unité de micro-ordinateur HP 86 B utilisant le langage Basic et qui comprend, outre le micro-ordinateur lui-même, deux lecteurs de mini-disquettes, une imprimante et une table traçante.

Les programmes de la bibliothèque standard HEWLETT-PACKARD ont fourni la base de départ pour les programmes d'analyses univariées et bivariées.

Les programmes d'analyses multivariées ont été adaptés à partir de ceux fournis par FOUCARD (1982) et LAGARDE (1983).

a) - Analyses univariées et bivariées

Ce sont les méthodes les plus souvent utilisées en biométrie. L'analyse bivariée est également une méthode simple pour visualiser le lien existant entre deux variables.

b) - Régression multiple pas à pas

Elle permet de mettre en évidence la relation pouvant exister entre une variable et un groupe d'autres variables.

Ainsi, cette analyse a été utilisée pour savoir si la teneur en carbonate (variable à expliquer) était en relation avec les pourcentages de différentes espèces de foraminifères (variables explicatives).

On parle d'analyse pas à pas car le programme ne donne pas une corrélation globale avec toutes les variables explicatives possibles. Il les incorpore les unes après les autres, en commençant par celle ayant le coefficient de corrélation le plus élevé avec la variable à expliquer. A chaque étape, on peut ajouter, ou retrancher une variable de l'analyse et tester (test F de FISCHER) si cette modification est significative ou non.

Cette analyse est très utile car elle permet de sélectionner rapidement les variables les plus significatives tout en tenant compte des inter-relations pouvant exister entre elles.

c) - Analyses factorielles

Elles sont employées pour mettre en évidence les relations existant entre plusieurs individus définis chacun par plusieurs variables.
Les n variables déterminent un espace à n dimensions à l'intérieur duquel se placent les points correspondants aux individus.

Ces analyses consistent à déterminer les axes d'allongement du nuage de points ainsi formé. Chaque axe explique à lui seul une partie de la variabilité de l'ensemble du système. On parle du pourcentage d'inertie expliqué par l'axe.

Les axes successifs étant tous orthogonaux entre eux, ils déterminent deux à deux des plans dans lesquels on peut projeter le nuage de points.
La représentation du nuage de points dans un plan est d'autant plus significative que les pourcentages d'inertie expliqués par les deux axes déterminant le plan sont plus élevés.

Il existe plusieurs types d'analyses factorielles plus ou moins performantes suivant la nature des données à analyser et l'objectif visé.
Trois d'entre elles ont été utilisées dans ce travail.

- Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse peut se faire sur les données brutes (métrique canonique) ou sur les données modifiées (métrique normée). Dans ce cas, elles sont évaluées en fonction de l'écart-type propre à chaque variable.
Dans le premier cas, la représentation du nuage de points est la plus fidèle possible mais les variables doivent être homogènes et toutes exprimées dans la même unité.
Dans le deuxième cas, l'analyse est totalement indépendante de l'unité de mesure employée pour chacune des variables.

Ces méthodes ne permettent pas une mise en relation directe entre les variables et les individus. C'est pourquoi les variables sont figurées à part dans les représentations graphiques. Elles se situent dans un cercle appelé cercle de corrélation. Elles sont d'autant plus corrélées au plan considéré qu'elles sont plus proches de la périphérie du cercle. Les axes successifs sont notés X1, X2, X3,... C'est l'analyse en métrique normée qui est utilisée dans ce travail.

- Analyse discriminante

Elle est utilisée lorsque l'on peut séparer les individus d'un peuplement en plusieurs groupes. Elle vient le plus souvent en complément d'une analyse en composantes principales.

Ce n'est plus la meilleure représentation possible du nuage de points qui est recherchée, mais la meilleure séparation entre les groupes.

Cette analyse permet de tester la qualité de la discrimination entre les groupes, et d'affecter les individus aux groupes dont ils sont les plus proches.

De la même manière que pour l'analyse en composantes principales, les variables sont représentées à part dans le cercle de corrélation. Les axes successifs sont notés D1, D2, D3. Sur les représentations graphiques, l'astérisque indique la position du centre de gravité des groupes.

- Analyse factorielle des correspondances (AFC)

C'est certainement la méthode la plus utilisée car elle est facile à interpréter. Elle permet une représentation simultanée des variables et des individus dans le même plan.

Ces variables sont pondérées en fonction de leur variabilité. Ainsi, elles dépendent de l'unité de mesure employée.

J'ai donc préféré utiliser cette méthode uniquement dans les cas où les variables étaient toutes exprimées dans la même unité.
Les axes factoriels successifs sont notés F1, F2, F3...

SYSTEMATIQUE

UNIVERSITÉ DE LYON
C.S.T.
GÉOLOGIE
I

2 - SYSTEMATIQUE

Seules les espèces les plus représentées ou ayant un intérêt stratigraphique, sont décrites ici. Les autres ont également été déterminées et comptées. Elles sont mentionnées, soit dans le texte, soit dans le tableau de répartition (Tableaux 1 à 8).

Grâce au bon état de conservation de la faune, les déterminations ont pu être menées jusqu'au niveau spécifique.

Les déterminations s'appuyent essentiellement sur des travaux récents, fréquemment cités dans le texte, provenant surtout d'Angleterre, d'Allemagne et d'Europe de l'Est. Pour la région étudiée ici, seules trois publications, d'inégale importance, ont été utilisées: W.DEECKE (1836), J.MAGNE et G.MASCLE (1962) et R.WERNLI (1971).

Les méthodes statistiques ont permis de compléter l'observation de certains groupes. Elles n'ont été utilisées que lorsqu'elles devaient répondre à un besoin précis.

Afin d'alléger le texte, seul le type del'espèce est mentionné en synonymie.

La classification adoptée est celle du "Treatise on Invertebrate Paleontology" de LOEBLICH et TAPPAN (1964) complétée par leurs révisions(1974-1981).

2.1. Les Foraminifères

Ordre: Foraminiferida EICHWALD, 1830

Sous-ordre: Textulariina DELAGE et HEROUARD, 1896

Super-famille: Ammodiscacea REUSS, 1862

Famille: Saccamminidae BRADY, 1884

Genre: Proteonina WILLIAMSON,1858

Proteonina difflugiformis (BRADY), 1879

pl.1,fig.1

1879 - Reophax difflugiformis (BRADY); p.51;pl.4,fig.3

Matériel. 2500 individus.

Taille moyenne. 0,35mm

Mes individus sont très proches de ceux figurés par LLOYD(1959) et WERNLI(1971). Le test ne comporte qu'une seule loge en forme de sac ovoïde prolongé par un col. La variabilité porte sur l'allongement du test et sur la forme de la section (de circulaire à biconvexe). L'agglutinat est toujours formé par des grains de quartz dont la taille varie peu, de 30 à 60 µm.

Dans certains niveaux, le test est imprégné de matière ferrugineuse.

Répartition géographique.

De l'Aalénien à l'actuel.

En Franche-Comté: présente à tous les niveaux.

Super-famille: Lituolacea de BLAINVILLE, 1825

Famille: Hormosinidae HAECKEL, 1894

Genre: Reophax MONTFORT, 1808

Les quatre espèces rencontrées ont été décrites par H.OESTERLE(1968). Je me réfère aux définitions qu'il en a données.

Trois espèces sont fréquentes: R.horridus (SCHWAGER), R.multilocularis HAEUSLER et R.helveticus (HAUESLER). La quatrième espèce; R.sterkii HAUESLER est plus rare et n'est pas décrite ici.

Reophax horridus (SCHWAGER), 1865

pl.1, fig.2,3

1865 - Haplostische horrida, SCHWAGER, p.92,pl.2,fig.2

Matériel. 7000 individus.

Taille moyenne. 0,3mm

Ce sont de petites formes à loges allongées peu nombreuses et à sutures profondes. L'agglutinat est très grossier, formé surtout par des débris calcaires. Mes individus sont très proches de ceux figurés par PAALZOW (1932) et GORDON (1967).

Répartition stratigraphique.

Du Bajocien à l'Oxfordien.

En Franche-Comté, présente depuis la zone à Lamberti (Callovien supérieur), elle n'est abondante qu'à partir de l'Oxfordien inférieur.

Reophax helveticus (HAUESLER), 1881

pl.1, fig.4

1881 - Dentalina helvetica HAUESLER; p.34; pl.2, fig.45

Matériel. 180 individus.

Taille moyenne. 0,8mm

La coquille droite comprend de 3 à 4 loges, de taille croissante, de forme sub-rectangulaire. L'agglutinat est grossier, irrégulier, formé par des grains de quartz dont la taille varie de 30 à 60 µm. Comme pour F.difflugiformis, le test peut être imprégné par des matières ferrugineuses.

OESTERLE (1968) a décrit des individus dont l'agglutinat est calcaire, plus fin, et dont l'ouverture est située au sommet d'un col. Mes individus se rapprochent de ceux qu'ont décrits LLOYD(1959) et E. et I.SEIBOLD(1960) (agglutinat siliceux, pas de col).

Répartition stratigraphique.

Du Bathonien au Kimméridgien.

En Franche-Comté, elle est présente, de façon discontinue, à tous les niveaux. Elle accompagne R.multilocularis.

Reophax multilocularis HAUESLER,1883

pl.1, fig.5

1883 - Reophax multilocularis, HAUESLER; p.26

Matériel. 700 individus.

Taille moyenne. 0,5mm

La coquille est droite ou arquée, aplatie ou non. Les loges sont nombreuses, plus larges que hautes, et augmentent peu en largeur. L'agglutinat

est grossier, composé de grains de quartz équidimensionnels (20µm).

Les individus sont très souvent cassés. De ce fait, je n'en ai trouvé aucun ayant plus de huit loges.

Cette espèce se distingue de R.helveticus par ses loges plus nombreuses à croissance réduite.

Répartition stratigraphique.

Du Lias à l'Oxfordien.

En Franche-Comté, présente de manière discontinue à tous les niveaux.

Famille: Lituolidae de BLAINVILLE,1825

Genre: Pseudocyclammina YABE et HANSAWA, 1926

De grandes formes de Lituolidés apparaissent avec les couches à sphérites dans la coupe d'Arc-sous-Montenot.

Les coupes minces orientées montrent un réseau sous-épidermal simple. Malgré de nombreuses coupes, les ouvertures multiples n'ont pas pu être observées de façon certaine. Une ouverture principale très nette existe quelquefois, notamment dans la partie droite des formes tendant à se dérouler.

Monsieur BASSOULET, qui a examiné mes individus, les a attribués au genre Pseudocyclammina.

Pseudocyclammina cf. maynci HOTTINGER, 1967

pl.3, fig.1-5

1967 - Pseudocyclammina maynci HOTTINGER; p.59; fig.29 d-h

Matériel. 600 individus.

Taille. de 0,8 à 2mm

L'agglutinat est composé de grains de quartz équidimensionnels (300 à 400µm). La spire est épaisse, formée par des loges globuleuses. Cinq à six d'entre elles sont visibles extérieurement. Il existe quelques formes déroulées dont la partie rectiligne peut compter jusqu'à cinq loges.

En section, la spire comprend deux tours de cinq à sept loges chacun.

Cette description correspond sur certains points à celle que donne HOTTINGER (1967). Mes individus sont toutefois sensiblement différents par leur ouverture, par la présence de formes déroulées et aussi par leur plus grande taille.

Répartition stratigraphique.

Du Dogger à l'Oxfordien.

En Franche-Comté, elle est présente à Arc-sous-Montenot à partir de la base des couches à Sphérites (sous-zone à Cordatum).

Genre: Rectocyclammina HOTTINGER, 1967

Rectocyclammina chouberti HOTTINGER, 1967

pl.3, fig.6-9

1967 - Rectocyclammina chouberti HOTTINGER; p.55, fig.26,27 a-c; pl.9, fig.19-21

Matériel. 250 individus.

Taille moyenne. 1 mm

La coquille est de forme conique, agglutinée de fines particules calcaires. La base du test est souvent très pointue, quelquefois déformée par une partie spirale minuscule. Les sutures ne sont pas visibles, sauf au niveau de la dernière loge qui est souvent beaucoup plus large que les précédentes. La section est toujours circulaire. L'ouverture unique, ronde, est placée au sommet de la dernière loge.

En section, la partie droite montre de nombreuses loges unisériées (jusqu'à 10), beaucoup plus larges que hautes. A la base, le proloculus est rejeté sur le côté, la première loge est déjà pratiquement dans l'alignement des loges suivantes de la partie rectiligne.

Les parois sont très épaisses et montrent un réseau sous-épidermal simple. Les septes sont beaucoup plus minces et ne possèdent pas de structure particulière. L'ouverture est unique.

Quelques individus ne présentent pas d'élargissement au niveau de la dernière loge. Ils prennent alors un aspect de massue qui peut les faire confondre avec certaines formes à spire réduite de Haplophragmium coprolithiforme SCHWAGER.

La différence est plus nette en section; Rectocyclammina chouberti a des parois beaucoup plus épaisses, de structure complexe, et des loges plus basses et plus nombreuses.

Mes individus diffèrent de ceux figurés et décrits par HOTTINGER(1967) par des points de détail:

- loges en moyenne plus basses et plus nombreuses;
- rapport longueur/largeur plus faible;
- sutures non visibles extérieurement.

Répartition stratigraphique.

Elle est décrite dans le Kimméridgien par HOTTINGER(1967) et dans le Portlandien-Purbeckien par RAMALHO(1971). Il semble que le genre ne soit pas cité avant le "Séquanien" (HOTTINGER(1971),Suisse).

En Franche-Comté, quelques rares individus isolés existent déjà dans des niveaux de la base de l'Oxfordien inférieur. Elle abonde dans les couches à Sphérites d'Arc-sous-Montenot, de la même manière que Pseudocyclammina cf. maynci.

Genres: Haplophragmium REUSS,1860 et Ammobaculites CUSHMAN, 1910

Les deux genres Haplophragmium et Ammobaculites ont souvent été confondus. Ils regroupent, dans les deux cas, des foraminifères agglutinés présentant une partie spirale suivie d'une partie déroulée unisériée.

Les critères servant à distinguer les deux genres ont diversement été utilisés par les auteurs.BARTENSTEIN (1952) et LINDENBERG (1967) pensent que Haplophragmium se caractérise par la structure labyrinthique de sa paroi.

HOTTINGER(1967) parle de structure "pseudo-labyrinthique" au sens de ZIEGLER (1959). BARNARD et al.(1981) et HAGN et ZIEGLER(1957) pensent que ce caractère est d'origine secondaire. La structure de la paroi est loin d'être un critère reconnu par tous. Le terme " structure labyrinthique" est lui-même diversement compris.LINDENBERG(1967) remarque que les individus appartenant au genre Ammobaculites sont sélectifs dans le choix de leur agglutinant et n'utilisent que du matériel siliceux. Cette remarque n'a jamais été reprise par d'autres auteurs. Elle est liée à la conception que l'auteur a des deux genres. Il est toutefois intéressant d'étudier le lien pouvant exister entre le type d'agglutinant et l'organisation de ces foraminifères.

C'est pour répondre à cette question que l'analyse biométrique a été entreprise.

ETUDE BIOMETRIQUE DES INDIVIDUS DES GENRES HAPLOPHRAGMIUM ET AMMOBACULITES:

Les peuplements observés dans le cadre de ce travail m'ont rapidement conduit à distinguer trois groupes sur la base de la nature de l'agglutinant :

1 - Grosses formes à agglutinant calcaire.

2 - Grosses formes à agglutinant siliceux et calcaire.

3 - Petites formes à agglutinant siliceux.

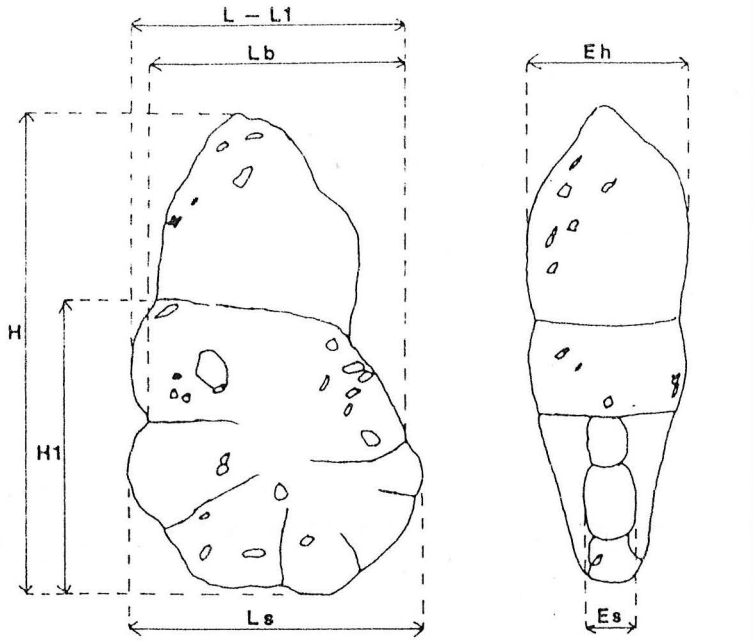
En plus de la nature de l'agglutinant, ces trois groupes semblent se différencier par la morphologie des individus qui les composent. Les petites formes à agglutinant siliceux sont très typiques et bien séparées des autres. Par contre, à l'intérieur des deux autres groupes, la variabilité morphologique est étendue.

J'ai voulu vérifier si le type d'agglutinant était en relation avec une forme donnée. Pour cela, j'ai utilisé l'analyse biométrique.

Elle porte sur 158 individus, tous pris au hasard dans le même niveau (EPE 7). Les individus proviennent des trois fractions sans tenir compte des pourcentages tirés de chacune d'entre elles (une image exacte du peuplement n'est pas nécessaire puisque je ne compare pas des niveaux différents entre eux)

L'analyse biométrique permet également de tester l'homogénéité à l'intérieur des groupes.

Les différents paramètres utilisés sont identiques à la figure 7.



H =Hauteur
H1 =Hauteur à la 1ere loge déroulée
L =Largeur de la hampe
L1 =Largeur de la 1ere loge déroulée
Lb =Largeur à la base de la hampe
Ls =Largeur de la spire
Eh =Epaisseur de la hampe
Es =Epaisseur de la spire
Nh =Nombre de loges de la hampe
Ns =Nombre de loges de la spire

Fig. 7 - Analyse biométrique. Haplophragmium, Ammobaculites. Explication des mesures utilisées.

Analyse sur l'ensemble des individus

Une première analyse en composantes principales a permis de sélectionner les variables : L1 et Lb sont très corrélées ($r > .99$), une seule de ces variables serait suffisante pour définir l'axe 1. L'axe 2 de l'analyse classe les individus à l'intérieur des groupes selon Nh. Ce n'est pas le but souhaité puisque ce paramètre peut correspondre à un stade de croissance (1, 2 ou 3 loges déroulées) et non à une forme particulière, H et Eh en dépendent, ils peuvent donc être éliminés au profit de H1.

La deuxième analyse en composantes principales porte sur 5 variables : L1, Ls, Es, Ns et H1. La projection sur le plan principal (fig.8) est suffisante puisqu'elle représente 88% de l'inertie totale. Les 3 groupes

ressortent bien :

- Le groupe 1, à agglutinant calcaire est constitué par des individus de grande taille, dont la spire est épaisse et présente un petit nombre de loges visibles extérieurement.

- Le groupe 3, à agglutinant siliceux est constitué par des individus de petite taille ayant une spire étroite qui montre un grand nombre de loges.

- Le groupe 2, à agglutinant mixte, est intermédiaire entre les deux autres.

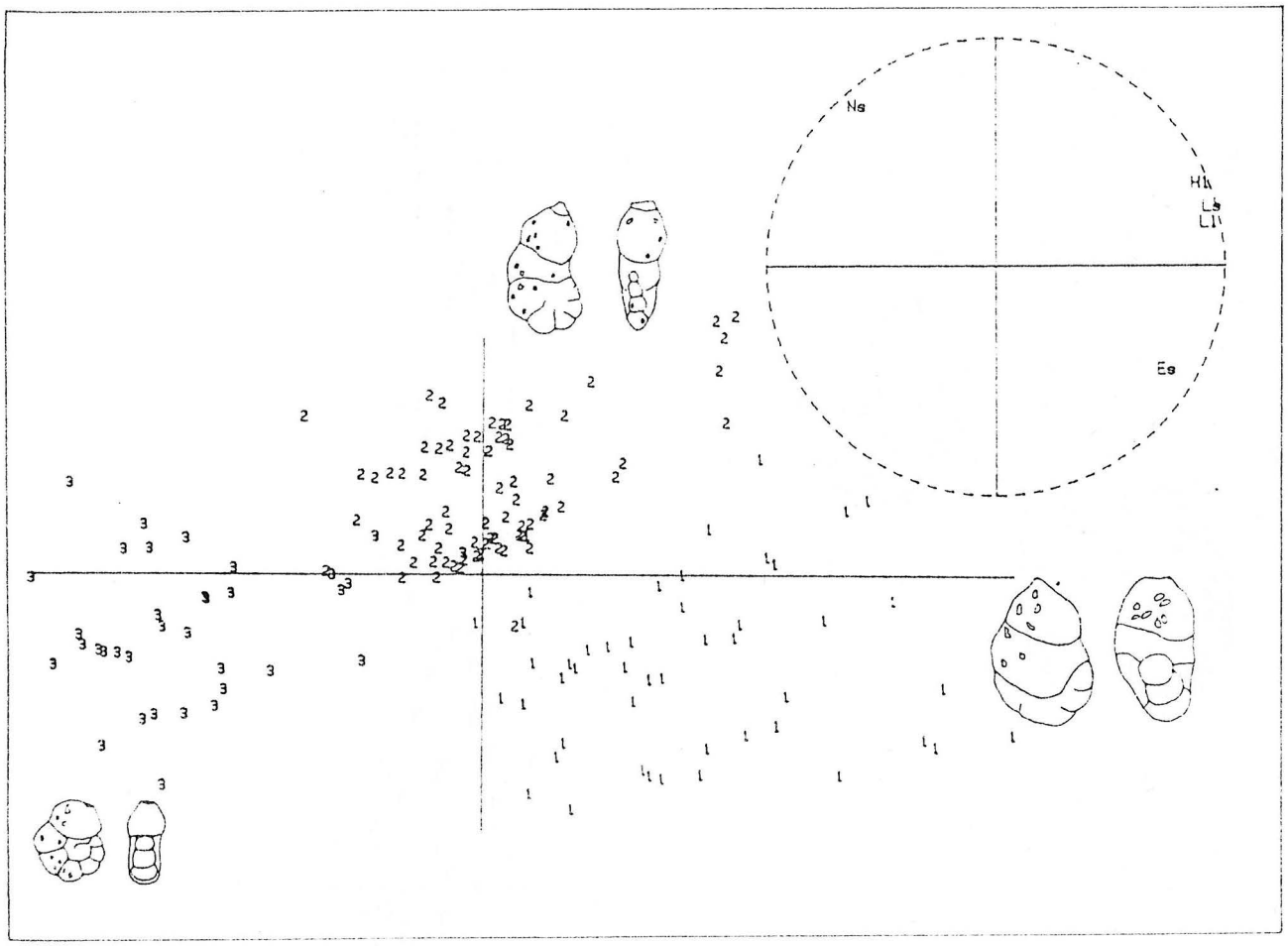


Fig. 8 - Analyse biométrique. Haplophragmium, Ammobaculites. A.C.P. Projection sur le plan X1,X2 (68,8% + 19,2%) et figuration d'individus typiques de chaque groupe.

L'analyse discriminante (fig.9), portant sur les mêmes paramètres, montre que les groupes sont distincts.

Le pourcentage de bien classés (98%) prouve que la nature de l'agglutinant est un critère fiable pour distinguer les différentes formes présentes dans

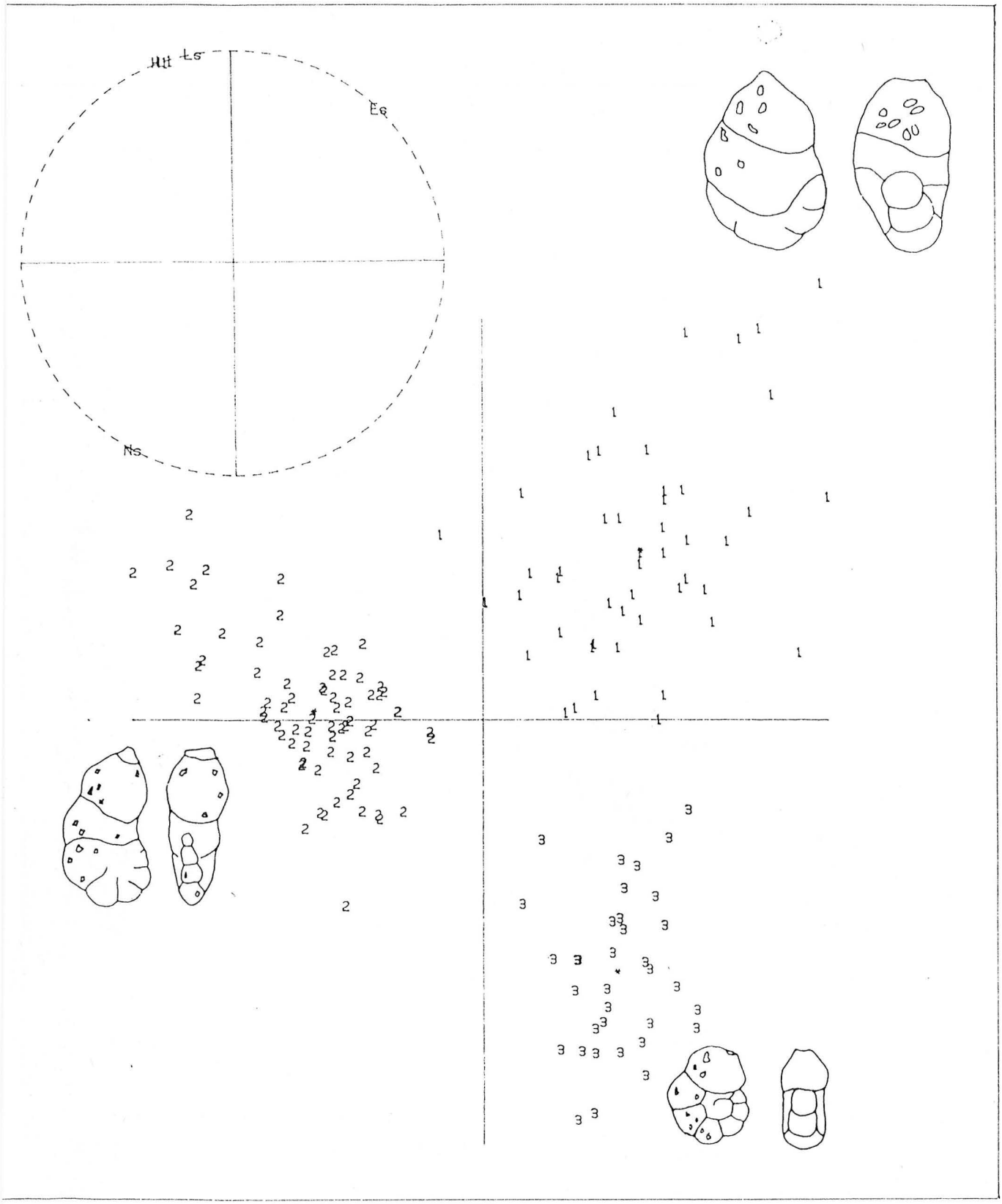


Fig. 9 - Analyse biométrique. Haplophragmium, Ammobaculites.
Analyse discriminante. Projection sur le plan D1, D2 (52,4% + 47,6%)
et figuration d'individus typiques de chaque groupe.

le niveau considéré. Seuls 3 individus sont mal classés, intermédiaires entre les groupes 1 et 2; ce sont, en fait, des formes tordues anormales (ces trois individus ne sont pas représentés sur la figure 9).

En conclusion, il semble donc qu'il y ait un lien très net entre la morphologie des individus et la nature de leur agglutinant.

L'analyse biométrique a permis de démontrer que la nature de l'agglutinant pouvait être un critère utilisable pour la classification au niveau spécifique.

Une étude plus complète, portant sur des populations d'origines différentes permettrait peut-être de dire si ce critère est éffectivement caractéristique d'un genre ou non.

Le seul critère accepté par tous pour distinguer les deux genres est le type d'enroulement streptospiral chez Haplophragmium et planispiral chez Ammobaculites. Il est malheureusement difficile à observer et nécessite souvent de travailler sur des coupes minces orientées.

Je retiendrai donc comme définition du genre Haplophragmium, celle qui est donnée par LOEBLICH et TAPPAN(1964): enroulement streptospiral et paroi sans structure complexe; par opposition au genre Ammobaculites caractérisé par un enroulement planispiral.

ETUDE SEPAREE DES TROIS GROUPES (BIOMETRIE ET SYSTEMATIQUE):

De la même manière que pour l'ensemble des individus, chaque groupe est traité à l'aide d'une ACP. L'homogénéité des groupes est testée par l'analyse univariée.

Les résultats les plus significatifs sont exposés au début de l'étude systématique de chacune des espèces considérées.

Etude biométrique des grosses formes à agglutinant calcaire:

(Groupe 1: fig.10) - Les individus séparés par l'axe 2 (15,8%) de l'ACP ont peu de points communs entre eux. Ils correspondent à des formes

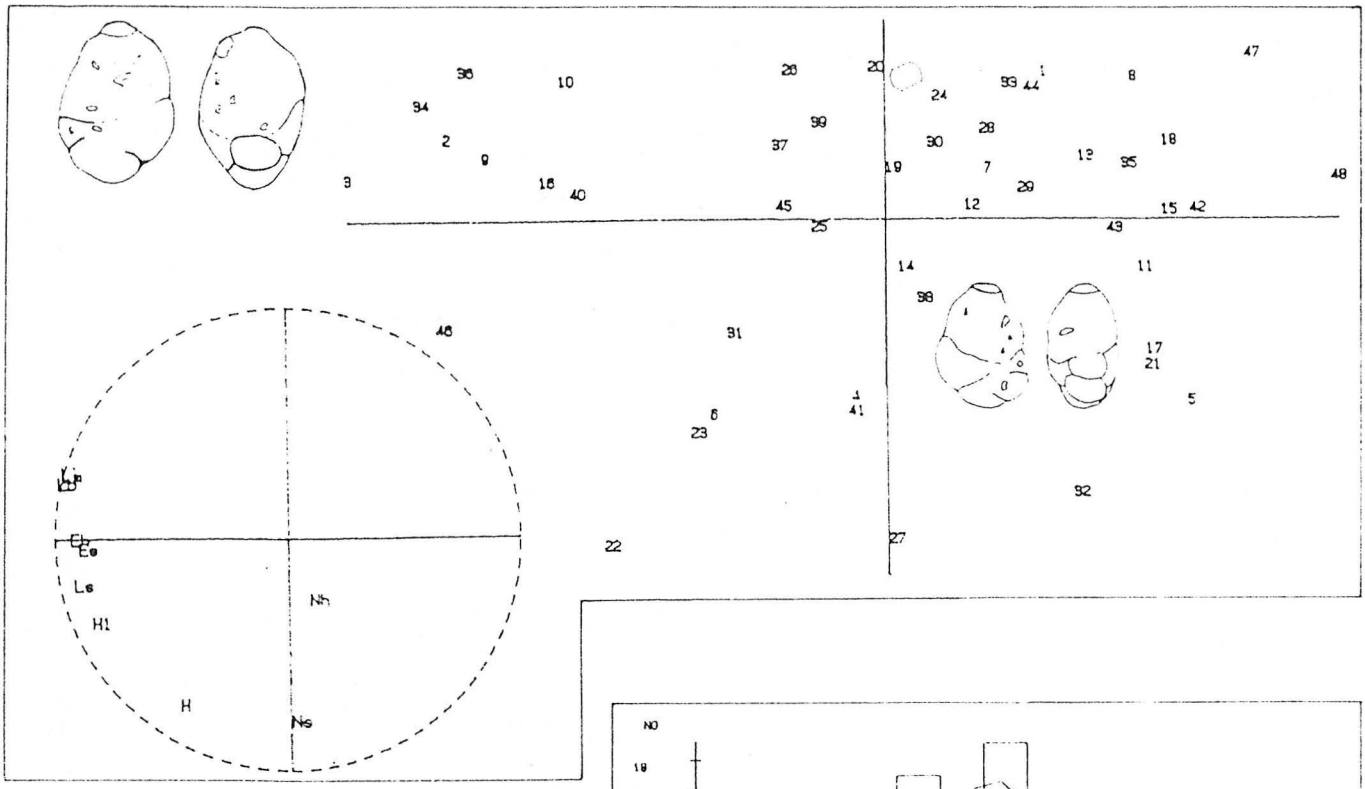


Fig. 10 - Groupe 1. ACP. Projection sur le plan X1,X2 (57,8% + 15,8%).

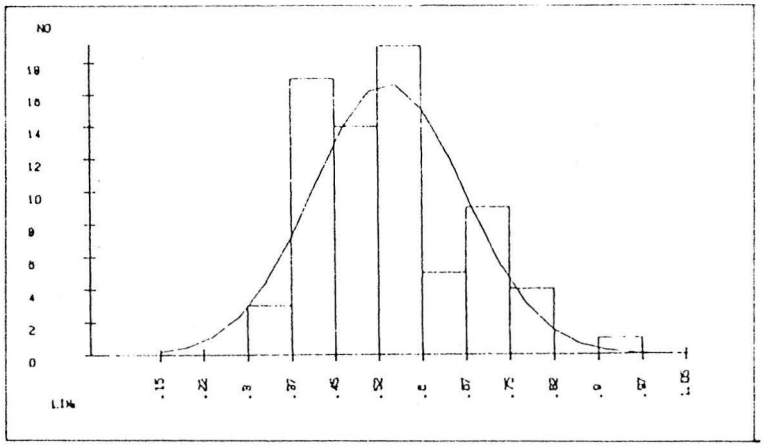


Fig. 11 - Groupe 2. Analyse univariée. Histogramme de fréquence de Eh/H1.

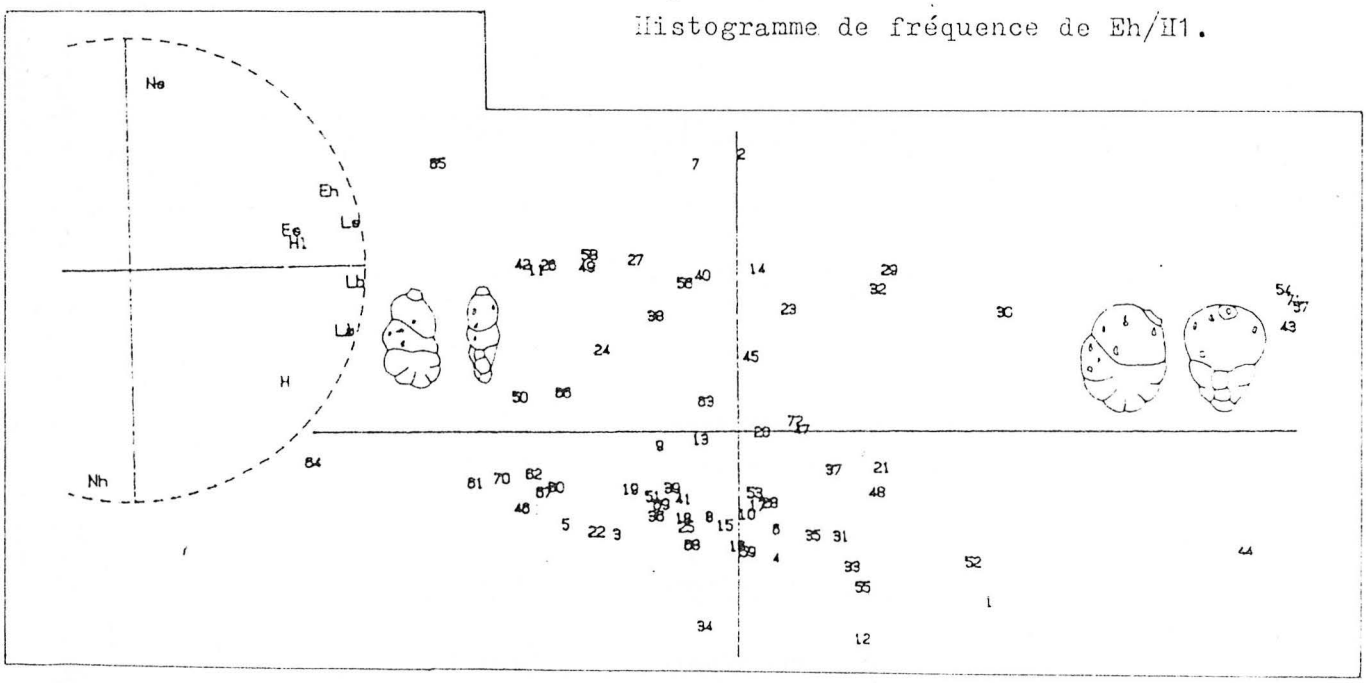


Fig. 12 - Groupe 2. ACP. Projection sur le plan X1,X2 (55,7% + 20,4).

ayant l'un ou l'autre de leurs caractères propres "exceptionnels".

L'axe 1 (57,8%) met bien en évidence un groupe de 9 individus plus grands, proportionnellement plus larges et comptant en moyenne un nombre réduit de loges dans la spire.

Cependant, l'étude univariée montre que les histogrammes de fréquence s'ajustent à une distribution normale pour tous les paramètres, y compris L1/H1 (Khi-deux = 6.94 pour 4 degrés de liberté).

En conséquence, le groupe est homogène, malgré la présence de variants larges et de grande taille.

Etude systématique des grosses formes à agglutinant calcaire:

Haplophragmium aequale (ROEMER), 1841

pl.3, fig.10-11

1841 - Spirolina aequalis N. ROEMER; p.98;pl.15,fig.27

Matériel. 14500 individus.

Taille moyenne. 0,7mm (de 0,5 à 1,2mm).

De nombreux individus montrent, en vue de face, une partie droite située dans un plan différent de celui de la spire. En coupe, il n'a jamais été possible de voir dans un même plan toutes les loges du test. L'enroulement n'étant pas planispiral, j'ai attribué ces individus au genre Haplophragmium.

La spire est large, épaisse; deux à quatre loges sont visibles extérieurement. La partie droite compte de une à trois loges recouvrantes, dont la dernière est plus haute que large. Les sutures sont très peu marquées, l'agglutinat est uniquement calcaire.

En coupe, les loges sont peu nombreuses, de forme triangulaire. La paroi est irrégulière, plus ou moins épaisse, composée de grains grossiers hétérométriques.

J'ai attribué mes individus à H.aequale car, malgré leur petite taille,

ils sont comparables aux individus figurés par BARTENSTEIN et BRAND (1937) et aux petites formes décrites par BARTENSTEIN (1952) et LUTZE (1960). Les gros individus mis en évidence par l'analyse biométrique sont rares. Ils ne montrent qu'une loge dans la partie droite mais sont plus proches des exemplaires de H.aequale décrits par ces auteurs.

Les formes francs-comtoises sont semblables à certaines formes citées par LINDENBERG (1967) sous le nom de H.coprolithiforme SCHWAGER forma subaequalis (MJATLIUK).

H.subaequale (MJATLIUK) possède une spire plus mince et comprend plus de loges dans la partie déroulée.

Ammobaculites spongiphilus SEIBOLD et SEIBOLD possède une spire plus large que les loges de la partie déroulée, des sutures plus nettes, et un nombre plus élevé de loges déroulées.

Ammobaculites coprolithiformis (SCHWAGER), tel qu'il est décrit par GORDON, 1962,1965), est plus grand et possède plus de loges déroulées. Cependant, les petites formes b et c sont comparables à mes individus, mis à part le type d'enroulement.

Il faut noter que la description de A.coprolithiformis que donne GORDON (1962) et qui est largement reprise par d'autres auteurs, est bien différente de la description originelle de H.coprolithiforme . Des exemplaires de H.coprolithiforme au sens de SCHWAGER(1867) sont présents à certains niveaux des coupes que j'ai étudiées. Ces individus (pl.3,fig.12-13) présentent bien une spire réduite et une partie déroulée en forme de massue, avec de nombreuses loges.

Répartition stratigraphique.

Du Bajocien au Crétacé.

En Franche-Comté, présente à tous les niveaux.

Etude biométrique des formes intermédiaires à agglutinant mixte:

(Groupe 2: fig. 11,12) - Dans l'ensemble, les individus sont remarquablement groupés. L'axe 2 (20,4%) de l'ACP (fig.12) n'est pas intéressant

puisqu'il sépare les individus d'après le nombre de loges de leur partie déroulée. L'axe 1 (55,7%) sépare 5 individus du reste du groupe. Le test du Khi-deux n'est significatif que pour le rapport Eh/H1 (=7.75 pour 3 degrés de liberté),(fig.11). Les 5 individus ont une organisation du test identique à celle des autres individus du groupe. Ils sont simplement plus gros et possédent une dernière loge plus volumineuse. L'interprétation taxinomique de ces résultats sera discutée dans le chapitre "Systématique".

Etude systématique des formes intermédiaires à agglutinant mixte:

Ammobaculites sp. A

pl.2,fig.4-11

1964 - Ammobaculites gr. 1 MAGNE et MASCLE; pl.4,fig.4,7,8

1971 - Ammobaculites sp.A WERNLI; p.311;pl.2,fig.5,9;pl.1,fig.12

Matériel. 3000 individus.

Taille moyenne. 0,8mm (de 0,5 à 1,2mm).

Foraminifère agglutiné de grains de quartz et de particules calcaires. L'attaque à l'acide détruit le test et ne laisse que quelques grains de quartz.

La partie spirale montre cinq à sept loges dans le dernier tour. Elle est plus large que la partie rectiligne et très peu épaisse. On compte une ou deux loges déroulées, rarement plus.Les sutures sont très déprimées.Comme le signale WERNLI(1971), l'accroissement de la taille des loges dans le dernier tour est caractéristique de cette espèce. La dernière loge est en général plus ou moins globuleuse, plus large que les loges de la spire. Certains individus présentent une dernière loge réduite, séparée des précédentes par une suture profonde (Pl. 2 fig. 4). De tels individus ont également été signalés par WERNLI(1971) dans le Dogger du Jura méridional.

En coupe mince, l'enroulement est toujours planispiral, les loges triangulaires, la paroi assez régulière, peu épaisse par rapport à la taille des loges.

Les deux générations sont peu différentes. Les formes macrosphériques montrent un gros proloculus suivi de sept à huit loges réparties en un tour de spire. Les formes microsphériques ont une spire comprenant onze à douze loges formant un tour et demi. La paroi semble plus épaisse et plus irrégulière que chez les formes macrosphériques.

Cette espèce est caractérisée par l'accroissement de taille des dernières loges, par sa spire large et aplatie et par ses sutures très déprimées. Elle est voisine de A.braunsteini CUSHMAN et APPLIN mais s'en distingue par ses dernières loges plus grosses. Un lien entre les deux espèces pourrait être envisagé, la forme étant comparable et l'agglutinant du même type.

La variabilité est très grande à l'intérieur de cette espèce. Il existe des formes entièrement aplaties qui se rapprochent de Ammopalmula infrajurensis (TERQUEM).On trouve également les formes à dernière loge très grosse qui ont été mises en évidence dans l'analyse biométrique. Malgré l'hétérogénéité existante au sein de la population, j'ai considéré cette forme comme un variant de Ammobaculites sp. A et non comme une espèce séparée. En effet, ces individus se distinguent par une dernière loge beaucoup plus grosse, ce qui est un caractère présent, mais de manière plus discrète, chez tous les individus de l'espèce. De plus, l'épaisseur des dernières loges est très variable, les individus allant de formes aplaties à des formes globuleuses.

Cette variabilité très nette, s'exprime en fonction du niveau considéré. Dans certains cas, seuls les individus aplatis sont présents. Dans d'autres cas, les individus à dernière loge globuleuse sont dominants. Au sein de chacun des niveaux, les individus ont des morphologies assez proches.

Répartition stratigraphique.

Cette espèce n'a été citée que dans le Jura méridional. Par WERNLI(1971) dans l'Oxfordien inférieur (marnes à renggeri) et par MAGNE et MASCLE(1962) dans l "Argovien".

En Franche-Comté, elle est présente du Callovien supérieur à l'Oxfordien inférieur.

Etude biométrique des petites formes à agglutinant siliceux:

(Groupe 3: fig.13) - L'axe 2 (15,4%) de l'ACP sépare du reste du peuplement les 5 individus possédant deux loges au lieu d'une dans leur partie déroulée. L'axe 1 (67,5%) met en évidence 6 individus de grande taille. Malgré cela, les histogrammes de fréquence s'ajustent à une distribution normale pour tous les paramètres étudiés. Ce groupe peut donc être considéré comme homogène.

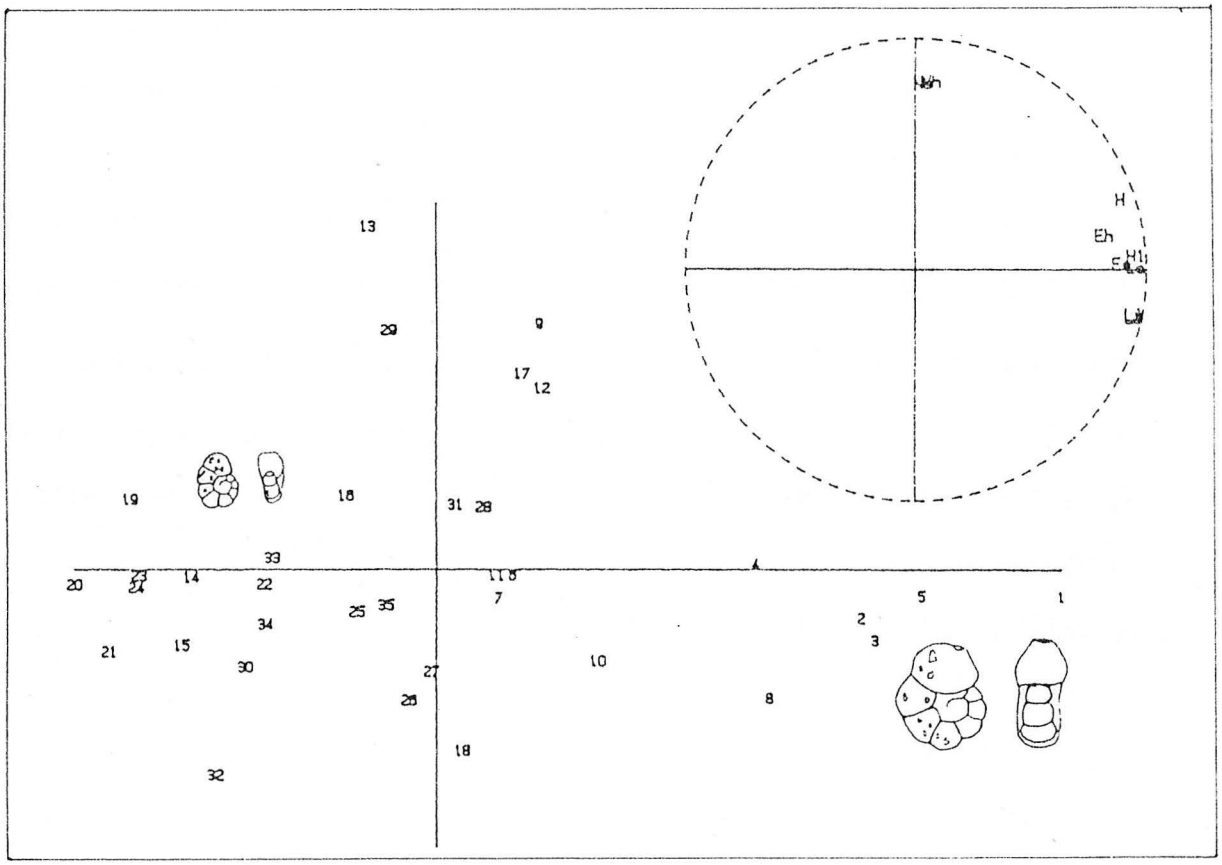


Fig. 13 - Groupe 3. ACP. Projection sur le plan X1,X2 (67,5% + 15,4%).

Etude systématique des petites formes à agglutinant siliceux:

Ammobaculites agglutinans (d'ORBIGNY), 1846

pl.2, fig.1-3

1846 - Spirolina agglutinans d'ORBIGNY;p.137;pl.7,fig.10-12

Matériel. 6500 individus.

Taille moyenne. 0,35mm (de 0,2 à 0,6mm).

Petit foraminifère agglutiné grossièrement avec des grains de quartz de taille irrégulière. La partie enroulée montre plusieurs tours dont le dernier est composé de cinq à huit loges. La partie déroulée comprend rarement plus de deux loges, plus larges que hautes, en général non recouvrantes. La partie rectiligne peut être plus développée mais les coquilles sont souvent aplaties et cassées, comme c'est le cas pour beaucoup de foraminifères agglutinants siliceux.

En coupe, les parois sont peu épaisses, lisses.L'ouverture est grande. Les loges pyriformes sont nombreuses. L'agglutinant grossier, la petite taille et le nombre relativement faible de loges dans la partie enroulée me font rapporter mes individus à cette espèce.

La partie rectiligne réduite à une ou deux loges est un caractère typique de A.fontinensis(TERQUEM). Les deux espèces sont proches l'une de l'autre. L'analyse biométrique ayant conclu à l'homogénéité de la population(il n'y a pas de faunes différentes dans les autres niveaux que EPE 7), les individus de plus grande taille, proches de A.fontinensis sont tout de même attribués à A.agglutinans.

Répartition stratigraphique.

Du Carbonifère à l'actuel.

En Franche-Comté, présente à tous les niveaux.

Genre: Flabellammina CUSHMAN, 1928

Flabellammina althoffi BARTENSTEIN,1937

pl.4, fig.1-3

1937 - Flabellammina althoffi BARTENSTEIN in BARTENSTEIN et BRAND;p.187;pl.14a, fig.8 a-b; pl.15a,fig.41 a-b

Matériel. 750 individus.

Taille moyenne. 1mm

La coquille plate, allongée, est agglutinée de particules calcaires. Le stade planispiralé est suivi de loges unisériées disposées en chevrons. La variabilité est très faible: il existe quelques individus plus allongés à

bords sub-parallèles.

Mes individus sont sensiblement différents de ceux figurés dans la littérature: forme plus élancée, spire plus petite. Ces différences ne suffisent pas à justifier une autre appellation.

Répartition stratigraphique.

Du Bajocien au Callovien.

En Franche-Comté, elle est présente au Callovien supérieur et dans certains niveaux de l'Oxfordien inférieur, en association avec les espèces du genre Triplasia REUSS.

Genre Triplasia REUSS, 1854

Triplasia bartensteini LOEBLICH et TAPPAN, 1952

pl.4, fig. 4-5

1952 - Triplasia bartensteini LOEBLICH et TAPPAN; p.8;pl.1,fig.9

Matériel. 700 individus.

Taille moyenne. 1mm

La partie spirale, petite, est plus ou moins visible. La section montre trois branches fines qui forment entre elles des angles inégaux. Les flancs sont droits, parallèles. L'agglutinat est calcaire.

Ces formes sont attribuées à Triplasia bartensteini bien qu'elles en soient sensiblement différentes par leur forme plus élancée et leurs flancs parallèles. Par ces caractères, elles se rapprochent des formes décrites par BARNARD et al. (1981) sous le nom de Triplasia acuta BARTENSTEIN et BRAND et de celles décrites par LUTZE(1960) sous le nom de Triplasia cf. enslandensis BARTENSTEIN et BRAND. Ces deux formes peuvent être considérées comme des variants de Triplasia bartensteini.

Répartition stratigraphique.

Du Bajocien supérieur à l'Oxfordien inférieur.

En Franche-Comté, elle est réduite à certains niveaux du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur.

Remarque.

La similitude de forme entre Flabellammina althoffi et Triplasia bartensteini est évidente. De plus, elles diffèrent chacune des descriptions données dans la littérature par les mêmes caractères: test plus élancé, flancs tendant à devenir parallèles. Cette convergence de forme a amené LINDENBERG(1967) à faire des deux espèces les deux générations de Triplasia althoffi LINDENBERG. (Dans le Crétacé, DIENI et MASSARI(1966) avaient déjà regroupé les individus du genre Flabellammina dans le genre Triplasia en y incluant également les Haplophragmium)

Il existe manifestement un lien entre les deux espèces, mais rien n'indique qu'il soit de cet ordre et généralisable à toutes les espèces des deux genres.

Triplasia kimeridensis (BIELECKA et POZARYSKI)

Tab.4, fig.6-7

1954 - Frankeina kimeridensis(BIELECKA et POZARYSKI)p.29;pl.3,fig.8 a-b

Matériel. 150 individus.

Taille. de 1,2 à 2 mm

Le test est agglutiné de particules calcaires. La partie spiralée est souvent invisible. Les trois branches observées en section, sont larges et forment entre elles des angles presque égaux.

On passe de formes à bords nettement divergents à des individus plus élancés à bords parallèles. Cette variation est également visible dans les figurations de BARNARD et al.(1981). Par contre, je n'ai pas trouvé, comme eux, des formes presque plates ou des formes possédant quatre arêtes (un seul individu dont l'appartenance à l'espèce est douteuse, représenté pl.4,fig.8-9).

Cette espèce se distingue de Triplasia bartensteini par sa taille beaucoup plus grande, par sa forme évasée et par ses arêtes plus larges faisant entre elles des angles égaux.

Répartition stratigraphique.

Elle est décrite dans le Kimméridgien inférieur (BIELECKA et POZARYSKI, 1954) et dans la zone à Athleta (BARNARD et al.,1981). Les espèces décrites

par MAHLECKI(1954) et mises en synonymie par BARNARD et al.(1981), sont citées dans le Bajocien supérieur. GAILLARD(1983) la cite dans l'Oxfordien du Jura méridional.

En Franche-Comté, elle est réduite à certains niveaux du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur.

Famille: Textulariidae EHRENBERG, 1838

Genre: Textularia DEFRANCE, 1824

Textularia jurassica (GUMBEL),1862

pl.1,fig.6-7

1862 - Textilaria jurassica GUMBEL; p.228; pl.4,fig.17 a-b

Matériel. 200 individus.

Taille. de 0,3 à 0,5mm

Forme bisériée à agglutinant composé de petits grains de quartz. On passe de formes aplaties, très étroites, à loges allongées, à des formes plus épaisses, plus larges et à loges plus rondes. Les sutures obliques sont peu enfoncées mais toujours visibles car marquées par une incrustation de pyrite. Cette caractéristique a été décrite par E. et I.SEIBOLD(1955). Pour eux,les premières loges arquées de certains individus seraient dues à des contraintes diagénétiques.

Cette espèce diffère de Textularia agglutinans d'Orbigny, décrite dans l'actuel, par son épaisseur. Textularia foeda REUSS est mise en synonymie avec l'une ou l'autre des espèces, suivant les auteurs. Mes individus étant toujours plus ou moins aplatis, et de plus, très semblables à ceux qu'ont décrits E. et I.SEIBOLD(1955), je les attribue à Textularia jurassica.

Répartition stratigraphique.

Oxfordien.

En Franche-Comté, elle est présente, de façon sporadique, de la fin du Callovien supérieur à l'Oxfordien inférieur.

Famille Trochamminidae SCHWAGER, 1877

Genre Trochammina PARKER et JONES, 1859

Trochammina inflata (MONTAGU), 1808

pl.1, fig.8-9

1808 - Nautilus inflatus, MONTAGU; p.81, pl.18, fig.3

Matériel. 1800 individus.

Taille. de 0,2 à 0,4mm

L'enroulement comprend cinq à six loges globuleuses dans le dernier tour, séparées par des sutures enfoncées. La dernière loge, plus grosse, est légèrement recouvrante.

L'agglutinat est formé par de petits grains de quartz. Il est souvent imprégné par des matières ferrugineuses.

Les coquilles vont de formes épaisses à spire basse à des formes plus aplaties.

Répartition stratigraphique.

De l'Aalénien à l'Oxfordien.

En Franche-Comté, présente à tous les niveaux.

Trochammina squamata PARKER et JONES, 1860

pl.1, fig.10-11

1860 - Trochammina squamata, PARKER et JONES, p.304

Matériel. 2300 individus.

Taille. de 0,2 o 0,5mm

Elle est caractéristique par sa forme très plate. Les 4 ou 5 dernières loges visibles sur la face inférieure sont recouvrantes et aplaties. L'agglutinat est fait de grains de quartz plus ou moins grossiers. Il peut lui aussi contenir des matières ferrugineuses.

Elle diffère de T.inflata par ses loges très aplaties.

UNIVERSITÉ DE LYON I
C.S.T.
GÉOLOGIE

Répartition stratigraphique.

Du Lias supérieur à l'actuel.

En Franche-Comté, présente dans tous les niveaux.

Famille: Ataxophragmiidae SCHWAGER, 1877

Genre. Verneuilinoïdes LOEBLICH et TAPPAN, 1949

Verneuilinoïdes mauritii TERQUEM, 1866

pl.1, fig.12

1866 - Verneuilinoïdes mauritii TERQUEM; p.448; pl.18,fig.18 a-b

Matériel. 150 individus.

Taille moyenne. 0,25mm

Coquille conique, à section circulaire. Les sutures ne sont pas visibles. Certains individus montrent un élargissement des loges dans les deux derniers tours.

La paroi est agglutinée de très fines particules calcaires.

Répartition stratigraphique.

Du Lias à L'Oxfordien.

En Franche-Comté, elle est localisée dans quelques niveaux de l'Oxfordien inférieur et moyen.

Sous-Ordre: Miliolina DELAGE ET HEROUARD, 1896

Super-Famille: Miliolacea EHRENBERG,1839

Famille: Nubeculariidae JONES, 1875

Genre Nubeculinella CUSHMAN,1930

Nubeculinella infraoolithica (TERQUEM),1870

pl.1, fig.13

1870 - Webbina infraoolithica TERQUEM; p.271; pl.29,fig.19-23,25-26

Matériel. Plusieurs centaines d'individus.

Taille moyenne d'une loge. 0,5mm

Ce foraminifère fixé à test porcelané est caractérisé par l'emboîtement des loges pyriformes.

Répartition stratigraphique.

Jurassique.

En Franche-Comté, présente à tous les niveaux.

Nubeculinella tibia (JONES et PARKER), 1860

var. bulbifera(PAALZOW), 1932

pl.1, fig.14

1860 - Nubecularia lucifera DEFRANCE var.tibia JONES et PARKER; p.455;pl.20, fig.48 seulement

1932 - Nodobacularia bulbifera PAALZOW; p.96;pl.5,fig.4-6

1962 - Nubeculinella tibia (JONES et PARKER)var.bulbifera(PAALZOW) ADAMS;p.165; pl.23,fig.9

Matériel. 450 fragments d'individus.

Taille moyenne. 0,3mm

Je n'ai retrouvé que des loges séparées. Elles sont en forme de sac prolongé par un tube. La base est porcelanée et incrustée de nombreux débris. Le tube est dépourvu de son "tissu" porcelané à son extrémité. Une seule coupe mince a permis d'observer la partie initiale montrant deux loges allongées situées de part et d'autre d'un gros proloculus.

PAALZOW a décrit cette espèce sous le nom de Nodobacularia bulbifera PAALZOW. J'ai adopté la nomenclature d'ADAMS (1962) qui ne reconnaît pas le genre Nodobacularia.

Répartition stratigraphique.

Lias et Oxfordien.

En Franche-Comté, cette espèce est réduite à des niveaux très précis du Callovien supérieur et de l'Oxfordien. Elle sera décrite en détail dans l'étude quantitative de la répartition des organismes.

Genre. Ophtalmidium KUBLER et ZWINGLI, 1870

Ophtalmidium birmenstorfensis KUBLER et ZWINGLI, 1870

pl.1, fig.15-17

1870 - Ophtalmidium birmenstorfensis KUBLER et ZWINGLI; p.31; pl.3,fig.46

Matériel. 4500 individus.

Taille moyenne. 0,4mm

Le test aplati ne permet pas l'observation directe des premières loges par transparence. Par leur petit nombre de loges et par la taille relativement importante de leur proloculus, j'attribue mon matériel à l'espèce O.birmenstorfensis

Rapports et différences.

L'espèce O.birmenstorfensis diffère de O.carinatum KUBLER et ZWINGLI par un nombre de loges plus élevé. Elle diffère de O.purtonensis BARNARD,CORDEY et SHIPP par la taille plus petite du proloculus.

Certains individus ont la dernière loge perpendiculaire aux précédentes. Ils sont interprétés par PAZDROWA(1958) comme des cas de régénération (reconstitution après un choc). CORDEY(1962) a décrit également ce phénomène chez O.birmenstorfensis (pl.1,fig.17).

Répartition stratigraphique:

Du Callovien supérieur (zone à Athleta) à l'Oxfordien moyen.

En Franche-Comté, elle est présente dans le Callovien supérieur (zone à Lamberti) et dans l'Oxfordien inférieur.

Sous-ordre	LAGENINA DELAGE et HEROUARD,1896
Super-famille	NODOSARIACEA EHRENBERG,1838
Famille	NODOSARIIDAE EHRENBERG,1838
Genre	FRONDICULARIA DEFRANCE,1826

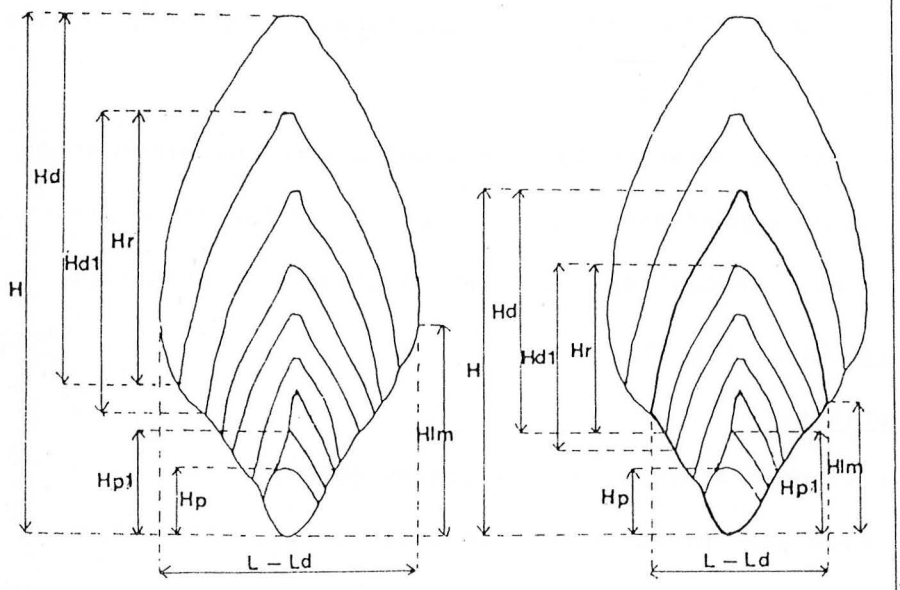
Une grande partie des individus appartenant à ce genre présentent des stries fines et nombreuses. D'autres sont lisses ou presque lisses. Quatre individus sont bien séparés du reste du lot: ils sont plus épais et possèdent des côtes fortes peu nombreuses.

L'analyse biométrique a pour but de déterminer si la présence ou l'absence de stries est liée à une forme ou à une organisation particulière.

ETUDE BIOMETRIQUE DES INDIVIDUS DU GENRE FRONDICULARIA:

L'étude porte sur 54 individus répartis dans plusieurs niveaux du Callovien supérieur (PAL A,B,K,L, 1 à 6). Seules les formes complètes sont prises en compte. Les différents paramètres utilisés sont indiqués à la figure 14. Deux séries de mesures ont été faites.
La première porte sur l'ensemble du test des individus. Dans la deuxième les mesures sont prises au niveau de la sixième loge (tous les individus possédent au moins 6 loges).

Cela a pour but de comparer tous les individus à un même stade de croissance. C'est pour la deuxième série (6ème loge) que les résultats sont les plus nets; ce sont eux qui sont exposés ici.



1ere série de mesures individus complets

2eme série de mesures individus à 6 loges

H =Hauteur
Hp =Hauteur du proloculus
Hp1=Hauteur après la première loge
Hd =Hauteur de la dernière loge
Hd1=Hauteur de l'avant dernière loge
Hr =Recouvrement
Hlm=Hauteur à la largeur maximum
L =Largeur maximum
Ld =Largeur de la dernière loge
N =Nombre de loges
N1 =Nombre de loges obliques

Fig. 14 - Analyse biométrique. Frondicularia. Explication des mesures utilisées.

Une analyse en composantes principales a permis de sélectionner les variables les plus significatives. Cette analyse ne fait ressortir aucun groupe discret.

L'analyse discriminante (fig.15) porte sur 7 variables (H, L, Hp, N, N1, Hd, H1m) et 3 groupes :

- formes lisses
- formes à stries fines nombreuses
- formes à côtes fortes peu nombreuses.

L'axe 1 (67,1%) classe les individus d'après leur largeur et d'après la taille de leur proloculus. Il sépare nettement les 4 individus à côtes fortes du reste du peuplement (n° 36, 37, 38, 44).

Par contre, sur l'axe 2 (32,9%), aucun groupe ne se distingue. Les individus dont les coordonnées sur cet axe sont négatives, ont de nombreuses loges obliques (par opposition à "loges en chevrons"), une forme plus évasée (H1m petit) et une taille plus faible.

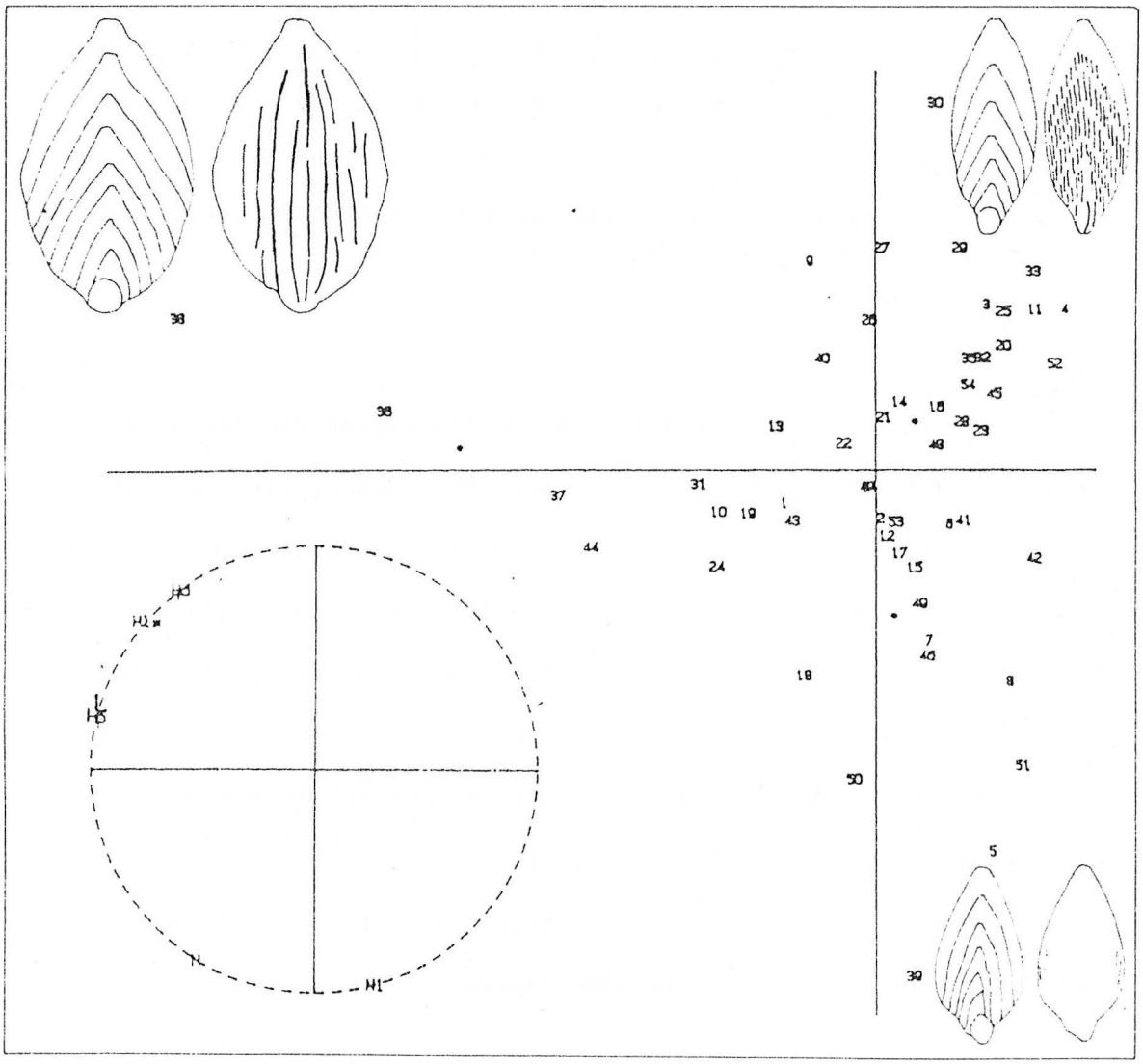


Fig. 15 - Frondicularia. Analyse discriminante. Projection sur le plan D1, D2 (67,1% + 32,9%).

Les analyses univariées ont toutes conclu à l'homogénéité du peuplement, sauf pour le rapport L/H (Khi-deux = 8,83 pour 3 degrés de liberté). Dans ce cas, l'hétérogénéité est dûe aux formes à côtes fortes dont le rapport L/H est élevé (fig.16).

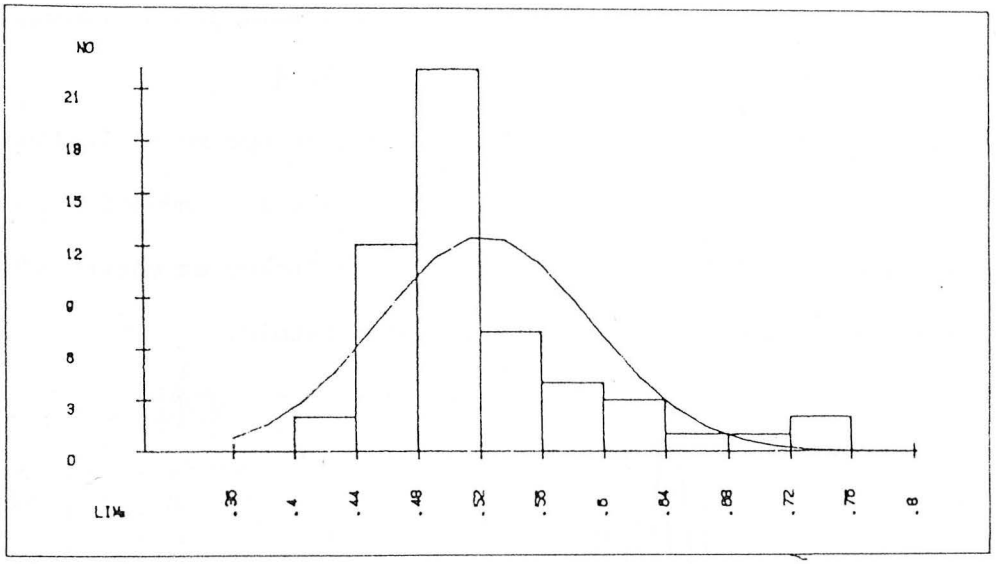


Fig. 16 - Frondicularia. Analyse univariée. Histogramme de fréquence L/H.

Ces individus sont bien isolés, et l'auraient été davantage si l'épaisseur du test avait été prise en compte. En moyenne, ils comptent très peu de loges obliques, ils sont plus grands et plus larges que les autres individus.

Les deux autres groupes sont peu distincts l'un de l'autre. Il faut donc admettre que la présence, ou l'absence, de stries, n'est pas liée à une morphologie particulière. Se baser uniquement sur ce caractère conduirait à séparer des formes semblables et à regrouper des formes différentes (pourcentage de bien classés = 77,8%).

Les analyses univariées montrent que l'on peut considérer ces formes comme appartenant toutes à la même espèce.

Une légère tendance se dessine pourtant : les formes lisses sont, en moyenne, plus petites, plus étroites, plus évasées et comptent plus de loges obliques que les formes striées. Ces constatations n'ont qu'une valeur statistique; elles sont valables au niveau d'un ensemble et non au niveau de l'individu. En effet, on peut trouver des grandes formes lisses dont le proloculus est immédiatement suivi par les loges en chevrons.

ETUDE SYSTEMATIQUE:

Frondicularia moelleri UHLIG, 1883

pl.6, fig.1-2

1883 - Frondicularia moelleri UHLIG; p.758; pl.9,fig.12-15

Matériel. Une dizaine d'individus.

Taille moyenne. 1,35mm (de 1 à 1,7mm).

(formes épaisses à côtes fortes peu nombreuses de l'analyse biométrique)

Cette espèce est caractérisée par ses fortes côtes longitudinales peu nombreuses, au tracé irrégulier, parfois interrompues et ne recouvrant par la dernière loge.

Les individus figurés par UHLIG(1883) montrent des côtes beaucoup plus nombreuses, régulières et rayonnantes à partir du proloculus. Mes individus sont beaucoup plus proches de ceux figurés par LUTZE(1960),CORDEY(1962)et BARNARD et al.(1981).

Cette espèce est très rare; elle accompagne toujours F.nikitini UHLIG. Outre l'ornementation, elle s'en distingue par une forte épaisseur et un proloculus plus gros. F.moelleri est en moyenne plus évasée et compte moins de loges de type "Planularia" que F.nikitini.

Répartition stratigraphique.

Callovien supérieur et Oxfordien inférieur.

En Franche-Comté, cette espèce n'est présente que dans les niveaux de la zone à Lamberti.

Frondicularia nikitini UHLIG,1883

pl.6, fig.3-6

1883 - Frondicularia nikitini UHLIG; p.758;pl.9,fig.10-11

Matériel. 200 individus.

Taille moyenne. 1,2mm (de 0,6 à 1,5mm).

(formes lisses à stries nombreuses de l'analyse biométrique)

Coquille allongée, très aplatie, généralement en forme de losange étiré. Le proloculus est allongé et saillant. Les flancs sont recouverts de nombreuses stries fines, longitudinales, interrompues au niveau des sutures. L'espèce a été étudiée en détail par LUTZE(1960).

L'analyse biométrique a montré une population homogène comprenant deux variants: des individus typiques striés et des individus ayant peu ou pas de stries et comptant plus de loges de type "Planularia" dont la base s'élargit plus rapidement. Ces derniers sont semblables à certaines formes de F.hastata ROEMER et de F.hastata paucicostulata BARTENSTEIN et BRAND.

Répartition stratigraphique.

Du Callovien à l'Oxfordien moyen (zone à Plicatilis).

En Franche-Comté, présente uniquement au Callovien supérieur.

Famille VAGINULINIDAE REUSS, 1860

Sous-Famille VAGINULININAE REUSS, 1860

Genre: Lenticulina LAMARCK,1804

Dans un travail récent, Ch.RUGET(1983) a mis en évidence l'existence de morphogenres au sein du genre Lenticulina. En effet, l'utilisation de caractères morphologiques, choisis sans références stratigraphiques, avait conduit les différents auteurs à distinguer un certain nombre de genres: Astacolus, Marginulinopsis, Planularia, Vaginulinopsis, Falsopalmula, Saracenaria.

Or, l'examen détaillé des formes de chaque niveau a montré que des espèces similaires appartenaient à des genres différents.

Pour pallier cet inconvénient, Ch.RUGET a proposé le terme de morphogenre pour les formes Lenticulina, Astacolus, Marginulinopsis,Planularia,Vaginulinopsis, Falsopalmula et Saracenaria. Ils sont placés à la suite du nom

de l'espèce et précédés de l'abréviation mg (morphogenre). J'ai donc adopté cette nomenclature.

Les auteurs anciens ont créé de très nombreuses espèces en s'appuyant souvent sur des critères discutables d'où la grande confusion qui existe dans la classification de ce groupe. Néanmoins, les espèces les mieux représentées et les plus fréquentes sont assez bien définies et se retrouvent dans les divers gisements.

Travaillant sur des populations importantes, il m'a été facile de me faire une idée de la grande variabilité au sein de certaines espèces. J'ai de ce fait élargi la conception de l'espèce.

Lenticulina munsteri (ROEMER),1839, mg. Lenticulina

pl.6, fig.7-9

1839 - Robulina munsteri ROEMER;p.48;pl.20,fig.29

Matériel. 30 000 individus.

Taille moyenne. 0,7mm (de 0,25 à 1,05mm).

Coquille enroulée, lisse, à contour circulaire, à section large. Le caractère essentiel est la présence de la bosse ombilicale. La tendance au déroulement s'observe chez certaines formes: les dernières loges s'étirent et ont tendance à se détacher les unes des autres. Les sutures deviennent obliques, déprimées. Ces individus sont identiques à ceux décrits par Ch.RUGET(1973). Ils peuvent alors être proches de L.varians(BORNEMANN). Les loges déroulées ne sont jamais nombreuses et sont quelques fois réduites comme dans le cas des individus figurés par MAGNE et MASCLE(1962;pl.5,fig.9-11) sous le nom de L.varians. Cette tendance ne s'observe que chez les petites formes.

Certains individus présentent un contour polygonal. Ils sont attribués à L.munsteri et non à L.polygonata (FRANKE), pour trois raisons:

- Le contour polygonal n'est pas toujours très net. Il existe un passage continu avec les formes à contour circulaire. NICOLLIN(1983), par une étude

biométrique sur des individus du Lias, a montré qu'aucune coupure nette n'existait entre ces deux formes.

- Le contour polygonal ne s'applique jamais à toute la circonférence, mais uniquement aux dernières loges.

- On retrouve le même contour polygonal chez certaines formes de L.quenstedti (GUMBEL). Ce caractère n'est donc pas typique d'une espèce.

Le bord dorsal, rétréci chez certains individus évoque une carène. De très légers bombements peuvent apparaître sur les flancs au niveau des sutures. Ils ne sont parfois visibles qu'en lumière rasante.

Il existe une grande variabilité dans la taille des individus qui n'est pas due uniquement à des stades différents de croissance.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée du Lias au Crétacé.

En Franche-Comté, elle est abondante à tous les niveaux.

Lenticulina quenstedti (GUMBEL),1862,mg.Lenticulina

pl.5, fig.1-13

1862 - Cristellaria quenstedti GUMBEL; p.226;pl.4,fig.2 a-b

Matériel. 12 000 individus.

Taille moyenne. 0,8mm (de 0,25 à 1,10mm).

Coquille enroulée, à contour subcirculaire, caractéristique par ses fortes côtes suturales qui se rejoignent vers le centre pour former une couronne ombilicale.

Parmi les espèces décrites dans le Jurassique moyen et supérieur, c'est celle dont la variabilité est la plus forte. Les différentes formes présentées par L.quenstedti s'expriment de manière différente suivant la taille des individus.

a. Les grosses formes.

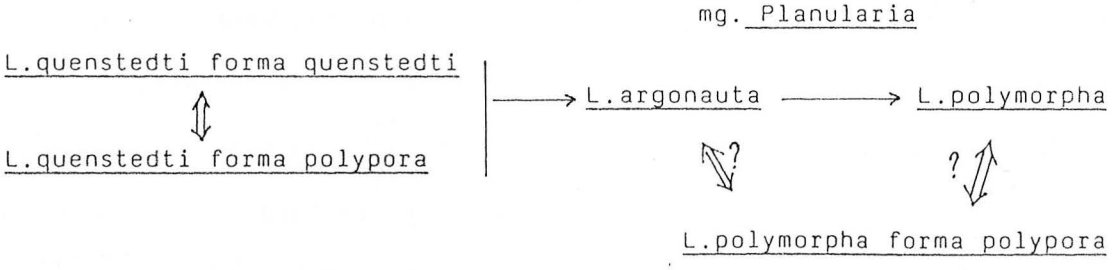
Elles sont presque toujours entièrement spiralées. Quelques rares individus montrent jusqu'à trois ou quatre loges qui se détachent de la spire pour former une courte portion curviligne. De tels individus avaient déjà été observés par BARNARD(1952). Les loges de la partie déroulée n'augmentent plus et même diminuent de taille. Leur section, quadrangulaire au départ, devient souvent "saracénoïde" (la partie ventrale s'élargit). Un seul individu a montré deux loges en chevrons typiques du morphogenre Falsopalmula. Cet individu n'étant pas aplati, il s'agit plutôt d'une coquille anormale.

Les formes les plus grosses sont souvent aplaties. Certains individus rappellent L.polymorpha, mais tous les intermédiaires entre les deux espèces ne sont pas présents.

L'ornementation est également un caractère très variable. La couronne ombilicale et les côtes suturales peuvent être plus ou moins marquées ou remplacées par des séries de pustules. Ces formes évoquent L.polypora(GUMBEL) et SEPTFONTAINE(1971) les considère comme des formes de L.quenstedti (L.quenstedti forma polypora).

Le même type d'ornementation existe également chez les formes planulaires. Pour elles, deux hypothèses sont possibles.

. On peut considérer L.polypora mg. Planularia comme une forme de L.polymorpha.



Dans ce cas, la forme planulaire polypora serait plus proche de L.argonauta KOPIK puisqu'elle ne possède jamais de carènes latéro-dorsales. Ces carènes

auraient pu également disparaître avec l'apparition des pustules à la place des côtes (diminution de la costulation).

Le principal obstacle à cette hypothèse est dû à la répartition stratigraphique de ces différentes formes. L.quenstedti, L.polymorpha et L.quenstedti forma polypora existent dès le Bajocien alors qu'aucun exemplaire de L.polypora mg. Planularia n'est connu avant l'Oxfordien. La forme "polypora" existant dès le Bajocien, elle aurait pu, dans le cadre de cette hypothèse, se retrouver aussi bien chez L.quenstedti que chez L.polymorpha.

. On peut considérer L.polymorpha et L.polypora mg. Planularia comme l'aboutissement de deux lignées différentes.

L.quenstedti ⟶ L.argonauta ⟶ L.polymorpha

⇕

L.quenstedti formes à pustules ⟶ L.polypora

Dans ce cas, L.polypora et L.polymorpha seraient deux espèces séparées. Il convient donc de réserver L.polypora pour les formes planulaires.

b. Les petites formes.

Ce sont surtout des individus jeunes, enroulés. Il existe quelques formes ayant tendance à se dérouler. Les loges de la partie droite sont plus grosses que celles de la spire et vont en augmentant de volume. Le déroulement s'accompagne presque toujours par l'élargissement de la partie ventrale qui aboutit à la forme Saracenaria. Les côtes suturales sont parfois estompées. A la base du test, une côte longitudinale, située plutôt près du bord ventral sert de point de départ à des côtes suturales allant vers le bord dorsal. Cette côte longitudinale peut être interprétée comme un reste de la couronne ombilicale (une telle structure ne peut pas être conservée sur un individu déroulé précocement).

La grande variabilité à l'intérieur de cette espèce n'affecte toutefois qu'un petit nombre d'individus. Certaines des formes que j'ai attribuées à L. quenstedti sont considérées comme des espèces à part entière par quelques auteurs. Dans la mesure où tous les intermédiaires existent, il n'est pas souhaitable de les séparer.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée du Bajocien au Kimméridgien.

En Franche-Comté, elle est abondante à tous les niveaux.

Lenticulina subalata (REUSS),1854, mg. Lenticulina

pl.6, fig.10

1854 - Cristellaria subalata REUSS; p.68; pl.25,fig.13

Matériel. 550 individus.

Taille moyenne. 0,6mm

Coquille planispiralée, biconvexe, à contour subcirculaire. De légères côtes suturales rayonnantes autour du bouton ombilical s'estompent en arrivant sur le bord dorsal.

Les caractères propres à Lenticulina subalata sont peu marqués(fortes côtes suturales rayonnantes). Certains individus présentent une tendance au déroulement. Il existe un lien entre Lenticulina subalata et L.munsteri. Pour PARRON(1975), certains individus appartenant à L.munsteri peuvent acquérir les caractéristiques de L.subalata par usure du test (les sutures résisteraient plus). Dans la plupart des niveaux, cette hypothèse ne tient pas. En effet, L.munsteri accompagne L.subalata avec un état de conservation identique.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée du Lias au Crétacé.

En Franche-Comté, elle est présente à tous les niveaux et très abondante dans l'Oxfordien moyen de Palente.

Lenticulina varians (BORNEMANN),1854, mg Lenticulina

pl.6, fig.11

1854 - Cristellaria varians BORNEMANN; p.41; pl.4,fig.32-34

Matériel. 350 individus.

Taille moyenne. 0,8mm (jusqu'à 1,2mm).

Coquille lisse, planispiralée, étirée, légèrement aplatie. Les dernières loges obliques, très allongées viennent recouvrir la partie spirale.

Cette espèce se distingue de L.munsteri par sa coquille moins épaisse, par l'absence de bouton ombilical et par ses dernières loges recouvrantes qui restent toujours en contact avec la spire.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée du Lias à l'Oxfordien.

En Franche-Comté, elle est présente à tous les niveaux.

Lenticulina fraasi(SCHWAGER),1865,mg.Astacolus

pl.6, fig.12

1865 - Cristellaria fraasi SCHWAGER;p.123;pl.5,fig.10 a-b

Matériel. 400 individus.

Taille moyenne. 0,45mm

Coquille petite, déroulée, de section ovale. Les sutures ne sont visibles que sur les flancs de la partie déroulée. Elles peuvent être invisibles. La spire ronde est légèrement recouverte par la première loge déroulée.

Certains individus ont une partie déroulée plus ou moins développée. Cette espèce est proche de Lenticulina major (BORNEMANN) mais s'en distingue par sa faible taille et ses sutures peu marquées.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée du Callovien supérieur à l'Oxfordien par E. et I.SEIBOLD(1960) et dans l'Oxfordien inférieur par d'autres auteurs.

En Franche-Comté, elle est présente à tous les niveaux.

Lenticulina lanceolata(SCHWAGER),1865, mg. Planularia

pl.6, fig.13

1865 - Cristellaria lanceolata SCHWAGER; p.130;pl.6; fig.13

Matériel. 400 individus.

Taille moyenne. 0,45mm

Coquille allongée et très aplatie. Les loges sont droites, très obliques. Les sutures ne sont pas marquées.

Cette espèce se distingue de Lenticuline beierana(GUMBEL) et de Lenticulina pseudocrepidula ADAMS par sa forme générale lancéolée et par des sutures invisibles.

Ces espèces sont toutefois si proches que beaucoup d'individus pourraient facilement être attribuées indifféremment à l'une ou à l'autre.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée dans l'Oxfordien. CROISS (1967a) inclut dans sa synonymie certaines figurations de Cristellaria filosa TERQUEM décrites par BARTENSTEIN et BRAND (1937) dans le Callovien supérieur.

En Franche-Comté, elle est présente à tous les niveaux.

Lenticulina polymorpha (TERQUEM),1870,mg.Planularia

pl.5, fig.14-15

1870 - Cristellaria polymorpha TERQUEM;p.132;pl.19-21,toutes les figures

Métariel. 300 individus.

Taille moyenne. 0,8mm

La partie spiralée est plus ou moins réduite. La partie droite, de forme variable, est aplatie. Les flancs sont parallèles, la section est rectangulaire.Elle est caractérisée par la présence sur le bord dorsal d'une carène médiane et de deux carènes latérales formées par le prolongement de fortes côtes suturales.

Cette espèce est souvent décrite sous le nom de Lenticulina tricarinella

(REUSS), qui est une forme crétacée.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée dans le Jurassique à partir du Bajocien supérieur.

En Franche-Comté, elle est abondante dans le Callovien supérieur et très rare dans l'Oxfordien inférieur.

Lenticulina cornucopiae (SCHWAGER), 1865, mg. Saracenaria

pl.6, fig. 14

1865 - Cristellaria cornucopiae SCHWAGER;p.121;pl.5,fig.7

Matériel. 400 individus.

Taille moyenne. 0,6mm

Test formé d'une partie planispiralée et d'une partie déroulée à séction triangulaire. Les trois arêtes portent une carène. Des bombements partent des bords ventraux et s'estompent en arrivant sur le bord dorsal. Cette espèce est caractérisée par sa forme toujours allongée, par le faible élargissement de sa partie ventrale et par ses deux carènes latéro-ventrales qui tendent à être parallèles.

La variabilité porte sur la largeur des flancs, sur l'importance de la partie spiralée et sur la force des bombements latéraux.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée du Bajocien supérieur au Kimméridgien.

En Franche-Comté, elle est présente en petit nombre à tous les niveaux.

Famille Polymorphinidae d'ORBIGNY,1838

Genre Bullopora QUENSTEDT, 1856

Bullopora rostrata QUENSTEDT,1858

pl.1,fig.18

1858 - Bullopora rostrata QUENSTEDT;p.580;pl.73,fig.28

Matériel. Une centaine d'individus environ.

Taille moyenne. 0,6mm

Foraminifère fixé, à test calcaire hyalin. Les loges, grossièrement hémisphériques, de contour arrondi à ovale, sont reliées par un col plus ou moins long.

Quelques rares individus sont retrouvés détachés de leur support.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée du Lias à l'Oxfordien.

En Franche-Comté, elle est présente de façon irrégulière à tous les niveaux.

Super-Famille Robertinacea REUSS, 1850

Famille Epistominidae WEDEKIND, 1937

Genre Epistomina TERQUEM, 1883

Epistomina sp.

pl.4, fig. 10

Matériel. 1300 individus.

Taille moyenne. 0,35mm

La coquille est trochospiralée, biconvexe. Il y a six à sept loges dans le dernier tour. Les loges sont allongées, les sutures obliques.

La détermination spécifique n'a pas pu être faite, tous les individus étant des moules internes pyriteux.

Répartition stratigraphique.

En Franche-Comté, elle est présente à tous les niveaux.

Super-Famille Cassidulinacea d'ORBIGNY, 1839

Famille Cassidulinidae d'ORBIGNY, 1839

Genre Paalzowella CUSHMAN, 1933

Paalzowella feifeili (PAALZOW), 1932

pl.4, fig. 11-12

1932 - Trocholina feifeili, PAALZOW; p.140; pl.11, fig.6-7

Matériel. 130 individus.

Taille moyenne. 0,2mm

Coquille petite, trochospiralée, conique. La base est plane, ou légèrement convexe, ponctuée par des granulations. La spire est basse: le rapport hauteur/diamètre ne dépasse jamais 0,5.

Ce caractère permet d'attribuer mes individus à la sous-espèce Paalzowella feifeili feifeili créée par E. et I. SEIBOLD(1960).

Répartition stratigraphique.

Elle est citée de l'Aalénien à l'Oxfordien.

En Franche-Comté, elle est présente, de façon irrégulière, dans le Callovien supérieur et l'Oxfordien inférieur.

Super-Famille Spirillinacea REUSS, 1862

Genre Spirillina EHRENBERG, 1843

Spirillina elongata BIELECKA et POZARISKI, 1954

pl.4, fig.13

1954 - Spirillina elongata BIELECKA et POZARISKI;p.67;pl.10,fig.53

Matériel. 80 individus.

Taille moyenne. 0,3mm

Cette espèce est caractérisée par sa forme ovale. Par rapport aux descriptions données dans la littérature, mes individus sont moins allongés et de taille plus faible. Ainsi, certaines formes de Spirillina elongata et de Spirillina infima(STRICKLAND) peuvent être très proches.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée dans le Jurassique moyen et supérieur.

En Franche-Comté, elle est présente de façon irrégulière à tous les niveaux.

Spirillina infima (STRICKLAND), 1846

pl. 4, fig. 14

1846 - Orbis infimus, STRICKLAND, p.31, text.fig.a

Matériel. 9000 individus.

Taille moyenne. 0,3mm

L'enroulement planispiral, de forme circulaire, comprend de nombreux tours (jusqu'à 8). Le diamètre des tours augmente faiblement et régulièrement. Quelques individus montrent un dernier tour légèrement proéminent. L'ombilic est peu profond. La variabilité à l'intérieur de cette espèce est très grande; elle porte principalement sur le nombre de tours (de 4 à 8) et sur la taille (de 0,2 à 0,4mm).

Cette espèce est très proche de Spirillina tenuissima GUMBEL, mais s'en distingue par son ombilic plus profond et par l'augmentation plus rapide du diamètre de ses tours.

Répartition stratigraphique.

Elle est citée dans tout le Jurassique.

En Franche-Comté, elle est présente à presque tous les niveaux.

Spirillina polygyrata GUMBEL, 1862

pl.4, fig.15

1862 - Spirillina polygyrata GUMBEL; p.214;pl.4,fig.11 a-c

Matériel. 500 individus.

Taille moyenne. 0,2mm

Coquille petite, circulaire, planispiralée. Le diamètre des tours augmente régulièrement jusqu'au dernier qui est beaucoup plus grand et quelquefois marqué par des constrictions. L'ombilic est profond.

Cette définition n'est pas tout à fait celle qui est couramment admise par les auteurs. Mes individus ne sont jamais trochospiralés et ne comptent jamais plus de cinq tours. Ils se rapprochent de ceux décrits par BARTENSTEIN et BRAND (1937) et ZIEGLER (1959).

Cette espèce se distingue de Spirillina infima par son dernier tour plus gros et irrégulier, son ombilic profond et sa petite taille (0,2mm au lieu de 0,3mm en moyenne).

Répartition stratigraphique.

Elle est citée dans tout le Jurassique.

En Franche-Comté, elle est présente à tous les niveaux.

2.2. Les Ostracodes.

Les ostracodes présents dans les niveaux que j'ai étudiés ont été déterminés et comptés par A.M.BODERGAT. Ils feront l'objet de sa part d'une prochaine publication.

Je me contenterai ici de donner la liste des espèces rencontrées:

- Macrocypris aequabilis OERTLI,1959 (pl.7,fig.1,2)
- Macrocypris minutus SWAIN et PETERSON,1952
- Paracypris acris OERTLI, 1959
- Paracypris projecta PETERSON, 1954
- Paracypris sp.A WHATLEY,1960
- Paracypris sp.D OERTLI,1959
- Pontocyprella suprajurassica OERTLI, 1959 (pl.7,fig.3)
- Pontocypris arcuata LYUBIMOVA, 1955
- Monoceratina calloveica MANDELSHTAM, 1955 (pl.7,fig.4)
- Monoceratina polita DONZE, 1962
- Monoceratina scrobulata TRIEBEL et BARTENSTEIN, 1938
- Monoceratina sp.A OERTLI, 1957
- Monoceratina stimulea (SCHWAGER , 1866)
- Monoceratina trepti DONZE, 1962 (pl.7, fig.5)
- Monoceratina vulsa (JONES et SHERBORN,1888)
- Praeshuleridea caudata (DONZE,1962)(pl.7,fig.6)
- Cytheropteron rutschi OERTLI, 1959 (pl.7,fig.7)

- Cytherura? liesbergensis OERTLI, 1959 (pl.7, fig.8-10)
- Bairdia aff. carinata DREXLER, 1958
- Cardobairdia argovensis (OERTLI, 1959) (pl.7, fig.11)
- Progonocythere gublerae BIZON, 1958 (pl.7, fig.12, 13)
- Progonocythere martini BIZON, 1959 (pl.7, fig.14)
- Progonocythere multipunctata, WHATLEY, 1964
- Lophocythere scabra BUCK., 1954 (pl.7, fig.15)
- Lophocythere scabra bucki LUTZE, 1960
- Nophrecythere cruciata (TRIEBEL, 1951)
- Nophrecythere cruciata cruciata (TRIEBEL, 1951) (pl.7, fig.16)
- Cytherella fullonica JONES et SHERBORN, 188 (pl.7, fig.17)
- Cytherella index OERTLI, 1959 (pl.7, fig.18-20)
- Cytherelloïdea aff. sp. 528 (BUCK., 1954)
- Polycope sp. (pl.7, fig.21)

REPARTITION STRATIGRAPHIQUE

UNIVERSITÉ DE LYON 1 C.G.T. GÉOLOGIE

3 - REPARTITION STRATIGRAPHIQUE

La répartition des espèces de foraminifères et d'ostracodes dans les différents niveaux des coupes étudiées est figurée dans les tableaux 1 à 8 situés en annexe.

De nombreuses espèces, dont la répartition est limitée, sont représentées par un petit nombre d'individus. Leur absence n'est donc pas toujours significative.

L'intervalle de temps étudié ne couvre que quatre zones d'ammonites. C'est pourquoi la grande majorité des espèces présentes a une extension stratigraphique plus étendue que le cadre de cette étude. La répartition stratigraphique de quelques espèces intéressantes est résumée dans les figures 17 et 18.

- Les foraminifères (fig.17)

Le passage du Callovien supérieur à l'Oxfordien inférieur est marqué par la disparition de F.nikitini. Dans d'autres régions cette espèce est citée dans l'Oxfordien. Son extinction pourrait-être liée au changement de faciès correspondant au passage des calcaires argileux aux marnes à renggeri.

D'autres espèces beaucoup plus rares disparaissent également au sommet du Callovien supérieur; F.moelleri, L.batrakiensis, L.quadricostataeformis.

F.moelleri constitue un bon marqueur du sommet du Callovien et de la base de l'Oxfordien (dans la littérature).

T.jurassica et L.polypora existent dans le Callovien supérieur alors qu'elles ne sont pas citées avant l'Oxfordien.

Il en est de même pour Ammobaculites sp.A qui a été décrite dans l'Oxfordien du Jura méridional.

F.althoffi n'est pas citée après le Callovien. Elle existe dans l'Oxfordien en Franche-Comté, mais sous une forme différente. Elle pourrait représenter un variant ayant évolué à partir des formes du Dogger.

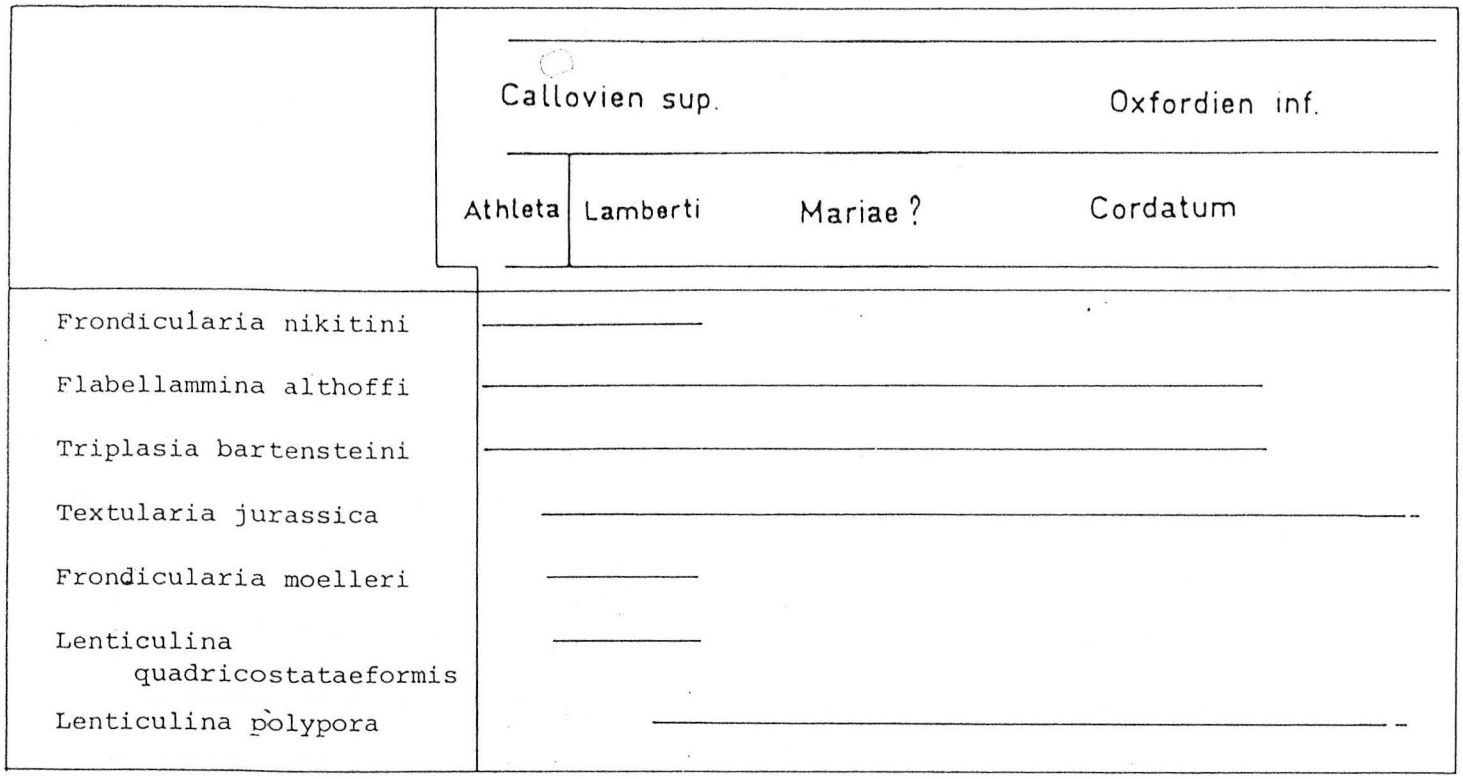


Fig. 17 - Répartition stratigraphique de quelques espèces de foraminifères.

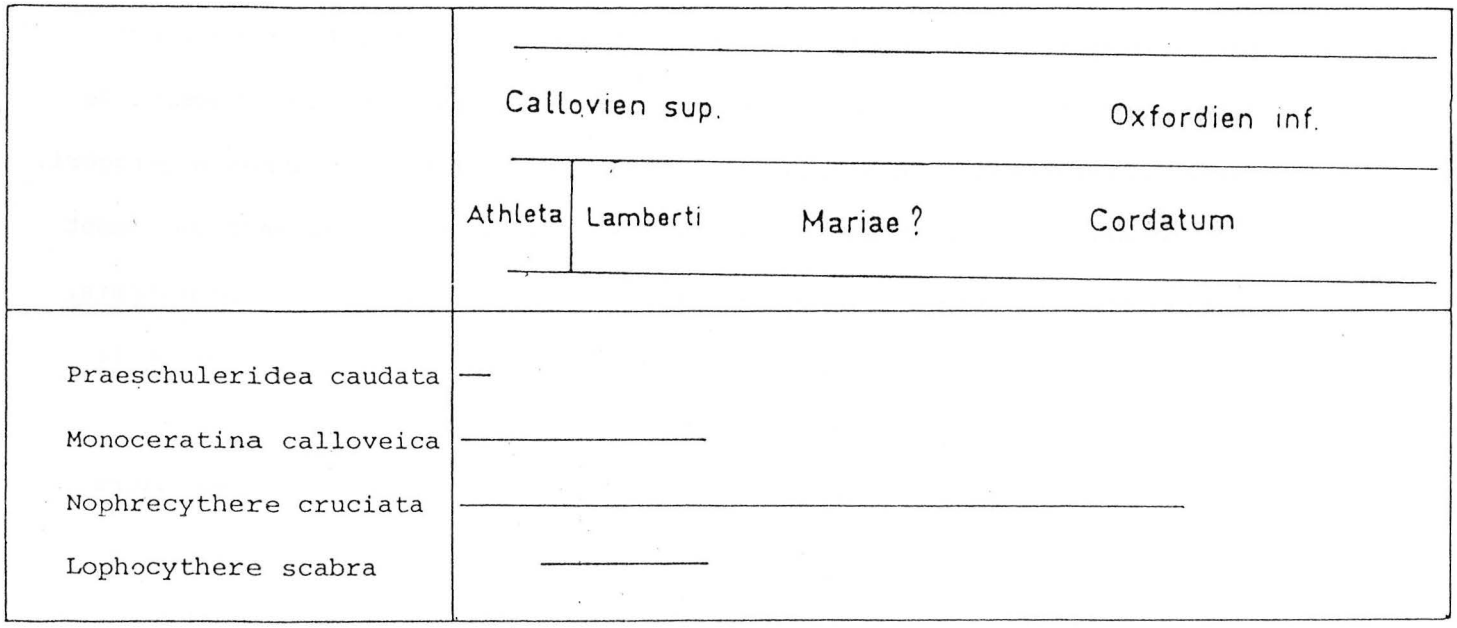


Fig. 18 - Répartition stratigraphique de quelques espèces d'ostracodes.

Les genres Flabellammina et Triplasia ont une distribution particulière qui sera étudiée dans le chapitre "Analyse quantitative de la répartition des organismes".

- Ostracodes (fig.18)

Quelques espèces d'ostracodes s'éteignent au sommet du Callovien supérieur P.caudata, L.scabra, M.calloveica.

P.caudata est citée dans toute l'Europe c'est un bon repère dans le Callovien supérieur.

L.scabra est typique de l'ensemble du Callovien,

N.cruciata disparaît dans les trois coupes à la partie supérieure des marnes à r.enggeri. Elle permet une corrélation dont la valeur sera discutée dans le chapitre "Analyse quantitative de la répartition des organismes".

ANALYSE QUANTITATIVE

4 - ANALYSE QUANTITATIVE DE LA REPARTITION DES ORGANISMES

Avant d'étudier la répartition des taxons ou groupes présents au sein des différents niveaux, il faut insister sur l'exceptionnelle abondance des foraminifères dans mes prélèvements. Leur nombre estimé par kilogramme de sédiment varie de 4000 à 70.000. Une seule cuvette de tri dans la fraction fine peut contenir jusqu'à 3500 individus.

L'analyse quantitative porte principalement sur les foraminifères et sur les ostracodes. Ce sont 108.000 foraminifères et 15.000 ostracodes qui ont été déterminés et comptés, répartis en 94 espèces et 43 genres. Chacun des 82 niveaux comporte 3 fractions. Aussi le traitement de ces données impose l'utilisation de méthodes statistiques multi dimensionnelles.

Dans un premier temps, je me contenterai de résumer les principales observations, sans chercher à les interpréter.

Les taxons ayant des répartitions semblables sont réunis dans des groupes. J'ai ainsi distingué dix groupes de foraminifères et quatre d'ostracodes. Chacun de ces groupes contient une ou plusieurs espèces.

Une liste des abréviations utilisées pour symboliser les groupes est donnée en annexe ainsi que les tableaux résumant les variations de fréquence des différents groupes reconnus au cours de l'analyse (tableaux 9 à 16).

Parmi les niveaux étudiés, quelques uns sont bien représentatifs de certains groupes.

La répartition des foraminifères et des ostracodes dans ces niveaux est représentée à l'aide de diagrammes circulaires :
Il en existe deux pour chaque niveau; l'un pour les fractions A et B (450 - 300 et 180μm), l'autre pour la fraction C (125μm).

Les figures 20 et 37 indiquent le pourcentage moyen des différents groupes, calculé sur l'ensemble des niveaux. Les deux diagrammes circulaires qu'elles comportent servent de base à la construction des autres : les angles restent fixes, c'est la surface des portions qui indique le pourcentage des

groupes dans le niveau considéré. Lorsqu'il est supérieur à la moyenne, le secteur qui le représente s'allonge et dépasse le cercle de référence figuré en pointillés. A l'inverse, le pourcentage est inférieur à la moyenne lorsque le secteur qui le représente se situe à l'intérieur du cercle de référence.

4.1. Méthodes de comptage et limites de l'interprétation

4.1.1. Méthode de comptage utilisée

Pour évaluer le pourcentage trié d'une fraction, il suffit de faire le rapport :

$$100 \times \frac{\text{Poids de départ du résidu - Poids du résidu non trié}}{\text{Poids de départ du résidu}}$$

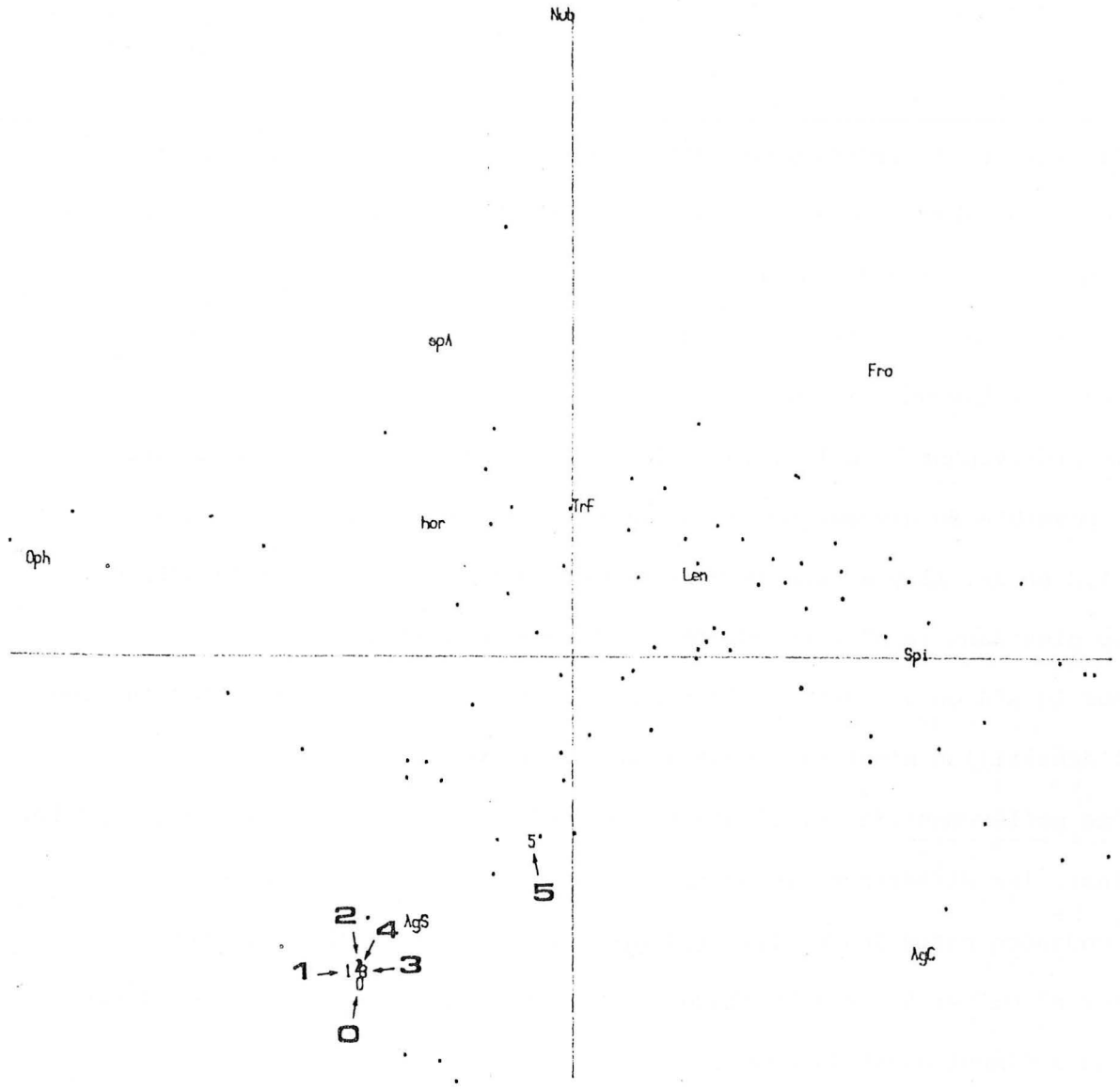
Connaissant le poids de marne prélevé, on peut faire une estimation du nombre d'individus par kilogramme de sédiment pour la fraction considérée. Cette méthode oblige à récolter tous les individus rencontrés dans chacune des cuvettes de tri observées. Par contre, le remplissage de la cuvette n'intervient pas dans l'estimation.

La fiabilité de la méthode dépend presque uniquement du nombre d'organismes comptés par fraction. Il est admis qu'une précision suffisante est atteinte à partir de 400 individus (MAGNIEZ-JANNIN, 1971). La connaissance de cette précision est d'autant plus nécessaire que le pourcentage trié est plus faible.

J'ai récolté en moyenne 500 individus dans la fraction A (pourcentage trié = 100), 330 dans la B (pourcentage trié = 16,3), et 480 dans la C (Pourcentage trié = 3,2).

J'ai essayé d'évaluer les erreurs en étudiant le même niveau par des méthodes différentes de prélèvement et de tri.

La figure 19 représente le plan avec lequel le niveau-test (EPE 10) est le plus corrélé dans l'analyse factorielle des correspondances.



	N°	Poids	Fraction A % trié	Fraction A Ind.	Fraction B % trié	Fraction B Ind.	Fraction C % trié	Fraction C Ind.
1er échantillon	0	2693g.	100	629	9,58	634	1,28	475
2ème échantillon	1	2178g.	100	477	3,91	151	1,37	394
	2	2178g.	100	477	8,40	364	2,89	769
	3	2178g.	100	477	13,23	519	4,52	1135
	4	1836g.	100	477	13,23	519	4,52	1135
3ème échantillon	5	1885g.	100	804	26,36	1008	1,99	330

Fig. 19 - Estimation graphique des erreurs dûes aux méthodes de prélèvement.

J'ai fait trois prélèvements différents dans le niveau EPE 10 :

- 1er prélèvement : (n°0). Il est pris sur la plus grande étendue possible du niveau. Il est trié de la même manière que les autres niveaux. Ce sont ces résultats qui sont utilisés dans les analyses de répartition pour représenter le niveau EPE 10.

- 2ème prélèvement : (n°1,2,3,4). Il est également pris sur la plus grande étendue possible du niveau. Les tris ont été plus ou moins poussés selon le cas (n°1,2 et 3). Il y a relativement peu d'individus triés dans le n°1, et beaucoup plus dans le n°3. Le numéro 2 est intermédiaire.

Pour le n°4 on a considéré le poids sec du sédiment, alors qu'habituellement, l'échantillon n'est pas séché avant d'être pesé.

- 3ème prélèvement: (n°5). Il n'est pris qu'en un seul point du niveau EPE 10.

Ainsi, les différences apparaissant dans l'analyse factorielle des correspondances entre les n° 1,2 et 3 proviennent de la méthode de tri; entre les n° 0,2 et 5, de la méthode de prélèvement; entre les n° 3 et 4 par l'état du sédiment avant la pesée.

Les différences dues à la teneur en eau du sédiment (1 et 4) et au pourcentage de résidu trié (1, 2 et 3), bien que largement supérieures à celles qui existent réellement sont à peine perceptibles dans ce type d'analyse.

Par contre, les écarts dus à la méthode de prélèvement sont beaucoup plus nets (n° 0,2 et 5).

Le point correspondant au 3ème prélèvement (n°5) est nettement séparé de tous les autres.

Ceci confirme l'hypothèse selon laquelle les foraminifères ne sont pas répartis de façon homogène dans les sédiments.

Même si cet échantillon constitue un cas extrême, il montre qu'on ne peut pas interpréter de façon certaine des écarts trop faibles de la distribution.

La fraction 50 µm a été observée de manière à vérifier si son contenu était en accord avec celui des autres fractions. Les individus qu'elle contient n'ont pas été pris en compte ici. Il s'agit uniquement de petites formes qui sont présentes également dans les autres fractions. De rapides comptages ont indiqué que la répartition des foraminifères y était semblable à celle de la fraction C, à l'exception des dentalines qui y sont plus abondantes.

Il semble que cette méthode de décomptage puisse être améliorée en considérant le poids sec de sédiment et en utilisant un tamis à maille de 100 ou 80 µm au lieu de 125 µm .

Le but de l'analyse étant de comparer les niveaux entre eux, il est important que chacun d'eux ait été traité de la même manière. Le fait que la même personne ait procédé à la récolte, au lavage et au tri de chaque échantillon est le principal garant de la fiabilité des données.

4.1.2. Normalisation des données

Le problème principal, lié au traitement statistique des données, est de savoir quelle importance accorder à chacune des trois fractions.

Plusieurs solutions ont été utilisées :

- Nombre réel d'individus : La solution idéale est, théoriquement, d'ajouter les chiffres obtenus pour chacune des fractions, en tenant compte des pourcentages triés dans chacune d'elles. Or, les chiffres obtenus dépendent presque uniquement de ceux de la fraction C. Celle-ci renferme en effet un nombre d'individus considérablement plus grand que les deux autres fractions réunies. Comme certaines espèces, abondantes dans les fractions A et B, n'existent pas, ou très peu, dans la fraction fine (C), elles sont totalement occultées dans les analyses qui emploient ce mode d'expression des données.

La solution que j'ai utilisée fréquemment, consiste à traiter séparément les fractions grossières (A-B) et la fraction fine (C).

- Pourcentages : Ce mode d'expression des données doit être pris avec

précaution. En plus de la perte d'information qu'il constitue par rapport aux données initiales, il crée un lien artificiel entre les variables. Ainsi, le pourcentage d'une espèce dépend autant de ses variations propres que de celles du reste de la faune.

Les pourcentages se justifient plus facilement en analyse multivariée. Je ne les ai utilisés qu'en complément d'autres analyses.

- Pondération par des indices de volume :

Pour chaque espèce de foraminifères, j'ai procédé à des séries de mesures dans le but de définir le volume moyen d'un individu.

La marge d'erreur liée à ce procédé est énorme. C'est pourquoi je préfère parler d'"indice de volume". Pour les taxons présents dans plusieurs fractions, un indice est calculé pour chacune d'entre elles afin d'essayer de respecter les variations de la taille des individus d'un prélèvement à l'autre.

Cette méthode est inspirée des travaux portant sur les organismes actuels qui utilisent le concept de biomasse. Lorsqu'on étudie les distributions d'effectifs, on admet que les individus des petites espèces et ceux des grandes jouent un rôle équivalent dans les phénomènes de concurrence et de compétition. Il est plus satisfaisant d'utiliser les poids au lieu des effectifs et d'étudier la répartition des biomasses des différentes espèces (DAGET, 1976).

La mesure du volume des individus est la seule méthode applicable aux fossiles qui permette de traduire les variations de la biomasse de l'espèce. L'application de cette méthode aux assemblages fossiles peut porter à discussion, mais elle a le mérite de permettre la réunion des trois fractions dans la même analyse.

L'analyse factorielle des correspondances a montré qu'ainsi on arrivait à un effet inverse de celui observé précédemment : les espèces contenues

dans les fractions A et B prennent une grande importance par rapport aux espèces contenues dans la fraction fine (C).

- Utilisation des logarithmes

Ceux-ci font ressortir les variations des espèces moins abondantes. Ils permettent ainsi de regrouper toutes les fractions dans une même analyse. Ce mode d'expression des données se justifie également pour une autre raison : les effectifs des espèces au sein d'un échantillon ne répondent pas forcément de façon linéaire aux facteurs écologiques. Les études sur la répartition d'organismes actuels utilisent fréquemment des données rangées dans des classes dont les limites répondent à une suite géométrique de raison 2. Le logarithme de base 2 représente une fonction continue équivalente (la base du logarithme n'a aucune importance pour l'analyse factorielle des correspondances). L'utilisation des logarithmes a permis d'obtenir dans certains cas de bons résultats. Dans d'autre cas, une trop grande importance a été attribuée à des espèces rares dont la répartition était réduite à quelques niveaux.

4.1.3. Limites d'interprétation

Il est difficile de déterminer l'importance de facteurs tels que le transport ou la conservation des organismes. On peut tout de même penser qu'ils ont une influence limitée sur les résultats , car les prélèvements proviennent uniquement de niveaux marneux, contenant presque toujours des microfaunes abondantes, bien conservées, où les larves d'ostracodes et les individus jeunes sont toujours présents.

Le type d'analyse choisi ayant pour but de ne sélectionner que les variations les plus significatives, on peut admettre que, malgré les réserves émises en raison des nombreuses sources d'erreurs possibles, les variations principales de la composition de la microfaune sont dues en priorité à des modifications des populations originelles.

4.2. Mise en évidence de groupes fauniques

4.2.1. Les foraminifères

Certaines espèces sont très peu représentées. Elles ne sont prises en compte que si elles totalisent plus de 1% de l'une des fractions d'au moins deux niveaux. Dans le cas contraire, elles sont comptabilisées avec les genres.

Les programmes d'analyses multivariées permettent théoriquement de traiter un tableau constitué par une centaine de variables et par un nombre presque illimité d'individus.

En fait, une analyse portant sur 80 espèces et 80 niveaux demanderait près de quatre jours de travail au micro-ordinateur (le temps de calcul varie comme le cube du nombre de variables).

On aboutit plus rapidement au même résultat en procédant à de nombreuses analyses plus réduites. Ces analyses permettent de sélectionner les espèces dont les variations sont les plus significatives. Les taxons qui participent peu à l'inertie totale du système peuvent être introduits comme des variables supplémentaires. Ils ne servent pas au calcul des axes factoriels mais sont classés en fonction de ceux-ci sur les représentations graphiques.

Au cours des premières analyses que j'ai effectuées, il est apparu que des taxons avaient des répartitions similaires. Ainsi, Ammobaculites agglutinans et Proteonina difflugiformis sont toujours associées aux mêmes axes des analyses factorielles.

Il serait trop long d'exposer ici toutes les analyses statistiques réalisées. Elles m'ont permis de réunir dans des groupes tous les taxons montrant des variations identiques.

Ainsi, j'ai distingué dix groupes de foraminifères :

- Groupe 1 - (Fro) - Frondicularia nikitini
- Groupe 2 - (TrF) - Triplasia et Flabellammina. Il comprend

trois espèces : Triplasia bartensteini, Triplasia kimmeridensis, Flabellammina althoffi.

- Groupe 3 - (spA) - Ammobaculites sp.A

- Groupe 4 - (hor) - Reophax horridus

- Groupe 5 - (Oph) - Ophtalmidium birmenstorfensis

- Groupe 6 - (Nub) - Nubeculinella tibia bulbifera

- Groupe 7 - (Spi) - Spirillines. Il comprend quatre espèces : Spirillina infima, Spirillina elongata, Spirillina polygyrata, Paalzowella Feifeili.

- Groupe 8 - (AgC) - Gros agglutinants calcaires. Il comprend quatre espèces : Haplophragmium aequale, Haplophragmium coprolithiforme, Pseudocyclammina cf.maynci, Rectocyclammina chouberti.

- Groupe 9 - (AgS) - Agglutinants siliceux. Ce groupe comprend huit espèces réparties en six genres : Ammobaculites agglutinans, Trochammina inflata, Trochammina squamata, Reophax multilocularis, Reophax helveticus, Proteonina difflugiformis, Textularia agglutinans, Epistomina sp.

- Groupe 10 - (Len) - Lenticulines. Il comprend toutes les espèces du genre Lenticulina.

La composition et la répartition de ces groupes sont exposées en détail dans le premier paragraphe de ce chapitre (p.80 à 96).

Pour chaque groupe, j'ai cité les niveaux caractéristiques qui lui sont associés dans les analyses factorielles des correspondances.

Seuls quelques genres peu représentés ont des variations non significatives. Ils sont traités brièvement à la fin du paragraphe.

Tous les groupes reconnus ont des répartitions stratigraphiques plus étendues que celle qui sert de cadre à cette étude. L'apparition ou la disparition d'un groupe ne peut donc être dûe qu'à des facteurs d'ordre écologique.

a - Groupe 1 - Frondicularia nikitini (fig.21)

C'est l'espèce pour laquelle l'analyse factorielle apporte le moins d'enseignements. Les variations en nombre sont très peu significatives par rapport aux variations des autres groupes.

Elle n'est pas représentée dans les diagrammes circulaires car son pourcentage moyen est très faible (0,2%).

Présente uniquement dans les niveaux du Callovien supérieur, elle atteint au maximum 1% du total des trois fractions et 3,6% des fractions A et B (PAL 5).

Comme sa répartition stratigraphique la limite à un petit nombre de niveaux (PAL a - b, g - h, k - l; 1-3, 5-6; EPE 1,4); elle devient significative dès lors que quelques individus sont présents. Elle n'est en fait vraiment représentée que dans les niveaux PAL K, 2,3,5,6.

Dans chacun de ces niveaux, elle coexiste avec les individus des genres Triplasia et Flabellammina. La répartition des individus de ces deux genres est toutefois beaucoup plus large que celle de F.nikitini. Une analyse en régression multiple a montré que la corrélation entre les deux groupes est significative mais que les variations de F.nikitini ne suffisent pas à expliquer celles des individus des genres Triplasia et Flabellammina.

Aucune opposition entre F.nikitini et un autre groupe n'a pu être mise en évidence de façon certaine. Il faut remarquer que les niveaux du Callovien supérieur sont remarquablement pauvres en Ammobaculites sp.A, en gros agglutinants calcaires, en Reophax horridus et en Ophtalmiidés.

Pour ces deux derniers groupes, il ne faut pas conclure à leur opposition avec F.nikitini car les niveaux PAL 5 et 6, riches en F.nikitini, le sont également en Ophtalmiidés et en R.horridus.

b - Groupe 2 - Genres Triplasia et Flabellammina (fig.22,23)

Comme pour F.nikitini, la répartition stratigraphique de ces deux

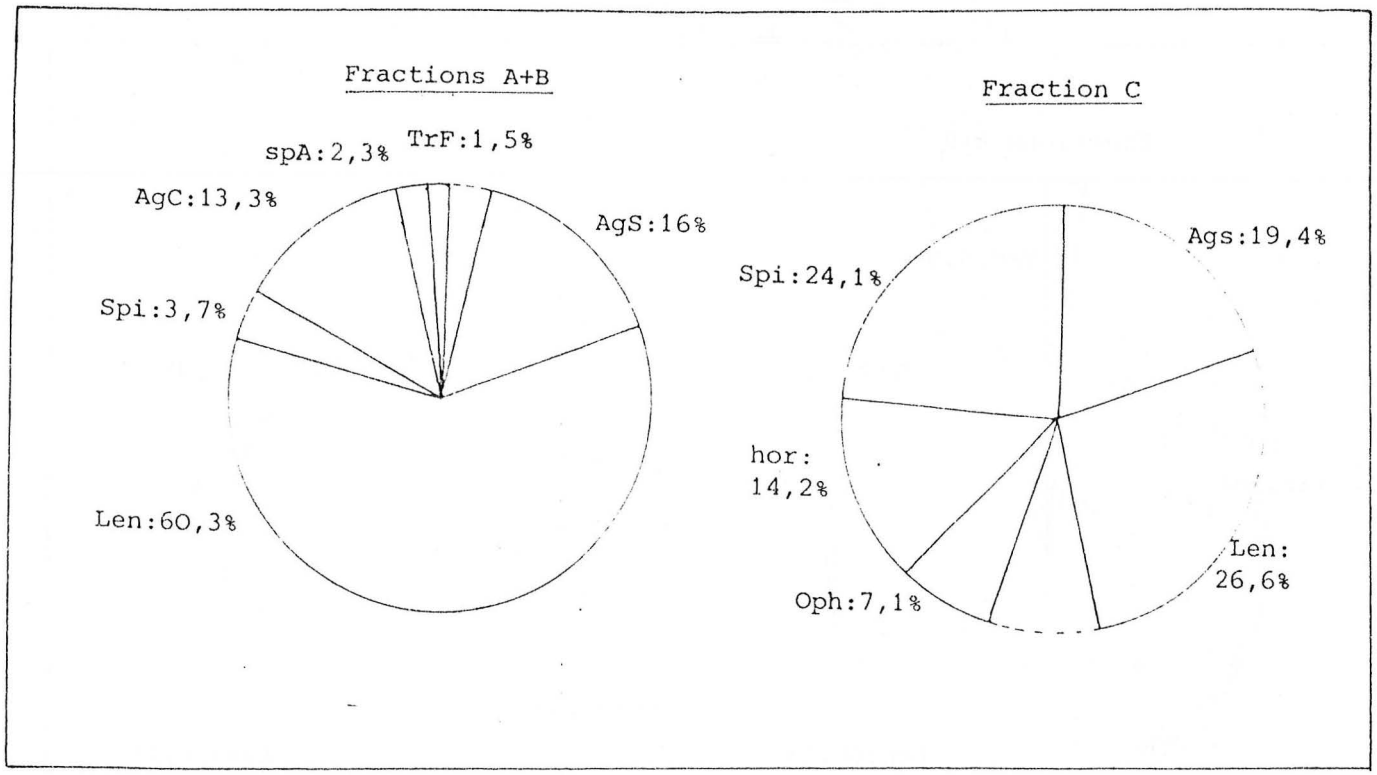


Fig. 20 - Moyenne de tous les niveaux. Représentation en pourcentages de l'importance des différents groupes de foraminifères. (la liste des abbréviations utilisées est située à la première page de l'annexe).

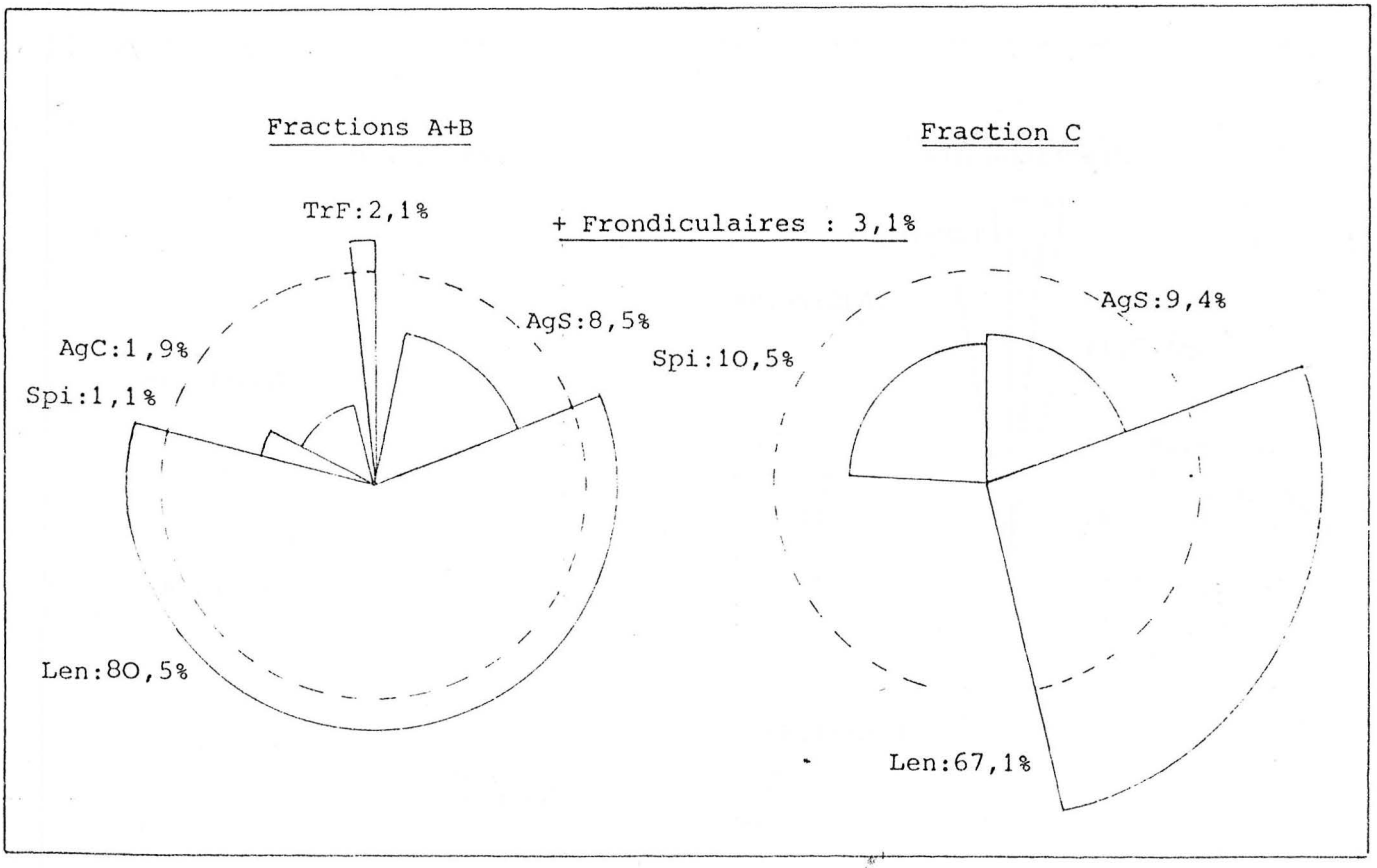


Fig. 21 - Niveau PAL 2. Représentation en pourcentages de l'importance des différents groupes de foraminifères.

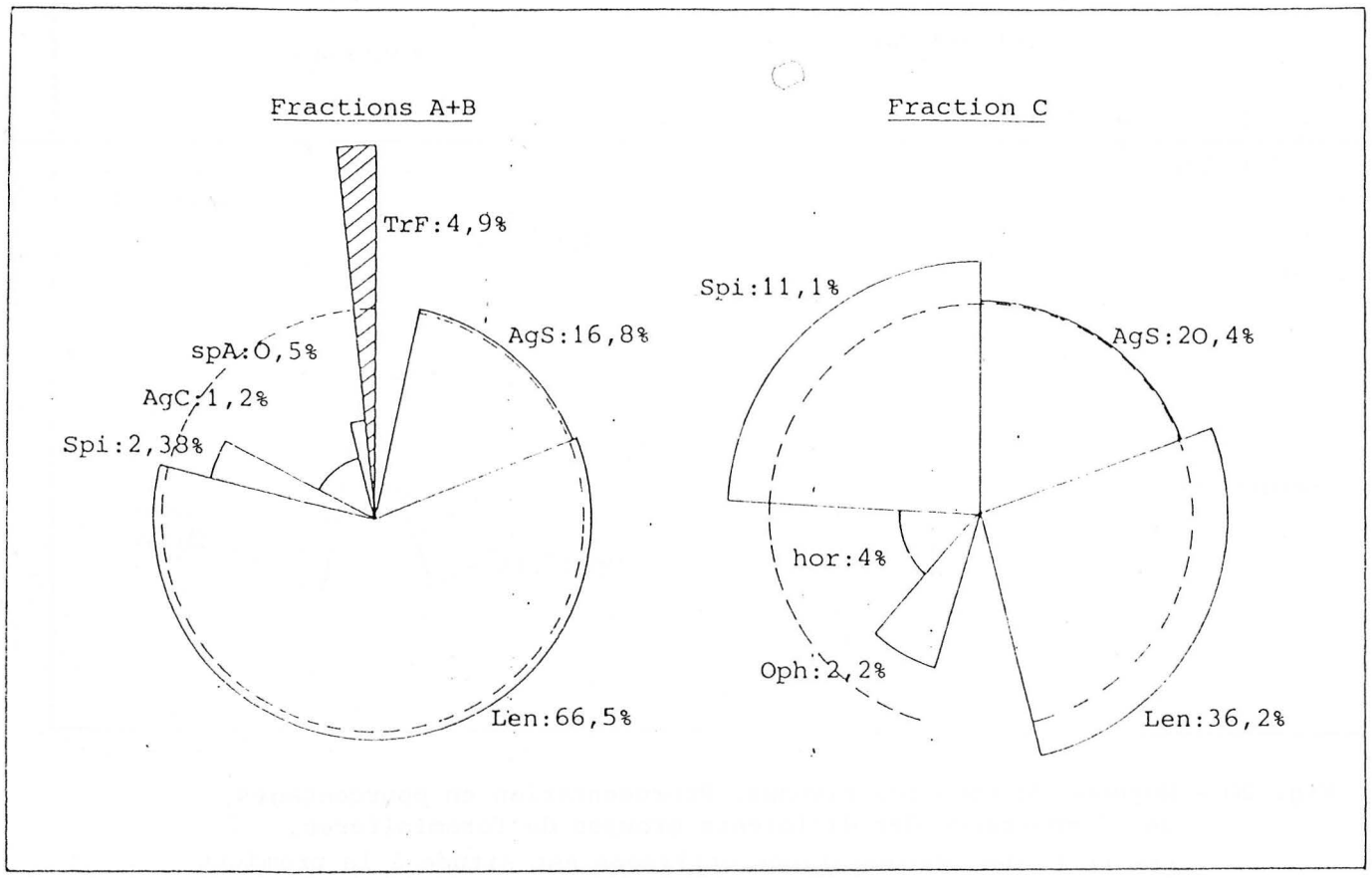


Fig. 22 - Niveau PAL 6. Représentation en pourcentage de l'importance de certains groupes de foraminifères.

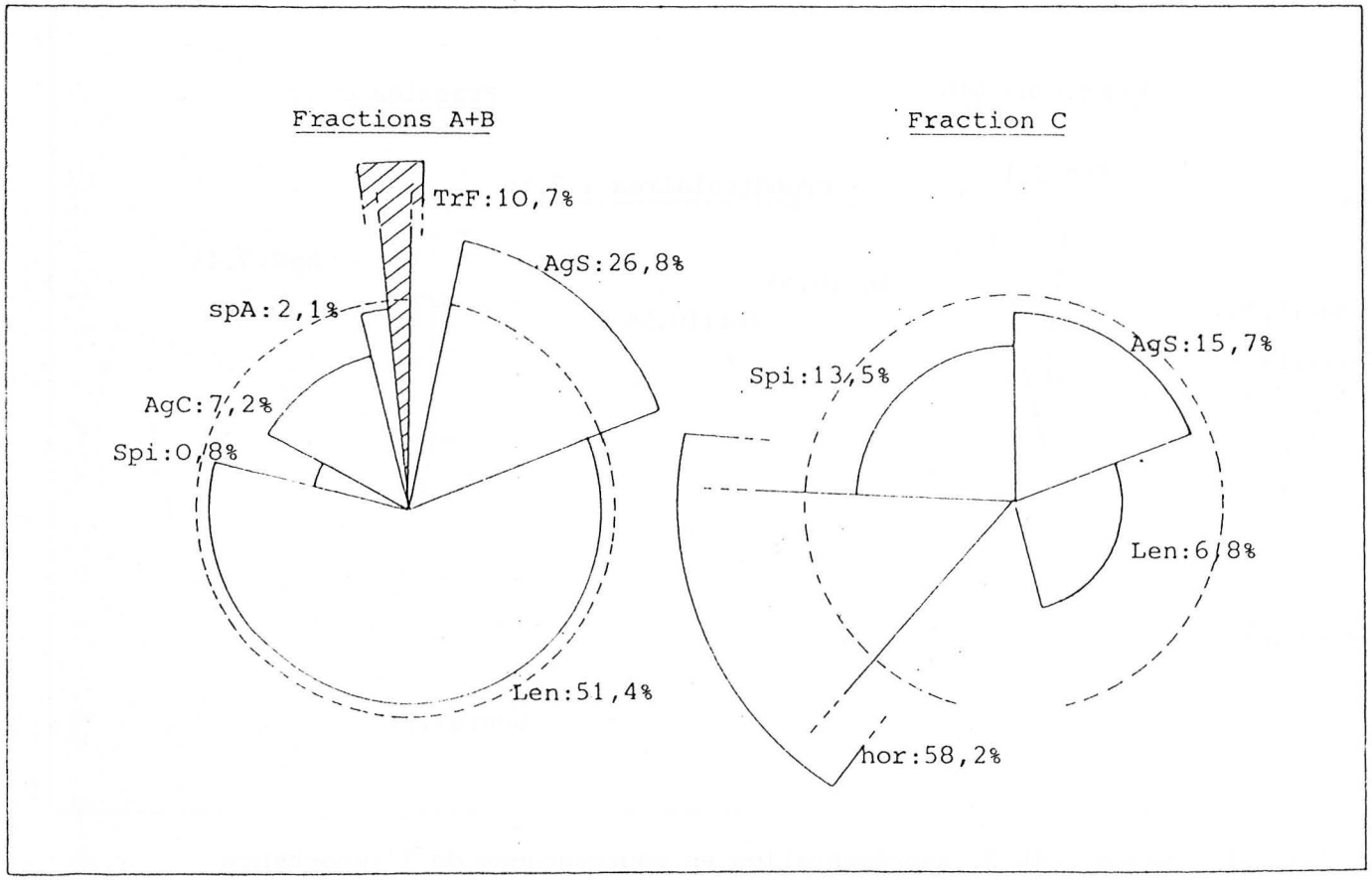


Fig. 23 - Niveau PAL 17. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

genres correspond à quelques niveaux bien précis. Par contre, leurs variations sont beaucoup plus marquées.

Les niveaux significativement riches en individus appartenant à ces deux genres sont PAL 6,15,16; EPE 13 et ASM5.

Au Callovien supérieur, ce groupe est plus ou moins bien représenté, parfois en liaison avec F.nikitini (fig.22). Dans l'Oxfordien inférieur, les variations en nombre sont beaucoup plus grandes (fig.23). Aucune association ni opposition avec d'autres groupes ne ressort des différentes analyses.

A l'intérieur du groupe, les variations sont minimes, T.bartensteini, T.kimmeridensis et F.althoffi varient tous de la même manière, quels que soient le mode d'expression des données utilisées et les niveaux considérés.

c - Groupe 3 - Ammobaculites sp.A (fig.24,25)

Cette espèce est rare dans les niveaux du Callovien supérieur. Elle n'est bien représentée que dans les marnes à renggeri et dans la partie inférieure des couches à sphérites de Palente et d'Epeugney.

De très importantes variations sont visibles selon les niveaux, et seuls quelques uns d'entre eux sont très riches en Ammobaculites sp.A. Ils ressortent dans l'analyse factorielle des correspondances (A.sp.A est très fortement corrélé positivement à l'axe 2) (fig.25). Ce sont les niveaux EPE7, 16 ; ASM5, 11,13 surtout, et, dans une moindre mesure, PAL 19. Plus de 70% des représentants de cette espèce sont localisés dans les 5 niveaux principaux (30% dans le seul niveau ASM 13 où cette espèce représente 56% de la faune de foraminifères des fractions A et B.).

Aucun lien avec un autre groupe n'a pu être mis en évidence par l'analyse statistique.

On peut cependant faire deux observations :

- Les niveaux riches en Ammobaculites sp.A contiennent également

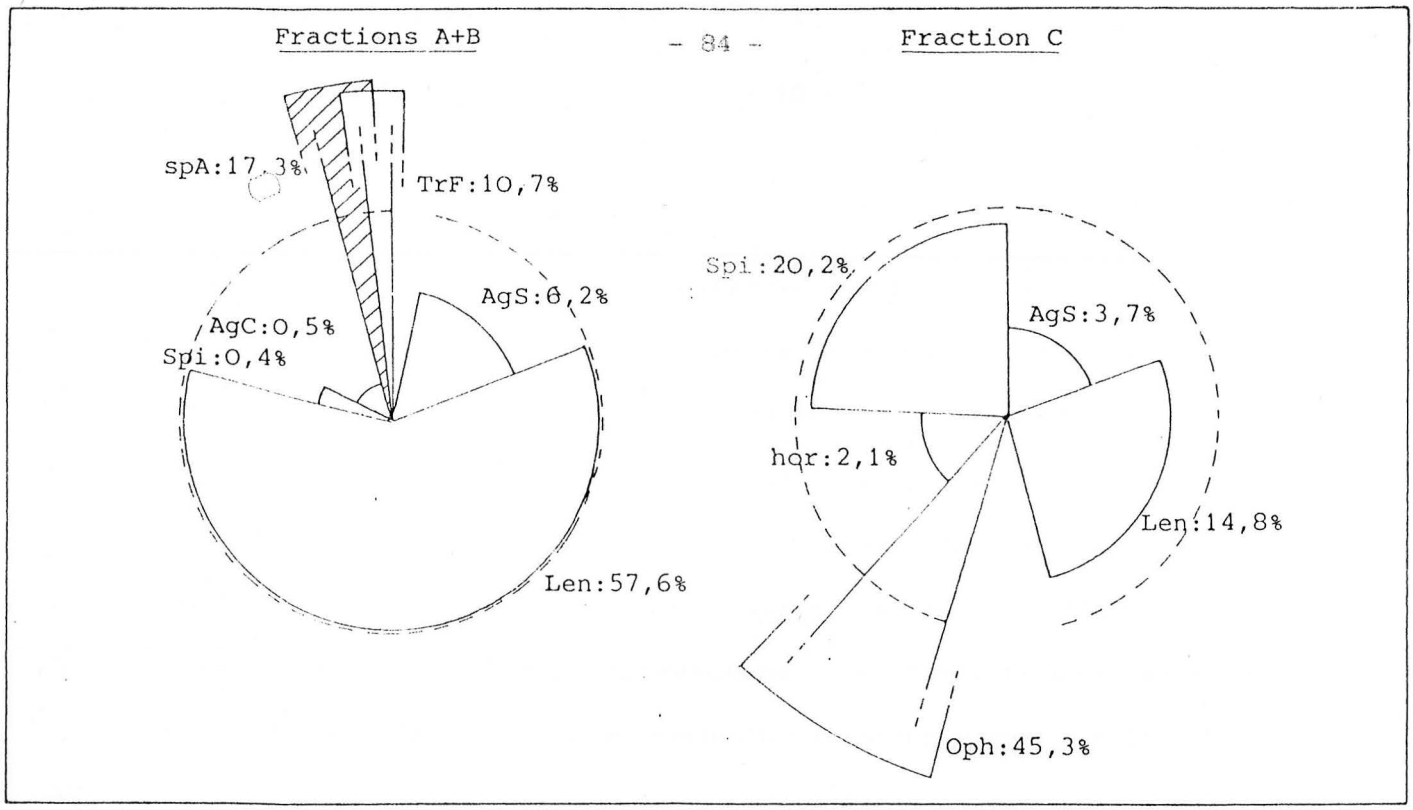


Fig. 24 - Niveau ASM 5. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces de foraminifères.

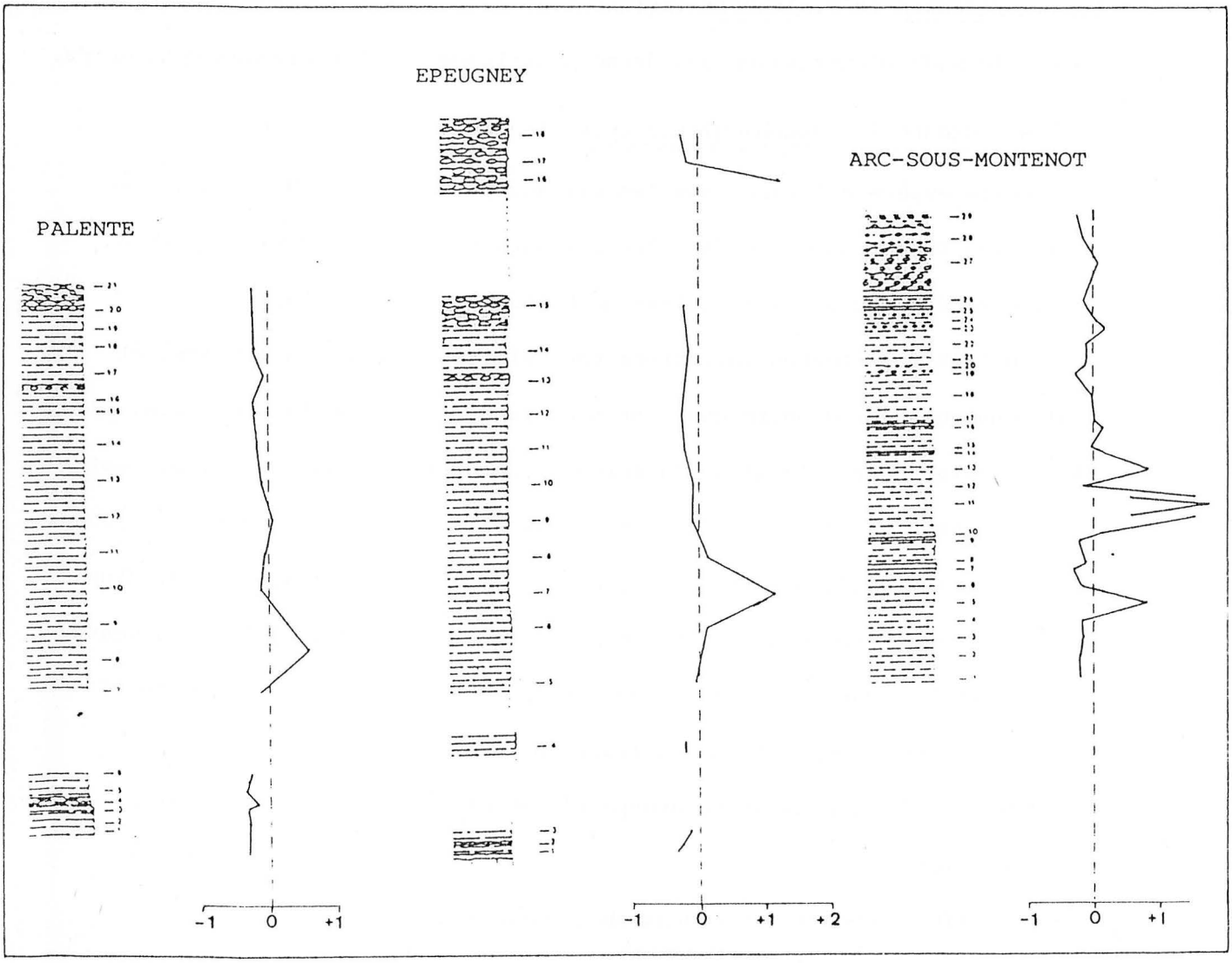


Fig. 25 - Coordonnées des niveaux sur l'axe 2 (23,2%) de l'analyse factorielle des correspondances (individus des fractions A et B)

beaucoup d'Ophtalmiidés ou de R.horridus.

- Il n'existe aucun représentant d'Ammobaculites sp.A dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot. Ces niveaux sont caractérisés par la présence de gros agglutinants calcaires et notamment par les formes à structure complexe : pseudocyclammines et rectocyclammines.

d - Groupe 4 - Reophax horridus (fig.26)

Ce petit Reophax à agglutinant calcaire est présent dans presque tous les niveaux. Il peut à lui seul représenter jusqu'à 55% de l'ensemble de la faune de foraminifères.

L'analyse factorielle des correspondances montre que sa présence n'est significative que dans quelques prélèvements provenant des marnes à renggeri et de la base des couches à sphérites (PAL 10,17; EPE 8,13 - 18: ASM 9). Il y a très peu de représentants de cette espèce dans les niveaux du Callovien supérieur ainsi que dans ceux de la partie supérieure des couches à sphérites de Palente et d'Arc-sous-Montenot.

R.horridus peut-être associé aussi bien à Ammobaculites sp.A (PAL 10,17; EPE 13) qu'aux Triplasia et Flabellammina (PAL 17) ou aux gros agglutinants calcaires (EPE 8).

Les relations avec les Ophtalmiidés sont plus complexes. Les deux groupes sont bien représentés simultanément dans de nombreux niveaux. Dans d'autres, ils ont des variations totalement opposées.(Dans PAL 17, R.horridus représente 55% de la faune de foraminifères alors que les Ophtalmiidés sont absents). Il semble que lorsque l'un d'entre eux est très abondant, l'autre devient très rare. Il faut noter que les prélèvements ASM 11 à 17 contiennent de 27 à 50% de R.horridus mais ce sont les variations en gros agglutinants calcaires ou en Ammobaculites sp.A qui sont les plus significatives dans les analyses statistiques.

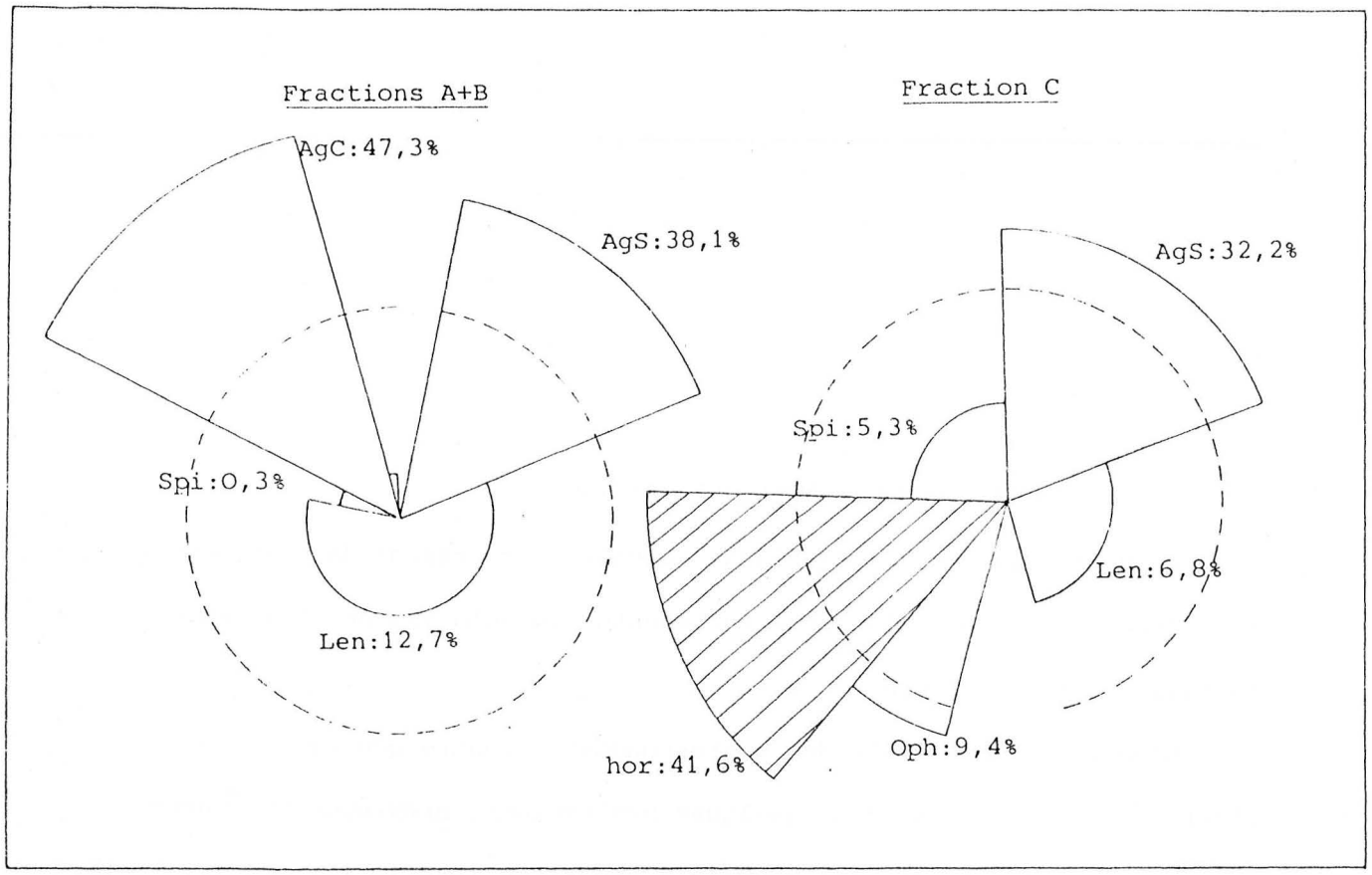


Fig. 26 - Niveau EPE 8. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

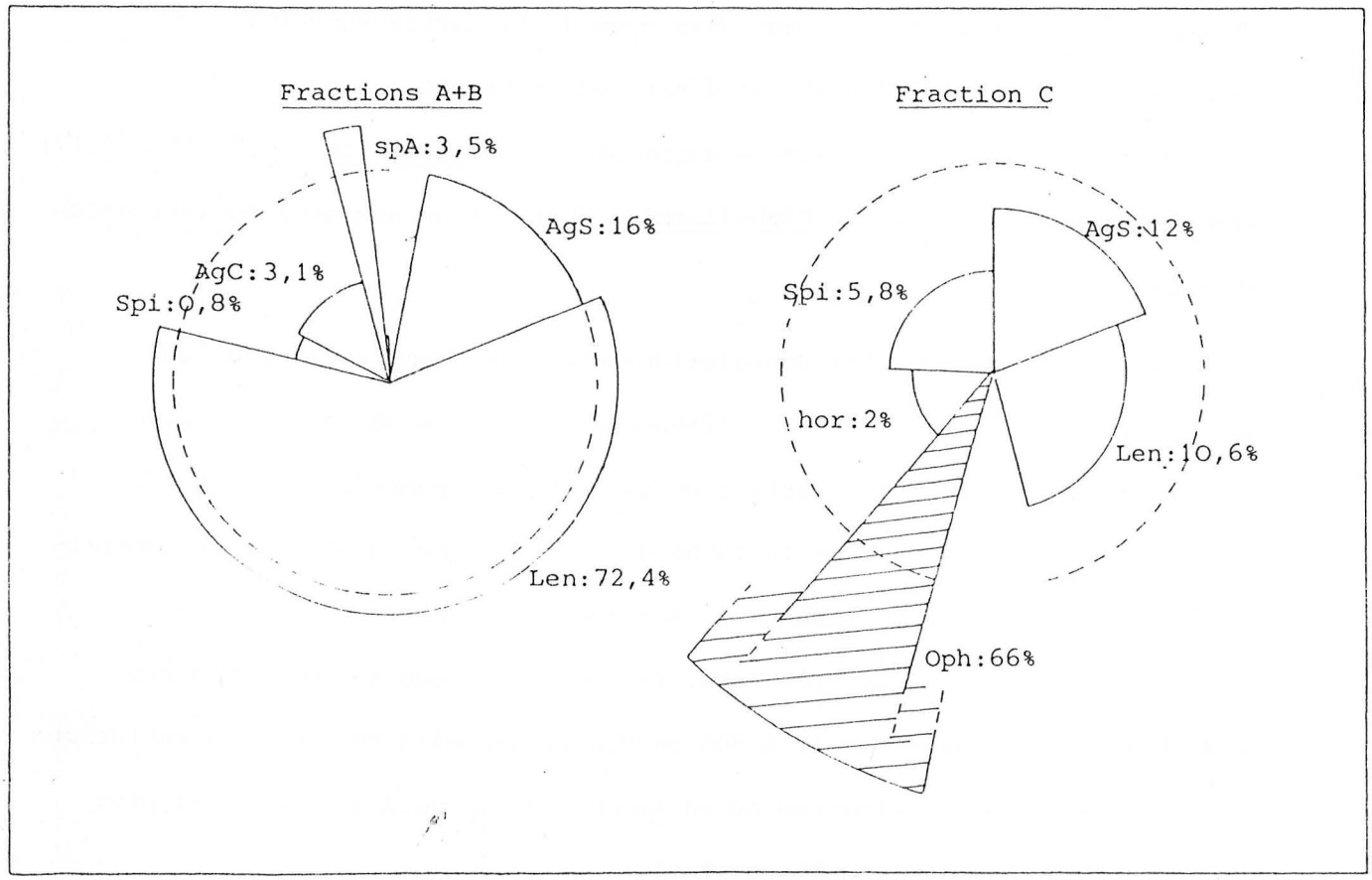


Fig. 27 - Niveau EPE 5. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

e - Groupe 5 - Ophtalmiidés (fig.27,28)

Bien que présents dans tous les types de faciès, ils sont surtout caractéristiques des marnes à renggeri et des premiers mètres des couches à sphérites. Leur nombre varie d'un niveau à l'autre de façon remarquable (4500 dans ASM 1, et 25 dans ASM2).
Quatre niveaux sont très caractéristiques: ce sont PAL 7,14, EPE 5 et ASM 1. D'autres ressortent de façon moins nette: PAL 12,13, EPE 9 et ASM 15).
Les remarques faites à propos de R.horridus sont valables également pour ce groupe, à cela près que les Ophtalmiidés sont plus localisés et en moyenne moins abondants.

Ainsi, il existe des niveaux très riches en Ophtalmiidés où R.horridus est très rare (fig.27) et d'autres où les deux groupes sont bien représentés (fig.28).

f - Groupe 6 - Nubeculinella tibia bulbifera

Cette espèce n'est réellement abondante que dans les niveaux PAL 6 et ASM 19,20 et 21. En général, elle est présente du sommet du Callovien supérieur à la base des couches à sphérites.75% des individus appartenant à cette espèce proviennent des quatre niveaux les plus significatifs (11% de l'ensemble de la faune de foraminifères dans PAL 6). Elle est en général très rare. C'est pourquoi je ne l'ai pas représentée dans les diagrammes circulaires car son pourcentage moyen est infime (moins de 0,4%).

Dans le niveau PAL 6, elle est associée aux frondiculaires et aux individus des genres Triplasia et Flabellammina.

Les niveaux ASM 19,20 et 21 semblent être caractérisés par un nombre anormalement faible de gros agglutinants calcaires et par une certaine abondance en Ophtalmiidés.

g - Groupe 7 - Genres Spirillina et Paalzowella (fig.29,30)

Les individus appartenant au genre Paalzowella étant très peu nombreux,

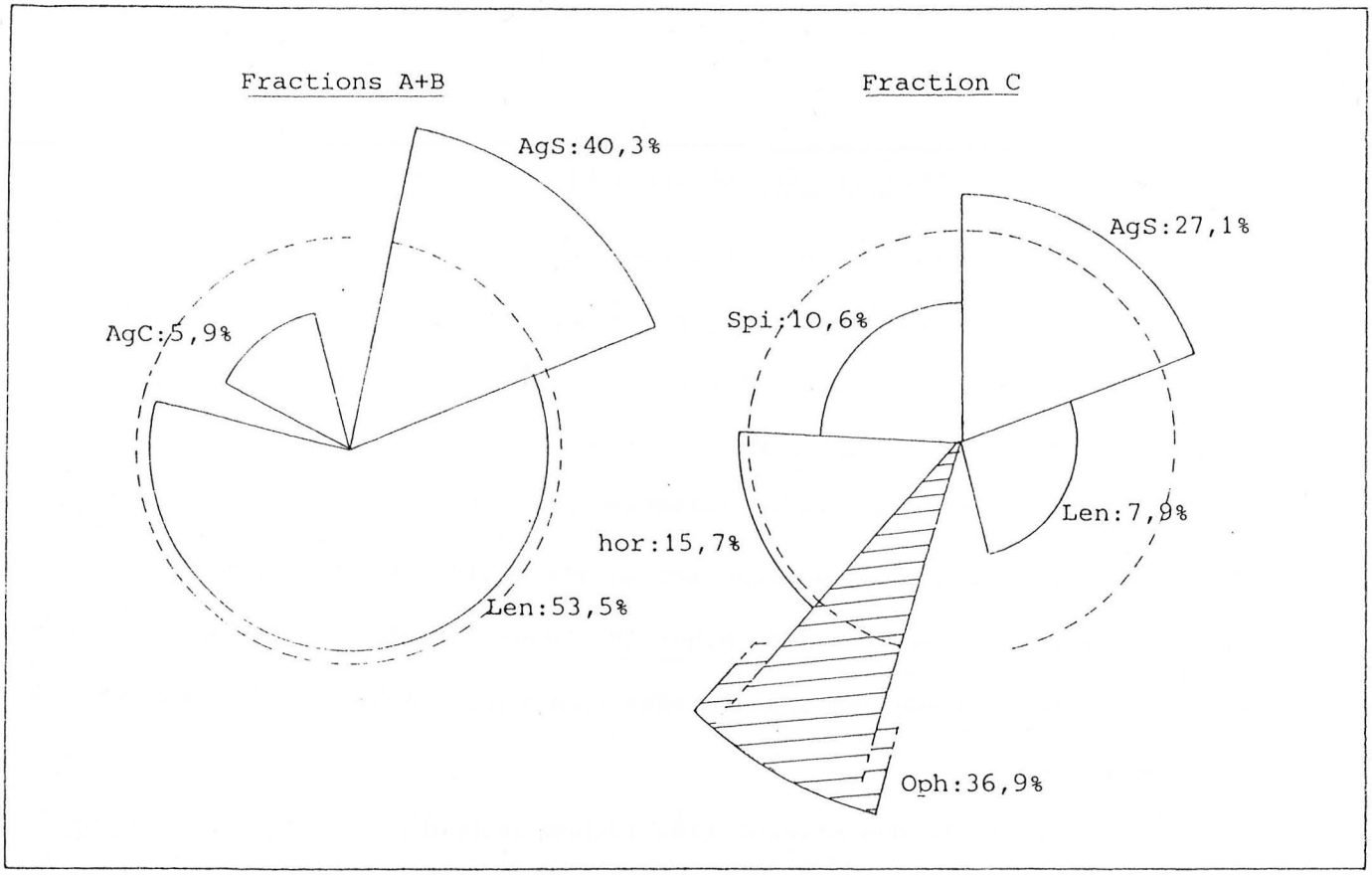


Fig 28 - Niveau PAL 7. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

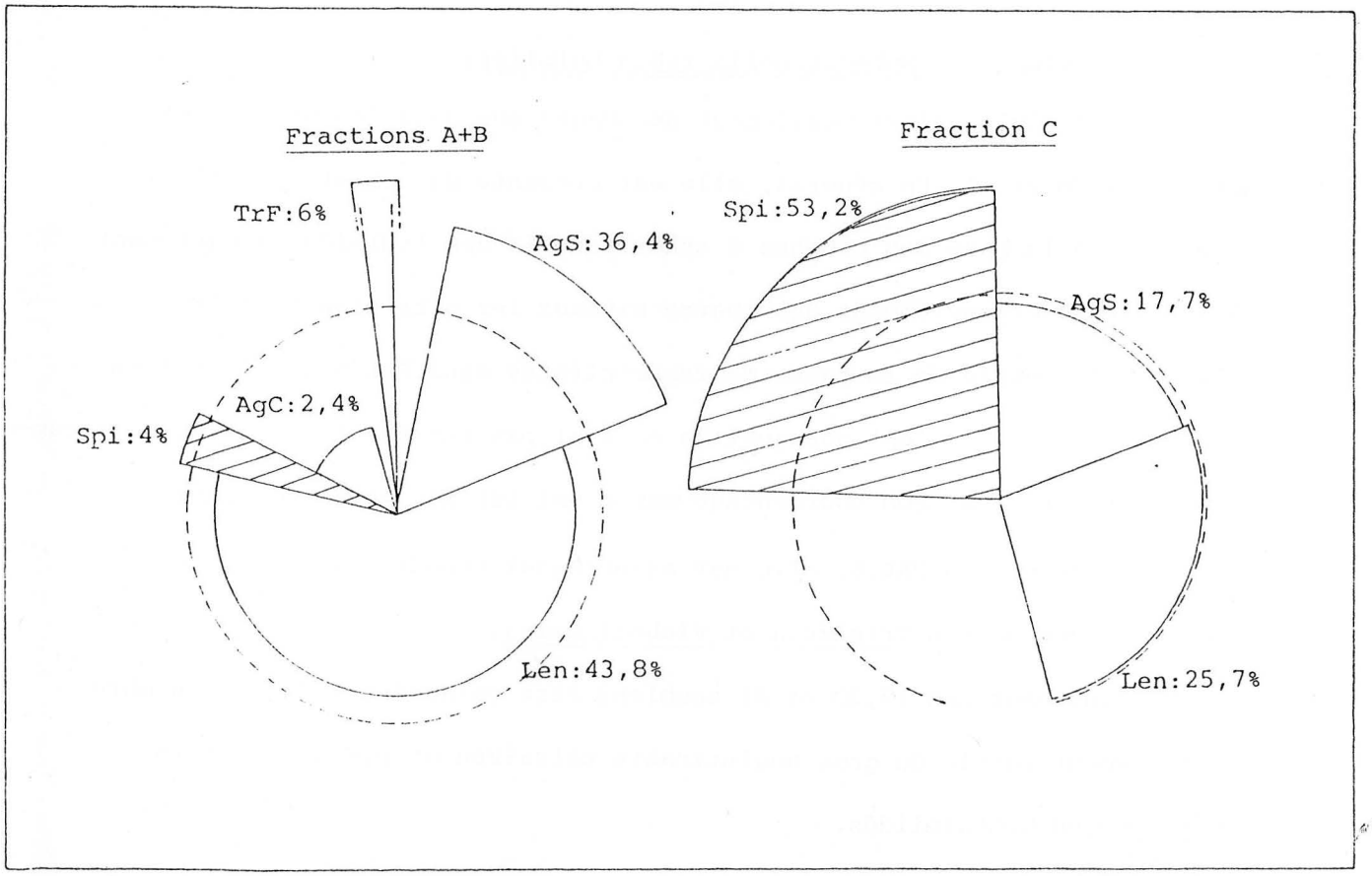


Fig. 29 - NIveau PAL 4. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

j'appellerai ce groupe celui des spirillines.

Il peut être très abondant (78% de la faune de foraminifères dans ASM 25) et présent dans tous les niveaux.

L'analyse factorielle des correspondances montre qu'il peut être lié à deux types de niveaux très différents l'un de l'autre par leur contenu faunique :

- Les niveaux PAL e,i,j, 4 et EPE 2 contiennent principalement des lenticulines et des agglutinants siliceux. Ils représentent une partie du Callovien supérieur de Palente et d'Epeugney. Ils contiennent très peu d'agglutinants calcaires, d'Ammobaculites sp.A,de R.horridus, et aucun Ophtalmiidé (fig.29).

- Les niveaux PAL 22, 23 et ASM 23 à 29 contiennent surtout de gros agglutinants calcaires. Ils représentent le sommet des couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot et les deux prélèvements provenant des calcaires siliceux de Palente. Ils sont relativement pauvres en R.horridus, lenticulines et agglutinants siliceux. Ils manquent presque totalement d'Ophtalmiidés et d'Ammobaculites sp.A (fig.30).

Le résultat le plus important est l'opposition qui existe entre les spirillines et les Ophtalmiidés.

S.infima constitue à elle seule presque la totalité du groupe. S.polygyrata et S.elongata ne sont jamais assez nombreuses pour que leurs variations deviennent significatives.

P.feifeili a, dans l'ensemble, une répartition similaire à celle du groupe. Elle est la mieux représentée dans les niveaux PAL 18 à 21 et ASM 8 sans que cela devienne très significatif dans les analyses statistiques.

h - Groupe 8 - Les gros agglutinants calcaires (fig.31,32,33)

Ce groupe comprend 4 espèces : H.aequale, H.coprolithiforme, R.chouberti et P. cf.maynci (P.cf.maynci n'est pas un agglutinant calcaire mais il montre

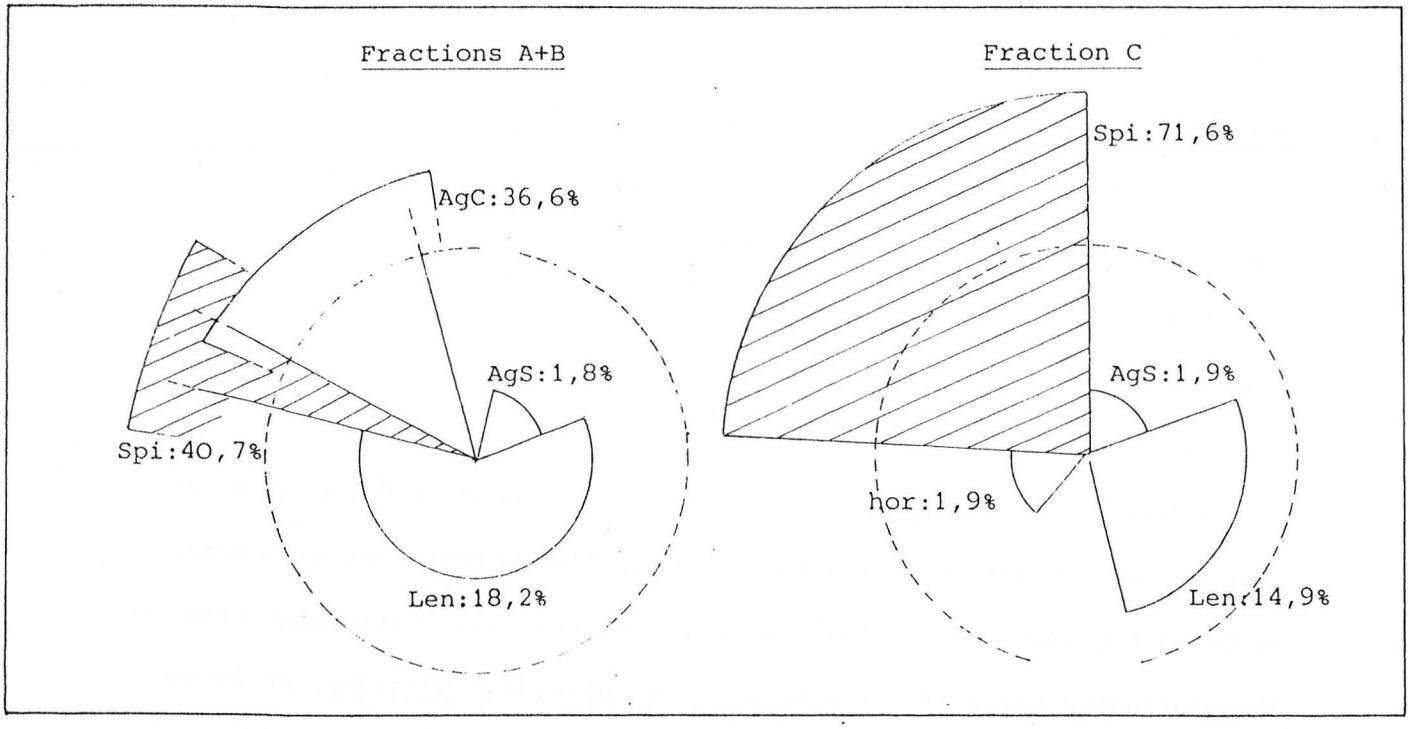


Fig. 30 - Niveau ASM 28. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

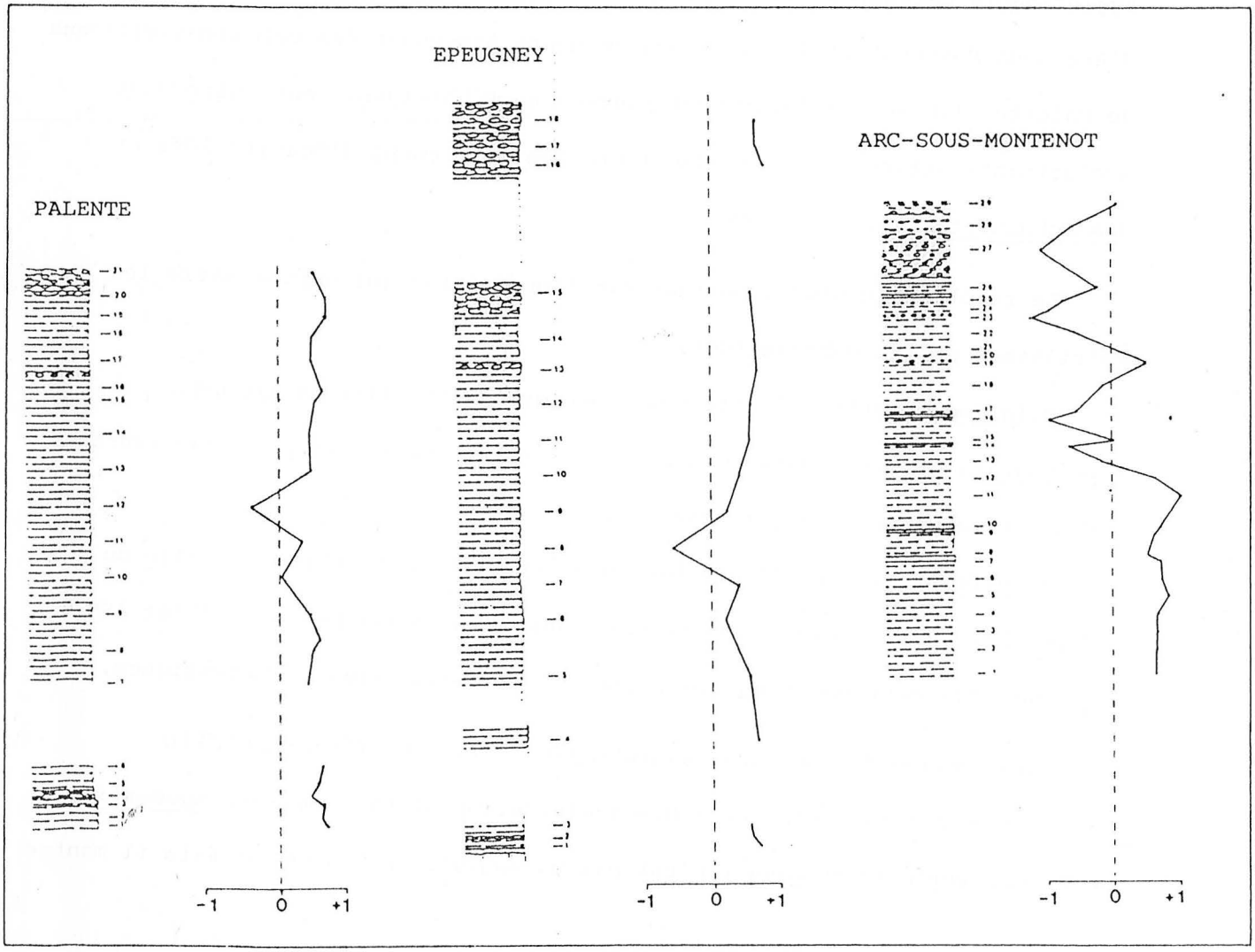


Fig. 31 - Coordonnées des niveaux sur l'axe 1 (38,5%) de l'analyse factorielle des correspondances (individus des fractions A et B)

les mêmes variations que les autres espèces du groupe). L'analyse factorielle des correspondances (fig.31) met en évidence certains niveaux appartenant aux trois coupes (les gros agglutinants calcaires sont très fortement corrélés négativement à l'axe représenté).

De la même manière que pour les spirillines, j'ai distingué deux types de niveaux caractéristiques du groupe :

- Les niveaux PAL 12, EPE 8 et ASM 14 et 16 sont particulièrement riches en R.horridus, en Ophtalmiidés et en agglutinants siliceux. Ils sont appauvris en lenticulines et en spirillines (fig.32).

Le groupe est alors composé presque uniquement par H.aequale.

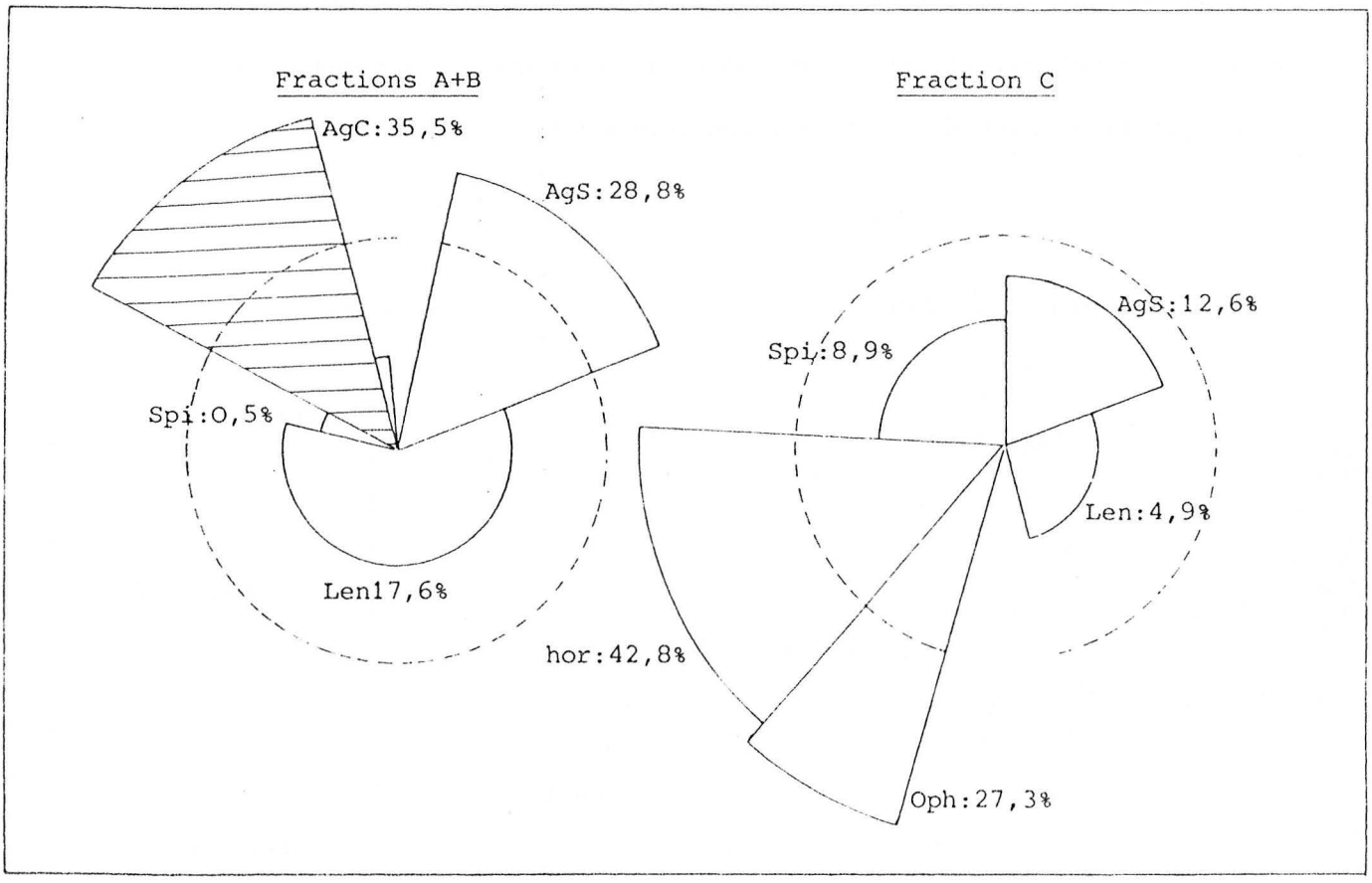


Fig. 32 - Niveau PAL 12. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

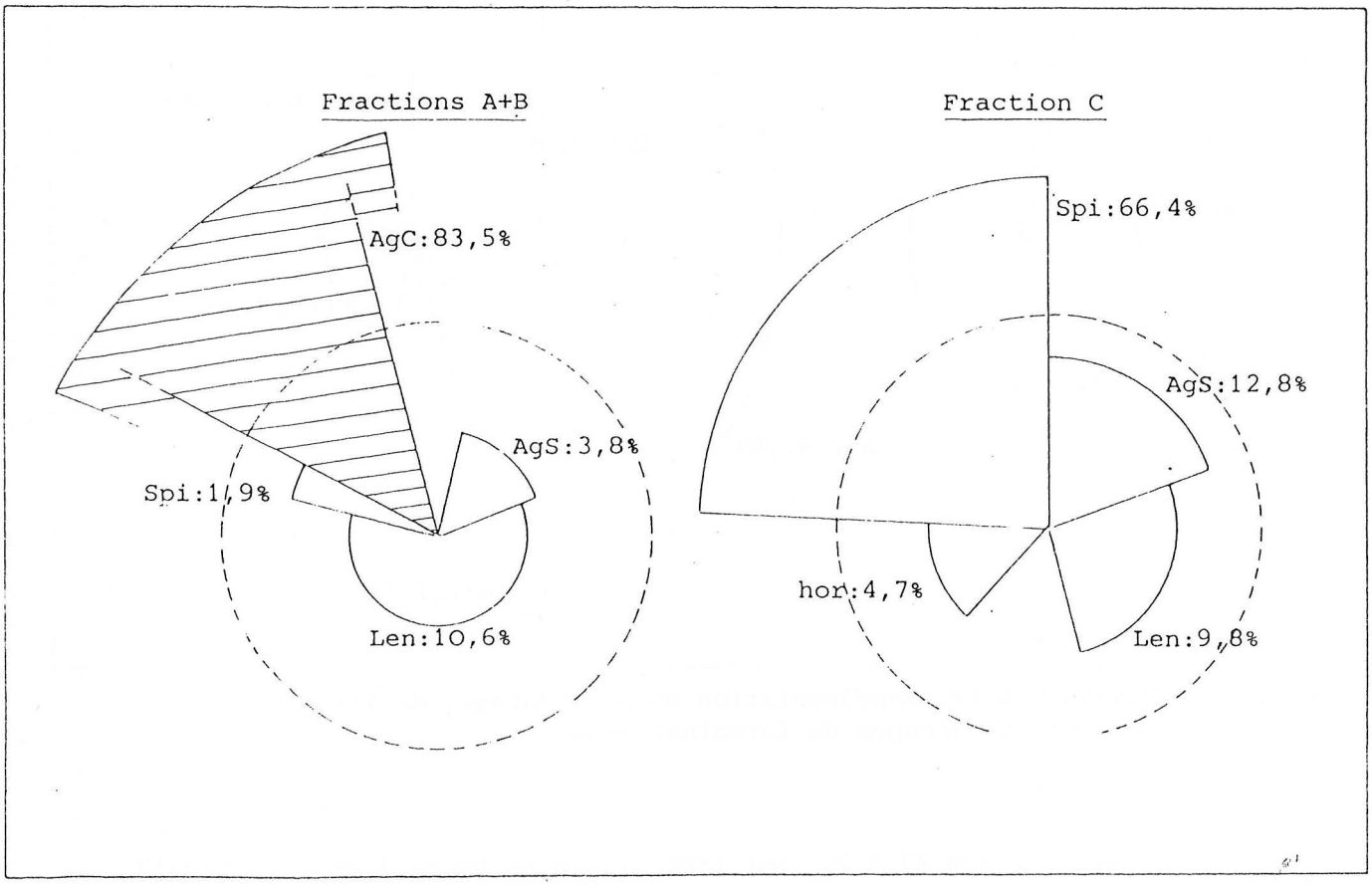
- Les niveaux ASM 23 à 28 sont très riches en spirillines et relativement pauvres en lenticulines. Ils contiennent très peu de R.horridus et d'agglutinants siliceux et pratiquement pas d'Ophtalmiidés ni d'Ammobaculites sp.A. (fig 33).

C'est uniquement dans ces niveaux que les pseudocyclammines et les rectocyclammines sont nombreuses. H.coprolithiforme y est également très abondant.

Les niveaux PAL 22 et 23 sont également caractéristiques de ce groupe mais les formes à structure complexe y sont très rares.
Le trait essentiel, qui ressort très souvent en priorité dans les analyses statistiques est l'opposition entre les gros agglutinants calcaires et les lenticulines.

L'opposition avec Ammobaculites sp.A est due essentiellement à l'absence de cette espèce dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot.

Les principales variations qui existent à l'intérieur du groupe ont déjà été signalées. Il faut quand même préciser que H.coprolithiforme est, dans la plupart des niveaux, peu représenté. Il ne devient abondant que



ASM

Fig. 33 - Niveau 23. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot. H.aequale forme toujours l'essentiel du groupe, sauf dans les niveaux de la base des marnes à renggeri d'Arc-sous-Montenot où c'est H.coprolithiforme qui domine; H.aequale y est pratiquement absent.

i - Groupe 9 - les agglutinants siliceux (fig.34, 35).

Il s'agit d'un groupe très hétérogène. Il comprend : A.agglutinans, T.inflata, T.squamata, R.multilocularis, R.helveticus, P.difflugiformis, T.agglutinans et Epistomina sp. (Les épistomines bien que non agglutinées, sont associées à ce groupe).

La répartition est complexe et varie selon les coupes. Bien que toujours présent, il est surtout lié aux marnes à renggeri et aux couches à sphérites de Palente (mis à part les derniers niveaux) et d'Epeugney. A Arc-sous-Montenot, les agglutinants siliceux ne sont réellement abondants que dans ASM 2 et ASM 18.

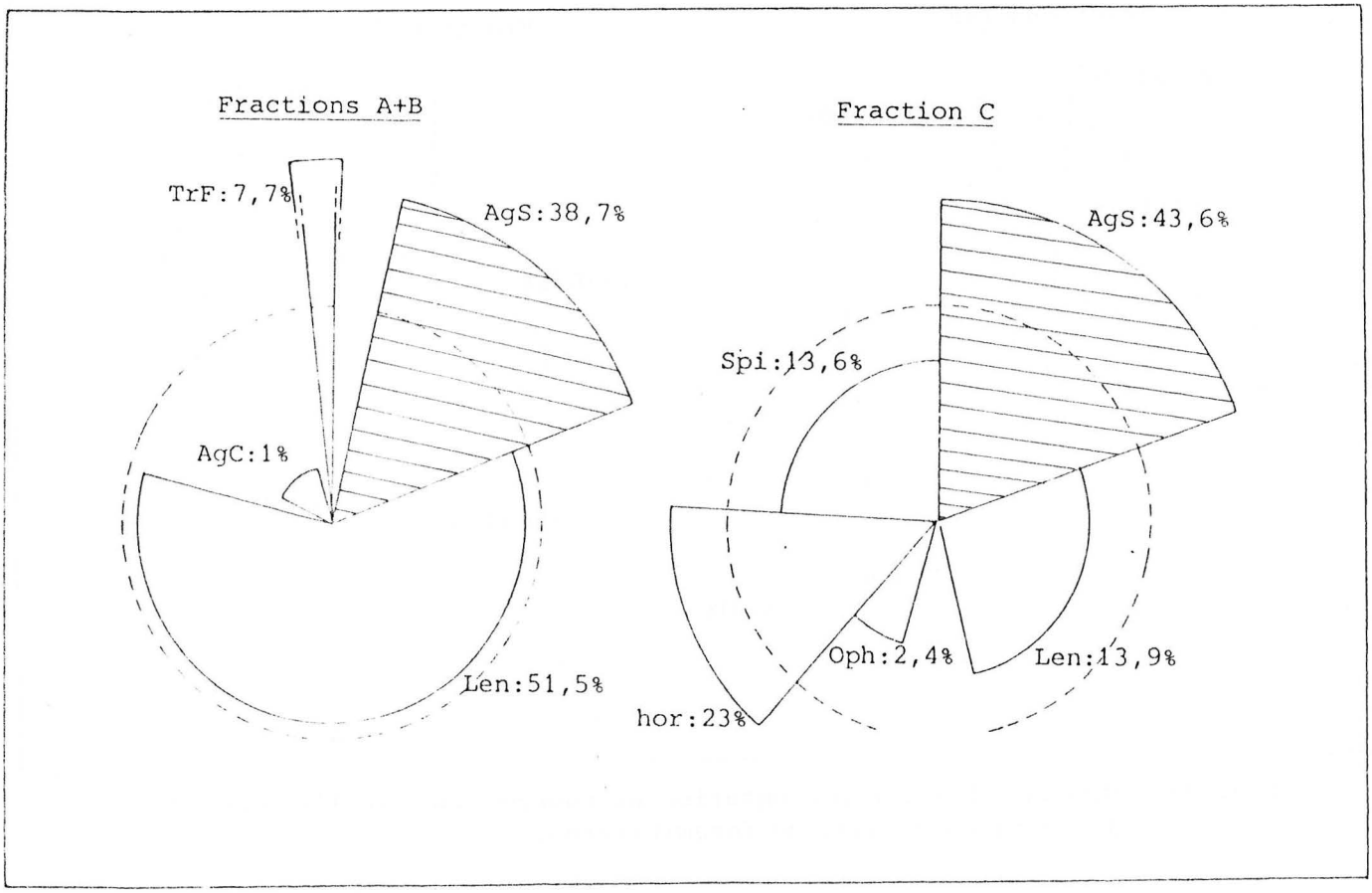


Fig. 34 - Niveau EPE 12. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

L'analyse factorielle a permis de mettre en évidence les niveaux les plus significatifs. Ce sont ; PAL 15, EPE 6 à 14, ASM 2, 18 et dans une moindre mesure PAL 8, 9 et 11.

Aucune liaison directe entre ces niveaux et les autres groupes n'est visible. Ils sont souvent associés au groupe des Triplasia et des Flabellammina (fig.34) et à R.horridus (fig.35), sans pour autant que cela constitue une règle générale.

A l'intérieur du groupe, c'est A. agglutinans qui est nettement le plus représenté et dont la variabilité est la plus significative. Les trochammines, les reophax siliceux, les épistomines et P.difflugiformis sont moins nombreux mais montrent tous les mêmes variations que A.agglutinans. Seules les textulaires ont une répartition légèrement différente. Elles sont trop rares pour que cette caractéristique puisse être interprétée.

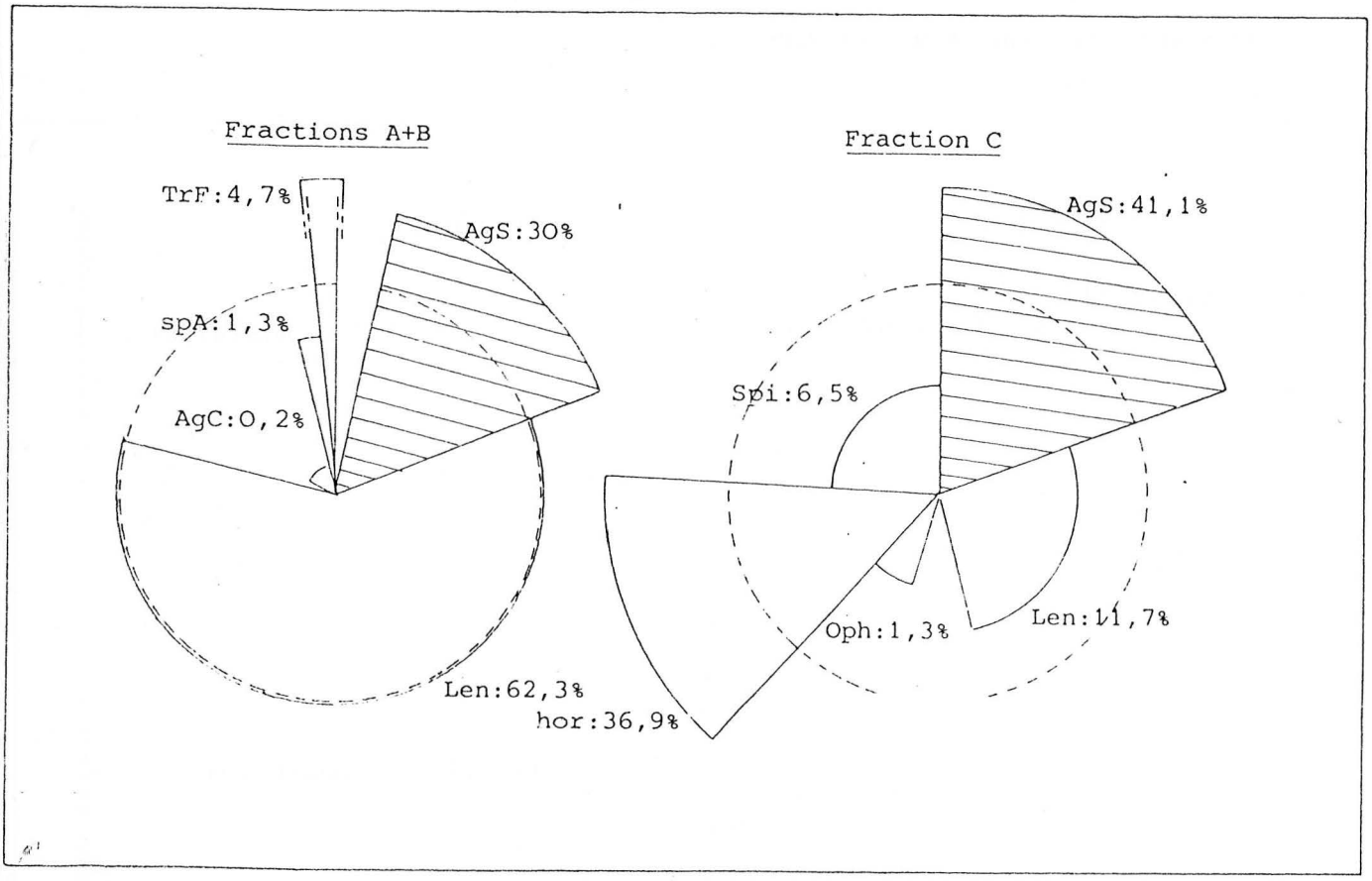


Fig. 35 - Niveau EPE 14. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

UNIVERSITE DE LYON 1
C.S.T.
GÉOLOGIE

j - Groupe 10 - les lenticulines (fig.36)

Ce groupe représente, suivant les niveaux, de 5 à 90% de la faune de foraminifères. Parmi toutes les espèces qu'il contient, seules trois d'entre elles ont des variations significatives : L.munsteri, L.quenstedti et L.polymorpha.

L'analyse statistique associe à ce groupe tous les niveaux du Callovien supérieur (PAL a - I, 1 - 6 ; EPE 1-4) et uniquement eux (à la seule exception de PAL 20 qui appartient à l'Oxfordien).

Il est plus ou moins lié aux frondiculaires, aux genres Triplasia et Flabellammina, et aux spirillines (fig.36).

L.munsteri est toujours très abondante. L.quenstedti est également bien représentée dans tous les niveaux. Les variations de ces deux espèces semblent peu différentes.

La distribution de L.polymorpha est typique de celle du groupe : elle n'est abondante que dans les niveaux du Callovien supérieur.

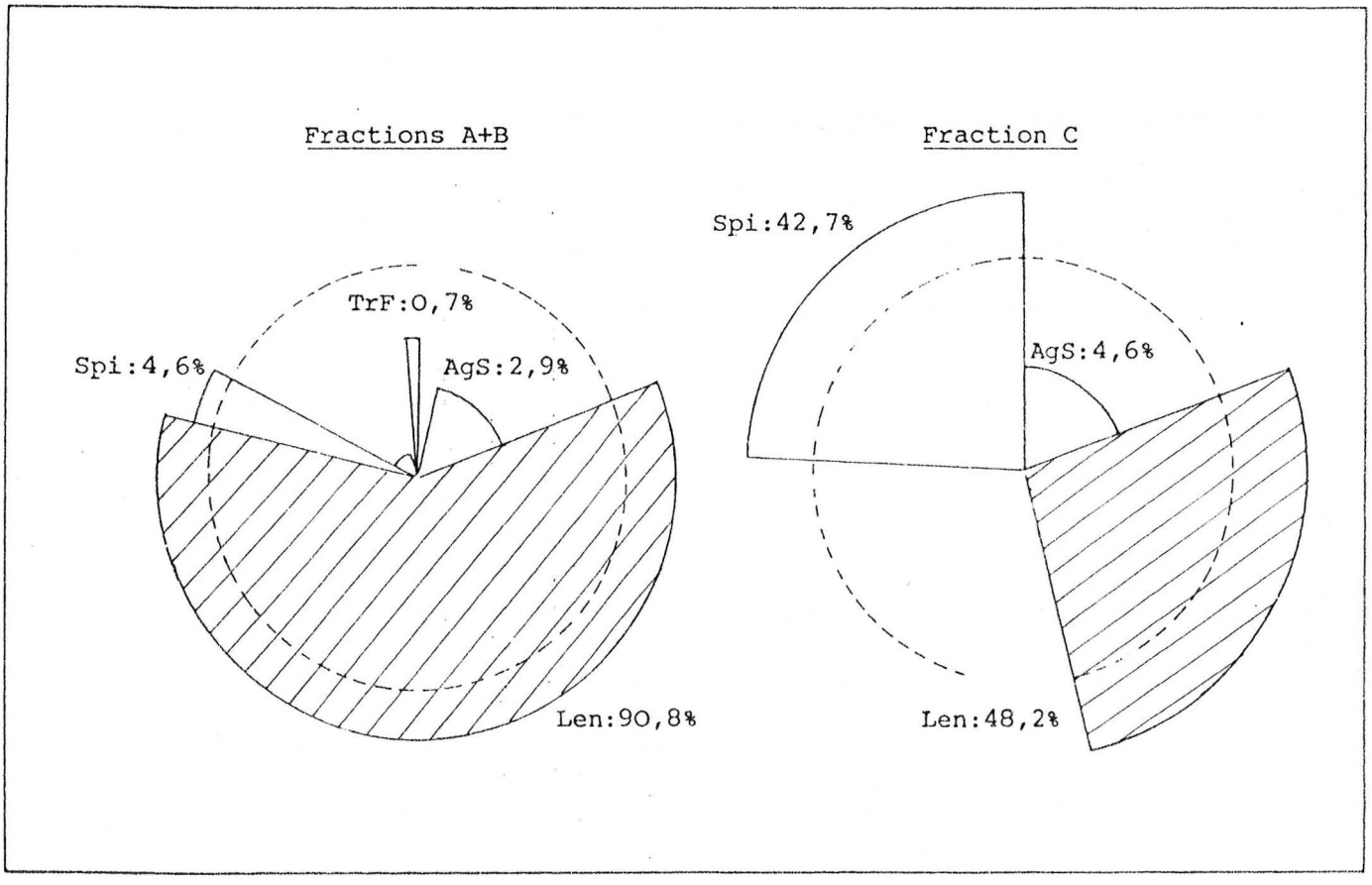


Fig. 36 - Niveau PAL f. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères.

k - les autres taxons. Pour l'ensemble de ces taxons, l'analyse statistique n'a pas permis d'aboutir à un résultat fiable, le nombre d'individus de chacun étant trop faible. On peut faire deux observations :

- Verneuilinoïdes mauritii semble lié aux spirillines et aux gros agglutinants calcaires des couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot (ASM 22 à 28).

- Les éoguttulines, les dentalines et les nodosaires sont associées de façon assez nette, aux genres Triplasia et Flabellammina.

En conclusion des observations faites sur la répartition des différents groupes de foraminifères, on remarque que le Callovien supérieur montre une association de lenticulines, spirillines, frondiculaires et Triplasia - Flabellammina.

Les marnes à renggeri et la base des couches à sphérites sont caractérisées par R.horridus, des agglutinants siliceux et des Ophtalmiidés, ainsi que par une succession de niveaux à Ammobaculites sp.A, à Triplasia - Flabellammina ou à gros agglutinants calcaires. Les spirillines redeviennent importantes dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot où elles sont associées à de gros agglutinants calcaires.

Des différences sensibles entre les coupes ont pu être mises en évidence. Elles seront étudiées dans le paragraphe "Comparaison entre les coupes".

4.2.2. Les ostracodes

Leur étude a été menée de la même manière que pour les foraminifères. Toutefois, la fraction C a été évaluée de façon moins précise. En effet, j'ai arrêté le tri à partir du moment où les foraminifères étaient en nombre suffisant, ce qui, dans certains niveaux, peut correspondre à un effectif réduit d'ostracodes.

Comme pour les foraminifères, des niveaux caractéristiques sont représentés à l'aide de deux diagrammes circulaires. Un troisième, plus petit, permet de montrer le rapport entre les foraminifères et les ostracodes (fig.37).

Le nombre d'espèces (26) et de genres (16) étant plus réduit que pour les foraminifères, tous les taxons peuvent être intégrés à la même analyse.

Les six espèces principales sont représentées sur les diagrammes. Parmi elles, C.index et P.gublerae ont les effectifs les plus nombreux. Elles figurent à tous les niveaux mais ne ressortent pas de manière très caractéristique dans les analyses statistiques. On ne peut relier les variations de C.index à aucune autre espèce et à aucun faciès particulier.

P.gublerea est associée à certains niveaux disséminés dans les trois coupes ; PAL 1, 1à4,6,7,14,16; EPE4; ASM 13,19 à 21,23,28.

Les quatre autres espèces représentées ont des variations plus tranchées. Il est nécessaire de les étudier en détail.

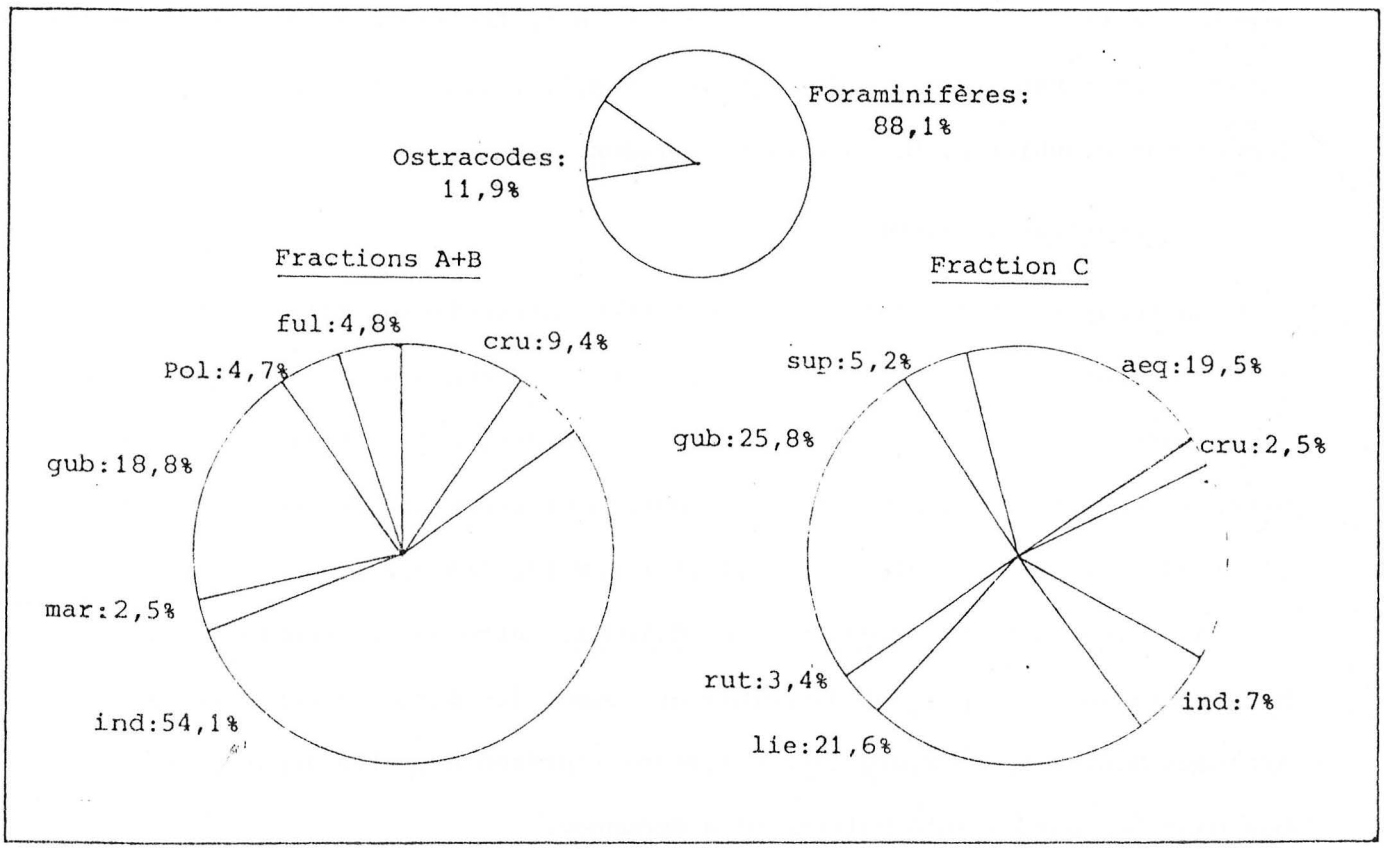


Fig. 37 - Moyenne de tous les niveaux. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes.

- N.cruciata (fig.38)

La répartition stratigraphique montre qu'elle disparaît au sommet des marnes à renggeri dans les trois coupes. Elle est bien représentée à Palente et à Epeugney. A Arc-sous-Montenot, elle n'est abondante que dans les premiers mètres des marnes à renggeri. Sa présence est caractéristique dans les niveaux PAL b,c,F, 8à11,14,15; EPE 1, 6à10.

En plus de C.index et P.gublerae, elle est associée à C.fullonica dans le Callovien supérieur. L'AFC montre une opposition nette entre N.cruciata et P.martini. Dans l'Oxfordien, les deux espèces ont des répartitions qui sont l'inverse l'une de l'autre.

- C.fullonica (fig.39)

Alors qu'elle est abondante dans les niveaux du Callovien supérieur, cette espèce est pratiquement absente des marnes à renggeri et des couches à sphérites à Palente et à Epeugney. Elle est bien représentée dans les premiers mètres de la coupe d'Arc-sous-Montenot. Les niveaux les plus significatifs sont : PAL e,F,i à 1,4 ; EPE 3; ASM 3,7,8. Ils sont composés principalement par P.gublerae, N.cruciata et C.index.

- P.martini (fig.40)

La répartition de cette espèce est très particulière. Elle n'est jamais très abondante au Callovien supérieur. Elle est absente de la base des marnes à renggeri et réapparaît à partir de leur sommet. Elle est alors beaucoup mieux représentée. Les niveaux significatifs proviennent presque tous de l'Oxfordien : PAL h, 16à18; EPE 15,17,18; ASM 13, 16à23,28.

Associée surtout à P.gublerae et C.index, cette espèce semble remplacer N.cruciata lorsque celle-ci disparaît au sommet des marnes à renggeri. A Arc-sous-Montenot, où N.cruciata est moins représentée, elle apparaît plus bas dans les marnes qu'à Palente et à Epeugney.

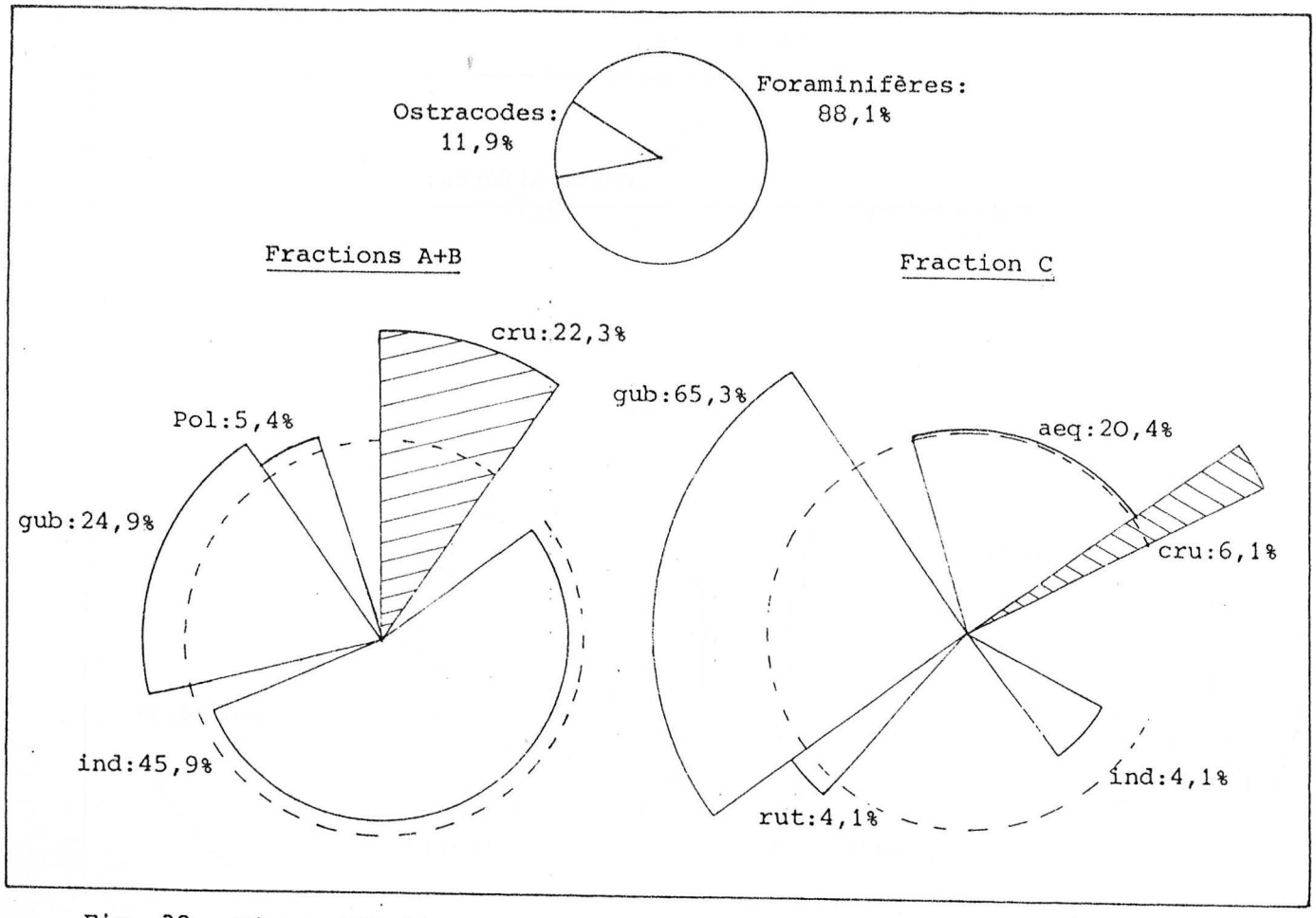


Fig. 38 - Niveau PAL 14. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes.

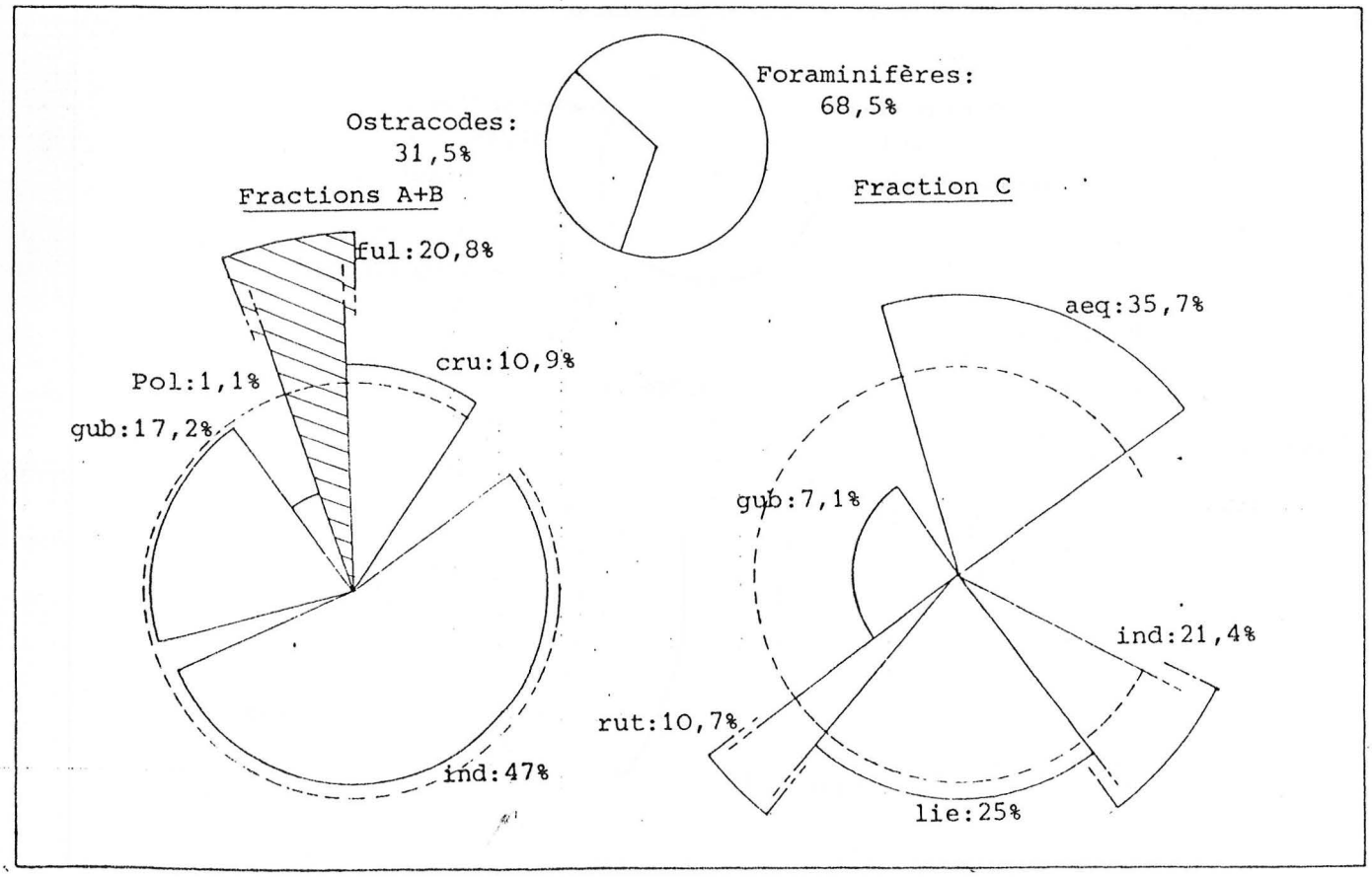


Fig. 39 - Niveau PAL j. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes.

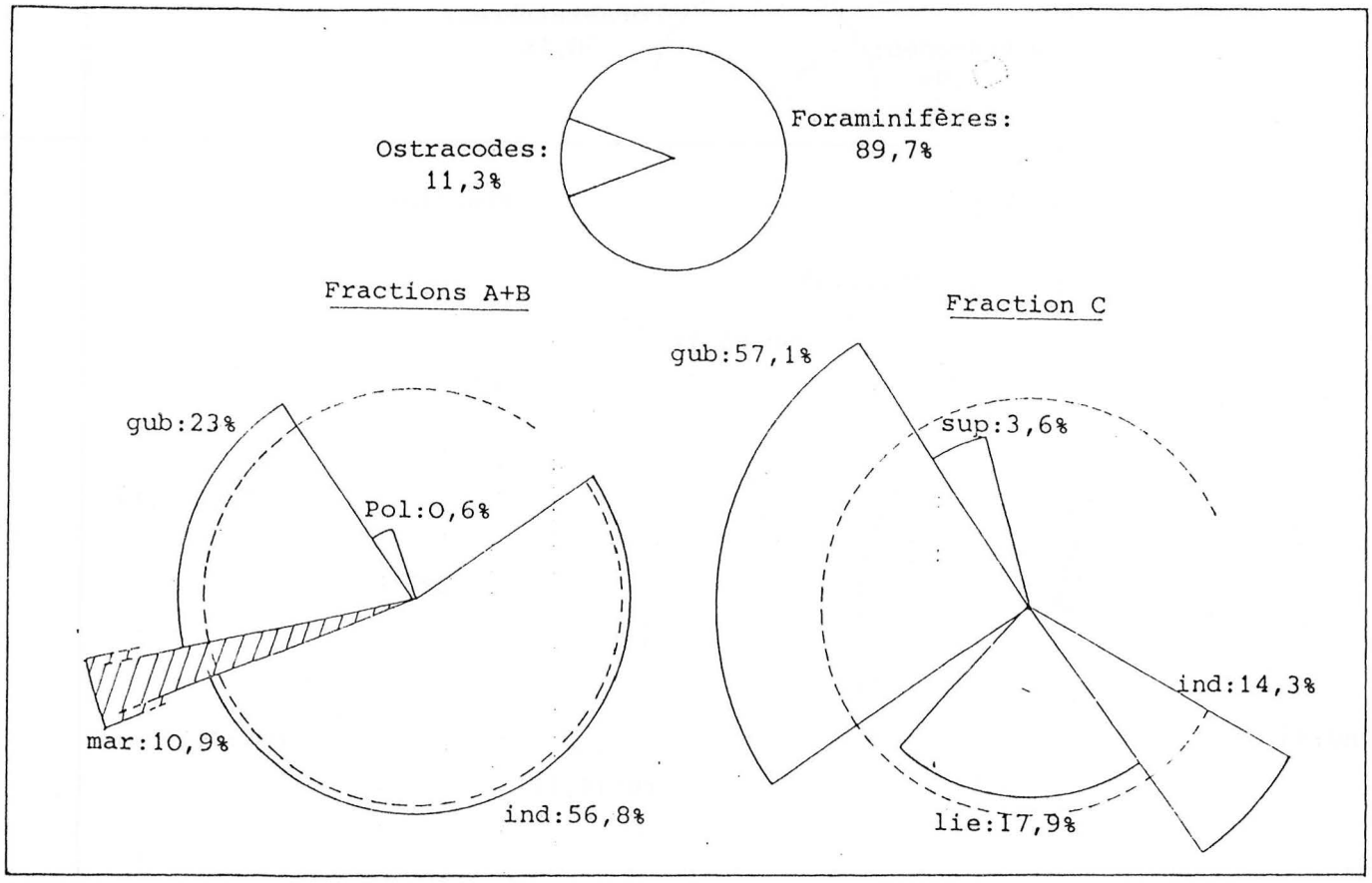


Fig. 40 - Niveau ASM 19. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes.

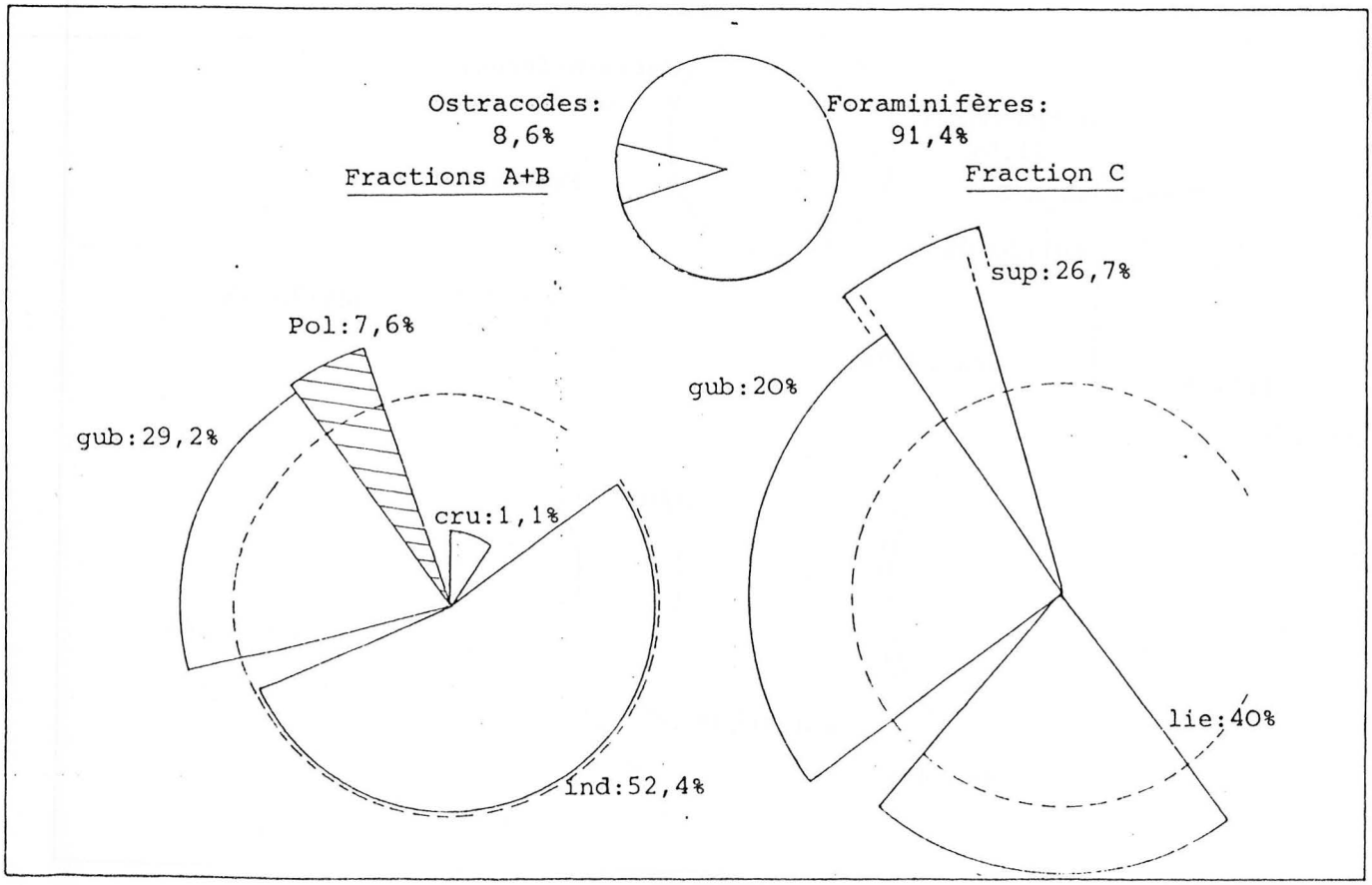


Fig. 41 - Niveau ASM 14. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes.

- Polycope sp. (fig.41)

Le genre existe dans la plupart des niveaux. Sa présence est significative dans PAL 13; EPE 11,13,14; ASM 4,11,14. Il est en moyenne très peu abondant dans le Callovien supérieur et dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot. L'analyse statistique montre un léger antagonisme entre P.martini et les polycopes.

Les autres taxons interviennent peu dans les analyses statistiques, en général à cause de leur petit nombre d'individus.
M.aequabilis, présent dans la fraction C, semble lié aux mêmes niveaux que C.fullonica et N.cruciata.
P.suprajurassica est surtout représenté au sommet du Callovien supérieur et dans la partie la plus haute des couches à sphérites, sauf à Arc-sous-Montenot où il est plus abondant dès le niveau ASM10. P.carinata lui est associé par endroits.
L.scabra, M.calloveica et M.vulsa ressortent de certaines analyses. Ceci n'est pas interprétable vu le petit nombre de niveaux dans lesquels ces espèces sont présentes.

Certains liens avec les groupes de foraminifères reconnus précédemment apparaissent à la simple observation des répartitions des espèces d'ostracodes. Des analyses traitant les deux types d'organismes simultanément ont permis une interprétation plus poussée. L'une d'elles est représentée à la figure 42. Elle utilise des données logarithmiques de manière à diminuer l'effet de l'abondance relative des foraminifères.

La constatation principale est l'association qui existe entre P.martini et les spirillines. Si ces deux groupes sont abondants dans les mêmes prélèvements, on peut constater que les niveaux caractéristiques de l'un et de l'autre ne sont pas forcément les mêmes et qu'ils se suivent dans l'ordre stratigraphique.

Ils sont associés aux gros agglutinants calcaires dans les couches à

sphérites d'Arc-sous-Montenot et s'opposent nettement à N.cruciata.

C.fullonica est plus ou moins associée aux genres Triplasia-Flabellammina et aux frondiculaires.

Une opposition entre les polycopes et les spirillines existe, mais elle est peu significative.

Les variations de P.gublerae, de C.index et des lenticulines ne sont pas interprétables.

Cette analyse ne porte que sur les fractions A et B. Il ne faut donc pas chercher à analyser la position de R.horridus ou des Ophtalmiidés

D'autres études ont permis de confirmer les relations entrevues et de les compléter. Ainsi, un lien semble exister entre les polycopes, les Ophtalmiidés et R.horridus.

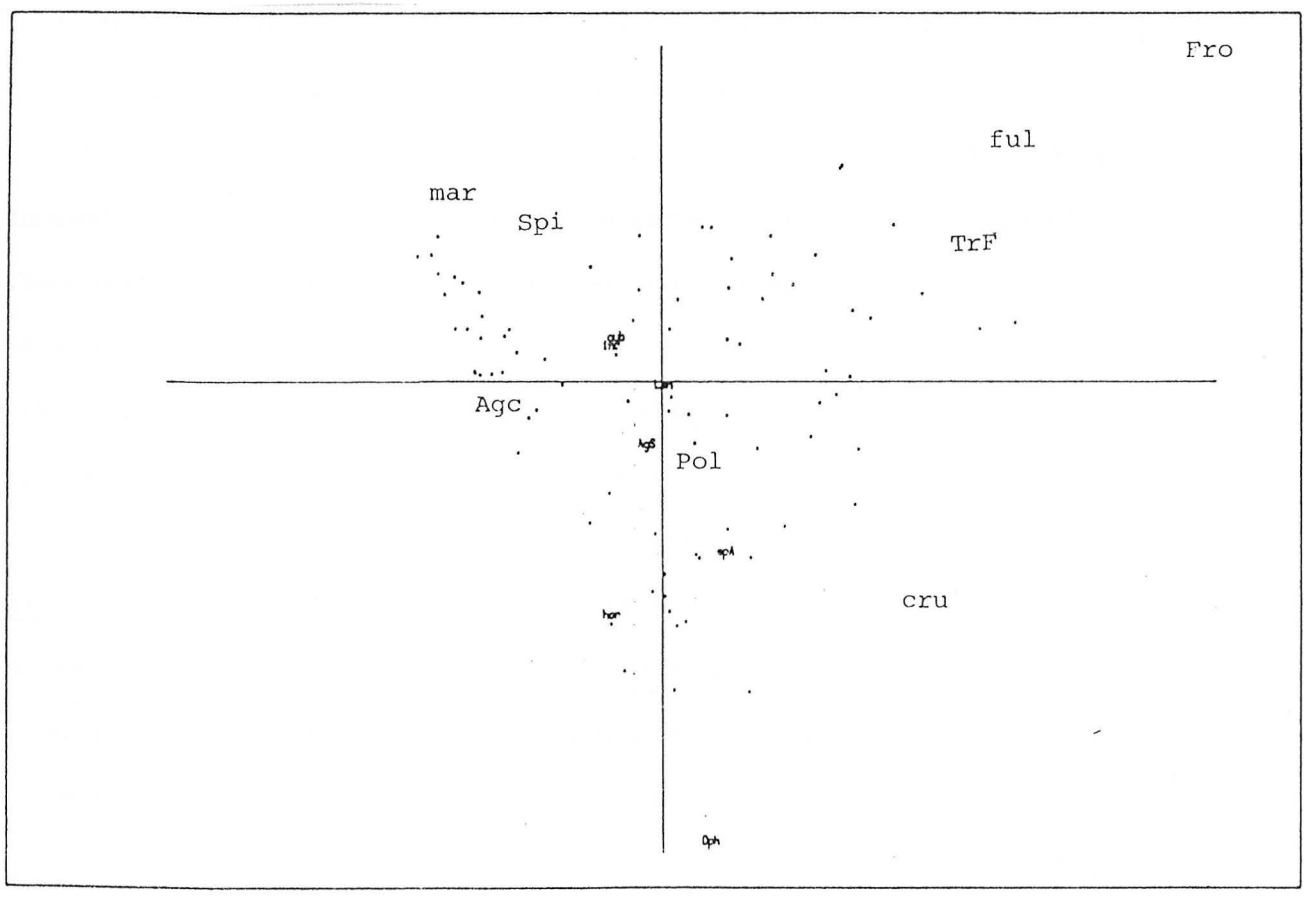


Fig. 42 - AFC . Groupes d'Ostracodes et de Foraminifères.
Représentation sur le plan F1,F2 (20,7% + 17,4%).

4.2.3. Relations entre les groupes et les autres organismes

N.infraoolithica et B.rostrata sont des foraminifères fixés qui n'ont pas été collectés avec les autres. Ils ont été dénombrés, en même temps que les fragments de macro-organismes présents dans les résidus. Les comptages ont été faits uniquement sur la fraction 450 µm. Les résultats sont résumés dans les tableaux situés en annexe. (Tableaux 17 à 20).

Certains fragments d'organismes, trop petits, ou trop rares, n'y sont pas figurés (sclérithes d'holothuries, dents de poissons, spicules d'éponges siliceuses dans les calcaires siliceux).

Les résultats sont très aléatoires pour certains groupes comme les ammonites, les bélemnites, les brachiopodes et les gastéropodes pour lesquels un comptage sur le terrain serait beaucoup plus précis.

Devant l'hétérogénéité des fragments d'organismes concernés, je n'ai pas étudié de manière statistique leur répartition. C'est la simple observation des comptages qui amène quelques constatations :

- Ce sont les fragments de lamellibranches et d'ophiures qui sont partout les plus nombreux. Leur répartition ne permet de tirer aucune conclusion.
- La faune est, d'une manière générale, plus abondante à Arc-sous-Montenot qu'à Palente et à Epeugney.
- Les encrines peuvent être présentes dans les niveaux du Callovien supérieur mais ne sont nombreuses qu'à partir des marnes à renggeri.
- Les serpules sont abondantes dans des niveaux du Callovien supérieur et dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot. Cette répartition est la même que celle des spirillines et de P.martini.

4.2.4. Relations entre les groupes et les données sédimentologiques

a - teneur en carbonates

Les calcimétries ont été faites sur tous les niveaux. Les résultats figurent dans les tableaux qui comparent les différents groupes de foraminifères et d'ostracodes.

Aucune des analyses précédemment employées pour étudier la répartition des taxons n'a permis de déceler une relation avec la teneur en carbonates.

Les analyses en corrélations multiples indiquent une opposition non significative entre cette teneur et les groupes des Ophtalmiidés et des agglutinants siliceux.

L'analyse discriminante a fourni de meilleurs résultats :
Pour cette étude, les niveaux ont été rangés dans des classes d'après leur teneur en carbonates (les limites de classes utilisees sont indiquées sur la figure 44). L'analyse cherche, parmi les différents groupes de foraminifères, celui ou ceux qui permettent de séparer au mieux les classes entre elles. Le plan principal est représenté à la figure 43. On constate que l'axe 1 (57,2%) rétablit l'ordre initial des classes. Cela signifie qu'il existe une relation entre la teneur en carbonates et la répartition des foraminifères. Ce sont les Ophtalmiidés et les agglutinants siliceux qui en sont les principaux

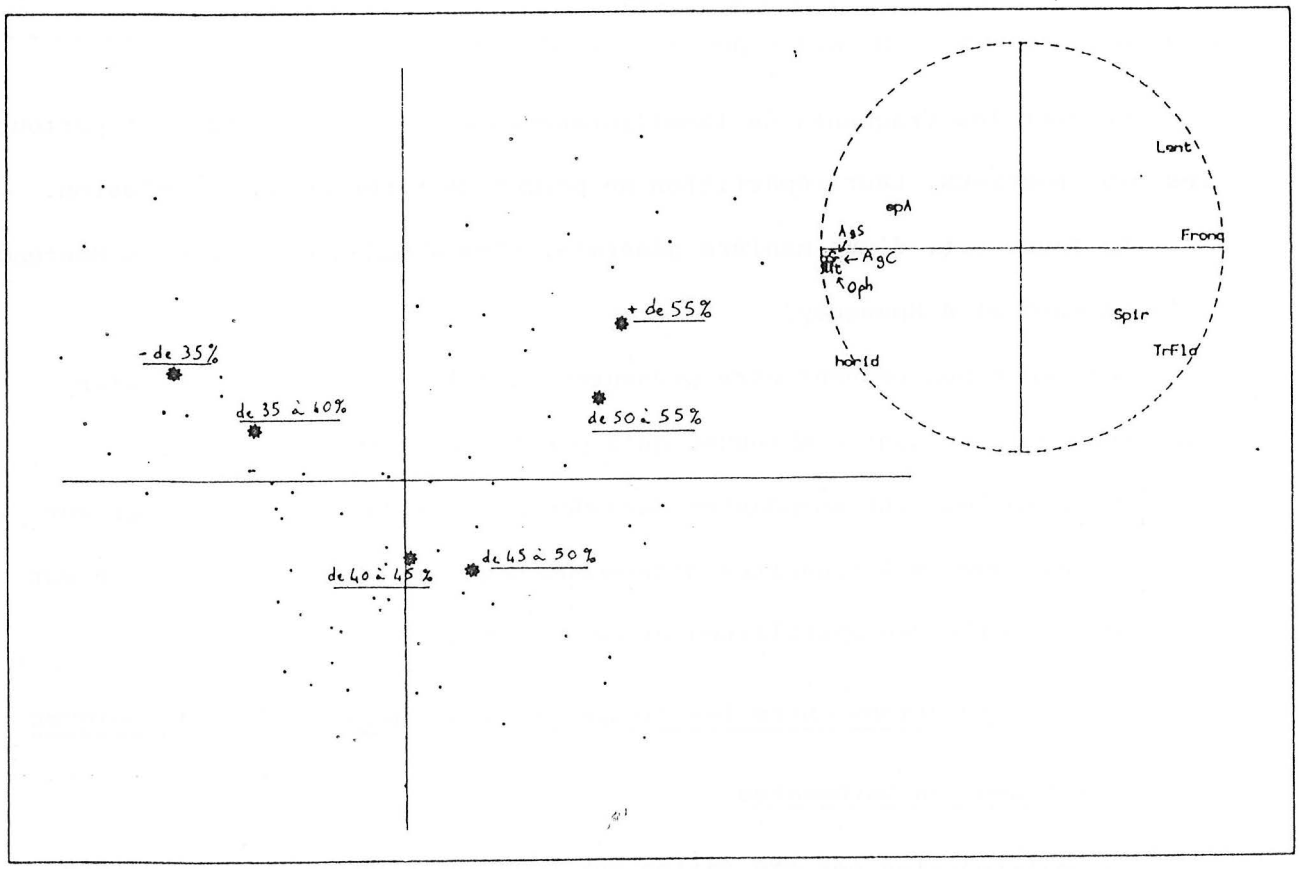


Fig. 43 - AFD . Rapport entre les Foraminifères et la calcimétrie. Représentation dans le plan D1,D2 (57,2% + 25,7%).

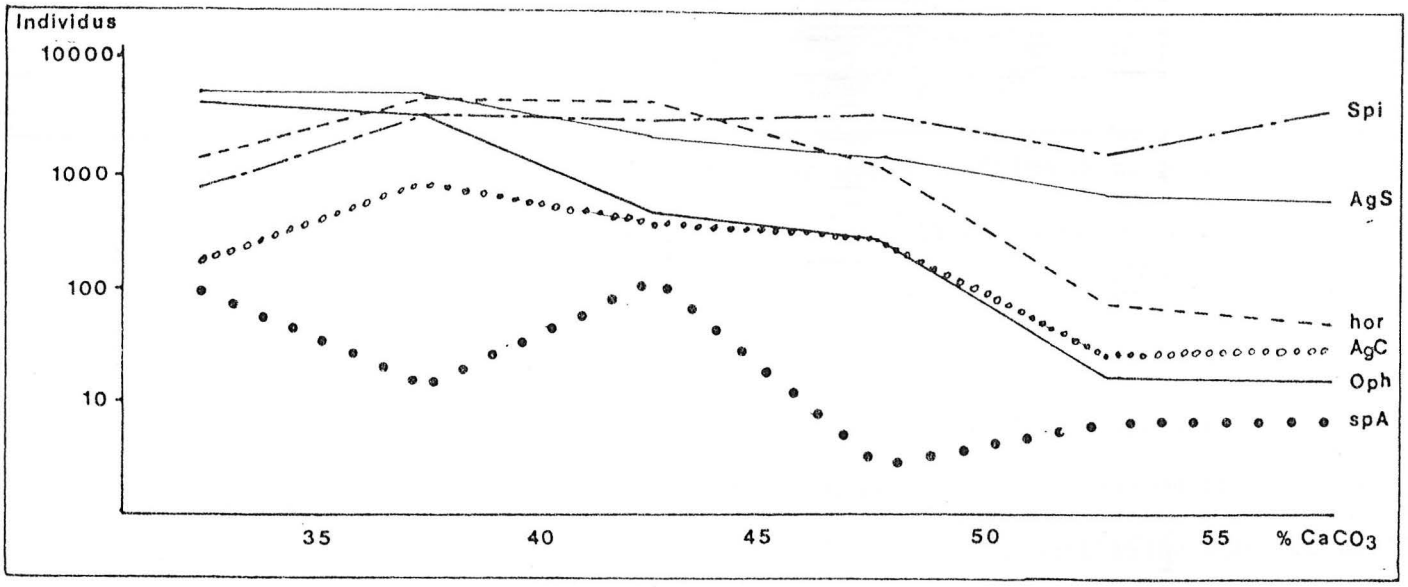


Fig. 44 - Variations de l'effectif de certains groupes de foraminifères en fonction de la teneur en carbonates.

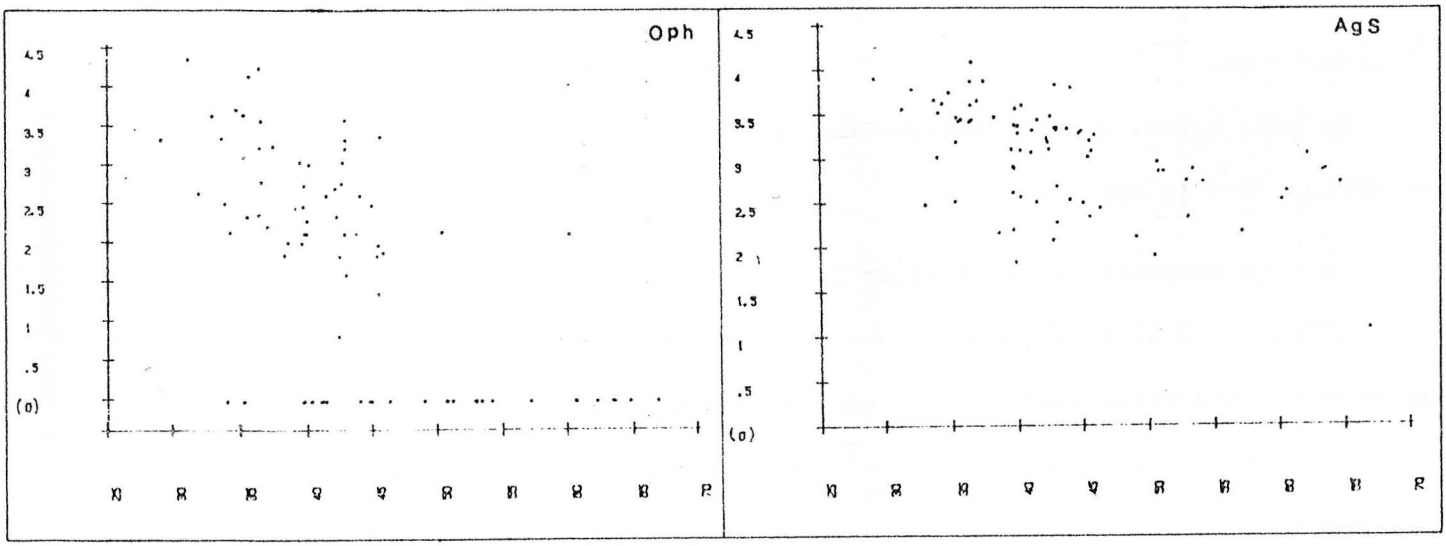


Fig. 45 - Variation du nombre d'ophtalmidés et d'agglutinants siliceux (exprimés en unitée logarithmiques) en fonction de la teneur en carbonates.

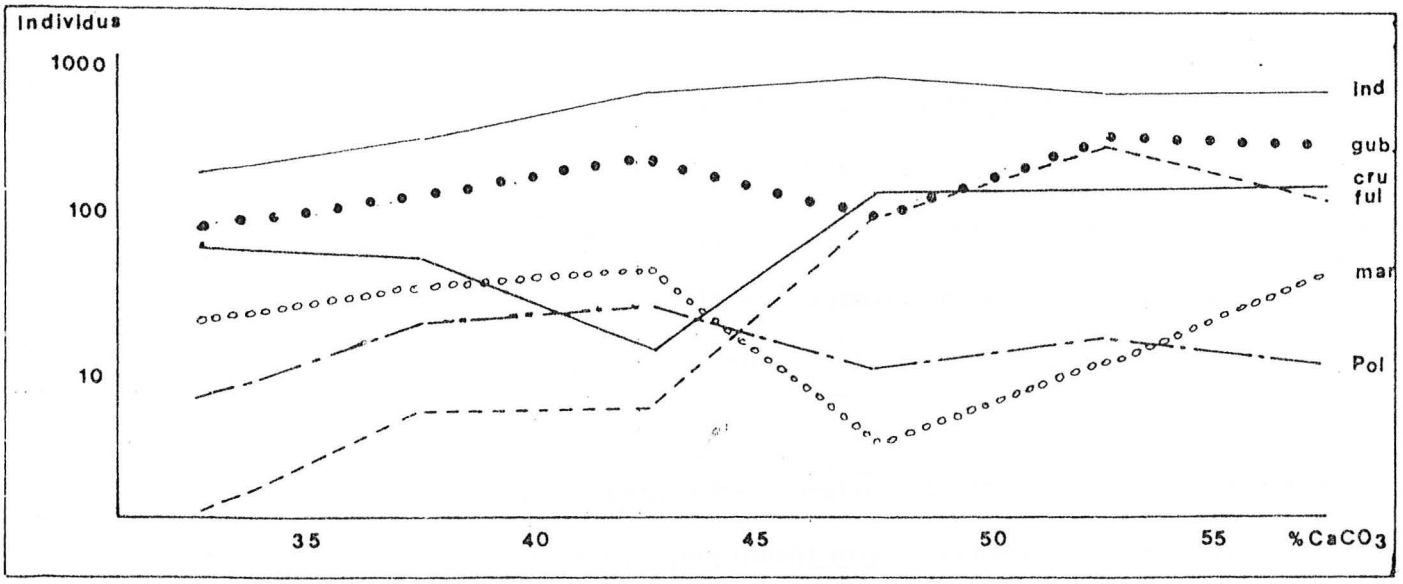


Fig. 46 - Variations de l'effectif de certaines espèces d'ostracodes en fonction de la teneur en carbonates.

responsables. Le lien existant entre ces organismes et le taux de carbonates est mis en évidence dans les figures 44 et 45 : ces groupes sont liés à des sédiments pauvres en calcaire.

Par contre, la répartition des autres organismes ne permet pas de conclusions aussi nettes. R.horridus et les gros agglutinants calcaires semblent plus nombreux dans les niveaux à faible teneur en carbonates, à l'inverse des spirillines.

D'autres analyses ont montré que, au sein des groupes, chacun des taxons a la même relation avec la teneur en carbonates que le groupe auquel il appartient.

La même étude, sur les ostracodes, n'a permis de déceler aucun lien significatif (fig.46).

b - La composition des argiles

L'étude des argiles concerne que des niveaux choisis (40) sur la base de leur contenu microfaunique. Les résultats sont présentés en annexe dans le tableau 20. L'étude a été réduite au minimum et n'a tenu compte que des teneurs en kaolimite, illite et chlorite ainsi qu'en quartz silteux.

Aucun lien tangible ne se dégage des analyses. On peut simplement constater que les niveaux très riches en quartz silteux contiennent relativement peu d'ostracodes.

Les observations faites à propos de cette étude ont surtout été possibles grâce au regroupement des niveaux en classes. Les figures 43 et 45 montrent une grande variabilité des compositions microfauniques des prélèvements, même pour les organismes les plus corrélés avec la teneur en carbonates. En outre, de nombreux groupes ont des variations indépendantes de ce paramètre.

Il apparaît que, si certains indices sédimentologiques peuvent être globalement liés à la composition microfaunique, ils n'expliquent que partiellement ses variations.

4.3. Comparaison entre les coupes

4.3.1. Différences

Il est apparu plusieurs fois, dans les paragraphes précédents, que certains assemblages de foraminifères ou d'ostracodes avaient une répartition différente d'une coupe à l'autre.

J'ai essayé d'étudier ces différences en comparant, grâce à l'analyse discriminante, les niveaux d'une même formation dans les trois coupes.

Les niveaux du Callovien supérieur sont laissés de côté car presque uniquement représentés à Palente.

Dans les figures 47,48,49 et 50, les coupes sont rangées d'après leurs coordonnées sur l'axe principal de l'analyse discriminante. On peut déjà constater que, dans tous les cas, Arc-sous-Montenot se distingue nettement des deux autres coupes. L'opposition maximale ne se fait pas, comme on pouvait s'y attendre, entre les deux coupes les plus éloignées géographiquement. Ce sont les coupes d'Arc-sous-Montenot et d'Epeugney qui s'éloignent le plus l'une de l'autre par leur contenu microfaunique.

- Les marnes à renggeri (fig. 47,49)

Ammobaculites sp.A est la seule espèce dont l'importance décroit du Sud vers le Nord. A Arc-sous-Montenot, les agglutinants siliceux sont beaucoup moins nombreux; les espèces R. helveticus et R.multilocularis y sont même absentes.A un degré moindre, les Ophtalmiidés et les gros agglutinants calcaires y sont également moins abondants.

Les genres Triplasia et Flabellammina ne répparaissent au sommet de la formation qu'à Palente et à Epeugney.

Enfin, les ostracodes sont en général beaucoup plus nombreux à Arc-sous-Montenot, à l'exception de N.cruciata qui a une répartition inverse.

- Couches à sphérites (fig. 48,50)

C'est par cette formation que la distinction entre Arc-sous-Montenot

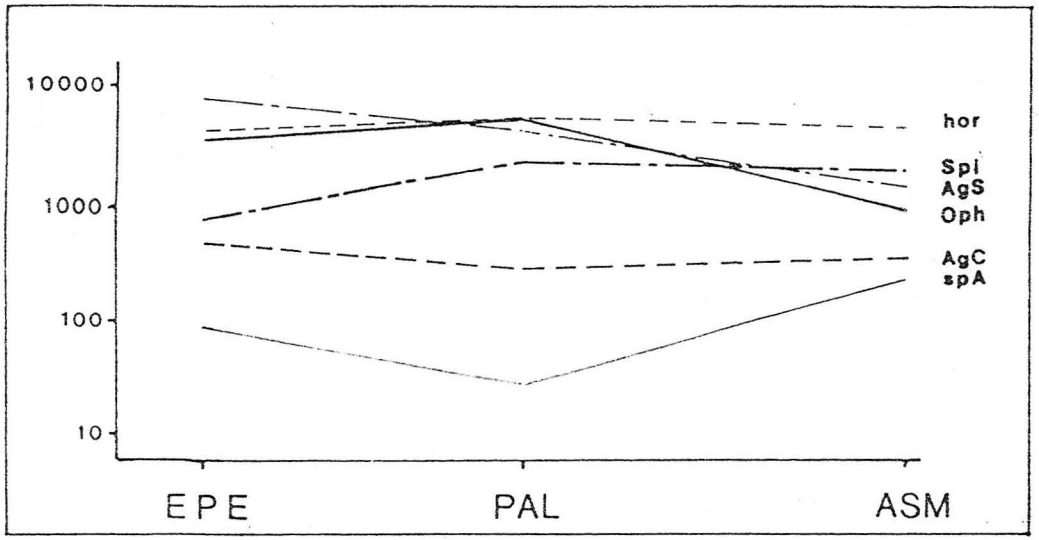


Fig. 47 - Variation des effectifs de différents groupes de foraminifères dans les marnes à renggeri des trois coupes.

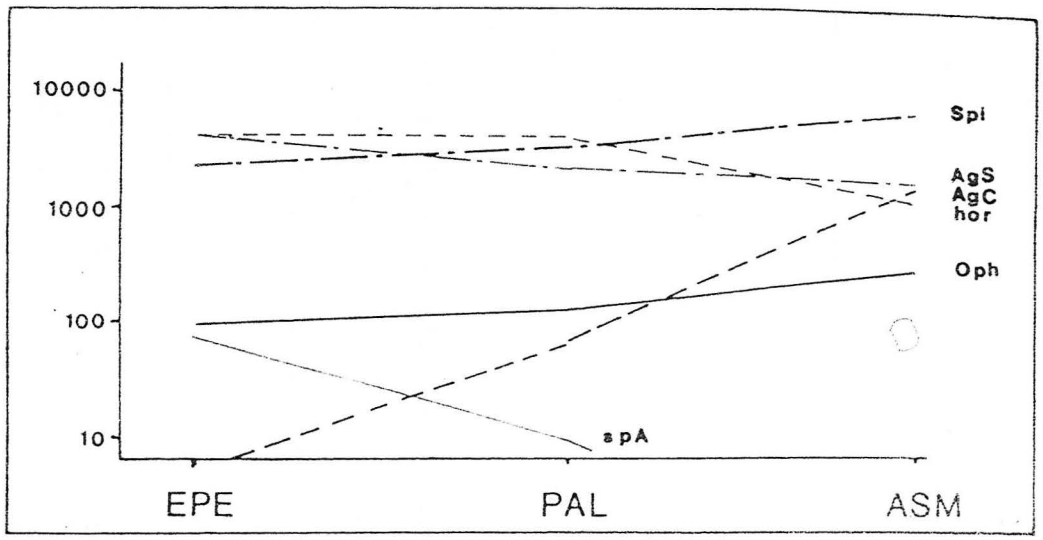


Fig. 48 - Variation des effectifs de différents groupes de foraminifères dans les couches à sphérites des trois coupes.

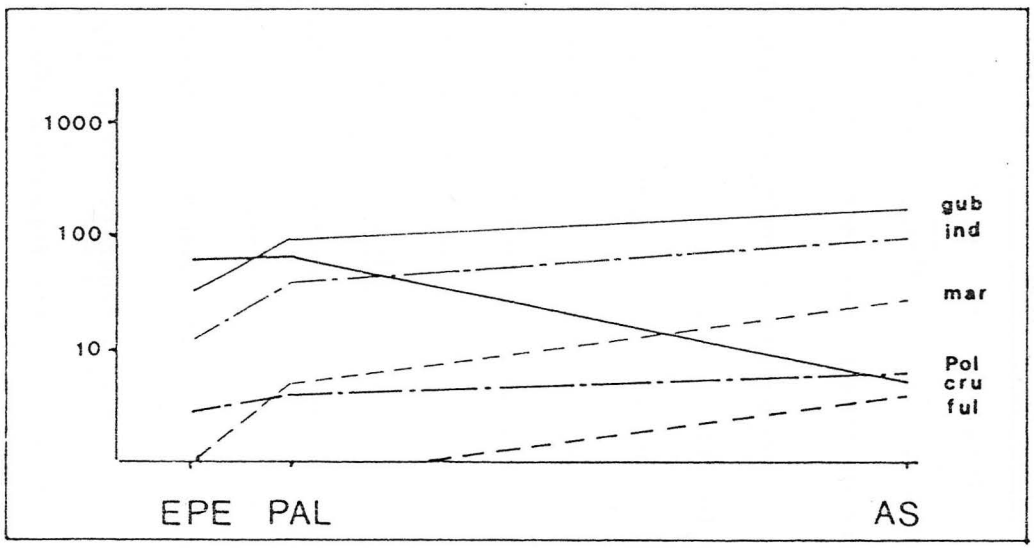


Fig. 49 - Variation des effectifs de différents groupes d'ostracodes dans les marnes à renggeri des trois coupes.

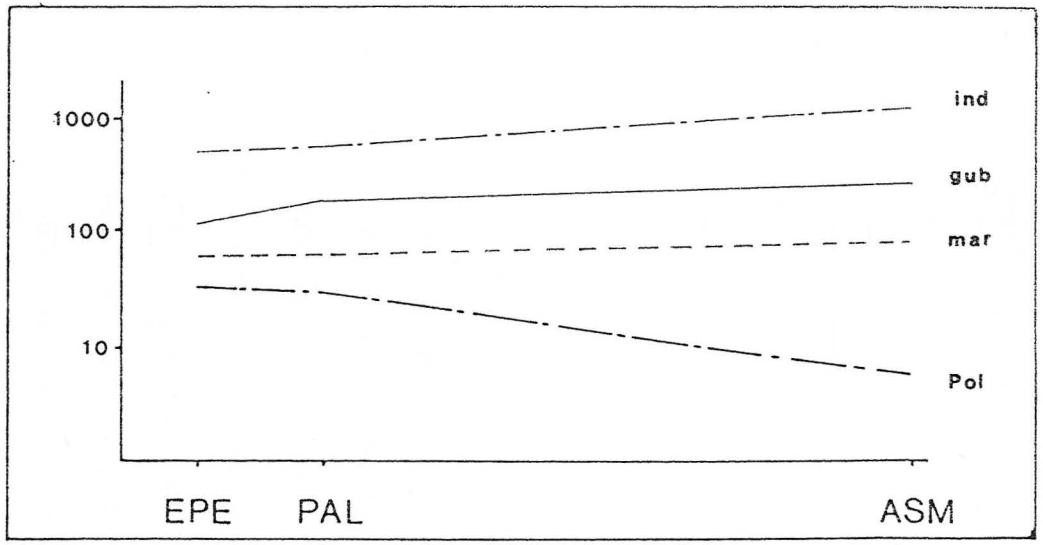


Fig. 50 - Variation des effectifs de différents groupes d'ostracodes dans les couches à sphérites des trois coupes.

et les autres coupes est la plus nette.

Ammobaculites sp.A y est absente R.horridus et les agglutinants siliceux y sont plus rares, à l'inverse des spirillines et des gros agglutinants calcaires. Ces derniers y sont d'ailleurs représentés par des taxons qui sont très rares plus au Nord.

Les ostracodes y sont plus nombreux, à l'exception des Polycopes, qui sont mieux représentés à Palente et à Epeugney.

Ces constatations montrent que des différences très nettes existent entre Arc-sous-Montenot et les coupes situées plus au Nord. Elles sont visibles, aussi bien dans les marnes à renggeri que dans les couches à sphérites. Elles sont constantes pour certains groupes, tels les agglutinants siliceux et les ostracodes. Par contre, elles sont variables pour d'autres. Ainsi, les marnes à renggeri d'Arc-sous-Montenot sont relativement riches en Ammobaculites sp.A et pauvres en gros agglutinants calcaires, alors que c'est l'inverse qui se produit dans les couches à sphérites.

Ce changement est principalement dû au renouvellement important de la faune de foraminifères qui se produit dans les couches à sphérites à Arc-sous-Montenot.

4.3.2. Corrélations

Malgré les nombreuses différences existant entre les coupes et leur éloignement, il est possible d'établir quelques corrélations. Elles sont dues à l'apparition ou à la disparition d'un taxon, mais aussi à l'existence d'assemblages microfauniques particuliers.

La plupart des corrélations signalées ici n'ont pas de valeur biostratigraphique (au sens strict). Elles reposent le plus souvent sur des taxons dont la répartition stratigraphique est plus étendue que celle qui sert de cadre à cette étude.

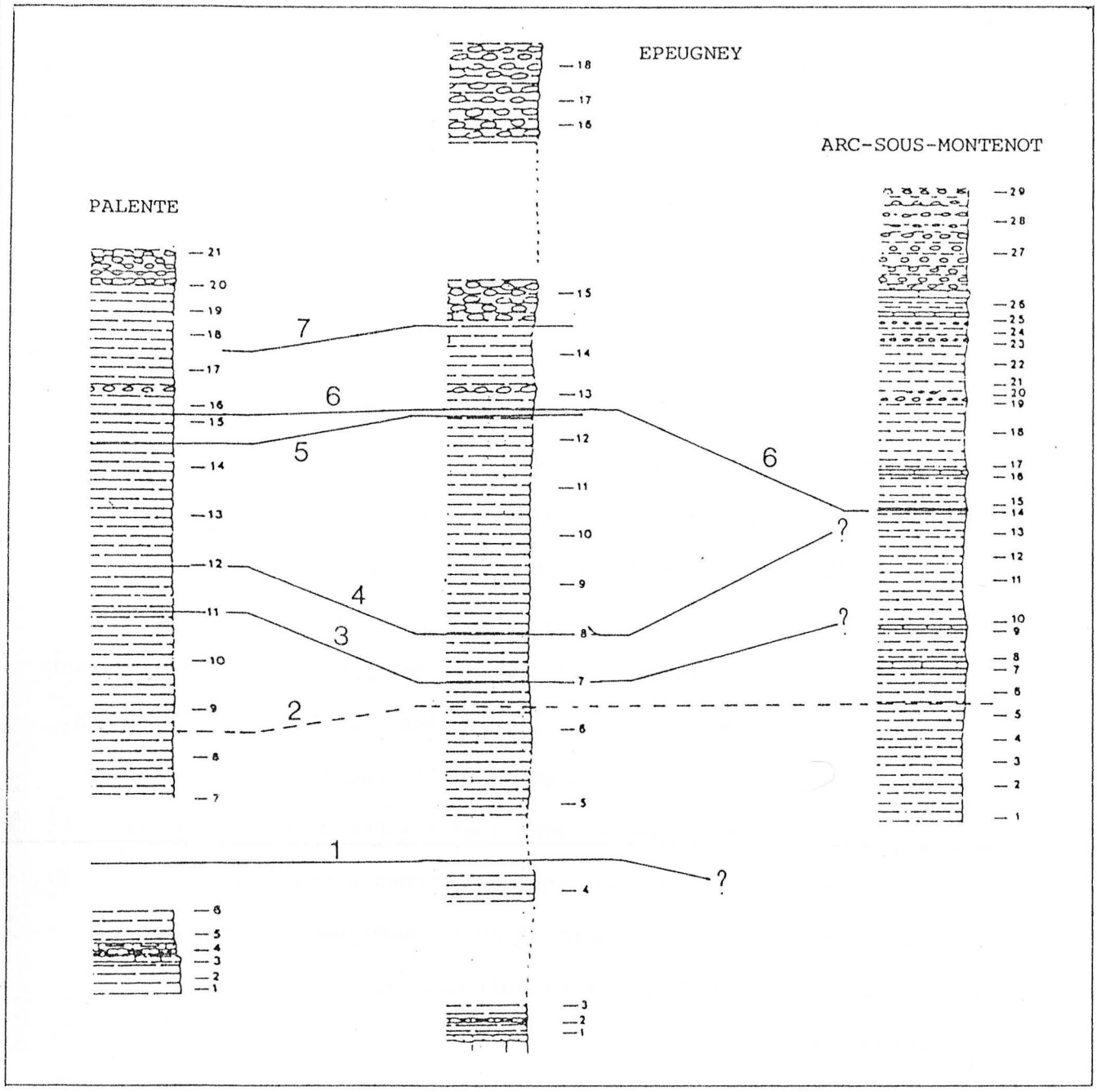


Fig. 51 - Corrélations entre les coupes.

1 : Limite Callovien-Oxfordien

2 : Première disparition des genres Triplasia et Flabellammina

3 : Niveaux à Ammobaculites sp. A

4 : Niveaux à gros agglutinants calcaires

5 : Réapparition des genres Triplasia et Flabellammina

6 : Disparition de Nophrecythere cruciata

7 : Seconde disparition des genres Triplasia et Flabellammina

Les principales corrélations sont représentées à la figure 51. La disparition de F.nikitini, M.calloveica, L.scabra et P.caudata se situe à la fin du Callovien supérieur. Elle se retrouve à Palente et à Epeugney et semble avoir une certaine valeur stratigraphique.

Les genres Triplasia et Flabellammina disparaissent dans les trois coupes à la base des marnes à renggeri. La limite ainsi définie n'est pas très sûre car ces genres sont, d'une manière générale, peu représentés à la base de cette formation. Par contre, lorsqu'ils réapparaissent au sommet des marnes à renggeri et qu'ils disparaissent à la base des couches à sphérites, ils permettent des corrélations beaucoup plus nettes entre les coupes de Palente et d'Epeugney. Ils sont inexistants à Arc-sous-Montenot : Dans cette région, les assemblages de foraminifères sont déjà bien différents de ceux des autres coupes à ces niveaux là.

La disparition de N.cruciata constitue le seul évènement biostratigraphique commun aux trois coupes dans la partie supérieure des marnes à renggeri. Il faut préciser que cette espèce est rare et seulement réduite à quelques niveaux à Arc-sous-Montenot.

Les corrélations apportées par Ammobaculites sp.A et par les gros agglutinants calcaires, sont d'un autre ordre. Elles ont été mises en évidence par les différentes analyses factorielles (fig.25,31).

Ainsi, les niveaux PAL 12, EPE 8 et ASM 14 sont nettement individualisés par leur richesse en gros agglutinants calcaires. Il en est de même pour Ammobaculites sp.A et les niveaux PAL 9, EPE 7, ASM 11 et 13.

Ces corrélations sont faciles à établir pour les coupes de Palente et d'Epeugney. Elles sont moins nettes à Arc-sous-Montenot.

Les autres groupes de foraminifères ou d'ostracodes apportent peu d'éléments pour cette étude. Leur répartition est trop limitée, ou trop liée à une seule coupe.

R.horridus et les Ophtalmiidés ont des variations de grande amplitude au sein des marnes à renggeri. Elles sont trop nombreuses et de trop courte période pour qu'elles puissent être corrélées d'une coupe à l'autre.

4.4. Structure des peuplements

Des paramètres statistiques ont pour but de caractériser de manière simplifiée la structure d'un peuplement. Les variations de certains de ces paramètres, notamment les indices de diversité, ont été étudiées dans l'actuel (GIBSON et BUZAS, 1973). L'application des résultats de ces travaux aux peuplements fossiles a permis de reconnaître l'influence de certains facteurs : bathymétrie, dissolution sélective,... (GUERIN et MOULLADE, 1980).

Huit paramètres différents ont été calculés pour chacun des niveaux. Les foraminifères et les ostracodes ont été traités séparément.

Les valeurs moyennes des différents indices sont calculées pour chaque formation lithologique et pour chaque coupe. Elles sont indiquées dans les figures 52 (foraminifères) et 55 (ostracodes).

L'application aux fossiles des méthodes utilisées dans l'actuel, pour caractériser la structure des peuplements n'est possible que si les déterminations sont basées sur une conception biologique de l'espèce. Grâce à la taille importante des échantillons, j'ai pu observer une grande variabilité au sein de certaines espèces. Cela m'a conduit à regrouper sous un même nom d'espèce des formes qui sont considérées comme des espèces distinctes par d'autres auteurs.

4.4.1. Indices de diversité (fig.52,53,55)

$$H(S) = -\sum_{i=1}^{S} pi \ln pi$$ (SHANNON-WIENER information fonction)

(in GIBSON et BUZAS, 1973)

où : S = nombre d'espèces

pi = probabilité de la ième espèce = $\left(\frac{\text{Effectif de l'espèce}}{\text{Nombre total d'individus}} \right)$

	Div.	Nb.esp	Var.F	Dom.F	Abond.	Ag/bent	AgC/agS	M
Marnes de Palente	1,77	23	10	50	9101	0,11	0,10	0,68
Calcaires argileux	2,12	25	14	38	12860	0,15	0,46	0,77
M. à renggeri - PAL	2,21	25	12	30	19423	0,48	0,90	0,77
- EPE	2,33	26	13	28	18941	0,60	0,47	0,79
- ASM	1,99	26	12	41	12026	0,44	2,47	0,73
C. à sphérites - PAL	1,85	22	10	43	13477	0,38	1,14	0,69
- EPE	2,16	24	11	31	14819	0,62	1,21	0,75
- ASM	1,89	28	12	49	15135	0,28	2,19	0,76

Fig. 52 - Valeurs des différents indices calculés sur les assemblages de foraminifères.

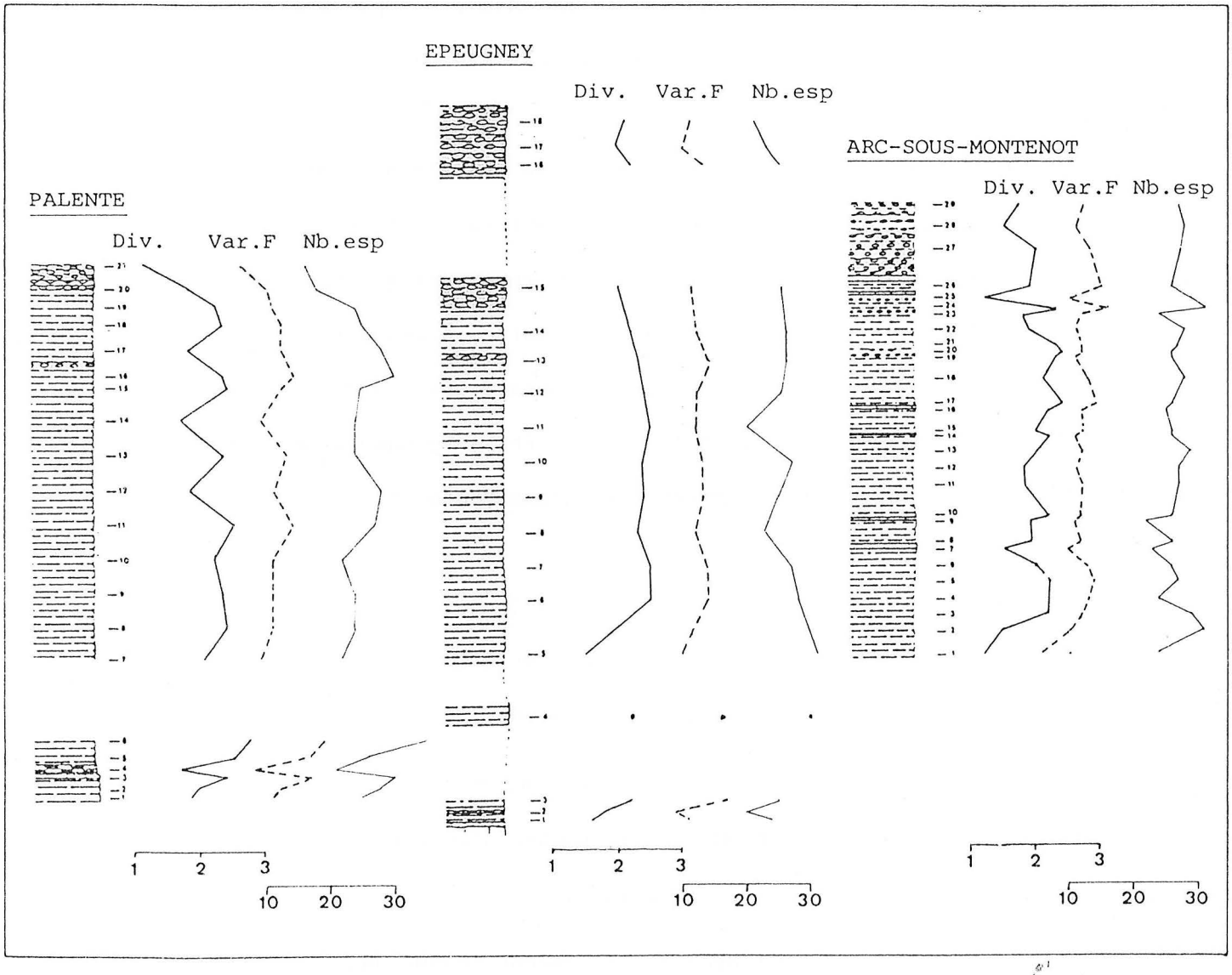


Fig. 53 - Comparaison entre les coupes des valeurs de l'indice de diversité, de la variabilité faunale et du nombre d'espèces.

Cet indice dépend du nombre d'espèces et de la proportion de chacune d'entre elles. La valeur maximum, égale à ln.S, est atteinte lorsque toutes les espèces ont le même effectif.

L'intérêt de ce type d'indice est que les espèces rares interviennent très peu dans le résultat.

On admet généralement que la diversité s'accroît avec la profondeur. GUERIN et MOULLADE (1980) précisent que cet indice augmente nettement avec la profondeur en domaine de plate-forme et se stabilise au niveau du talus.

Cela constitue une règle générale qu'il ne faut pas appliquer aveuglément, la profondeur n'étant pas le seul facteur pouvant intervenir sur la diversité d'un peuplement.

Les figures 52 et 53 montrent que cet indice est d'abord faible dans les marnes de Palente, puis qu'il augmente pour atteindre son maximum (2,7) dans les calcaires argileux du sommet du Callovien supérieur. Les valeurs moyennes augmentent ou se stabilisent dans les marnes à renggeri et diminuent dans les couches à sphérites. D'une manière générale, les indices sont les plus faibles à Arc-sous-Montenot, et les plus forts à Epeugney. On retrouve l'ordre des coupes observé précédemment : Arc-sous-Montenot, Palente, Epeugney.

Des valeurs anormalement faibles de l'indice de diversité peuvent être dues à des phénomènes de dissolution. Cela peut-être le cas pour les niveaux PAL 20 à 23 où la microfaune est très mal conservée.

4.4.2. Nombre d'espèces et variabilité faunique (fig.52,53,55)

La variabilité faunique (WALTON) est le nombre d'espèces minimum représentant au moins 95% de l'ensemble des individus.

Ces deux indices augmentent avec la profondeur jusque dans le domaine bathyal (GUERIN et MOULLADE, 1980).

Leur valeur, faible au début du Callovien supérieur, augmente brusquement et atteint son maximum dans les calcaires argileux. Elle devient ensuite moins élevée dans les marnes à renggeri et diminue dans les couches à sphérites. A Arc-sous-Montenot, les indices varient à l'inverse de ceux des autres coupes.

4.4.3. Dominance faunique (fig.52,55)

C'est le pourcentage de l'espèce la plus représentée. Typiquement elle décroit lorsque la profondeur augmente. Cet indice est très irrégulier mais les valeurs moyennes par formation et par coupe montrent une variation à peu près inverse de celle de l'indice de diversité.

4.4.4. Abondance (fig.52,55)

C'est dans les marnes à renggeri que les foraminifères sont les plus nombreux, à l'inverse des ostracodes.

4.4.5. Rapports agglutinants/benthiques et agglutinants calcaires/agglutinants siliceux (fig.52,54)

Un pourcentage élevé de foraminifères agglutinants est interprété, dans certains cas, comme un signe de dissolution préférentielle. Cette hypothèse doit être rejetée ici car les niveaux les plus riches en foraminifères agglutinants (marnes à renggeri) présentent un indice de diversité élevé et un très bon état de conservation de toutes les catégories de tests.

Les valeurs élevées de ces indices se rencontrent plutôt dans les milieux profonds, mais on peut trouver des assemblages très riches en foraminifères agglutinants dans des milieux littoraux.

L'examen des courbes de la figure 54 montre que les forts pourcentages de foraminifères agglutinants sont liés aux marnes à renggeri. Cela est à mettre en liaison avec la quantité d'apports terrigènes.

Le rapport agglutinants calcaires/agglutinants siliceux dépend surtout du nombre d'agglutinants calcaires.

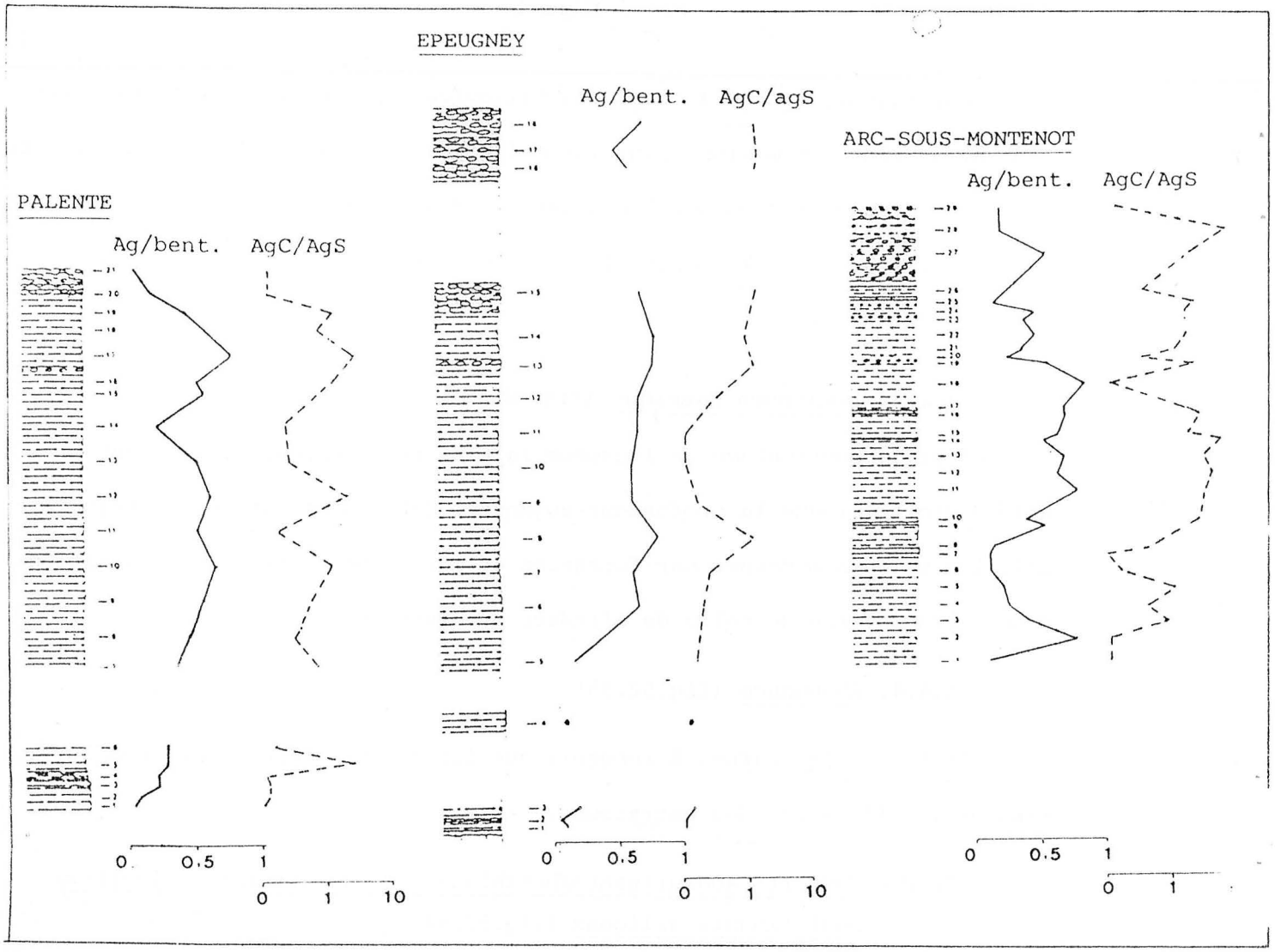


Fig. 54 - Comparaison entre les coupes des rapports agglutinants/bentiques et agglutinants calcaires/agglutinants siliceux.

	Div.	Nb.esp	Var.F	Dom.F	Abond.	M
Marnes de Palente	1,18	8	5	60	3216	0,47
Calcaires argileux	1,67	9	6	35	2175	0,67
M. à renggeri - PAL	1,63	8	6	40	1179	0,66
- EPE	1,69	7	6	33	622	0,72
- ASM	1,52	9	6	44	1612	0,62
C. à sphérites - PAL	1,34	7	5	51	2320	0,51
- EPE	1,56	8	6	44	1310	0,65
- ASM	1,34	7	4	47	3803	0,53

Fig. 55 - Valeurs des différents indices calculés sur les assemblages d'ostracodes.

4.4.6. Ajustement à un modèle de distribution

Dans ce paragraphe, j'ai essayé d'appliquer aux assemblages fossiles des modèles mathématiques utilisés habituellement dans l'actuel pour représenter la structure des peuplements (BLONDEL, 1979, DAGET, 1976).

Les effectifs des différentes espèces présentes dans une biocénose n'étant pas indépendants les uns des autres, on peut les comparer à une répartition théorique calculée à l'aide d'un modèle mathématique. Il existe plusieurs modèles différents qui, en fonction du type d'organisme considéré, s'ajustent plus ou moins bien aux données observées.

Dans l'actuel, le modèle log-linéaire de Motomura donne ses meilleurs résultats lorsqu'on l'utilise avec des organismes benthiques peu mobiles (DAGET 1976).

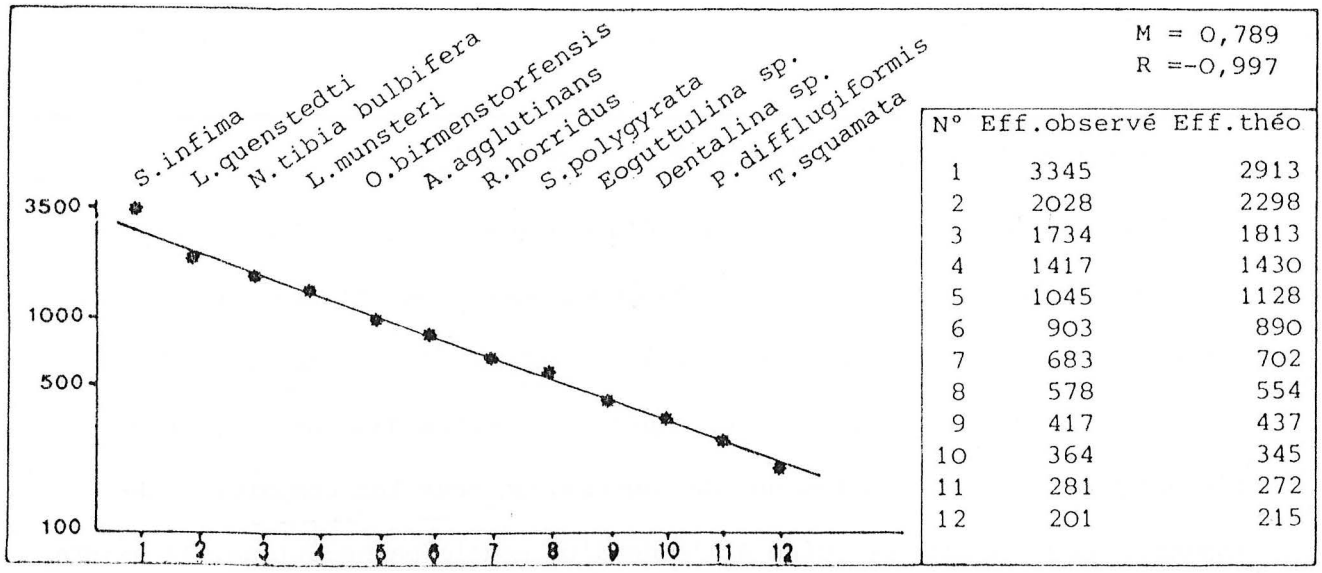
C'est également celui que l'on peu appliquer avec le moins de risques à un peuplement fossile. En effet, il ne dépend ni du nombre d'espèces, ni surtout, du nombre total d'individus.

Il présente en outre l'intérêt, non négligeable, d'être le plus simple de tous.

a - Principe du modèle de Motomura :

La représentation graphique d'une distribution d'abondance se fait en portant, en abcisse, le rang des espèces (classées par ordre d'effectifs décroissants) et en ordonnée, les effectifs correspondants (ou les logarithmes de ces effectifs).

Dans le cas où un peuplement s'ajuste au modèle de Motomura, les logarithmes des effectifs sont alignés (fig.56). La constante de milieu de Motomura (M) correspond à l'antilogarithme de la pente de la droite. Cette constante peut prendre des valeurs de 0 à 1 et ses variations peuvent être comparées à celles d'un indice de diversité.



N°	Eff.observé	Eff.théo
1	3345	2913
2	2028	2298
3	1734	1813
4	1417	1430
5	1045	1128
6	903	890
7	683	702
8	578	554
9	417	437
10	364	345
11	281	272
12	201	215

Fig. 56 - Répartition d'abondance des espèces de foraminifères du niveau ASM 20

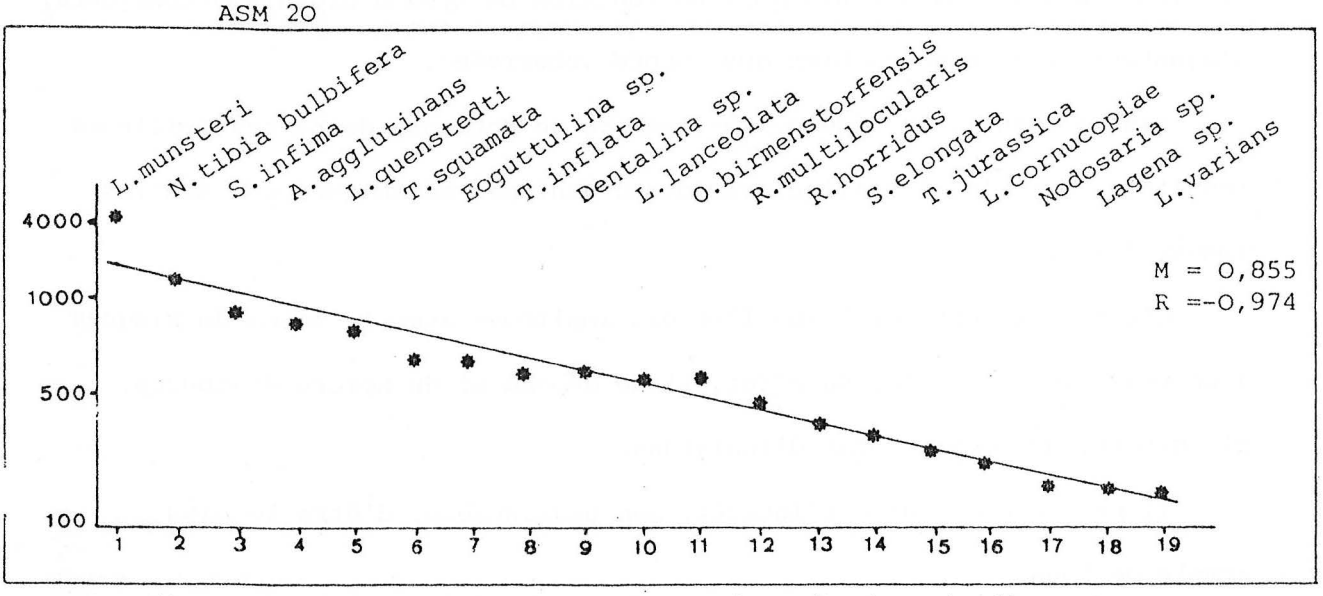


Fig. 57 - Répartition d'abondance des espèces de foraminifères du niveau PAL 6

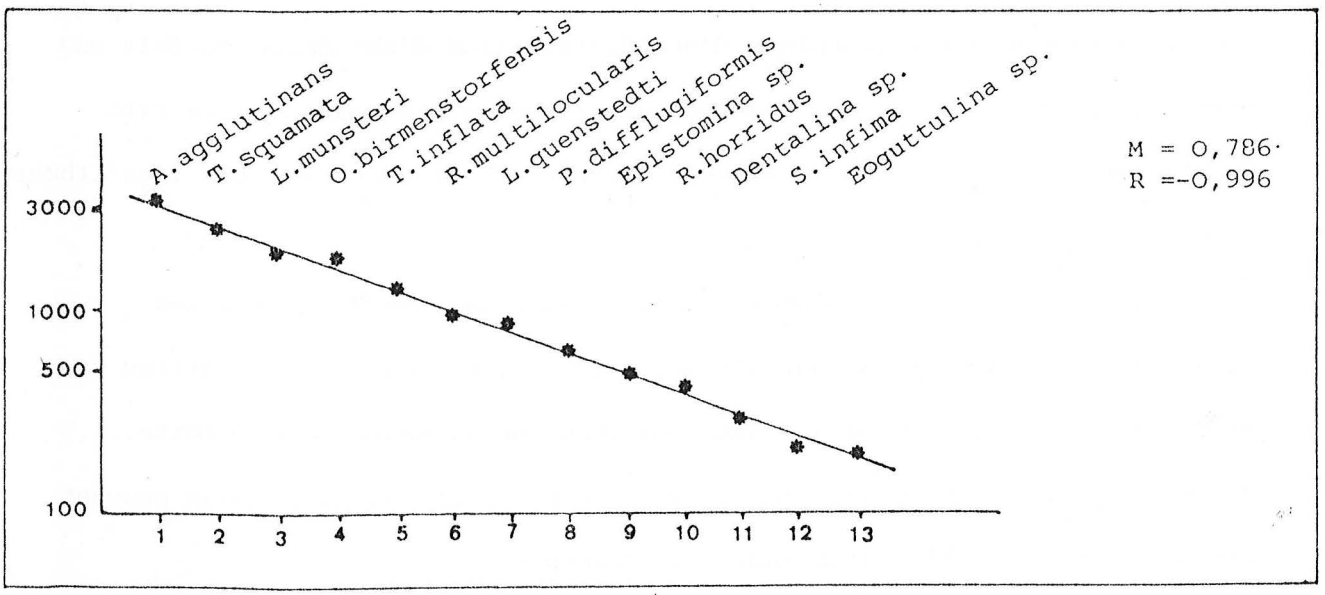


Fig. 58 - Répartition d'abondance des espèces de foraminifères du niveau EPE 10

On peut apprécier la valeur de l'ajustement en calculant l'indice R, coefficient de corrélation d'INAGAKI (1967).

Cette méthode est exposée en détail par DAGET (1976) dans son cours portant sur les modèles mathématiques en écologie. Je m'en suis largement inspiré tout au long de l'étude de la structure des peuplements.

b - Application aux peuplements fossiles du Callovo-Oxfordien de Franche-Comté :

Les variations de la constante de milieu de Motomura (m) sont plus ou moins calquées sur celles de la variabilité faunique.

Les thanatocoenoses étant différentes des biocoenoses, on pouvait s'attendre à ce que l'ajustement avec le modèle soit très mauvais. Or, sur les 82 assemblages de foraminifères étudiés, 25 s'ajustent approximativement ($|r| > 0,95$, selon INAGAKI), 13 s'ajustent bien ($|r| > 0,98$) et 5 s'ajustent très bien ($|r| > 0,99$) au modèle de Motomura.

Les assemblages provenant des niveaux du Callovien supérieur s'ajustent en moyenne très mal aux modèles de distribution. Les meilleurs résultats proviennent surtout du sommet du Callovien supérieur, des marnes à renggeri, et de la base des couches à sphérites.

Je n'ai utilisé dans le calcul que les espèces dont les fréquences cumulées totalisaient au moins 95% du total des individus. Malgré tout, des dispositions d'effectifs telles que celle observée dans la figure 56 sont difficilement explicables par le hasard ou par un processus sédimentaire. Elles conduisent à admettre que des modèles élaborés dans l'actuel sont directement applicables à certains assemblages fossiles. Dans ce cas, il est tentant de considérer que la structure de ces assemblages fossiles est peu différente de celle des peuplements qui en sont à l'origine.

Dans l'actuel, des distributions s'ajustant au modèle de Motomura ont des chances de se réaliser dans des milieux caractérisés par un facteur

écologique dominant. C'est le cas lorsqu'une ressource devient surabondante ou lorsque le milieu est "contraignant" (BLONDEL,1976).

Pour les assemblages du Callovo-Oxfordien de Franche-Comté qui s'ajustent au modèle, la forte hiérarchisation des espèces est encore renforcée par le fait que, dans beaucoup de niveaux, l'effectif observé de l'espèce la plus abondante est bien supérieur à l'effectif théorique (fig.56,57). On peut émettre l'hypothèse, évoquée dans l'actuel (BLONDEL,1979), que certaines espèces sont capables de pulluler lorsque les conditions de vie leur sont favorables. Leur effectif dépend alors beaucoup moins des inter-relations avec les autres espèces que du milieu lui-même (au sens strict).

Cette hypothèse permettrait d'expliquer les difficultés d'interprétation rencontrées dans les analyses factorielles des correspondances. En effet, dans ces conditions, lorsque certaines espèces sont dominantes, leur effectif peut être indépendant de celui des autres espèces (BLONDEL, 1979).

Dans les niveaux à agglutinants siliceux (fig.58), l'espèce la plus abondante est toujours moins dominante que dans les autres niveaux. Cela pourrait expliquer, en partie, les indices de diversité élevés qui leur sont associés.

La valeur réelle des hypothèses formulées à l'occasion de cette étude ne pourra être confirmée que dans la mesure où il sera possible de se référer à des résultats obtenus sur des foraminifères actuels, ce qui, à ma connaissance, n'est pas encore le cas.

La même méthode appliquée aux ostracodes a donné des résultats comparables. Ils doivent être analysés avec précaution car les espèces réellement abondantes sont très peu nombreuses.

Si l'on devait appliquer à la lettre les règles d'interprétation des différents indices, on pourrait admettre que la profondeur du milieu s'accroît brusquement au cours du Callovien supérieur et qu'elle atteint son maximum

au moment du dépôt des calcaires argileux. Elle serait peu différente lors du dépôt des marnes à renggeri. L'installation des couches à sphérites se ferait dans un milieu moins profond.

De la même manière, on pourrait penser que la profondeur était dans l'ensemble plus faible à Arc-sous-Montenot qu'à Palente ou à Epeugney.

Il faut se garder de donner une conclusion uniquement basée sur de tels indices dont le but est de fournir une indication supplémentaire qui, ajoutée et confrontée à d'autres, peut faciliter l'interprétation.

On verra, dans le paragraphe suivant que cette interprétation est dans l'ensemble compatible avec celles qui proviennent d'autres observations basées sur des critères sédimentologiques ou faunistiques.

4.5. Essai d'interprétation

Dans un premier temps, les observations principales faites au cours de cette étude seront interprétées en tenant compte du cadre paléogéographique et paléoécologique définis par les auteurs. Les conclusions seront ensuite exposées à la fin du chapitre.

4.5.1. Cadre paléogéographique et paléoécologique (fig.59,60)

BOURQUIN et CONTINI (1969), CONTINI (1976), ENAY (1966) et GAILLARD (1983), ont étudié en totalité ou en partie les dépôts concernés par cette étude. Ils proposent des reconstitutions basées principalement sur des critères sédimentologiques dont je vais rappeler l'essentiel.

Après les faciès condensés du Callovien moyen, les marnes et calcaires argileux du Callovien supérieur se mettent en place dans la région bisontine. Ils occupent le fond d'une "gouttière" subsidente, orientée NNE-SSW prolongeant vers le sud le bassin souabo-lorrain. Cette "gouttière" est bordée à l'Est et à l'Ouest par deux régions à sédimentation réduite.

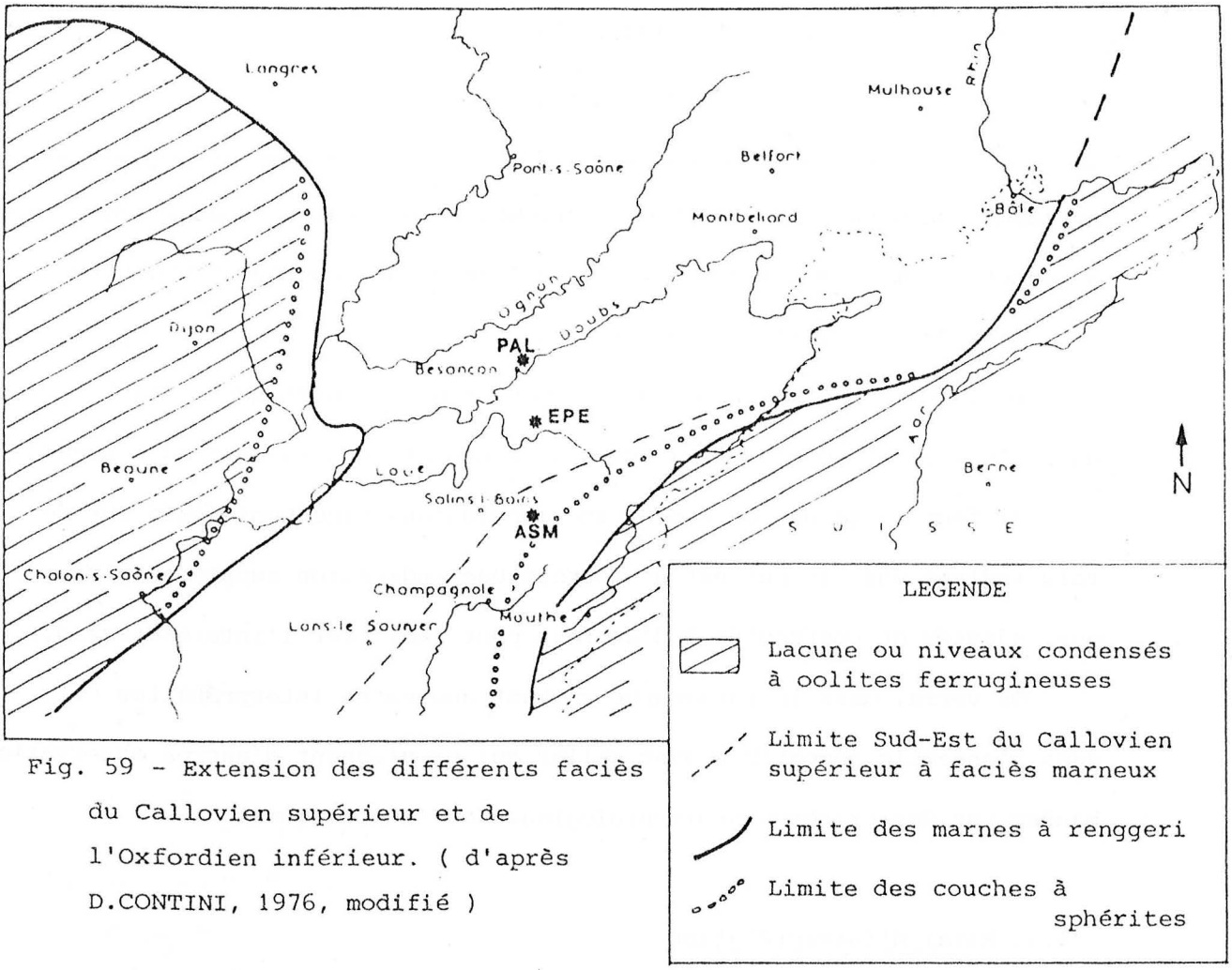


Fig. 59 - Extension des différents faciès du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur. (d'après D.CONTINI, 1976, modifié)

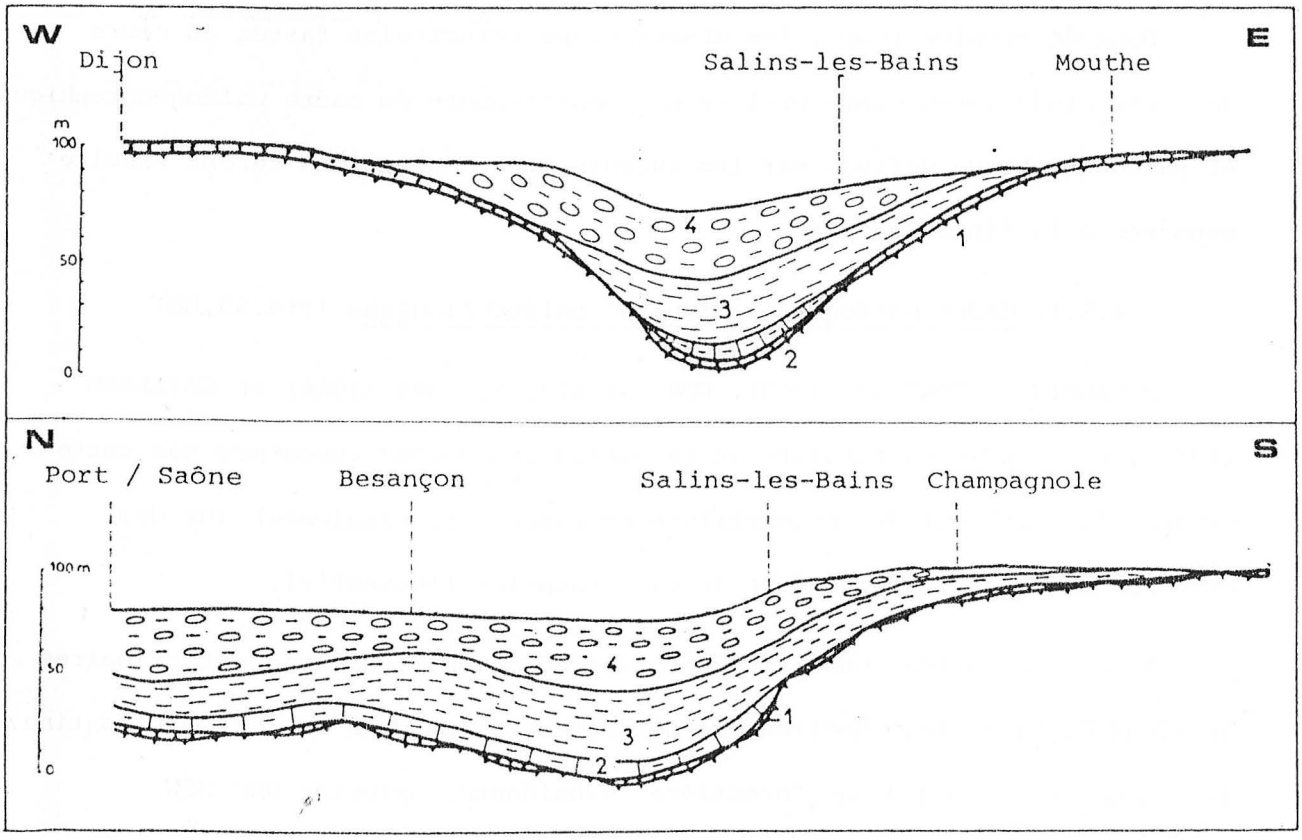


Fig. 60 - Relations entre les faciès du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur le long de deux profils: W-E de Dijon à la plaine suisse et N-S de Port-sur-Saône au S-E de St-Claude (d'après D.CONTINI, 1976, simplifié). Légende: 1=oolithe ferrugineuse, 2=Callovien supérieur à faciès marneux, 3=marnes à renggeri, 4=couches à sphérites.

Au sud du faisceau salinois, les dépôts sont toujours condensés. Le comblement se poursuit à l'Oxfordien inférieur et moyen avec le dépôt des marnes à renggeri et des couches à sphérites. Ces formations ont une extension plus grande et recouvrent une partie du Jura méridional. Le faisceau salinois marque la limite entre le domaine franc-comtois et le Jura méridional; deux régions qui évoluent de façon différente au cours de l'Oxfordien.

Les dépôts du Callovien supérieur, les marnes à renggeri et les couches à sphérites s'inscrivent dans une séquence klüpfelienne "régressive" au cours de laquelle la profondeur de la mer diminue. Le fond passe d'une zone calme de basse énergie à une zone agitée (CONTINI, 1976).

GAILLARD (1983) a étudié la répartition des organismes et les dépôts de l'Oxfordien du Jura méridional. La faune semblerait indiquer un milieu relativement profond de mer franche. L'apparition des couches à sphérites serait dûe à un ralentissement du taux de sédimentation, dans un contexte identique à celui ayant présidé au dépôt des marnes à renggeri.

On peut déjà remarquer que l'interprétation des différents indices mathématiques calculés précédemment est dans l'ensemble compatible avec ces données.

4.5.2. Examen des groupes fauniques

La répartition des différents groupes a été étudiée de manière statistique. Il ne faut donc pas oublier que les niveaux caractéristiques d'un groupe ou d'un taxon ont été définis après l'examen des résultats fournis par l'analyse factorielle des correspondances. Cela ne veut pas dire que ce groupe ou ce taxon est peu abondant en dehors de ces niveaux. Ainsi, il n'existe aucun niveau à spirillines dans les marnes à renggeri alors qu'elles peuvent constituer jusqu'à 50% de l'ensemble des foraminifères.

- Ophtalmiidés, spirillines

Les analyses statistiques montrent une opposition très nette entre les Ophtalmiidés et les spirillines. Cela se retrouve également lorsqu'on compare les coupes entre elles.

Les Ophtalmiidés caractérisent les niveaux des marnes à renggeri, constitués essentiellement de matériel terrigène fin, et les spirillines les niveaux plus calcaires du Callovien supérieur et des couches à sphérites.

On voit que la répartition de ces deux groupes est liée à la quantité d'apports terrigènes.

Cette constatation a déjà été faite par GAILLARD (1983) : les Ophtalmiidés supporteraient facilement un taux de sédimentation élevé, à l'inverse des spirillines.

L'abondance des spirillines dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot vient confirmer cette hypothèse, la puissance de cette formation étant beaucoup plus faible qu'à Palente ou à Epeugney.

Une autre observation va également dans le même sens : dans chacune des coupes, le premier prélèvement dans les marnes à renggeri est très riche en Ophtalmiidés. Ces trois niveaux (PAL7, EPE5,ASM1) ressortent comme les plus significatifs pour ce groupe dans les analyses statistiques.

Ils marquent une reprise de sédimentation. Cette hypothèse semble confirmée par la présence d'Ophtalmiidés dans le premier niveau des marnes de Palente.

Il faut, malgré tout, émettre une légère réserve puisque ces prélèvements ne correspondent pas à l'extrême base de la formation qui est masquée. C'est surtout la nature du fond liée au taux de sédimentation qui doit conditionner la répartition des organismes.

Les études portant sur les foraminifères actuels montrent bien l'influence prépondérante de ce facteur.,

Les apports terrigènes fins sont à l'origine d'un fond vaseux favorable au développement de certains foraminifères, notamment des petites formes arénacées qui y trouvent le matériel nécessaire à l'élaboration de leur test.

D'après GAILLARD (1983), une baisse très sensible du taux général de sédimentation provoquerait une modification de la nature du fond devenant alors propice à l'installation d'une épifaune sessile. Cela se vérifie en Franche-Comté avec la répartition des serpules et des brachiopodes qui est

semblable à celle des spirillines.

Certains organismes fixés sont malgré tout abondants dans les marnes à renggeri. La présence des foraminifères sessiles (Bullopora rostrata Nubeculinella infraoolithica) semble être conditionnée par celle des coquilles de macro-organismes sur lesquelles on les trouve.

GAILLARD (1983) explique l'importance des crinoïdes sur les fonds vaseux par la possibilité qu'ont certaines formes de s'ancrer dans le sédiment grâce à des "cirres" qui partent à intervalles réguliers de la tige. Ces "cirres" sont très abondantes dans les marnes à renggeri. On retrouve également des fragments de tiges montrant leur insertion.

Il faut noter que certaines observations permettent de penser que les spirillines pourraient avoir une forme de vie fixée. Certaines sont très aplaties ou présentent une légère protubérance située dans le plan d'enroulement, à la périphérie du dernier tour de la spire.

Si on admet l'hypothèse selon laquelle la profondeur diminue du Callovien supérieur à l'Oxfordien moyen, il faut conclure que l'abondance des spirillines n'a, dans ce contexte, aucun lien direct avec la bathymétrie.

La figure 61 montre les variations du pourcentage des Ophtalmiidés dans les coupes. Les points figurés à gauche de la courbe indiquent les niveaux caractéristiques des assemblages à Ophtalmiidés reconnus par l'analyse statistique.

A Palente et à Epeugney, les Ophtalmiidés se répartissent principalement en deux ensembles. Le premier, déjà signalé, correspond à la base des marnes à renggeri. Le deuxième se situe près du sommet de cette formation à Palente, et en son milieu à Epeugney.

A Arc-sous-Montenot, mis à part le niveau situé à la base, les Opthtalmiidés ont des variations plus nombreuses et de moindre ampleur.

Les ensembles mis en évidence dans les deux coupes les plus septentrionales pourraient correspondre à des "reprises de sédimentation". A Arc-sous-Montenot, les variations des apports terrigènes ne seraient pas aussi marquées.

- Lenticulines, gros agglutinants calcaires

La deuxième opposition mise à jour par les analyses statistiques se fait entre les lenticulines et les gros agglutinants calcaires. Ces deux groupes sont principalement représentés dans les niveaux du Callovien supérieur (lenticulines) et dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot (gros agglutinants calcaires). La répartition de ces deux groupes serait donc liée à la bathymétrie.

Le caractère moins profond de la microfaune des couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot est marqué par l'importance des gros agglutinants à structure complexe. La présence de telles formes est souvent relevée dans des milieux littoraux. Pseudocyclammina maynci est citée par PELISSIE et PEYBERNES (1983) en domaine de plate-forme interne.
BARNARD et CORDEY (1981) ont fait une synthèse de leurs propres observations et de celles des auteurs ayant étudié les dépôts kimméridgiens. Leurs conclusions sont les mêmes que celles que l'on peut faire à propos de cette étude : les Pseudocyclammines, les gros Ammobaculites et les Haplophragmium indiqueraient des milieux moins profonds que les lenticulines.

La répartition des Haplophragmium est plus large que celle des formes à structure complexe. Outre les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot où ils sont très abondants, on les retrouve principalement dans des niveaux très précis des marnes à renggeri. Ces niveaux ont été utilisés à des fins de corrélation dans le paragraphe précédent.

Les variations du pourcentage des Haplophragmium sont indiquées de la même manière que pour les Ophtalmiidés dans la figure 61. On voit que leur

importance augmente juste avant que n'apparaisse le deuxième ensemble de niveaux à Ophtalmiidés. Si l'on admet que l'importance des Haplophragmium est liée à la bathymétrie, on peut conclure que ces niveaux correspondent à un milieu de dépôt moins profond. La répartition des Ophtalmiidés et des Haplophragmium au sein des marnes à renggeri de Palente et d'Epeugney pourrait s'expliquer par l'enchainement de deux successions fauniques: la première débutant à la base de la formation et finissant avec les niveaux à Haplophragmium, la seconde commençant avec le deuxième ensemble de niveaux à Ophtalmiidés.

Le niveau PAL 12 est caractérisé à la fois par les Ophtalmiidés et par les agglutinants calcaires, deux groupes qui s'opposent par ailleurs. Cela ne veut pas forcément dire que les individus de ces deux groupes furent abondants en même temps. Les niveaux étant collectés sur une vingtaine de centimètres, ils peuvent être constitués par un mélange de deux types d'assemblages successifs.

A Arc-sous-Montenot, les Ophtalmiidés sont plutôt situés à la base des marnes à renggeri et les Haplophragmium au sommet.

Les Haplophragmium étant des foraminifères agglutinés, ils peuvent être en relation avec la nature du fond. Des variations des apports terrigènes peuvent avoir une influence plus ou moins grande sur leur répartition. D'après l'importance qu'ils ont dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot, on peut penser qu'ils tolèrent une diminution sensible du taux de sédimentation. A l'opposé, les lenticulines sont liées, au sens statistique, aux dépôts plus profonds du Callovien supérieur.

En fait, ce genre est presque toujours très abondant. Dans le Jurassique, on peut le trouver associé à des assemblages aussi bien littoraux que bathyaux, ce qui montre sa tolérance vis à vis de la bathymétrie.

Dans l'actuel, il a une répartition et une importance beaucoup plus

limitées. BLANC-VERNET (1969) signale que leur proportion augmente avec la profondeur en Méditerranée à partir du domaine circalittoral où les espèces deviennent plus nombreuses et plus diversifiées.

De même, les assemblages fossiles riches en lenticulines sont généralement attribués à des milieux profonds.

Malgré les résultats cohérents que permet l'analyse de la répartition des lenticulines, il ne faut pas leur accorder une importance trop grande car leur intérêt en tant qu'indicateurs des conditions de dépôts reste à démontrer.

L'état de conservation du sédiment peut fausser considérablement les résultats. La proportion des lenticulines augmente en cas de lessivage des particules fines et il semble qu'elles sont plus résistantes à la dissolution que beaucoup d'autres espèces.

- Triplasia - Flabellemmina, Nubeculinella tibia bulbifera

La figure 62 montre les variations du pourcentage de ces deux groupes. On voit qu'une relation évidente existe entre eux. Cette relation n'est pas apparue dans les analyses statistiques car les niveaux les plus riches en N. tibia bulbifera sont ceux de la base des couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot où il n'existe aucun individu appartenant aux genres Triplasia et Flabellammina.

GAILLARD (1983) a remarqué la distribution particulière de ces deux groupes dans les formations supérieures de l'Oxfordien: Ils seraient liés à une diminution du taux de sédimentation.

Cette hypothèse s'applique très bien aux observations faites dans l'Oxfordien de Franche-Comté. Les niveaux les plus riches en N.tibia bulbifera se situent grossièrement à la base ou au sommet des marnes à renggeri.

PAL 12 et EPE 8 en contiennent également et correspondent aux niveaux à gros agglutinants calcaires mis en évidence précédemment au sein

des marnes à renggeri de Palente et d'Epeugney.
L'hypothèse selon laquelle ils marqueraient une diminution du taux de sédimentation est également confirmée par le fait que tous les groupes de foraminifères présents y sont très nombreux.

A Arc-sous-Montenot, les premiers niveaux contenant N.tibia bulbifera coïncident avec des niveaux à Ophtalmiidés ou les précédent. Cela correspond certainement à des variations des apports terrigènes. Elles sont nombreuses et de faible ampleur. Les prélèvements sont trop espacés pour permettre une interprétation indiscutable.

Ces organismes supporteraient moins bien que les Ophtalmiidés une sédimentation active, (GAILLARD 1983).

Ils pourraient être adaptés à des fonds plus ou moins envasés, correspondant à des périodes de changement du régime des apports terrigènes.

La répartition des genres Triplasia et Flabellammina est identique à celle de N. tibia bulbifera à cela près que ces deux genres sont absents des niveaux riches en gros agglutinants calcaires. Le fait qu'ils soient présents dans les niveaux plus profonds du Callovien supérieur permet d'émettre l'hypothèse selon laquelle leur répartition est liée à la bathymétrie.

BARNARD, CORDEY et SHIPP (1981) les considèrent comme des indicateurs de milieu profond, ainsi que SEPTFONTAINE (1981). GRADSTEIN (1983), reprenant les travaux de différents auteurs, les cite dans le milieu néritique profond. GAILLARD (1983) les situe en domaine de plate-forme externe moins profond.

On peut supposer que ces genres ne supportent pas aussi bien que N.tibia bulbifera une diminution trop importante de la profondeur.
Comme pour N.tibia bulbifera, on les trouve associés aux dentalines et aux éoguttulines, deux genres connus pour la tolérance qui leur permet d'être abondants dans des milieux peu propices aux autres taxons.

- Ammobaculites sp.A. Comme les Haplophragmium cette espèce est associée à des niveaux précis des marnes à renggeri. La position de cette espèce est dans les trois coupes, intermédiaire entre celle des Ophtalmiidés et celle des Haplophragmium. On peut difficilement savoir quel est le facteur qui influence le plus sa position : bathymétrie ou taux de sédimentation.

Il ne faut pas exclure que d'autres facteurs, liés par exemple à la position géographique des coupes, puissent intervenir. En effet cette espèce n'a été citée que dans le Jura méridional et c'est la seule dont l'importance décroit du Sud vers le Nord.

- Reophax horridus :

La répartition de cette espèce est globalement similaire à celle des Ophtalmiidés. Le fait qu'on la trouve également dans les couches à sphérites de Palente et d'Epeugney montre qu'elle supporte plus facilement, que ces dernières, une diminution du taux de sédimentation. Les différences de répartition entre ces deux espèces pourraient aussi être liées à la granulométrie du fond (R.horridus agglutine de grosses particules).

Leur abondance dans les couches à sphérites d'Epeugney s'explique par l'importance des éléments détritiques de cette formation dans cette région.

Les couches à sphérites à Epeugney sont marquées par des apports détritiques beaucoup plus importants qu'au Sud, ce qui explique l'abondance de R. horridus dans ces niveaux (son absence des couches à sphérites à Palente n'est pas significative: ces niveaux semblent être très mal conservés).

- Agglutinants siliceux :

Ce groupe a une répartition originale. Comme presque tous les agglutinants, il est abondant dans les marnes à renggeri.

Tous les genres qui le composent sont encore bien représentés dans l'actuel. Des espèces comme T. squamata et P. difflugiformis existent encore de nos jours; ils sont plutôt liés à la nature vaseuse du fond.

La présence des épistomines dans ce groupe est certainement dûe à sa meilleure fossilisation dans les marnes à renggeri.

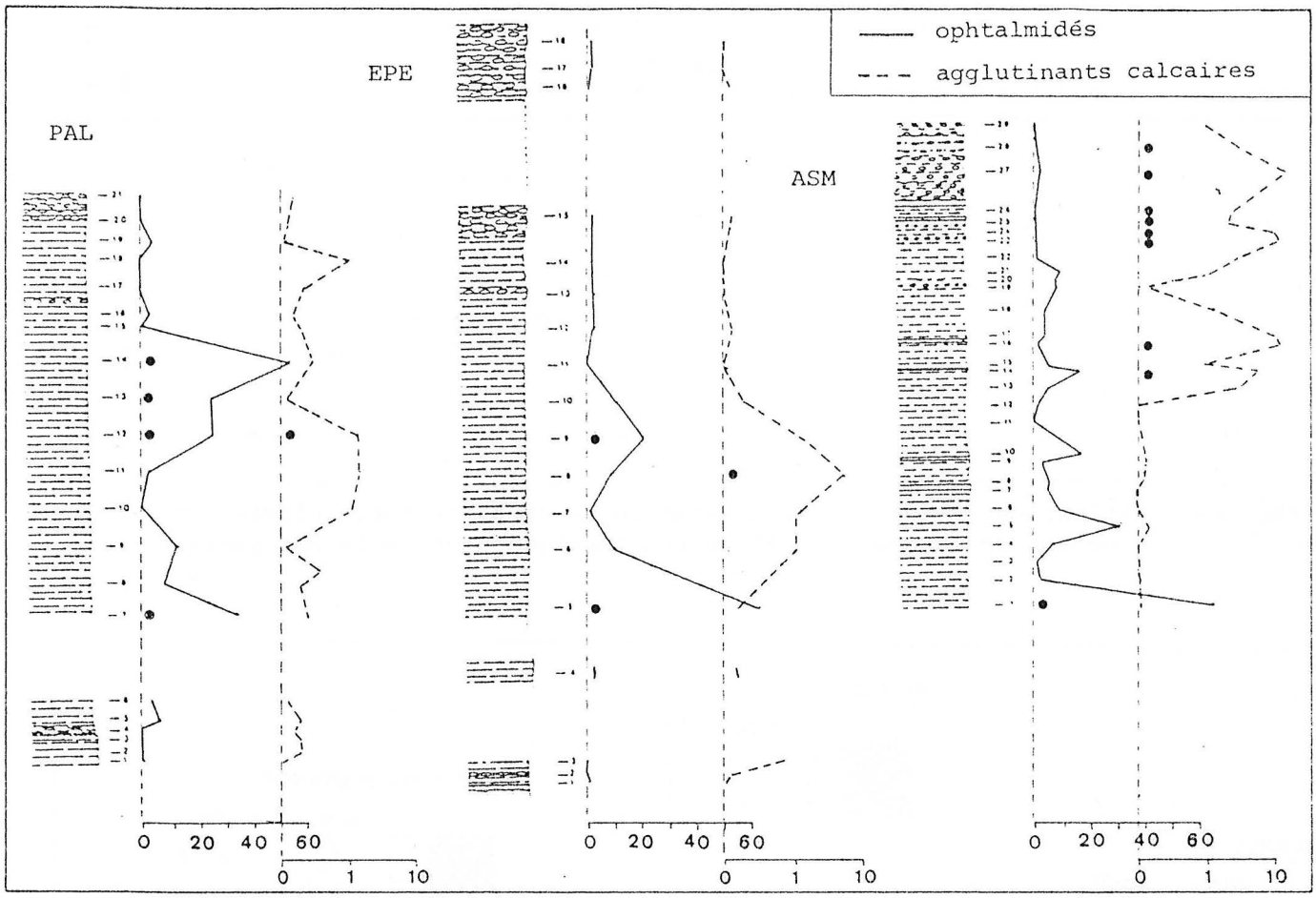


Fig. 61 - Variation des pourcentages d'ophtalmidés et de foraminifères agglutinants calcaires dans les trois coupes.

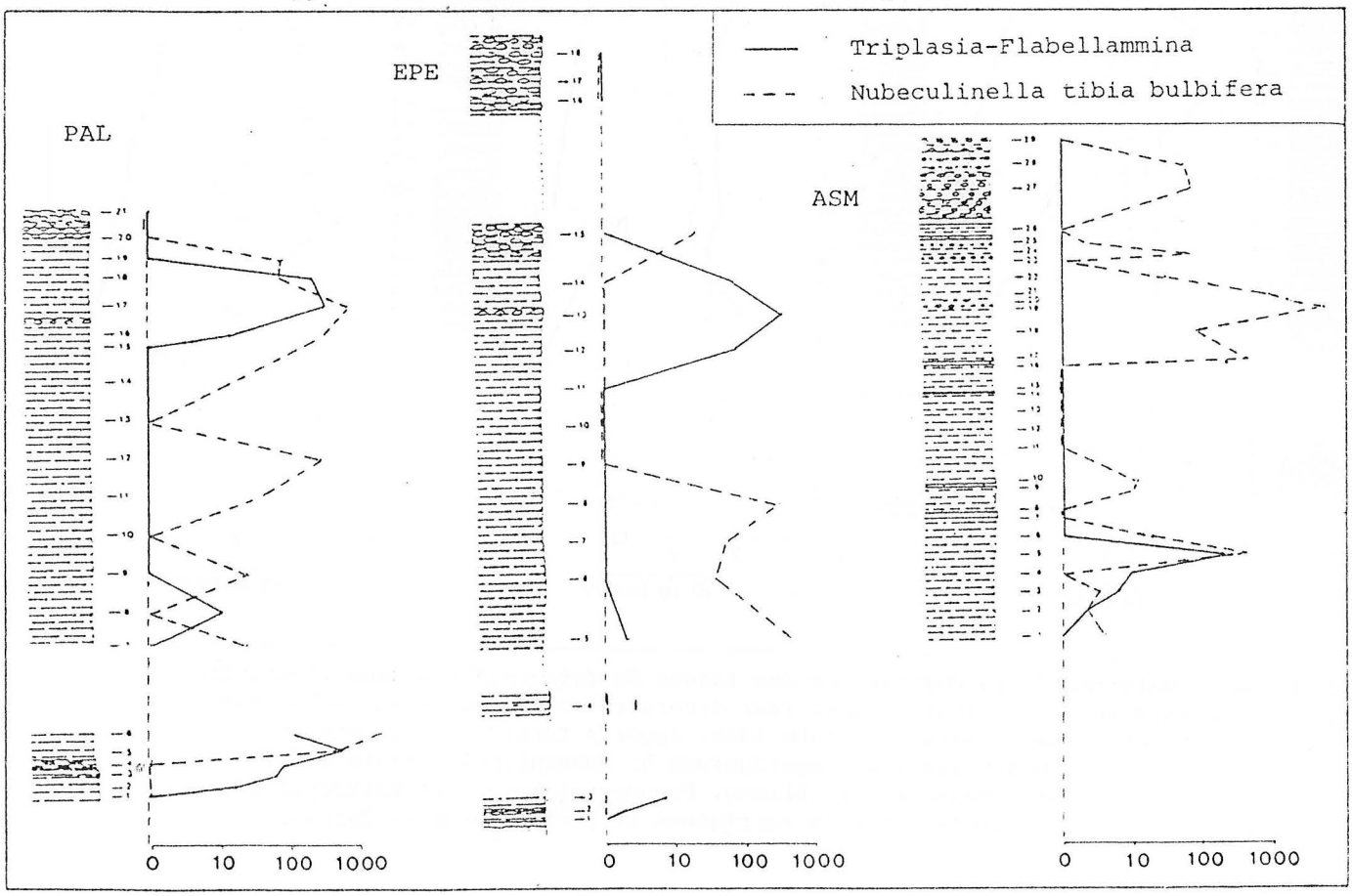


Fig. 62 - Variation des pourcentages des genres Triplasia-Flabellammina et de Nubeculinella tibia bulbifera dans les trois coupes.

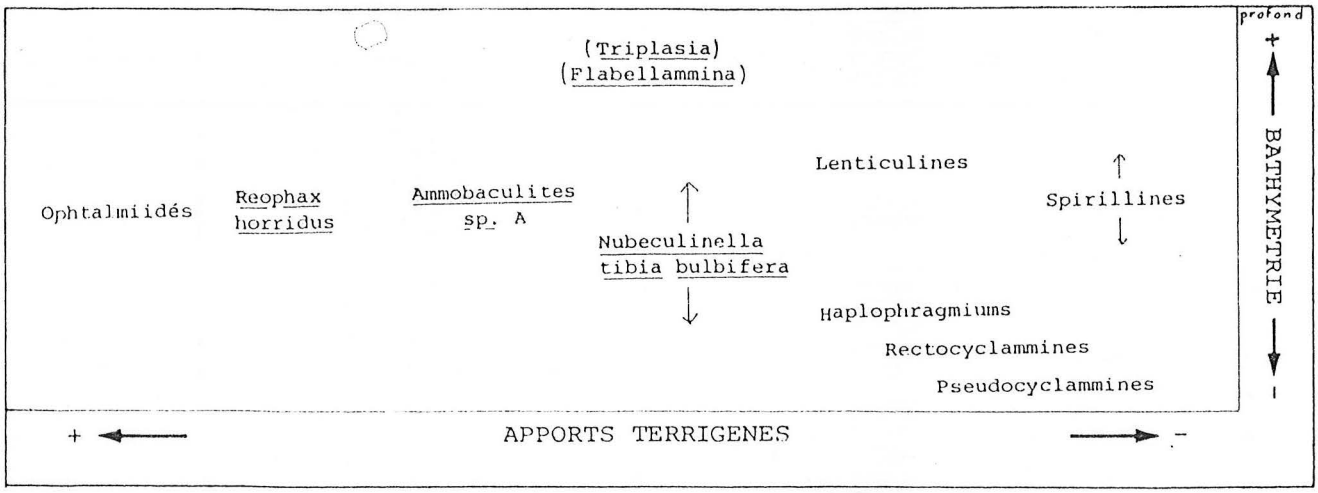


Fig. 63 - Estimation de la situation relative de certains foraminifères en fonction de la quantité d'apports terrigènes et de la bathymétrie.

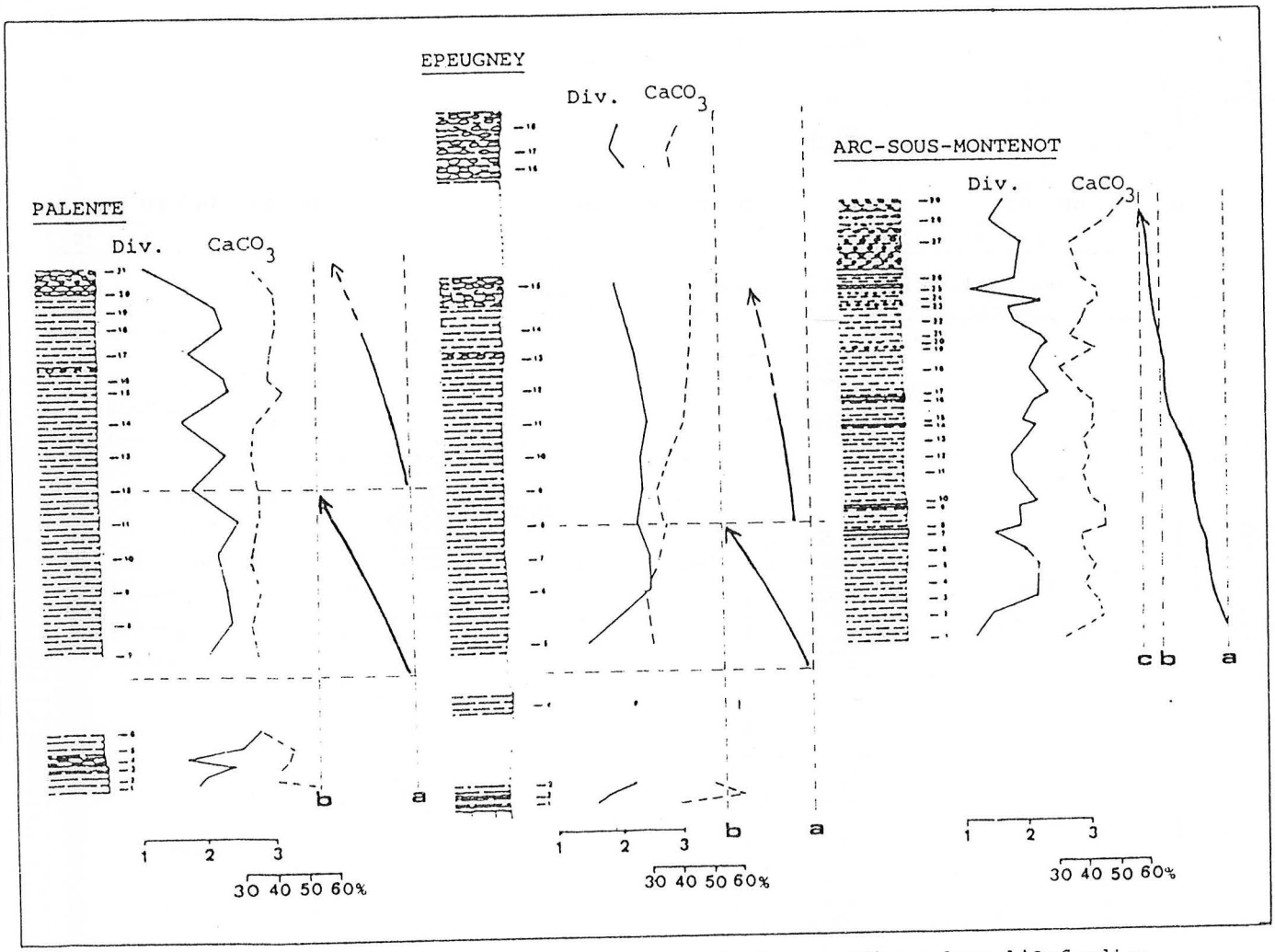


Fig. 64 - Evolution de la composition des faunes de foraminifères dans l'Oxfordien inférieur. Comparaison avec leur diversité et la teneur en carbonates.
Légende : **a** Niveaux à Ophtalmiidés, apports terrigènes importants
b Niveaux à Haplophragmiums et Nubeculinella tibia bulbifera
c Niveaux à Spirillines, Pseudocyclammines et Rectocyclammines, faibles apports terrigènes et profondeur plus faible.

- Ostracodes :

Leurs variations sont moins importantes que celles des foraminifères. A l'inverse de ceux-ci, ils sont plus abondants dans le Callovien supérieur et dans les couches à sphérites d'Arc-sous-Montenot. Deux taxons échappent à la règle : N. cruciata et les Polycopes

Les niveaux riches en N.cruciata appartiennent aux formations du Callovien supérieur ou aux marnes à renggeri. Cette espèce supporterait mieux que les autres espèces d'ostracodes un taux de sédimentation élevé. Son extinction au sommet des marnes à renggeri ne peut être liée ni à une différence du taux de sédimentation, ni à une variation bathymétrique.

Les Polycopes sont associés aux Ophtalmiidés et à Reophax horridus. Ils seraient relativement abondants dans des niveaux à taux de sédimentation élevé.

La relation mise en évidence par l'analyse statistique entre les spirillines et Progonocythere martini permet de penser que cette espèce est liée à un taux de sédimentation réduit. Cela semble être le cas de la majorité des ostracodes, et notamment de Progonocythere gublerae.

Les deux espèces du genre Progonocythere sont abondantes dans les mêmes niveaux. La répartition plus limitée de P.martini pourrait être dûe à des possibilités d'adaptation plus réduites que celles de P.gublerae.

Les genres Macrocypris et Cardobairdia seraient des indicateurs de milieu plus profond (DONZE : communication orale).

Le genre Macrocypris se retrouve dans presque tous les prélèvements. L'analyse statistique a montré que sa présence était significative dans les niveaux du sommet du Callovien supérieur.

Le genre Cardobairdia n'est représenté que dans trois niveaux de la coupe de Palente : les deux niveaux de l'Oxfordien ne renferment qu'un seul individu, celui du Callovien supérieur en contient plus (13).

L'interprétation que l'on peut donner de la répartition des individus de ces deux genres est donc compatible avec la plupart des observations précédentes.

4.5.3. Synthèse

L'influence des apports terrigènes sur la répartition des organismes est apparue de façon indéniable. Ce facteur permet d'expliquer à lui seul les variations de plusieurs groupes : Ophtalmiidés, spirillines, R.horridus, N.tibia bulbifera pour les foraminifères et P. martini pour les ostracodes.

Des variations bathymétriques peuvent également intervenir. Elles seraient en partie responsables de la répartition des gros agglutinants calcaires et des genres Triplasia - Flabellammina.

La profondeur et l'influence des apports terrigènes ne sont certainement pas les seuls facteurs responsables de la distribution des organismes mais ils permettent d'en donner une explication cohérente qui est en accord avec toutes les indications fournies au cours de cette étude.

On observe que les groupes de foraminifères et d'ostracodes se succédent dans un certain ordre au sein des coupes. Une proposition de classement en fonction de la profondeur et de l'importance des apports terrigènes est donnée à la figure 63. Chaque groupe a une répartition beaucoup plus large que celle qui est indiquée sur cette figure ; sa localisation correspond aux conditions de vie supposées les plus favorables pour lui.

La figure 64 montre les successions fauniques (flèches) mises en évidence au cours de ce travail. Si on admet que ces successions correspondent à des séquences sédimentaires de comblement, on peut essayer de préciser l'évolution des milieux de dépot.

Le Callovien supérieur est marqué par un approfondissement du fond et par une reprise de la sédimentation marneuse. Les apports terrigènes sont relativement peu importants, la profondeur s'accroît et atteint son maximum au moment du dépôt des calcaires argileux.

Les premiers dépôts des marnes à renggeri correspondent à une importante reprise de sédimentation. Celle-ci est marquée par l'abondance des Ophtalmiidés et de Reophax horridus.

L'importance des apports terrigènes diminue progressivement en

même temps que la profondeur. Aux niveaux à Ophtalmiidés et à Reophax horridus succèdent des niveaux à Ammobaculites sp.A puis à agglutinants calcaires. Ces derniers sont accompagnés de Nubeculinella tibia bulbifera, indice d'un taux de sédimentation plus faible.

A Palente et à Epeugney, une nouvelle séquence de comblement débute brusquement après les niveaux à agglutinants calcaires situés dans la partie médiane ou supérieure des marnes à renggeri.

A Arc-sous-Montenot, ces deux séquences successives ne sont pas visibles. Quelques fluctuations des apports terrigènes sont décelables, notamment à la base des marnes à renggeri. L'ensemble de cette formation s'inscrit globalement dans une séquence de comblement qui aboutit au dépôt des couches à sphérites, marquées par la présence d'agglutinants à structure complexe. Le taux de sédimentation et la profondeur y sont nettement plus faibles qu'au Nord.

Il faut remarquer que cette interprétation s'appuie sur des variations relatives et locales des facteurs sédimentaires.

Il serait en effet dangereux d'accorder une trop grande importance aux indications provenant d'autres régions, des facteurs écologiques locaux ou, au contraire, plus généraux, pouvant intervenir sur la répartition de certains taxons.

Plusieurs auteurs ont montré l'influence de la latitude sur la distribution et sur la diversité des foraminifères (SLITTER et BAKER, 1972, HAIG, 1979). Ainsi, des assemblages riches en foraminifères agglutinants siliceux peuvent avoir une signification écologique différente en fonction de ce facteur.

De la même manière, les constatations faites à propos de cette étude ne peuvent être utilisées qu'avec précaution à propos d'autres régions.

UNIVERSITÉ DE LYON 1
C. S. T.
GÉOLOGIE

CONCLUSION

C O N C L U S I O N

L'intérêt de ce travail est d'abord de combler le manque d'informations relatif à la microfaune du Callovo-Oxfordien en France et spécialement dans le Jura.

Les faciès marneux particulièrement bien développés dans la région de Besançon ont permis de dresser un inventaire complet des foraminifères et des ostracodes. Leur répartition stratigraphique détaillée a été précisée, notamment au voisinage de la limite Callovien supérieur-Oxfordien inférieur.

L'étude systématique a toujours été poussée au niveau spécifique et s'appuie sur un grand nombre d'individus. L'importance de l'échantillonnage a permis d'avoir une idée plus juste de la variabilité au sein des espèces et d'en donner une conception quelquefois différente de celle communément admise par les auteurs.

L'analyse biométrique a complété l'analyse systématique pour l'étude des individus appartenant aux genres Frondicularia, Ammobaculites et Haplophragmium. Ainsi, il est apparu une relation évidente entre le type d'agglutinant et la morphologie des espèces d'Ammobaculites et d'Haplophragmium.

La grande abondance et la remarqable conservation de la microfaune ont permis de réaliser une étude détaillée de la répartition des foraminifères et des ostracodes.

L'interprétation des différentes observations s'est faite en tenant compte du cadre paléogéographique et paléoécologique défini par les auteurs ayant étudié cette région.

La répartition des foraminifères et des ostracodes est essentiellement

liée à la quantité d'apports terrigènes. Les spirillines sont particulièrement abondantes dans les niveaux à dominance calcaire du Callovien supérieur et des Couches à Sphérites d'Arc-sous-Montenot alors que les Ophtalmiidés et Reophax horridus caractérisent les niveaux riches en matériel terrigène des Marnes à Renggeri et des Couches à Sphérites de Palente et d'Epeugney. De nombreux autres taxons de foraminifères et d'ostracodes sont également liés à ce facteur.

Il semble que la bathymétrie puisse jouer un rôle, plus discret, dans la répartition de la microfaune, les gros agglutinants calcaires marquant les milieux moins profonds, à l'inverse des Triplasia et des Flabellammina. Des réserves sont à apporter quant à ces conclusions, d'une part, parce que, selon les auteurs, les variations bathymétriques sont très limitées dans cette région au cours de cette période, et d'autre part, parce que toutes les variations des Triplasia et des Flabellammina n'ont pas pu être expliquées de manière satisfaisante.

Les enseignements apportés par cette étude ont permis de proposer une reconstitution plus précise de l'évolution des milieux de dépôt. Deux successions fauniques, allant des Ophtalmiidés aux gros agglutinants calcaires ont été mises en évidence dans les marnes à Renggeri. Elles peuvent être interprétées comme deux séquences lithologiques de comblement au sein d'un ensemble à faciès uniforme.

Il ne faut pas oublier toutefois que les résultats obtenus ne concernent qu'une région très limitée où seulement trois coupes ont été étudiées, ce qui limite leur portée.

Cette étude m'a amené à tester la valeur et les limites des méthodes statistiques utilisées et la fiabilité des interprétations.

Afin de réduire au maximum les erreurs dues à la méthode de comptage, un grand nombre d'individus a été pris en compte. Ils ont tous été collectés, avant d'être comptés, de manière à permettre une détermination spécifique rigoureuse.

L'analyse factorielle des correspondances a été très utile, dans un premier temps, pour distinguer les groupes de foraminifères et pour mettre en évidence leur répartition. Elle s'est révélée inefficace pour expliquer leurs interrelations et leurs rapports avec le contexte écologique, et cela, malgré les différentes méthodes de normalisation des données utilisées.

Il est apparu que les difficultés d'interprétation résidaient dans la structure même des peuplements de foraminifères. L'analyse de ces structures, par le calcul des indices de diversité et par les ajustements au modèle de Motomura, a permis de fournir une explication: le comportement opportuniste de certaines espèces peut aboutir à ce que ses relations avec les autres espèces se modifient d'un niveau à l'autre. Les variations d'effectifs deviennent ainsi trop complexes pour être expliquées par une méthode statistique classique ou pour qu'on puisse les comparer directement à des paramètres sédimentologiques.

Les résultats encourageants obtenus en utilisant des méthodes habituellement réservées aux peuplements actuels ont montré que ces méthodes étaient directement applicables aux assemblages fossiles à condition de disposer d'un matériel très abondant et très bien conservé.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

ADAMS C.G. (1962) - Calcareous Adherent Foraminifera from the British Jurassic and the French Eocene. *Palaeontology*, London; 5,2 ,p.149-170, 1 fig., pl. 21-24.

BARNARD T. (1952) - Foraminifera from the upper Oxford Clay (Jurassic) of Warboys, Huntingdonshire. *Geol. Assoc. Proc.*, London; 63,4, p. 336-350, fig. A.C., tabl.1.

BARNARD T., CORDEY W.G., SHIPP D.J. (1981) - Foraminifera from the Oxford Clay (Callovian-Oxfordian of England). *Rev. Espanola Microp.* Madrid; 13,3, p.383-462, 48 fig., 4 pl.

BARNARD T., SHIPP D.J. (1981) - Kimmeridgian Foraminifera from the Boulonnais. *Rev. Micropal.*, Paris; 24,1, p.3-26, 7 fig., 3 pl.

BARTENSTEIN H. (1952) - Taxonomische Bemerkungen zu den Ammobaculites, Haplophragmium, Lituola und verwandten Gattungen (For.), *Senckenbergiana*, Frankfurt am Main; 33, 4/6, p.312-342, 2 tabl., 7 pl.

BARTENSTEIN H., BRAND E. (1937) - Mikro-paläontologishe Untersuchungen zur Stratigraphie des Nordwest Deutschen Lias und Doggers. *Abh.senckenb.Natur.Ges.*, Frankfurt am Main; 439, p. 1-224.

BASTIEN M.H., SIGAL J. (1962) - Contribution à l'étude paléontologique de l'Oxfordien supérieur de Trept (Isère); II : Foraminifères. *Trav. Lab.Geol.Lyon, N.S.*;8, p. 83-123, fig.4, tabl.2, pl. 5-8.

BIELECKA W., POZARYSKI (1954) - Micropaleontological Stratigraphy of the Upper Malm in Central Poland. *Inst. Geol. Prace*, Warszawa; 12, p. 143-206, 12 pl.

BIELECKA W., STYK O. (1981) - Biostratigraphy of the Bathonian and Callovian deposits of North-Western Poland based on occurence of Foraminifers and Ostracods (en polonais). *Prace Inst. Geol.C*, Warszawa; 56 p., 1 fig., 8 pl.

BIZON J.J. (1958) - Foraminifères et Ostracodes de l'Oxfordien de Villers-/ Mer (Calvados). *Rev. Inst. Fr. Pétrole et Ann. Comb. Liqu.*, Paris; 13, 1, p.3-45, 3 fig., 2 tab., 5 pl.

BLANC-VERNET L. (1969) - Contribution à l'étude des Foraminifères de Méditerranée. Relations entre la microfaune et le sédiment. Biocoenoses actuelles thanatocoenoses pliocènes et quaternaires. *Rec.Trav.Station Marine Endoume*, Marseille; 64, 48, 251 p.

BLONDEL J. (1979) - Biogéographie et écologie. *Masson édit.* Paris, 173 p.

CHOFFAT P. (1878) - Esquisses du Callovien et de l'Oxfordien dans le Jura occidental et le Jura méridional. *Mém. Soc. Emul. Doubs*, 5e série, 3, p. 82-219.

CIFELLI R. (1959) - Bathonian Foraminifera of England. *Bull. Museum Comp. Zool.*, Cambridge; 121, 7, p.265-368, 7 pl.

CONTINI D. (1972) - Le Jurassique en Franche-Comté. *Annales Scient. Univ. Besançon, Géologie;* 3e série, 17, 18 p., 6 fig.

CONTINI D. (1976) - Evolution des milieux de sédimentation au cours de l'Oxfordien en Franche-Comté. *Bull. Féd. Soc. Hist. Nat. Franche-Comté;* 77, p.43-54, 5 fig.

CONTINI D., BOURQUIN J. (1969) - Esquisses paléogéographiques du Jura au Callovien. *Ann. Scient.Univ.Besançon, Géologie;* 3e série, 6, p.39-49, fig. 1-2, tab. 1-4.

CONTINI D., GIRARD-CLAUDON F. (1966) - Le Callovien de la gare de Boujailles (Doubs). *Ann.Scient. Univ. Besançon, Géologie;* 3e série, 2 p.65-68, fig. 1-2.

CONTINI D., ROLLET A. (1971) - L'Oxfordien de Bonnevaux-Le-Prieuré (Plateau d'Ornans, Doubs). *Ann. Scient. Univ. Besançon, Géologie;* 3e série, 2, p.65-68, fig.1-2.

CORDEY W.G. (1962) - Foraminifera from the Oxford Clay of Staffin Bay, Isle of Skye, Scotland. *Senck. Leth.*, Frankfurt am Main; B.43, p.375-409, pl. 46-48.

DAGET J. (1976) - Les modèles mathématiques en écologie. Cours du D.E.A. d'écologie de la Faculté des Sciences de Paris (inédit), 105 p.

DARMEDRU C. (1982) - La microfaune dans les alternances marne-calcaire pélagiques du Crétacé inférieur vocontien (Sud-Est de la France). Mise en évidence d'oscillations climatiques. *Thèse doctorat 3e cycle Univ. Lyon 1;* inédite, 154 p., 111 fig., 5 tab., 3 pl.

DEBRAND-PASSARD S. et al., (1978) - Répartition des Faunes d'Ammonites, de Brachiopodes, de Foraminifères, d'Ostracodes et des Flores dans les principales formations lithologiques du Jurassique supérieur de la Champagne berrichonne, département du Cher et de l'Indre. *Bull. Inf. Géol. Bassin Paris;* 15, 2, p.33-51.

DEECKE W. (1886) - Les Foraminifères de l'Oxfordien des environs de Montbéliard (Doubs). *Mém. Soc. Emul. Montbéliard;* 16, p. 1-47, pl.1-2.

DIENI I. et MASSARI F. (1966) - I foraminiferi del Valanginiano superiore di Orosei (Sardegna). *Paleontographia Italica*, Pisa; 61, p.75-186, 3 fig., pl.61-70.

DONZE P., ENAY R., (1962) - Les Ostracodes de la limite Dogger-Malm dans l'Ile Crémieu. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, N.S.*;8, p. 143-157 fig. 5-7, pl. 12.

DREYFUSS M. (1954) - Le Jura dans les mers du Jurassique supérieur; essai sur la sédimentation et la paléogéographie dans leurs rapports avec les déformations. *Mém. S.G.F., N.S.*, Paris; 33,1,69, p.1-62, pl. 1-2.

ENAY R. (1966) - L'Oxfordien dans la moitié sud du Jura français. *Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon;* 8, 1, 323 p., 90 fig.

ESPITALIE J.,SIGAL J. (1963) - Contribution à l'étude des Foraminifères (Micropaléontologie-Microstratigraphie) du Jurassique supérieur et du Neocomien du Bassin de Majunga (Madagascar). *Ann. Geol. Madagascar*, Tananarive; 32, 100 p., 36 pl.

FOUCART T. (1982) - Analyse factorielle. Programmation sur micro-ordinateurs. *Coll. Méthodes + Programmes, Masson édit.*, Paris; 245 p.

FRENTZEN K., (1941) - Die Foraminiferenfaunen des Lias, Doggers und Unteren Malms des Umgegend von Blumberg. *Beitr. Naturk.Forsch*, Karlsruhe; 6, p. 125-402, 7 pl.

GAILLARD C. (1983) - Les biohermes à spongiaires et leur environnement dans l'Oxfordien du Jura Méridonal. *Docum.Lab.Géol. Lyon;* 515 p., 187 fig., 42 pl.

GIBSON T.G., BUZAS M.A. (1973) - Species diversity : patterns in modern and Miocene Foraminifera of the Eastern margin of North America. *Bull. Soc. Geol. America*, Boulder (Colorado); 84, 1, p.217-238.

GIRARDOT A., (1896) - Etudes géologiques sur la Franche-Comté septentrionale.- Le système oolithique. *Lib. Sciences Générales*, Paris; 416 p.

GORDON W.A., (1962) - Some Foraminifera from the Ampthill Clay, Upper Jurassic, of Cambridgeshire. *Palaeontology*, London; 4, p. 520-537.

GORDON W.A. (1965) - Foraminifera from the Corallian Beds, Upper Jurassic, of Dorset, England. *Journ. Paleont.*, Menasha (Wisconsin); 39, 5, p.828-863, 11 pl.

GORDON W.A., (1967) - Foraminifera from the Callovian (Middle Jurassic) of Brora, Scotland. *Micropaleontology*, New-York; 13, 4, p. 445-464, 4pl.

GRADSTEIN F.M., (1983) - Paleoecology and stratigraphy of Jurassic abyssal Foraminifera in the Blake-Bahama basin, Deep Sea Drilling Project Site 534 in Sheridan R.E., Gradstein F.M. et al., *Initial reports of the D.S.D.P. U.S.Government Print off.*, Washington; 76, p.537-559, 9 fig., 3 tab., 4 pl.

GROISS J. Th., (1967a) - Foraminiferen-Faunen aus den Neuburger Bankkalken (Mittel-Tithon). *Erlanger geol. Abh.*; 66, p.1-74, 6 fig., pl.1-4.

GUERIN S., MOULLADE M., (1979) - Les Foraminifères dans les faciès "black shales" ou assimilés ; quelques réflexions sur le modèle vocontien au Crétacé inférieur. *Docum.Lab.Geol.Fac.Sci.Lyon;* 75, p.59-69.

GUERIN S., MOULLADE M. (1980) - Les associations de Foraminifères benthiques de l'Albien de l'Atlantique Nord (Legs DSDP 11, 14,41,43,44,47b, 48,50). *Bull. Soc. Geol. France,* Paris; (7), 22, 5, p.771-777.

HAGN H., ZIEGLER J., (1957) - Zur Enstehung "pseudolabyrinthischer" Strukturen bei sandschaligen Foraminiferen. *Paläont. Zeitsch.*, Stuttgart; 31, p.66-77.

HAIG D.W., (1979) - Global distribution patterns for Mid.Cretaceous Foraminiferids *Journ. Foram. Res.*, Washington; 9, 1, p.29-40.

HAYNES J.R., (1981) - Foraminifera. *MAC MILLAM Publishers LTD,* London; 433p., 94 fig., 18 pl.

HOTTINGER L., (1967) - Foraminifères imperforés du Mesozoïque marocain. *Notes Mém.Serv.Geol.Maroc,* Rabat; 109,168 p., 61 fig., 20 pl.

INAGAKI H., (1967) - Mise au point de la loi de Motomura et essai d'une écologie évolutive. *Vie, Milieu;* B, 18, 1, p.153-166.

KILENYI T., (1978) - A stratigraphical index of British Ostracoda.*Geol.J. special Issue n°8 seel home Press. R. Batt and Robinson edit.* Liverpool; p. 259-298, 2 fig. 3 tab., 13 pl.

LAGARDE J. (1983) - Initiation à l'analyse de données. *Dunod édit.*, Paris;

LINDENBERG H.G., (1967) - Untersuchungen an lituoliden Foraminiferen aus dem S.W.- deutschen Dogger, 2 : Die Arten von Haplophragmium und Triplasia. *Abh. Senckenb. Naturf. Ges.*, Frankfurt am Main; 514, p. 1-74.

LLOYD A.J. (1959) - Arenaceous Foraminifera from the type Kimmeridgian. *Paleontology*, London; 1,4, p.298-320.

LOEBLICH A.R. & TAPPAN H., (1964) - Treatise on Invertebrate Paleontology directed by R.C. MOORE, partC, Prostita 2. *Geol.Soc.America and Kansas Press. Univ. edit.*, New-York; 2 vol., 900 p., 653 fig.

LOEBLICH A.R. & TAPPAN H. (1974) - Recent advances in the classification of the Foraminiferida in : Foraminiferida, *Acad. Press. London;* p.1-54.

LOEBLICH A.R. & TAPPAN H. (1981) - Suprageneric revision of some calcareous Foraminiferida. *Journ. Foram. Res.*, Washington; 11, 2, p.159-164.

LUTZE G.F., (1960) - Zur Stratigraphie und Paläontologie des Callovien und Oxfordien in Nordwest-Deutschland. *Geol. Jb.*, Hannover; 77, p. 391-532, 20 tab., pl. 26-46.

MAGNE J. & MASCLE G., (1962) - L'Argovien d'Andelot-en-Montagne. *Colloque du Jurassique, Luxembourg;* p. 307-332, 6 fig. 7 pl.

MAGNIEZ-JANNIN F. (1971) - Les Foraminifères de l'Albien de l'Aube : Paléontologie, Stratigraphie, Ecologie. *Thèse Sci.Nat.Univ. Dijon, inédite* 4,780 p, 141 fig., 55 diag., 62 tab., 26 pl.

MAHLECKI J., (1954) - Flabellamminopsis nowy rod zaj otwornic aglutynujacych z doggeru okolic Czestochowy. *Soc. Geol. Pologne Ann.*, Krakow; 22, p.101-122, fig. 1-3, pl.3-5.

MARCOU J., (1848) - Recherches géologiques sur le Jura salinois. *Mém. S.G.F.* Paris; (2), 3, 1, p.1-152.

MORKHOVEN V., (1963) - Post - Palaeozoic Ostracoda. Their Morphology, Taxonomy and Economic Use. *Elsevier edit.*, Londres; 2, 478 p., 763 fig.

MOULLADE M., (1984) - Intérêt des petits foraminifères benthiques "profonds" pour la biostratigraphie et l'analyse des paléoenvironnements océaniques mésozoïques in Benthos '83,2nd Int.Symp.Benthic Foraminifera (Pau,1983),*Oertli édit.*,Pau;p.429-464,5 fig.,3 tab.,10 pl.

MUNK C., (1978) - Feinstratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen an Foraminiferen- Faunen in Mittleren und Oberen Dogger (Bajocien-Callovien) der Frankenalb. *Erlanger geol. Abh.;* 105, 72 p., 31 fig., 5 pl.

MURRAY J.W., (1984) - Benthic Foraminifera : Some relation ships between ecological observations and paleoecological interpretations in Benthos '83, 2nd Int. Symp. on Benthic Foraminifera, (Pau, 1983) - Elf Aquitaine, Esso REP and Total CFP, *Oertli édit.*,

NICOLLIN J.P., (1983) - Foraminifères du Lias moyen et supérieur du Bugey (Jura méridional). *Thèse doctorat 3eme cycle Univ. Lyon 1, Inédite* 147 p., 28 fig., 12 pl.

OERTLI H.J., (1959) - Malm Ostrakoden aus dem schweizerischen Juragebirge. *Mem. Soc. Helvetique Sci.Nat.*,Zürich; 82, 1, 44p.,4 fig., 7 pl.

OESTERLE H., (1968) - Foraminiferen der Typlokalität der Birmenstorfer-Schiten, unterer Malm. *Eclogae geol. Helvet.*,Basel;61,2, p.695-792, 53 fig.

PAALZOW R., (1932) - Die Foraminiferen aus den Transversarius Schichten und Impressa-Tonen der nordöstlichen Schwäbischen Alb. *Jh. Ver. vaterl. Nat . Wurttemberg*, 88, p.81-142.

PARRON D., (1975) - Etude des Foraminifères des formations marneuses du Bathonien supérieur et du Callovien de Bourgogne (Systématique-Stratigraphie-Ecologie). *Thèse 3ème cycle Univ. Dijon, Inédite*, 58 p., 20 fig.,3 pl.

PAZDROWA O., (1958) - Ophtalmidium of the Vesulian and Bathonian in the neighbourhood of Czestochowa. *Bull. Inst.Geol.*,Warsaw; 121, p.149-158, 12 fig., 7 pl.

PELISSIE T., PEYBERNES B., REY J., (1984) - Les grands foraminifères benthiques du Jurassique moyen/supérieur du Sud-Ouest de la France (Aquitaine Causses, Pyrénées). Intérêt biostratigraphique, paléoécologique, et paléobiogéographique in Benthos '83, 2nd Int.Symp. Benthic Foraminifera,(Pau,1983),*Oertli édit.*,Pau; p.479-489,5 fig.,2 pl.

PEYBERNES B., CONRAD M.A., CUGNY P., (1979) - Contribution à l'étude biostratigraphique, micropaléontologique et paléoécologique des calcaires urgoniens du Barrémo-Bédoulien bulgare (Préhalkan et plate-forme moésienne). *Rev. Micropal.*,Paris; 21, 4, p.181-199, 6 fig., 3 pl.

POKORNY V.I., (1971) - The diversity of fossil ostracode communities as an indicator of paleogeographic conditions. in Colloque Pau (1970) Paleoécologie - Ostracodes. *Bull.Centre Rech. Pau SNPA;* vol.5 suppl., p.45-61, 4 fig., 2 tabl.

RAMALHO M.M., (1971) - Contribution à l'étude micropaléontologique et stratigraphique du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur des environs de Lisbonne (Portugal). *Serv. Geol. Portugal N.S.* , Lisboa; 19, 212 p., 11 fig., 17 tab.,39 pl.

RANGHEARD Y., & THEOBALD N., (1961) - Nouveaux gisements fossilifères dans le Callovien moyen et supérieur de Besançon-Palente. *Ann. Scient. Univ. Besançon, Géologie;* 2ème sér., 15, 7 p.

RUGET Ch., (1973) - Inventaires des microfaunes du Bathonien moyen de l'Algarve (Portugal). *Rev. Fac. Sci. Lisboa;* 2ème sér., 17, 2, p.515-542.

RUGET Ch., (1983) - Les Foraminifères (Nodosariidés) du Lias de l'Europe occidentale. *Thèse Sci. Nat. Univ. Lyon, Inédite;* 2 vol., 248 p., 48 fig., 48 pl.

SCHWAGER C., (1867) - in Waagen W. : Uber die Zone des Ammonites sowerbyi. *Geogn. Palaeont. Beitr.*, München; 1,5, p.654-662, pl.34.

SEIBOLD E. et I., (1955) - Revision der Foraminiferen-Bearbeitung C.W. Gumbel's (1862) aus den Streitberger Schwamm-Mergeln (Oberfranken, Unterer Malm). *N.Jb.Geol.Paläont.,Abh*, Stuttgart; 101, p. 91-134.

SEIBOLD E. et I., (1960) - Foraminiferen der Bank-und Schwamm - Fazies im unteren Malm Süddeutschlands. *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, Stuttgart; 109, p.309-438.

SEPTFONTAINE M., (1971) - Etude micropaléontologique et stratigraphique du Lias supérieur et du Dogger des Préalpes Médianes romandes (Suisse) *Thèse Univ. Genève, texte condensé, Médecine et Hygiène édit.*, Genève; 34 p., 5 fig.

SEPTFONTAINE M., (1981) - Les Foraminifères imperforés des milieux de plate-forme au Mésozoïque : détermination pratique, interprétation phylogénétique et utilisation biostratigraphique. *Rev. Micropal.*, Paris; 23, 3/4, p.169-203, 10 fig., 3 pl.

SLITTER W.V. et BAKER R.A. (1972) - Cretaceous bathymetric distribution of benthic foraminifers. *Journ. Foram. Res.*, Washington; 2, 4, p.167-18

TERQUEM M.O., (1870) - Les Foraminifères du système oolithique. Troisième mémoire comprenant les genres Frondicularia, Flabellina, Nodosaria, Dentalina, etc...de la zone à Ammonites parkinsoni de Fontoy (Moselle), *Mém. Acad.Impér. Metz;* p.137-273, pl.22-29.

THEOBALD N. et BARBIER J. (1958) - Les Erymnoceras du Callovien moyen des environs de Besançon. *Annales Scient.Univ.Besançon, Géologie;* 2ème série,8, p.41-84, 26 fig., 3 tab., 4 pl.

VENEC-PEYRE M.T., (1982) - Etude de l'influence du milieu sur la distribution, la morphologie et la composition du test des Foraminifères benthiques- Implications paleo-écologiques. *Thèse doctorat d'Etat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, Inédite;* 260 p., 43 fig., 50 tab., 41 pl.

WERNLI R., (1971) - Les Foraminifères du Dogger du Jura méridional (France). *Archives des Sciences*, Genève; 24, 2, p.305-364, 10 pl.

WERNLI R., SEPTFONTAINE M., (1971) - Micropaléontologie comparée du Dogger du Jura méridional (France) et des Préalpes médianes plastiques romandes (Suisse), *Eclogae geol. Helv.*, Bâle, 64/3, p.437-458, 5 fig., 2 tab.

WHATLEY R.C., (1970) - Scottish Callovian and Oxfordian Ostracoda. *Bull.British Museum (Natural History) Geology*, Londres; 19,6, p.297-358.

ZIEGLER J.H., (1959) - Mikropaläontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des Braunjura in Nordbayern. *Sonderdruck Geol. Bavarica*, München, 40, 128 p.,5 pl.

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 - Situation géographique des coupes.....p. 8
Fig. 2 - Cadre structural..... 11
Fig. 3 - Coupe du talus de la R.N. 73 à Palente. Situation géographique de la coupe et localisation des prélèvements..... 11
Fig. 4 - Coupe de la marnière de Palente. Situation géographique de la coupe et localisation des prélèvements..... 13
Fig. 5 - Coupe d'Epeugney. Situation géographique de la coupe et localisation des prélèvements..... 15
Fig. 6 - Coupe d'Arc-sous-Montenot. Situation géographique de la coupe et localisation des prélèvements..... 17
Fig. 7 - Analyse biométrique. Haplophragmium, Ammobaculites. Explication des mesures utilisées..... 30
Fig. 8 - Analyse biométrique. Haplophragmium, Ammobaculites. A.C.P Projection sur le plan X1, X2 (68,8% + 19,2%) et figuration d'individus typiques de chaque groupe..... 31
Fig. 9 - Analyse biométrique. Haplophragmium, Ammobaculites. Analyse discriminante. Projection sur le plan D1, D2 (52,4% + 47,6%) et figuration d'individus typiques de chaque groupe..... 32
Fig. 10 - Groupe 1. ACP. Projection sur le plan X1,X2 (57,8%+15,8%)... 34
Fig. 11 - Groupe 2. Analyse univariée. Histogramme de fréquence de Eh/H1..... 34
Fig. 12 - Groupe 2. ACP. Projection sur le plan X1,X2 (55,7%+ 20,4%).. 34
Fig. 13 - Groupe 3. ACP. Projection sur le plan X1,X2 (67,5%+ 15,4%).. 39
Fig. 14 - Analyse biométrique. Frondicularia. Explication des mesures utilisées..... 48
Fig. 15 - Frondicularia. Analyse discriminante. Projection sur le plan D1,D2 (67,1% + 32,9%)..... 49
Fig. 16 - Frondicularia. Analyse univariée. Histogramme de fréquence L/H..... 50
Fig. 17 - Répartition stratigraphique de quelques espèces de foraminifères..... 68
Fig. 18 - Répartition stratigraphique de quelques espèces d'ostracodes 68
Fig. 19 - Estimation graphique des erreurs dûes aux méthodes de prélèvement..... 73
Fig. 20 - Moyenne de tous les niveaux. Répartition en pourcentages de l'importance des différents groupes de foraminifères..... 81
Fig. 21 - Niveau PAL 2. Représentation en pourcentages de l'importance des différents groupes de foraminifères..... 81
Fig. 22 - Niveau PAL 6. Représentation en pourcentage de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 82
Fig. 23 - Niveau PAL 17. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 82
Fig. 24 - Niveau ASM 5. Représentation en pourcentages de l'importance de certains espèces de foraminifères..... 84
Fig. 25 - Coordonnées des niveaux sur l'axe 2 (23,2%) de l'analyse factorielle des correspondances (individus des fractions A et B..... 84
Fig. 26 - Niveau EPE 8. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 86
Fig. 27 - Niveau EPE 5. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 86
Fig. 28 - Niveau PAL 7. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 88
Fig. 29 - Niveau PAL 4. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 88

Fig. 30 - Niveau ASM 28. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 90
Fig. 31 - Coordonnées des niveaux sur l'axe 1 (38,5%) de l'analyse factorielle des correspondances (individus des fractions A et B)..... 90
Fig. 32 - Niveau PAL 12. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 91
Fig. 33 - Niveau 23. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 92
Fig. 34 - Niveau EPE 12. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 93
Fig. 35 - Niveau EPE 14. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 94
Fig. 36 - Niveau PAL f. Représentation en pourcentages de l'importance de certains groupes de foraminifères..... 95
Fig. 37 - Moyenne de tous les niveaux. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes..... 97
Fig. 38 - Niveau PAL 14. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes..... 99
Fig. 39 - Niveau PAL j. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes..... 99
Fig. 40 - Niveau ASM 19. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes..... 100
Fig. 41 - Niveau ASM 14. Représentation en pourcentages de l'importance de certaines espèces d'ostracodes..... 100
Fig. 42 - AFC. Groupes d'Ostracodes et de Foraminifères. Représentation sur le plan F1,F2 (20,7% + 17,4%)..... 102
Fig. 43 - AFD. Rapport entre les Foraminifères et la calcimétrie. Représentation dans le plan D1,D2 (57,2% + 25,7%)..... 104
Fig. 44 - Variations de l'effectif de certains groupes de foraminifères en fonction de la teneur en carbonates..... 105
Fig. 45 - Variation du nombre d'Ophtalmiidés et d'agglutinants siliceux (exprimés en unitée logarithmiques) en fonction de la teneur en carbonates..... 105
Fig. 46 - Variations de l'effectif de certaines espèces d'ostracodes en fonction de la teneur en carbonates..... 105
Fig. 47 - Variation des effectifs de différents groupes de foraminifères dans les marnes à renggeri des trois coupes..... 108
Fig. 48 - Variation des effectifs de différents groupes de foraminifères dans les couches à sphérites des trois coupes..... 108
Fig. 49 - Variation des effectifs de différents groupes d'ostracodes dans les marnes à renggeri des trois coupes..... 108
Fig. 50 - Variation des effectifs de différents groupes d'ostracodes dans les couches à sphérites des trois coupes..... 108
Fig. 51 - Corrélations entre les coupes..... 110
Fig. 52 - Valeurs des différents indices calculés sur les assemblages de foraminifères..... 113
Fig. 53 - Comparaison entre les coupes des valeurs de l'indice de diversité, de la variabilité faunale et du nombre d'espèces.. 113
Fig. 54 - Comparaison entre les coupes des rapports agglutinants/benthiques et agglutinants calcaires/agglutinants siliceux..... 116
Fig. 55 - Valeurs des différents indices calculés sur les assemblages d'ostracodes..... 116
Fig. 56 - Répartition d'abondance des espèces de foraminifères du niveau ASM 20..... 118
Fig. 57 - Répartition d'abondance des espèces de foraminifères du niveau PAL 6..... 118
Fig. 58 - Répartition d'abondance des espèces de foraminifères du niveau EPE 10..... 118
Fig. 59 - Extension des différents faciès du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur. (d'après D.CONTINI,1976,modifié)... 122

Fig. 60 - Relations entre les faciès du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur le long de deux profils : W-E de Dijon à la plaine suisse et N-S de Port-sur-Saône au S-E de St-Claude (d'après D. CONTINI, 1976, simplifié) Légende : 1=oolithe ferrugineuse, 2=Callovien supérieur à faciès marneux, 3=marnes à renggeri, 4=couches à sphérites..... 122

Fig. 61 - Variation des pourcentages d'Ophtalmiidés et de foraminifères agglutinants calcaires dans les trois coupes..... 131

Fig. 62 - Variation des pourcentages des genres Triplasia-Flabellammina et de Nubeculinella tibia bulbifera dans les trois coupes..... 131

Fig. 63 - Estimation de la situation relative de certains foraminifères en fonction de la quantité d'apports terrigènes et de la bathymétrie..... 132

Fig. 64 - Evolution de la composition des faunes de foraminifères dans l'Oxfordien inférieur. Comparaison avec leur diversité et la teneur en carbonates..... 132

LISTE DES TABLEAUX EN ANNEXES

Tableau 1 - Coupe de la route à Palente. Répartition stratigraphique des foraminifères.

Tableau 2 - Coupe de la marnière de Palente. Répartition stratigraphique des foraminifères.

Tableau 3 - Coupe d'Epeugney. Répartition stratigraphique des foraminifères.

Tableau 4 - Coupe d'Arc-sous-Montenot. Répartition stratigraphique des foraminifères.

Tableau 5 - Coupe de la route à Palente.Répartition stratigraphique des ostracodes.

Tableau 6 - Coupe de la marnière de Palente. Répartition stratigraphique des ostracodes.

Tableau 7 - Coupe d'Epeugney. Répartition stratigraphique des ostracodes.

Tableau 8 - Coupe d'Arc-sous-Montenat.Répartition stratigraphique des ostracodes

Tableau 9 - Coupe de Palente (marnière). Variations du pourcentage de certains groupes de foraminifères en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

Tableau 10 - Coupe d'Epeugney. Variations du pourcentage de certains groupes de foraminifères en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

Tableau 11 - Coupe d'Arc-sous-Montenot. Variations du pourcentage de certains groupes de foraminifères en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

Tableau 12 - Coupe de Palente (route). Variations du pourcentage de certains groupes de foraminifères en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

Tableau 13 - Coupe de Palente (route). Variations du pourcentage de certaines espèces d'ostracodes en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

Tableau 14 - Coupe de Palente (marnière). Variations du pourcentage de certaines espèces d'ostracodes en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

Tableau 15 - Coupe d'Epeugney. Variations du pourcentage de certaines espèces d'ostracodes en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

Tableau 16 - Coupe d'Arc-sous-Montenot. Variations du pourcentage de certaines espèces d'ostracodes en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

Tableau 17 - Coupes de Palente (route et marnière). Estimation du nombre de fragments de macro-organismes présents dans le sédiment.

Tableau 18 - Coupe d'Epeugney. Estimation du nombre de fragments de macro-organismes présents dans le sédiment.

Tableau 19 - Coupe d'Arc-sous-Montenot. Estimation du nombre de fragments de macro-organismes présents dans le sédiment.

Tableau 20 - Teneur en carbonates et pourcentages de quartz, kaolinite, illite et chlorite dans certains niveaux.

..*.*.*.*.*.*.*.*.*

ANNEXES

LISTE DES SYMBOLES ET ABBREVATIONS UTILISES

GENERALITES

ASM = Arc-sous-Montenot
EPE = Epeugney
PAL = Palente

ANALYSE BIOMETRIQUE

AFC = Analyse Factorielle des Correspondances
ACP = Analyse en Composantes Principales

ANALYSE DE LA REPARTITION

Structure des peuplements :
Div. = indice de diversité (Shanon-Wiener)
Var.F = Variabilité faunale
Dom.F = Dominance faunale
Nb.esp.= Nombre d'espèces
Abond. = Abondance
Ag/bent. = Rapport foraminifères agglutinants/benthiques
AgC/AgS = Rapport foraminifères agglutinants calcaires/ agglutinants siliceux
M = Constante de milieu Motomura
r = Coefficient de corrélation
Taxons ou groupe

-foraminifères

AgC =agglutinants calcaires
AgS = agglutinants siliceux
Fro = Frondiculaires
hor = Reophax horridus
Len = Lenticulines
Nub.= Nubeculinella tibia bulbifera
Oph. = Ophtalmiidés
sp.A = Ammobaculites sp A
Spi = Spirillines
TrF = Triplasia et Flabellammina

-ostracodes

aeq. = Macrocypris aequabilis
cru. = Nophrecythere cruciata
ful. = Cytherella fullonica
gub. = Progonocythere gublerac
ind. = Cytherella index
lie. = Cytherina liebergensis
mar. = Progonocythere martini
Pol. = Polycope
rut. = Cytheropteron rutschi
sup.= Pontocyprella suprajurassica

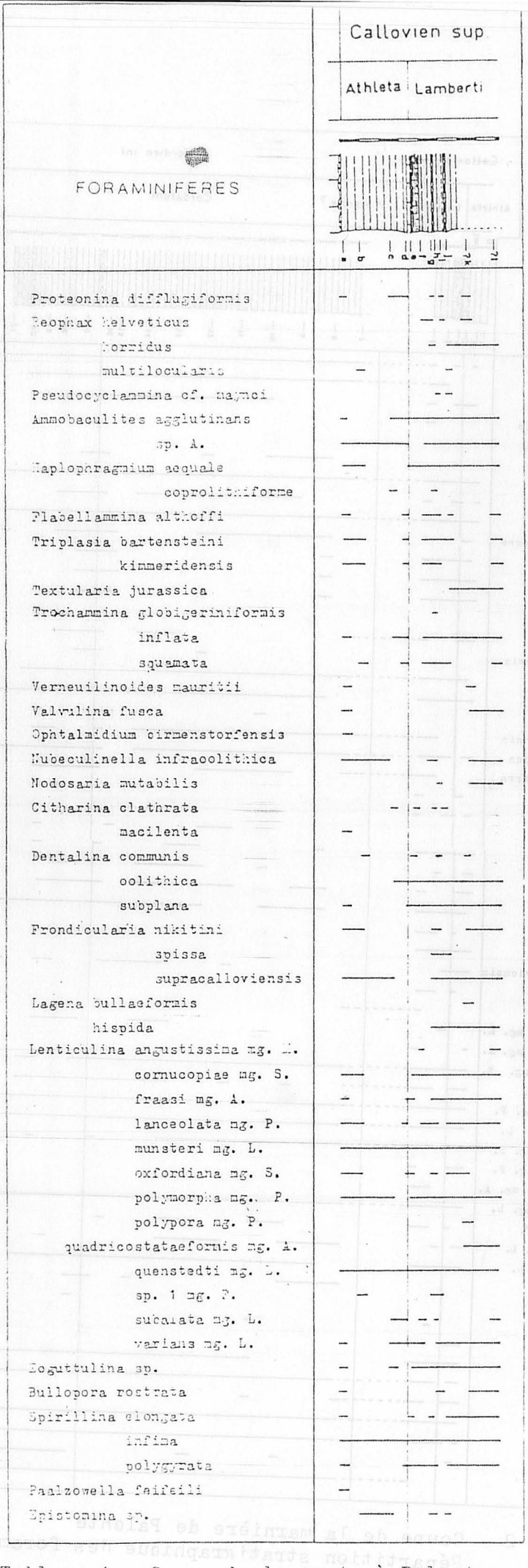


Tableau 1 - Coupe de la route à Palente
Répartition stratigraphique des foraminifères.

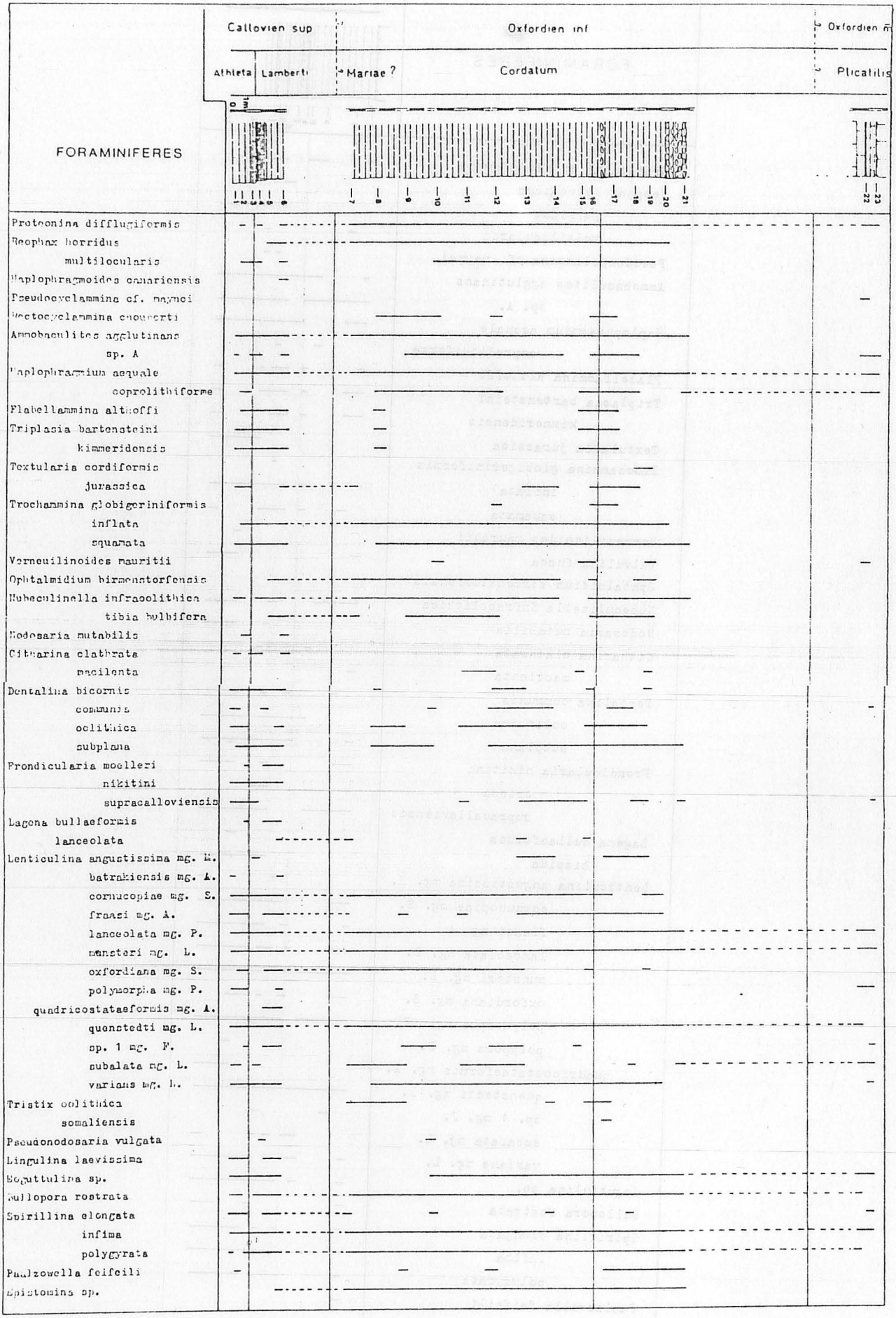
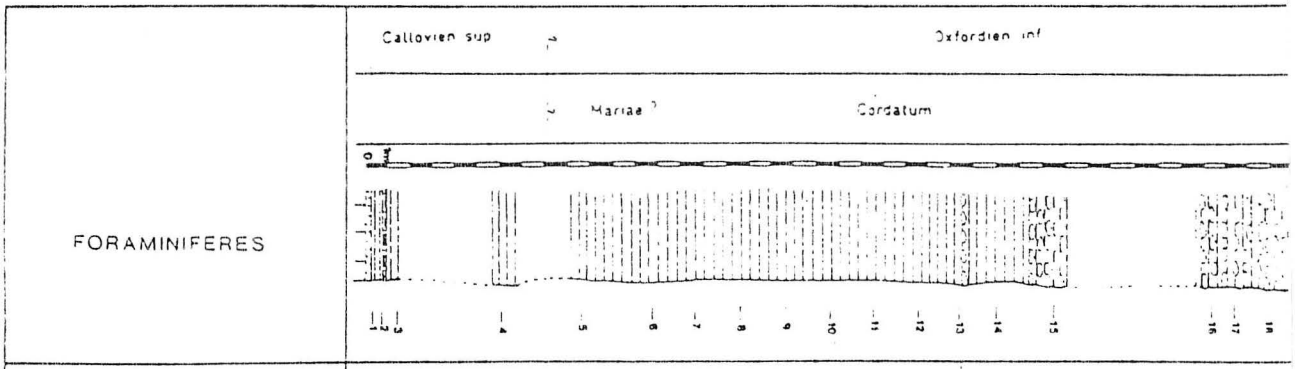


Tableau 2 - Coupe de la marnière de Palente
Répartition stratigraphique des foraminifères.



Proteonina difflugiformis
Reophax helveticus
horridus
multilocularis
Haplophragmoides canariensis
Pseudocyclammina cf. maynci
Rectocyclammina chouberti
Ammobaculites agglutinans
sp. A
Haplophragmium aequale
coprolithiforme
Flabellammina althoffi
Triplasia bartensteini
kimmeridiensis
Textularia cordiformis
jurassica
Trochammina globigeriniformis
inflata
squamata
Vermeulinoides mauritii
Valvulina fusca
Ophtalmidium sirmenstorfensis
Nubeculinella infraoolithica
tibia bulbifera
Nodosaria mutabilis
raphanistriformis
Citharina clathrata
heteropleura
Dentalina bicornis
communis
oolithica
subplana
Frondicularia nikitini
spissa
supracalloviensis
Lagena hispida
lanceolata
Lenticulina angustissima ng. L.
cornucopiae ng. S.
frensi ng. L.
lanceolata ng. P.
munsteri ng. L.
orbicularis ng. S.
polymorpha ng. P.
quadricostataeformis ng. A.
quenstedti ng. L.
sp. ? ng. P.
subalata ng. L.
varians ng. L.
Tristix acaliensis
Pseudonodosaria vulgata
Lingulina dentaliniformis
laevissima
Nodosaria sp.
Bullopora rostrata
Spirillina planata
infima
polygyrata
Paalzowella feifeli
Epistomina sp.

Tableau 3 - Coupe d'Epeumey

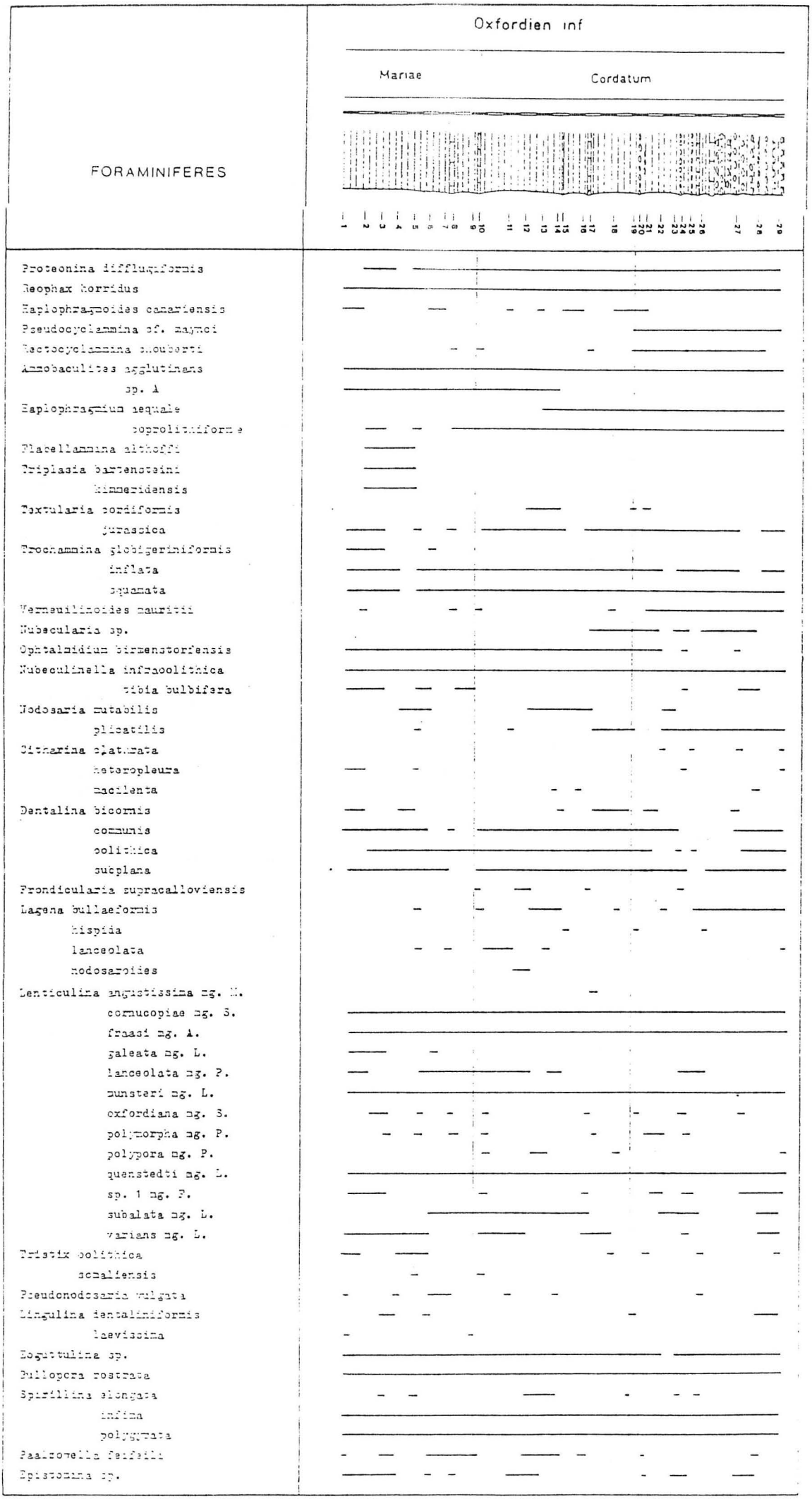


Tableau 4 - Coupe d'Arc-sous-Montenot

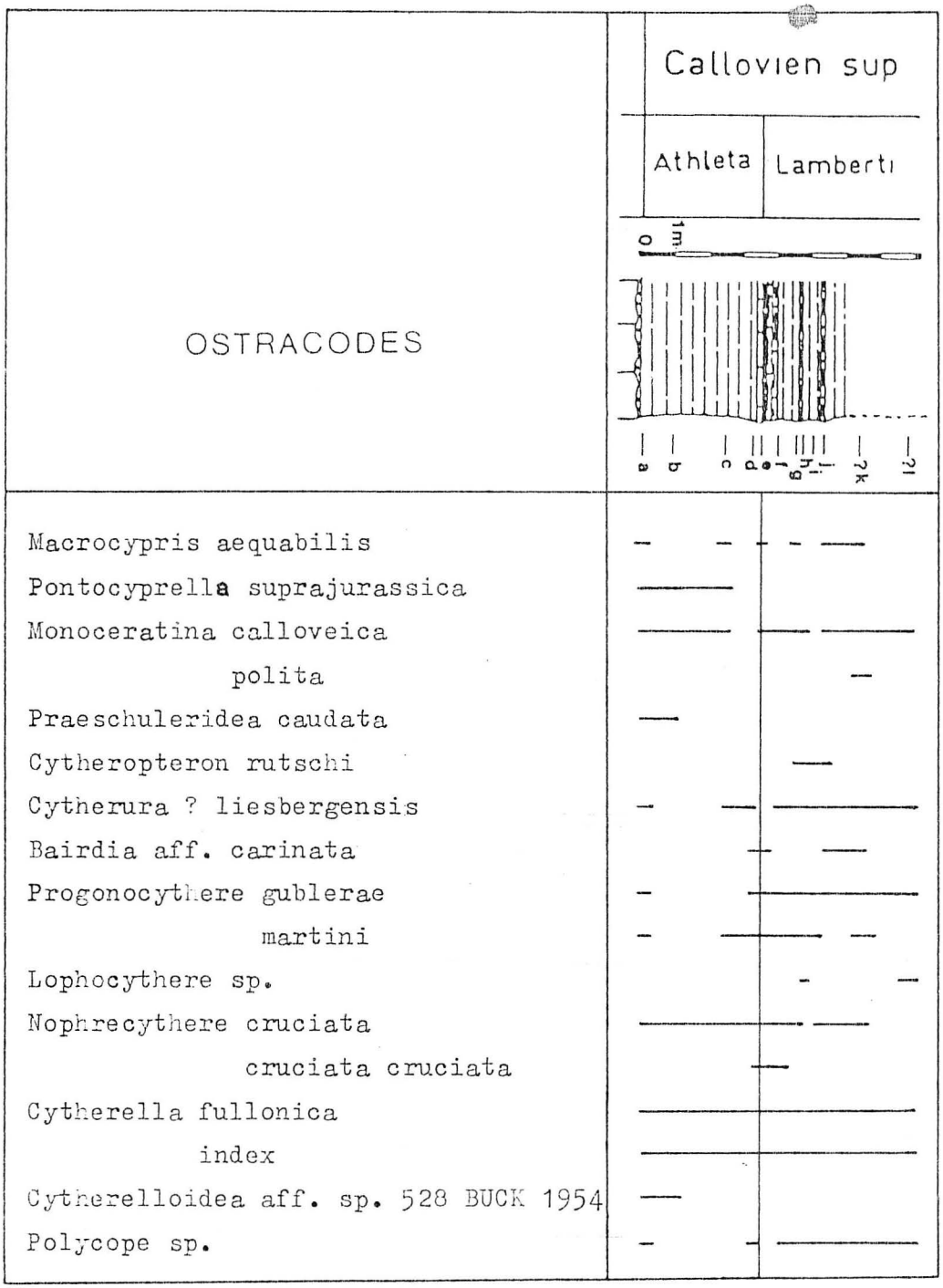


Tableau 5 - Coupe de la route à Palente
Répartition stratigraphique des ostracodes.

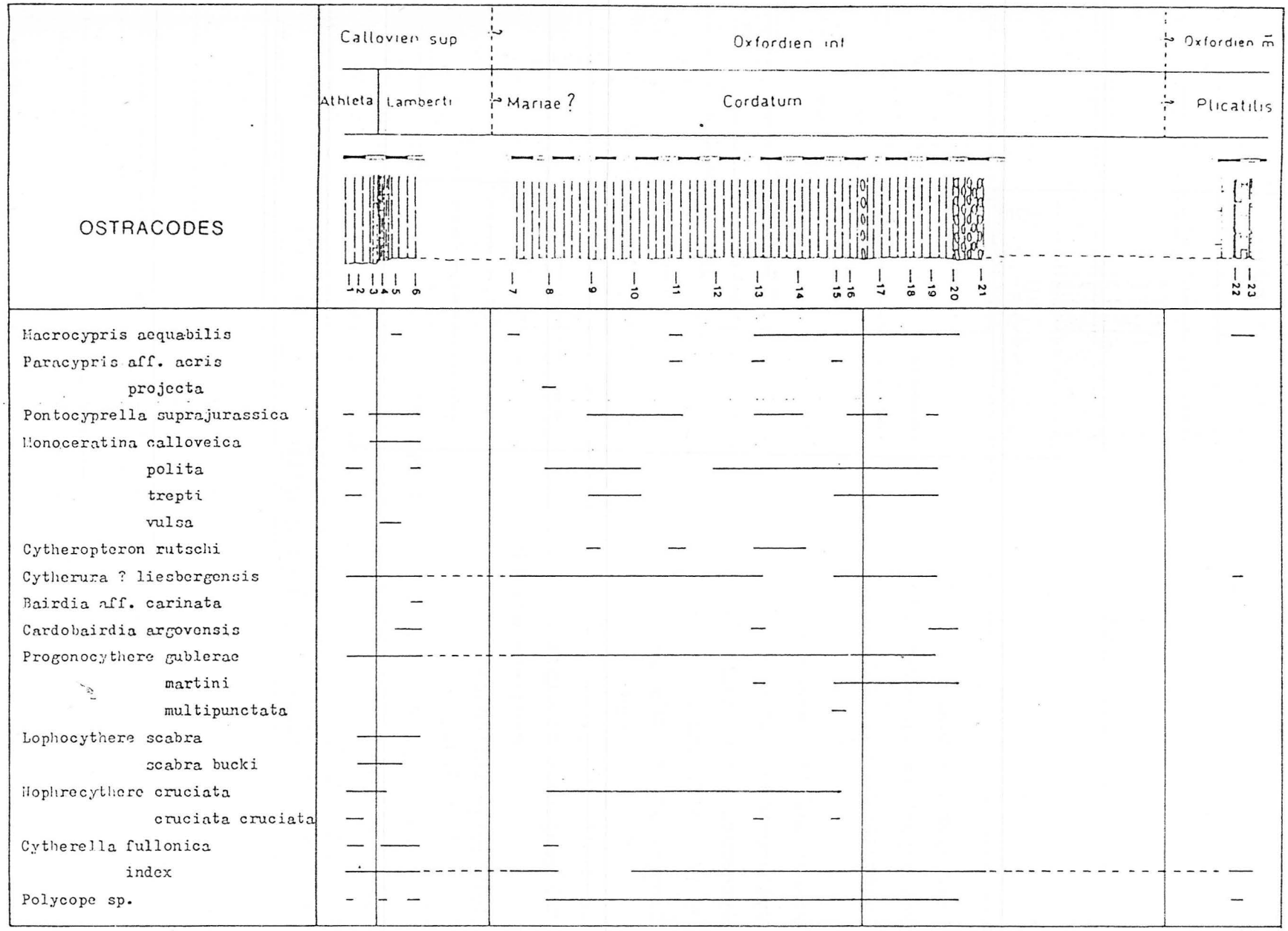


Tableau 6 - Coupe de la marnière de Palente
Répartition stratigraphique des ostracodes.

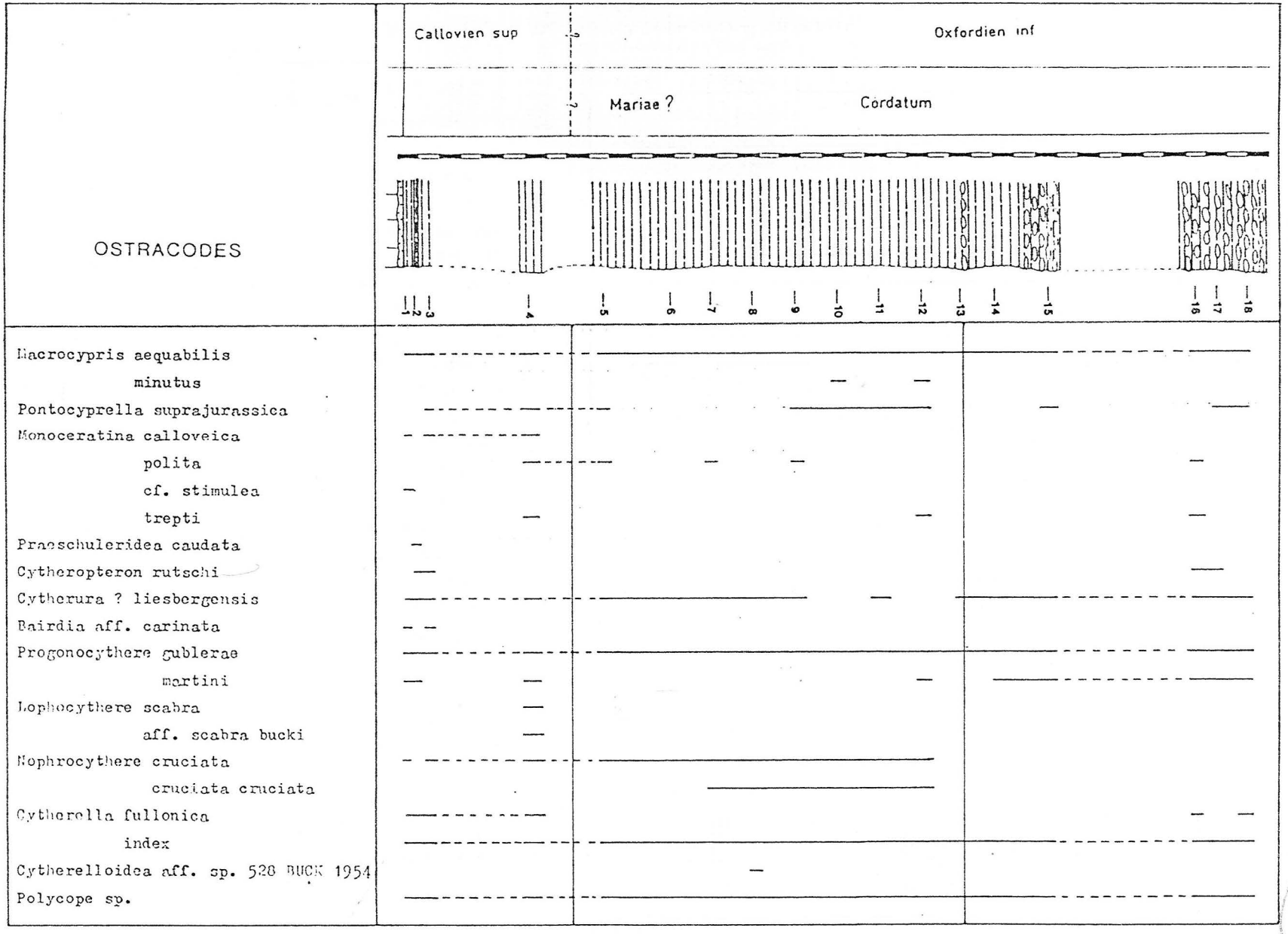


Tableau 7 - Coupe d'Epeugney
Répartition stratigraphique des ostracodes.

UNIVERSITÉ DE LYON C.G.S.T. GÉOLOGIE

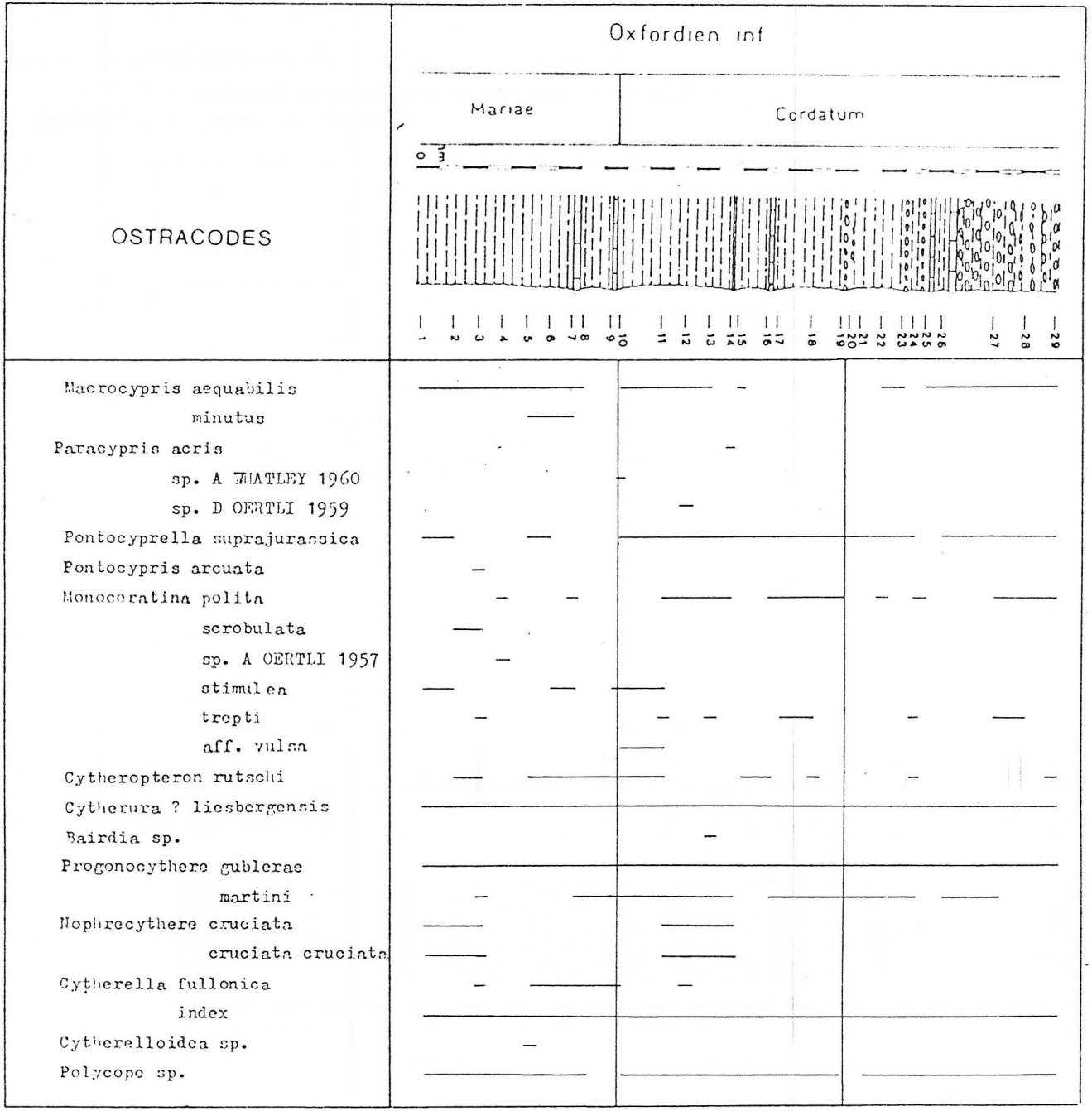


Tableau 8 - Coupe d'Arc-sous-Montenot
Répartition stratigraphique des ostracodes.

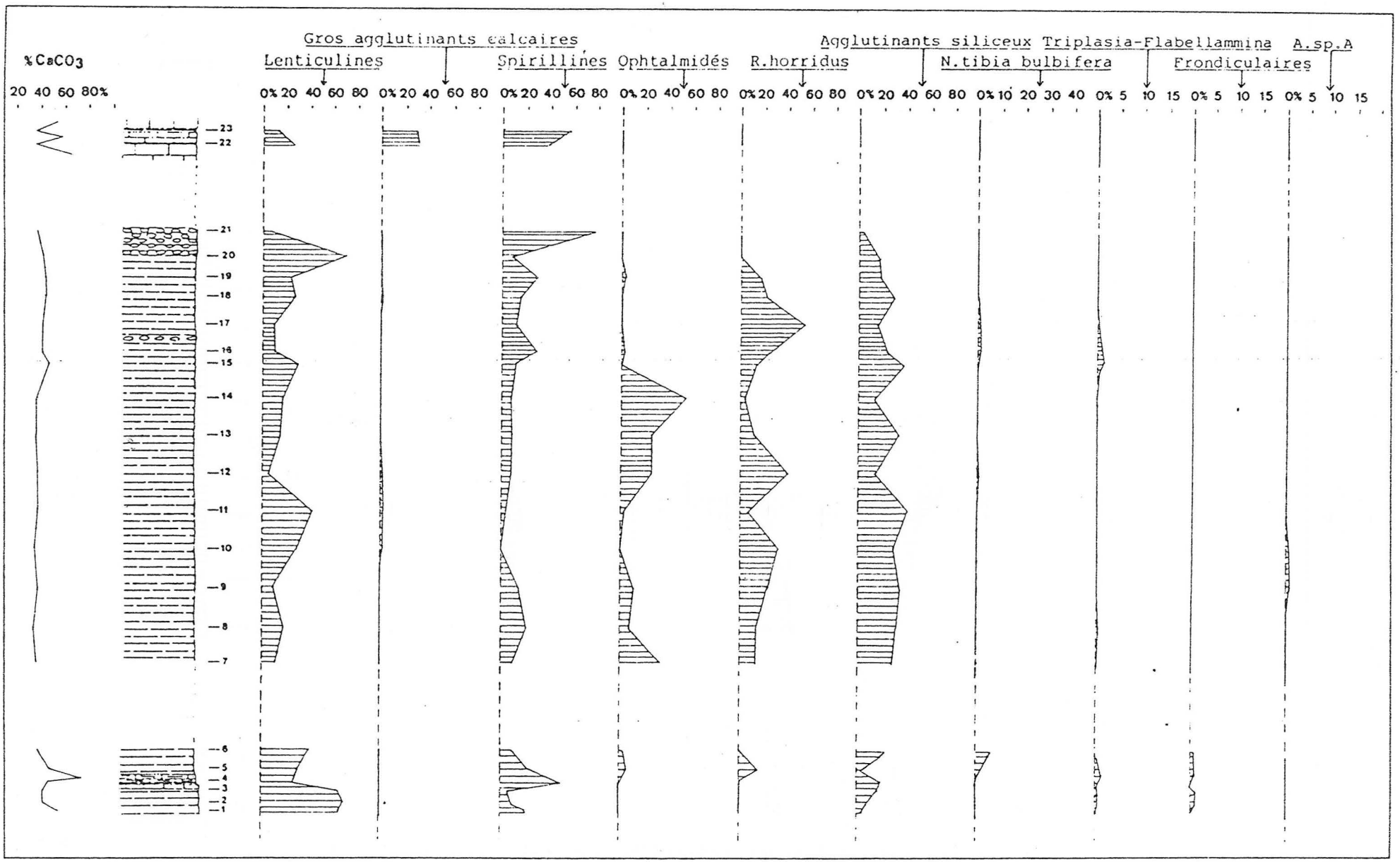


Tableau 9 - Coupe de Palente (marnière). Variations du pourcentage de certains groupes de foraminifères en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

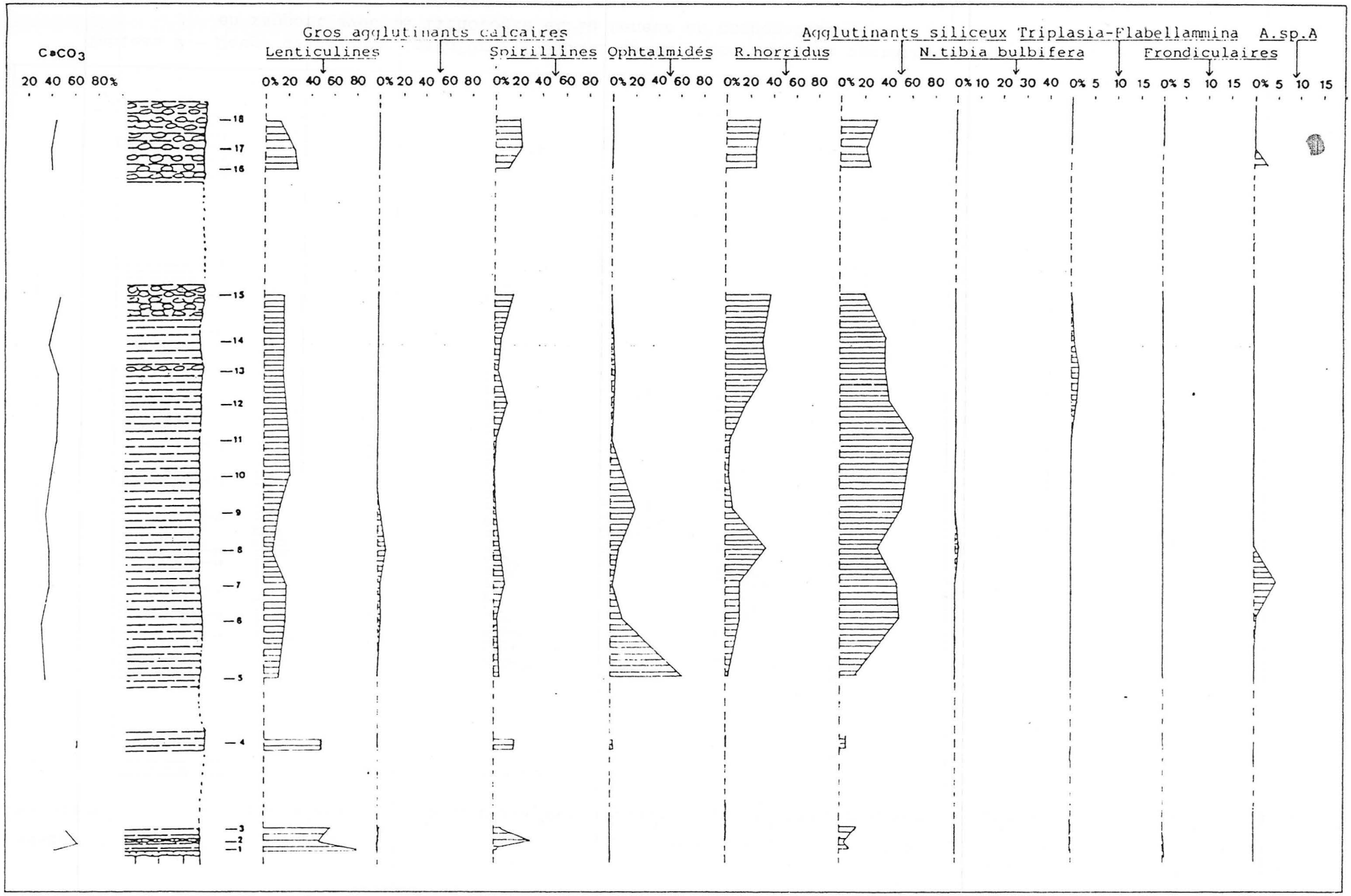


Tableau 10 - Coupe d'Epeugney. Variations du pourcentage de certains groupes de foraminifères en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

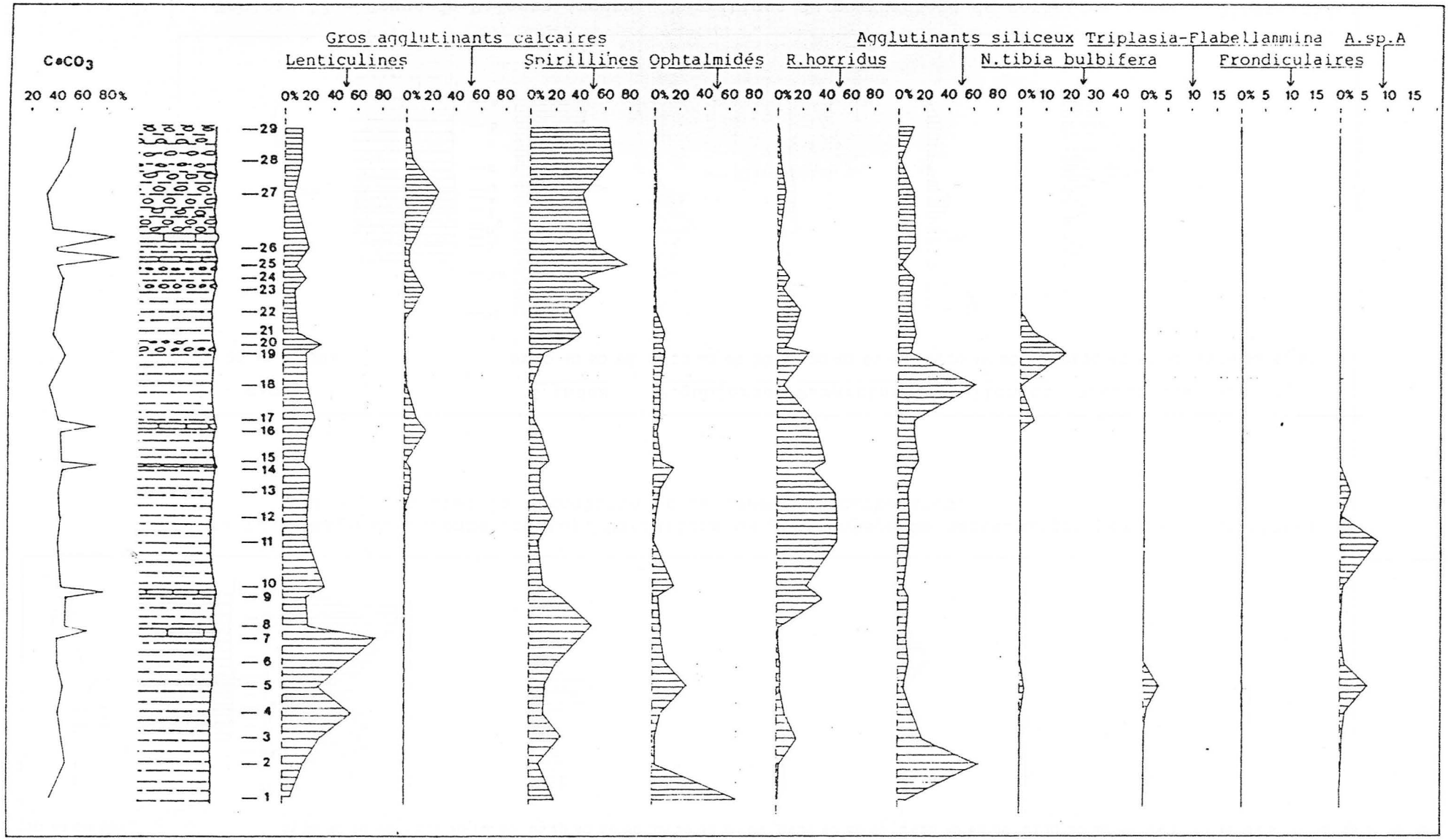


Tableau 11 - Coupe d'Arc-sous-Montenot. Variations du pourcentage de certains groupes de foraminifères en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

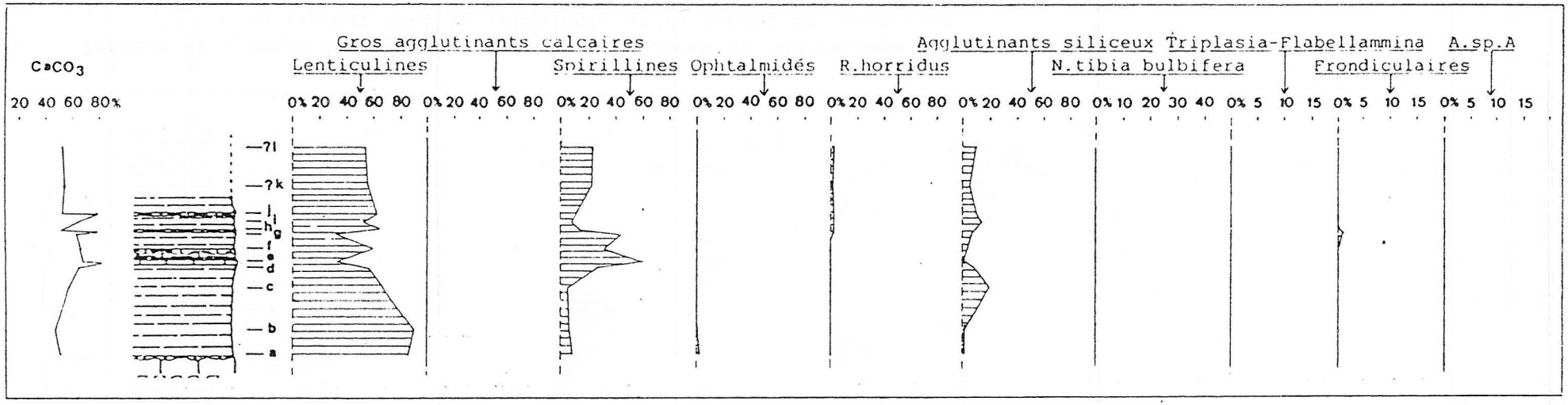


Tableau 12 - Coupe de Palente (route). Variations du pourcentage de certains groupes de foraminifères en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

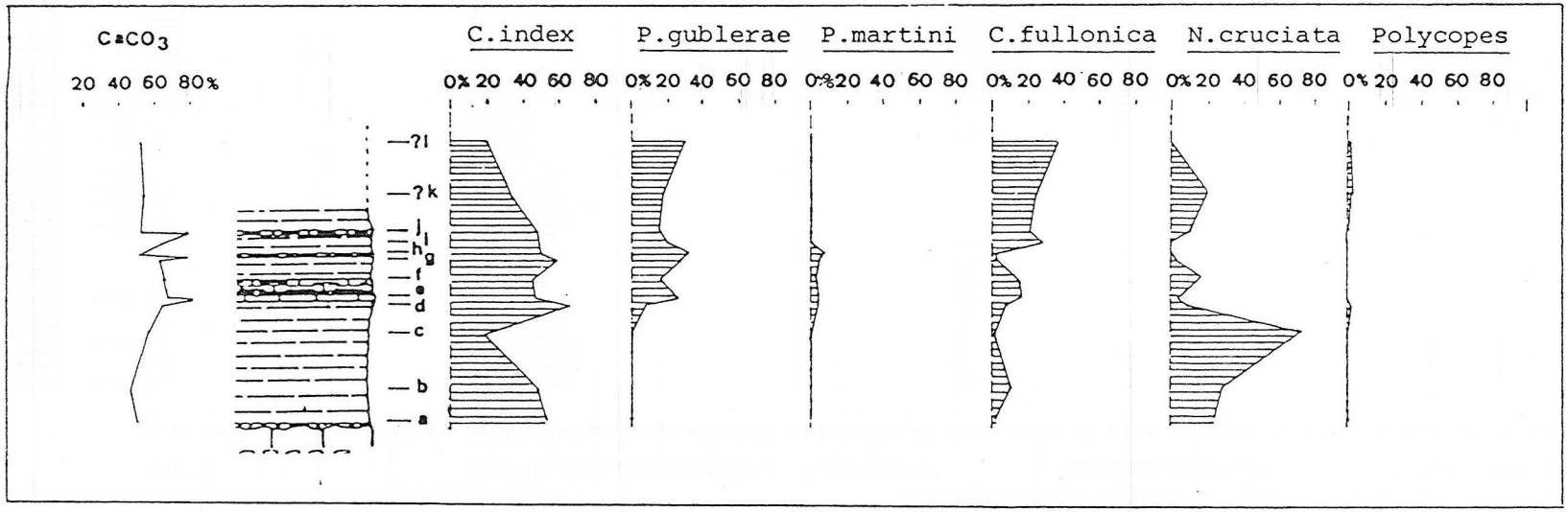


Tableau 13 - Coupe de Palente (route). Variations du pourcentage de certaines espèces d'ostracodes en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

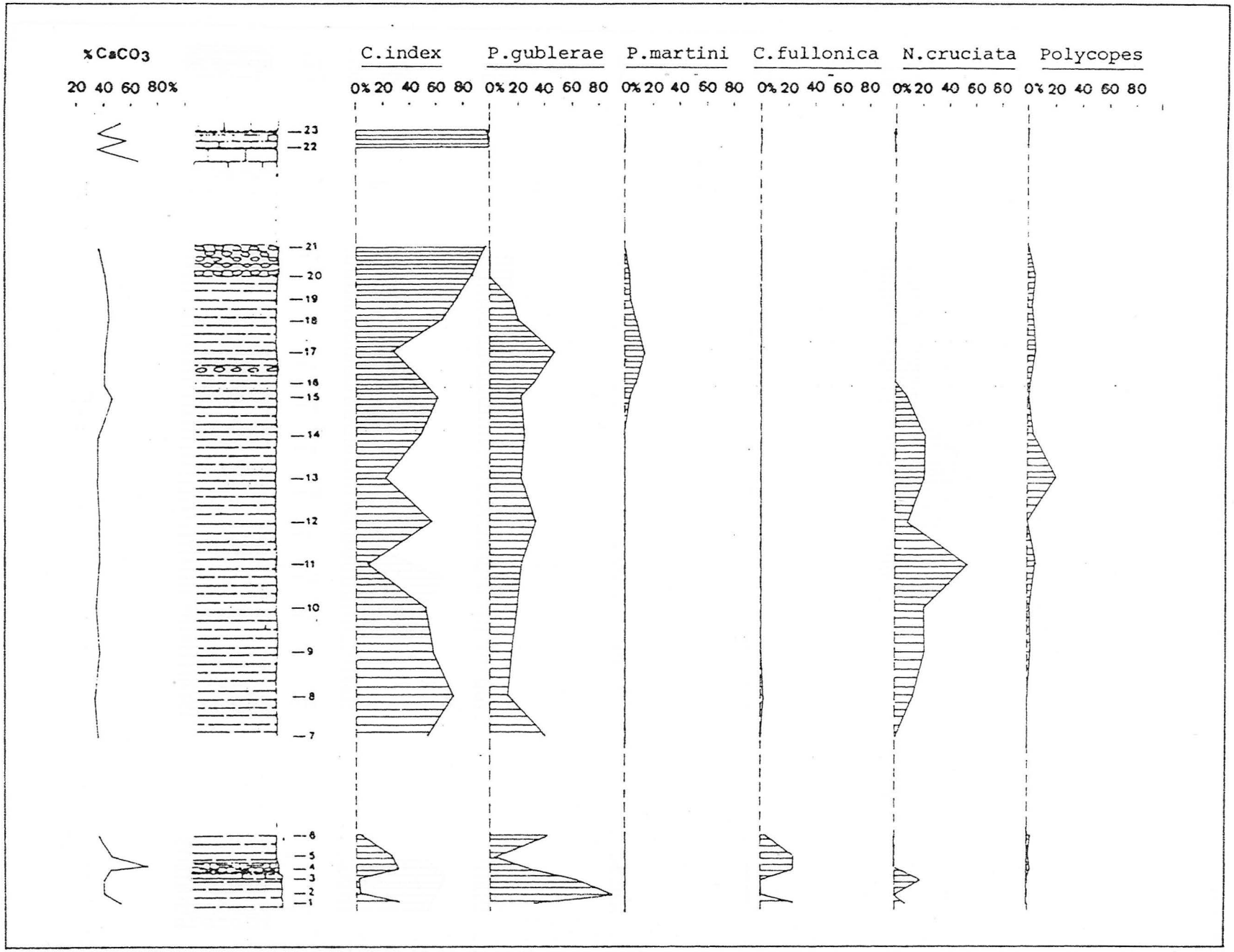


Tableau 14 - Coupe de Palente (marnière). Variations du pourcentage de certaines espèces d'ostracodes en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

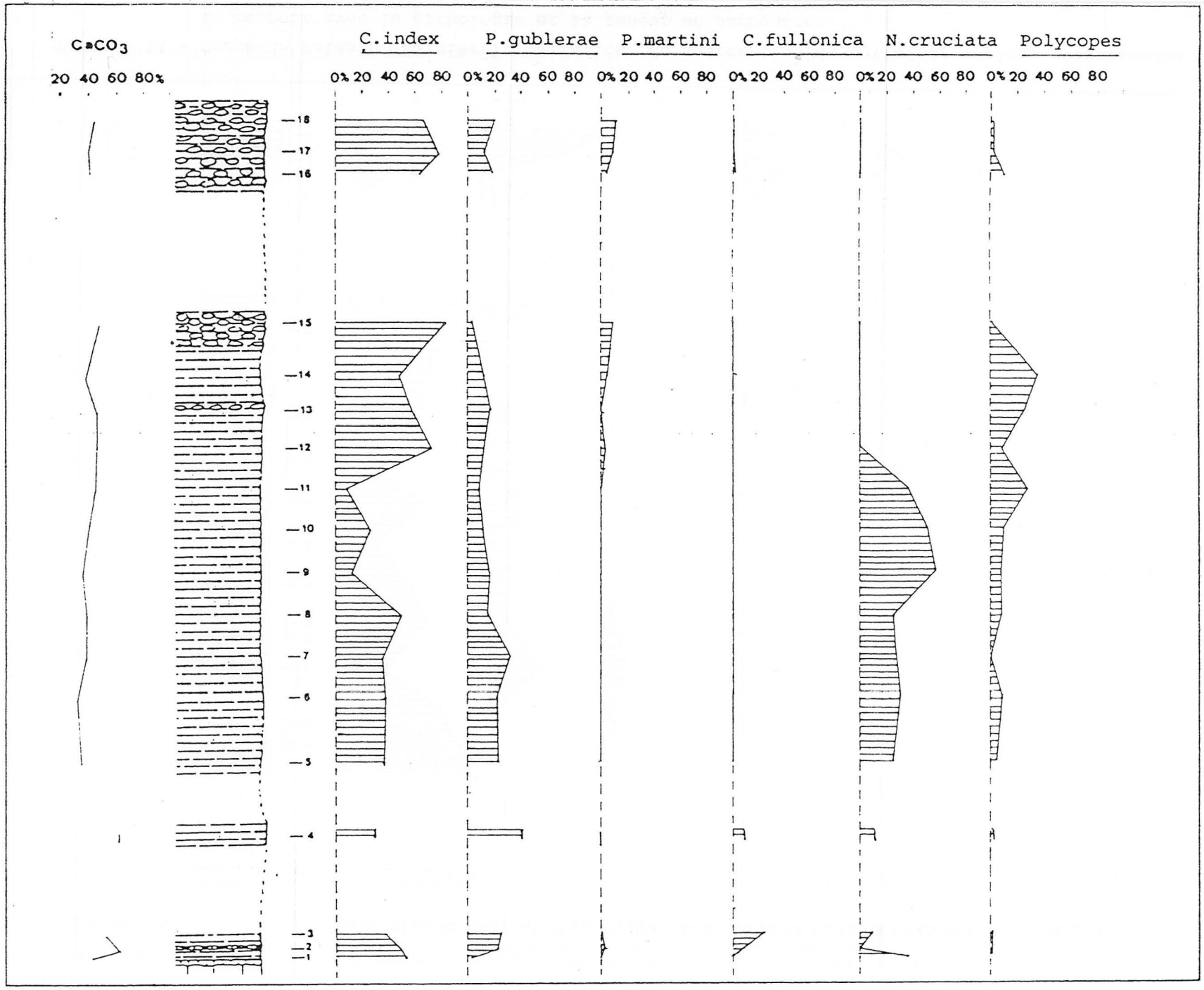


Tableau 15 - Coupe d'Epeugney. Variations du pourcentage de certaines espèces d'ostracodes en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

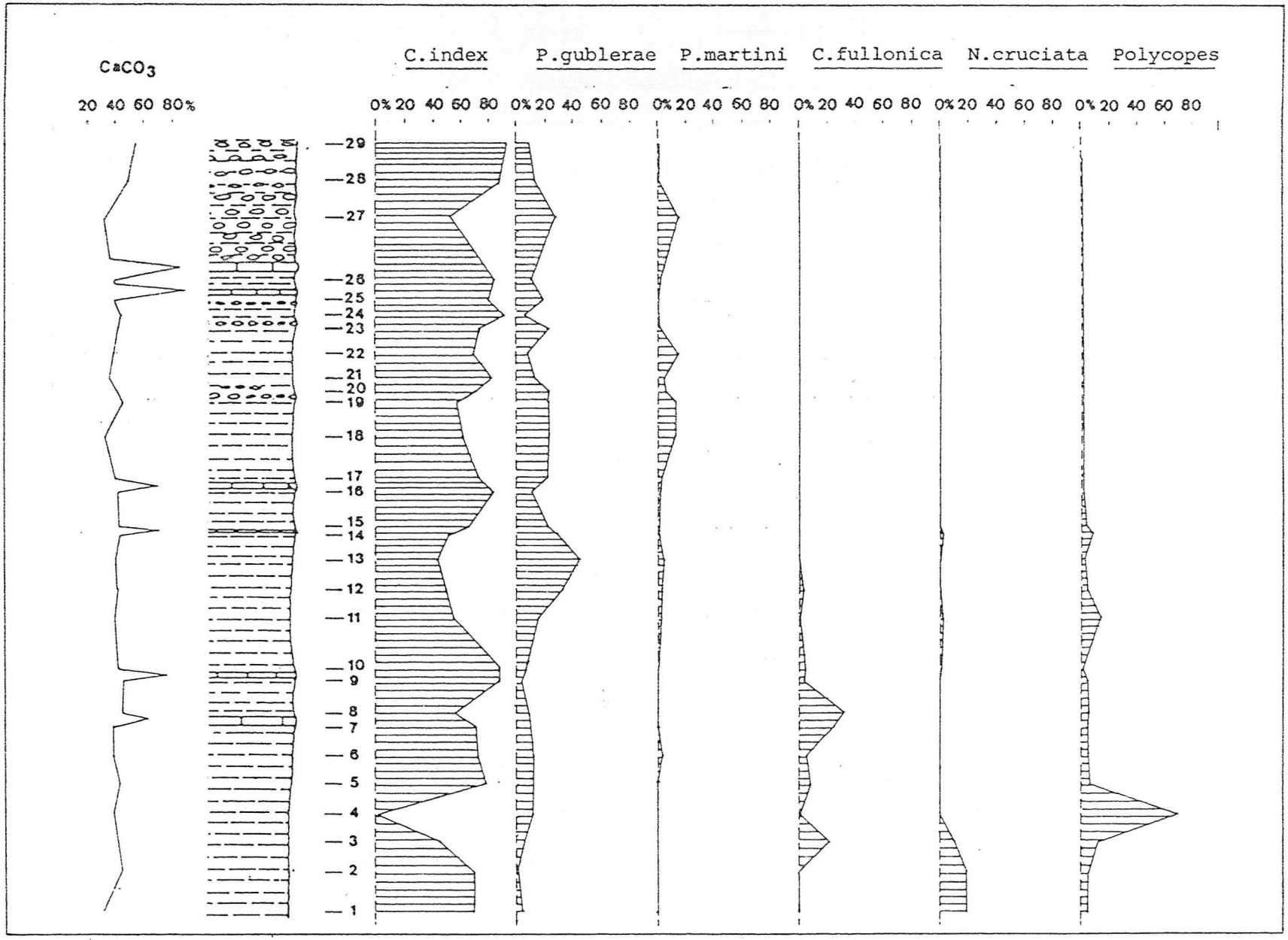


Tableau 16 - Coupe d'Arc-sous-Montenot. Variations du pourcentage de certaines espèces d'ostracodes en rapport avec la lithologie et la teneur en carbonates.

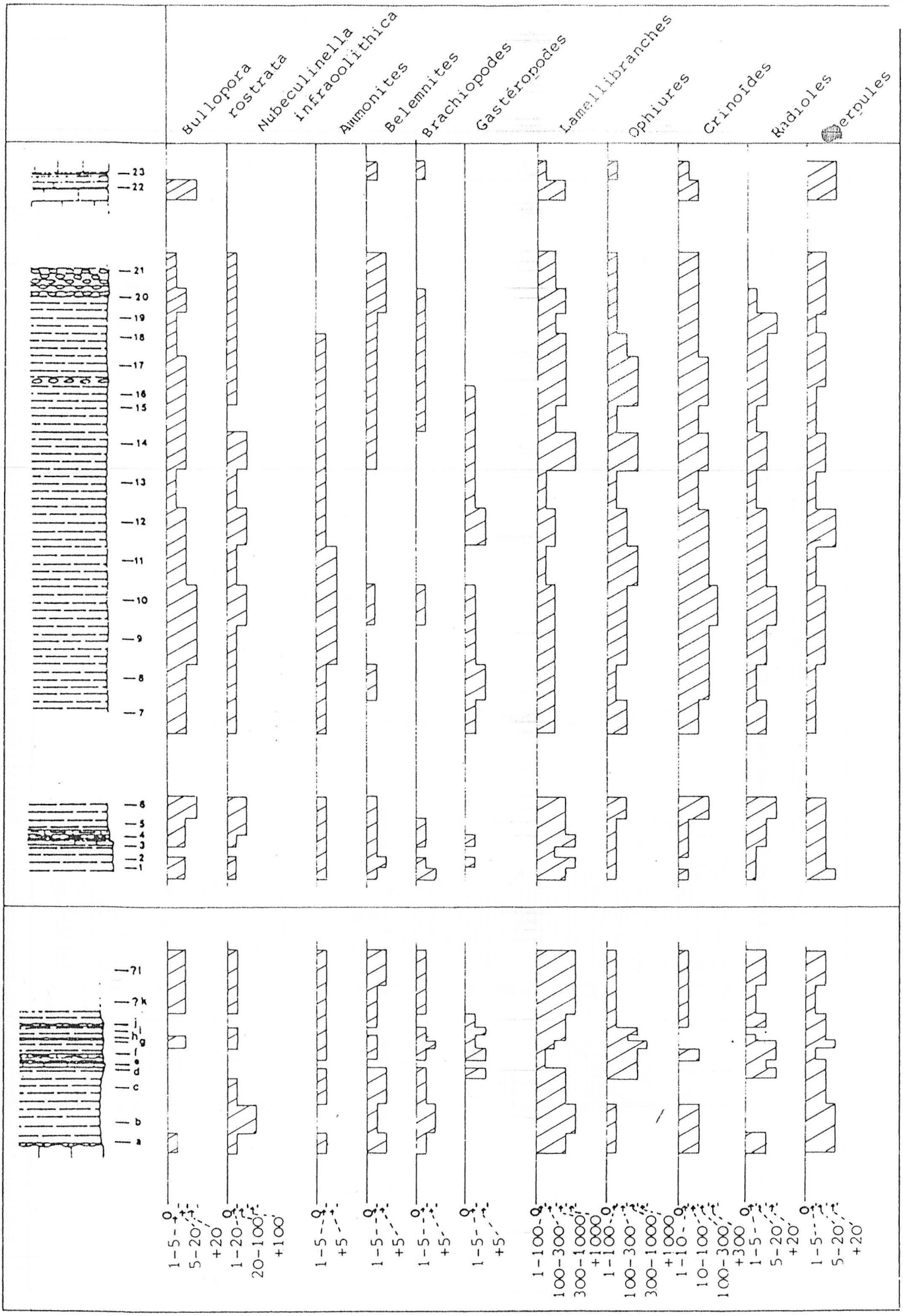


Tableau 17 - Coupes de Palente (route et marnière). Estimation du nombre de fragments de macro-organismes présents dans le sédiment.

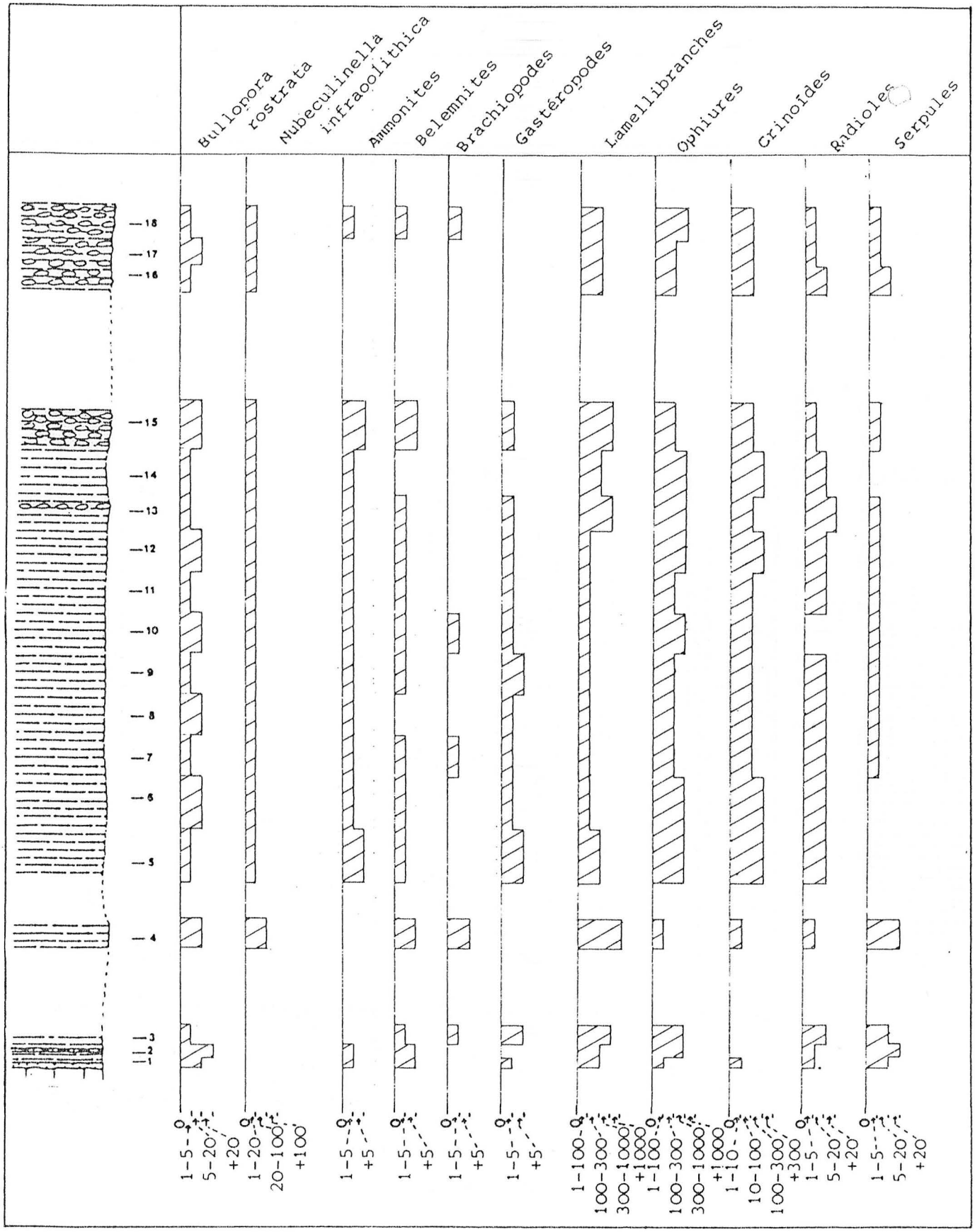


Tableau 18 - Coupe d'Epeugney. Estimation du nombre de fragments de macro-organismes présents dans le sédiment.

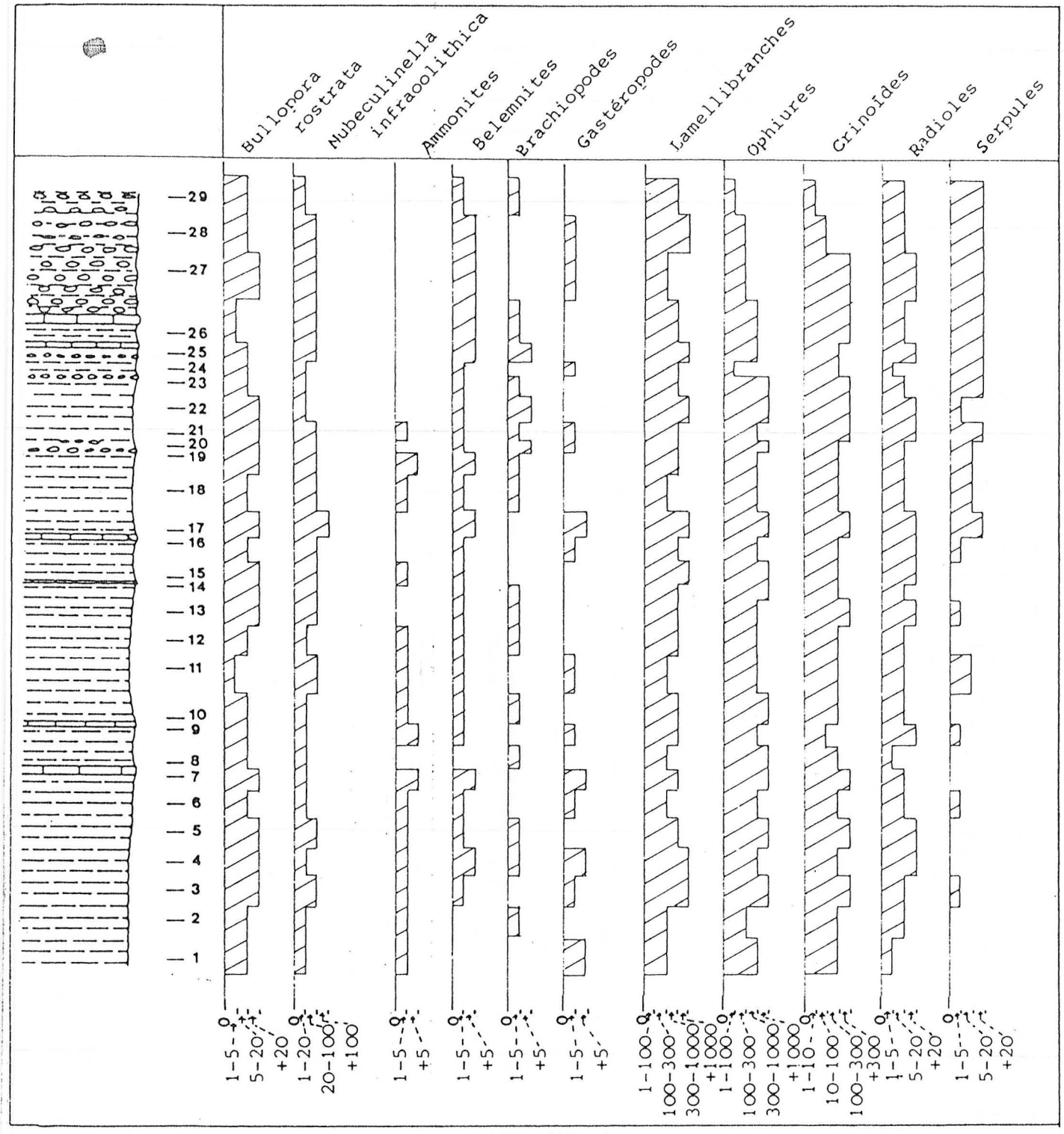


Tableau 19 - Coupe d'Arc-sous-Montenot. Estimation du nombre de fragments de macro-organismes présents dans le sédiment.

NIVEAU	% $CaCO_3$	% QUARTZ	%KAOL.	%ILLITE	%CHLORITE
PAL a	50,9	1,6	39,9	39,7	18,8
b	46,8	1,7	36,7	42,1	19,5
d	63,9	1,1	46,0	34,1	18,8
e	67,3	1,2	49,8	37,3	11,7
k	53,8	2,4	35,3	34,8	27,5
PAL 2	40,7	1,2	30,0	42,8	26,0
3	41,5	0,3	28,9	46,7	24,1
4	45,4	1,3	27,3	49,1	22,3
5	46,2	4,8	43,5	37,7	24,0
6	37,0	2,2	42,1	37,6	18,1
7	35,8	2,8	43,5	37,2	16,5
9	36,9	1,3	31,9	43,3	23,5
12	36,9	2,5	37,2	43,3	17,0
13	35,3	1,7	36,3	43,3	18,7
14	36,2	1,7	30,6	46,1	21,6
16	40,3	2,2	27,1	49,6	21,1
17	40,8	2,2	25,5	46,6	25,7
21	35,7	9,6	5,4	45,3	39,7
EPE 1	40,1	1,8	47,1	35,7	15,4
4	60,7	3,6	36,1	40,5	19,8
5	31,8	5,3	35,2	39,0	20,5
6	29,7	2,3	31,6	39,0	27,1
7	34,8	2,3	31,7	41,4	24,6
8	37,0	2,4	31,6	41,0	25,0
9	34,2	3,3	38,1	40,9	17,7
11	42,9	22,4	26,8	40,3	10,5
12	44,3	1,3	30,7	44,0	24,0
13	44,6	2,5	38,6	39,2	19,7
15	45,9	3,1	28,1	45,3	23,5
17	38,7	4,4	4,4	53,8	37,4
ASM 3	43,5	2,1	37,0	40,5	20,4
6	40,3	1,7	32,3	43,6	22,4
11	40,5	2,4	32,6	41,8	23,2
12	42,0	0,9	34,0	41,4	23,7
13	40 0	0,7	32,7	44,2	22,4
14	43,5	1,8	41,1	47,1	10,0
18	32,5	3,3	36,6	48,0	12,1
22	40,5	2,9	32,8	47,9	16,4
25	44,5	2,7	29,9	42,2	25,2
29	54,6	3,5	22,2	42,1	32,2

Tableau 20 - Teneur en carbonates et pourcentages de Quartz, Kaolinite, Illite et Chlorite dans certains niveaux.

PLANCHE I

Fig. 1-*Proteonina difflugiformis* (BRADY). Epeugney, Oxfordien inférieur (EPE 9).x140

Fig. 2-3- *Reophax horridus* (Schwager). Epeugney, Oxfordien inférieur(EPE 5)x140

Fig. 4-*Reophax helveticus* (Haueusler),Epeugney,Callovien sup.(EPE 4)x140

Fig. 5-*Reophax multilocularis* Haeusler,Epeugney,Oxfordien inf.(EPE 5) x140

Fig. 6-7-*Textularia jurassica* (Gumbel).

6 = Palente, Oxfordien inf.(Pal 14) x140

7 = Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 26) x 140

Fig. 8-9-*Trochammina inflata* (Montagu),Palente,Oxfordien inf.(PAL 7) x 140

8 =vue spirale; 9 = vue ombilicale

Fig.10-11- *Trochammina squamata* Parker et Jones, Palente, Oxfordien inf.(Pal 9)x140

10 = vue spirale 11 = vue ombilicale

Fig. 12-*Verneuilinoïdes mauritii* (Terquem) Arc-sous-Montenot,Oxfordien inf.(ASM 22) x 140

Fig. 13-*Nubeculinella infracolithica* (Terquem), Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 17) x 70

Fig. 14 - *Nubeculinella tibia bulbifera* (Paalzow) Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 21) x140

Fig. 15-17 - *Ophtalmidium birmenstorfensis* (Kubler et Zwingli), Arc-sous-Montenot Oxfordien inférieur, (ASM 1) x 140

15 = coupe équatoriale; 16 = vue latérale; 17 = "régénération" : la dernière loge est perpendiculaire aux autres.

Fig. 18 -*Bullopora rostrata* Quenstedt, Arc-sous-Montenot,Oxfordien inf.(ASM13)x35

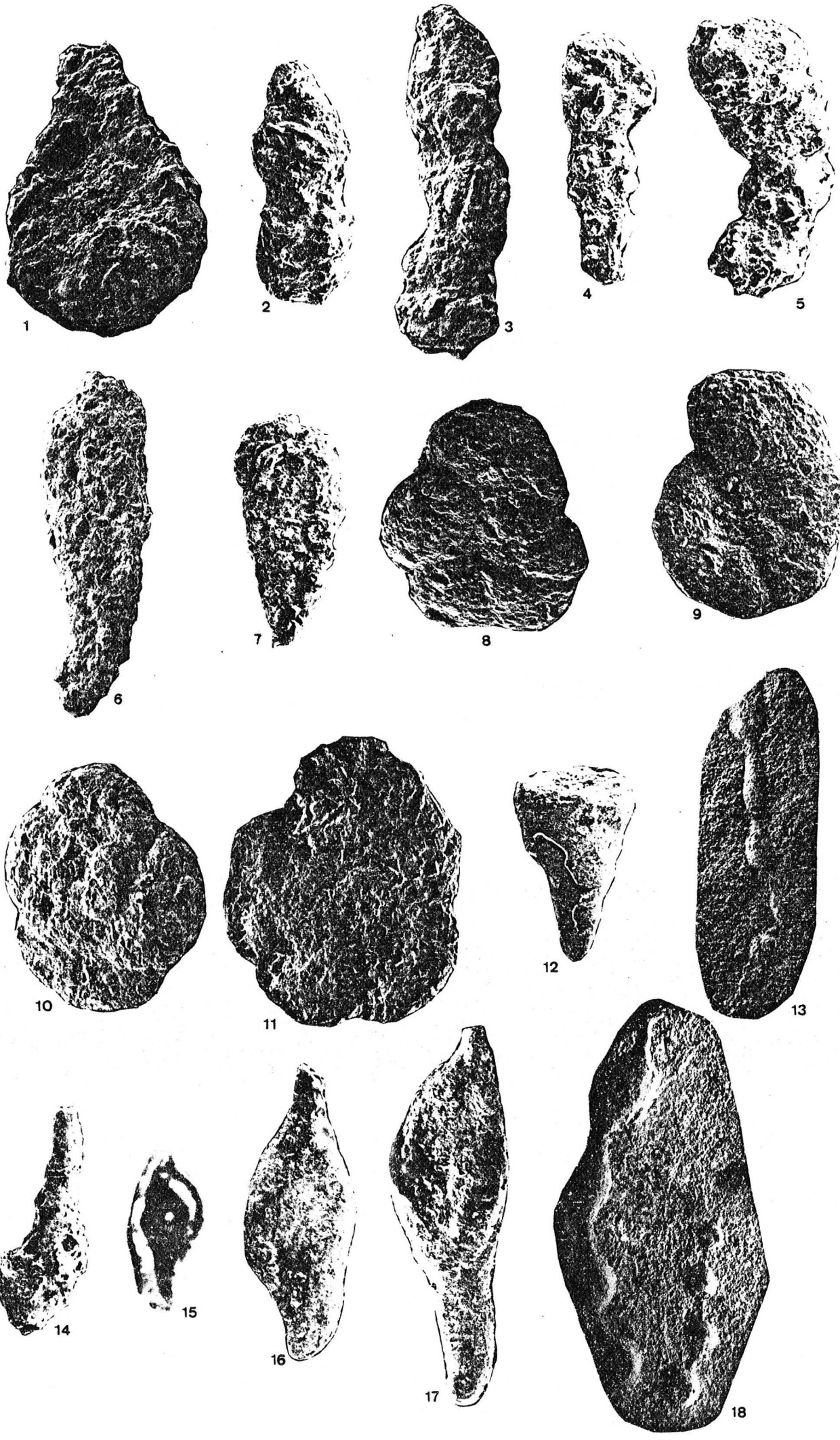

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

PLANCHE 2

Fig. 1,3 - Ammobaculites agglutinans (d'Orbigny), Palente, Oxfordien inférieur (Pal 7), x70

1,2 = vues latérales

3 = coupe équatoriale

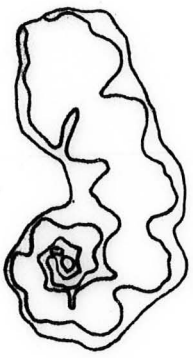
Fig. 4-8 - Ammobaculites sp.A, Palente, Oxfordien inférieur (Pal 9) x70

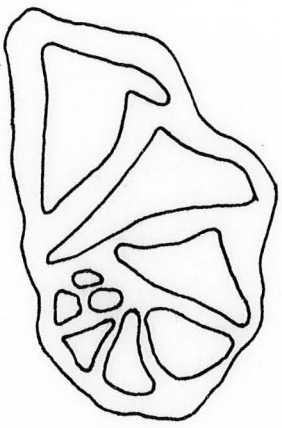
4,5,8 = vues latérales

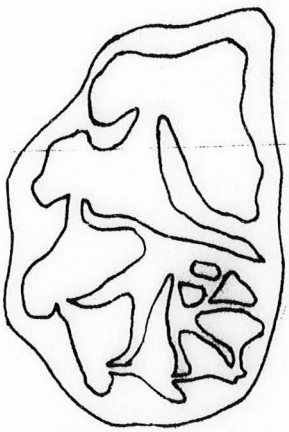
6 = vue apicale; 7 = vue ventrale

Fig. 9-13 - Ammobaculites sp.A, Epeugney, Oxfordien inférieur (EPE 5) x70

9 = vue ventrale; 10,11,13 = coupes équatoriales; 12 = vue latérale





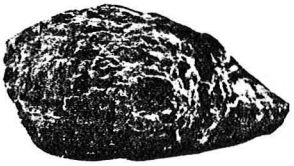


1

2

3

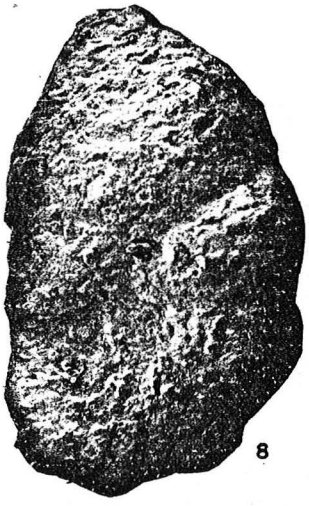
4



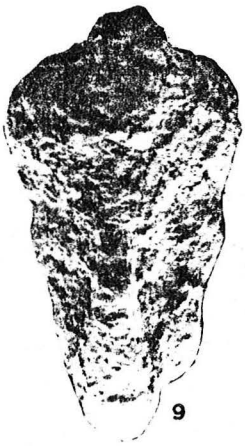
6

5

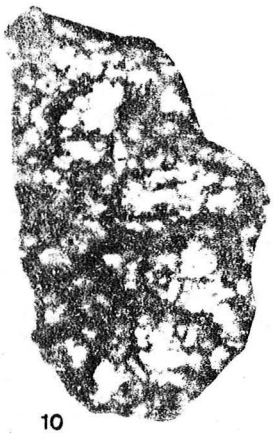
7



8

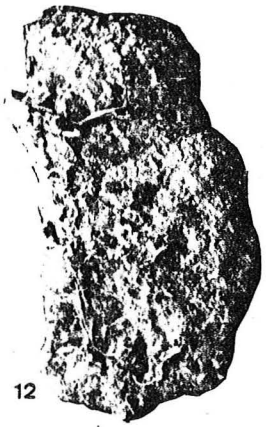


9



10

11



12

13

PLANCHE 3

Fig. 1,5 - Pseudocyclammina cf maynci Hottinger, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 27) x 70

1 = vue latérale; 2,3,5 = coupes équatoriales; 4 = apicale

Fig. 6-9 - Rectocyclammina chouberti Hottinger, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 17) x 35

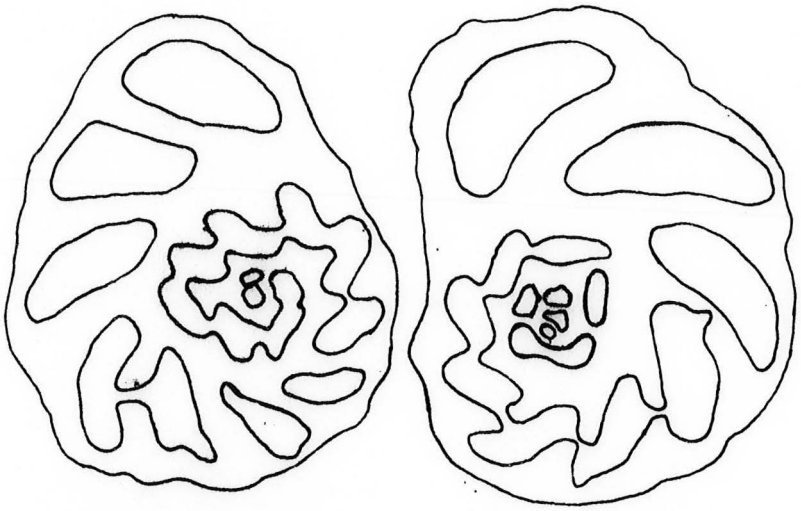
6, 8 = vues latérales; 7,9 = coupes axiales

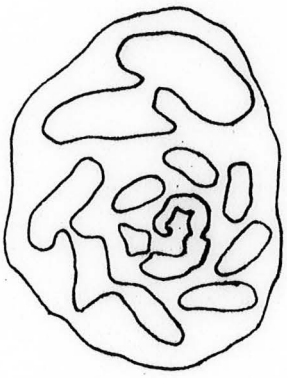
Fig. 10,11 - Haplophragmium aequale (Roemer) Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 22) x 70

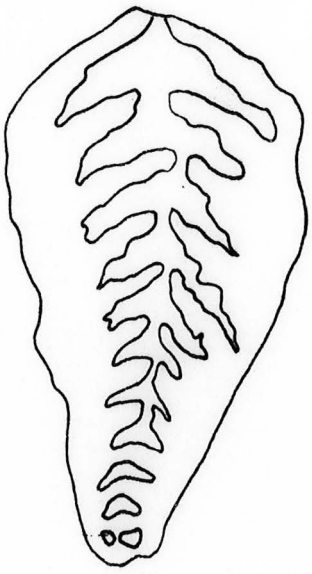
10 = vue latérale ; 11 = vue apicale

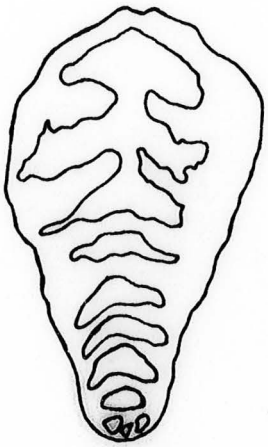
Fig. 12,13 - Haplophragmium coprolithiforme Schwager, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inférieur, (ASM 25) x 70

12 = vue ventrale; 13 = coupe axiale









PL. 3

PLANCHE 4

Fig. 1,3 - Flabellammina althoffi Bartenstein, Palente, Oxfordien inf.(Pal16) x70
1 = vue latérale; 2 = vue apicale; 3 = coupe équatoriale

Fig. 4,5 -Triplasia bartensteini Loebliche et Tappan, Palente, Oxfordien inférieur
Fig. (PAL 16), x70
4 = vue latérale; 5 = vue apicale

Fig. 6,7 - Triplasia kimmeridensis (Bielecka et Pozariski) Palente, Oxfordien inf.
(Pal 16), x70
6 = vue latérale ; 7 = vue apicale

Fig. 8,9 - Triplasia kimmeridensis ? (Bielecka et Pozaridski), Epeugney, Oxfordien
inférieur (EPE 13) x 70
8 = vue latérale; 9 = vue apicale

Fig. 10 - Epistomina sp. Palente, Oxfordien inf. (Pal 17) x 140
vue spirale

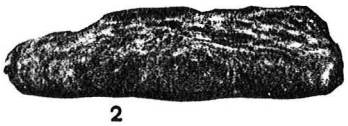
Fig. 11,12 - -Paalzowella feifeili (Paalzow) Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf.
(ASM 8), x140
11 = vue spirale; 12 = vue ombilicale

Fig. 13 - Spirillina elongata Bielecka et Pozaridski, Palente, Callovien sup.
(Pal 1) x 140, vue latérale

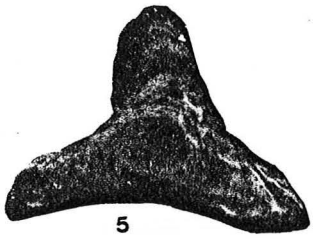
Fig. 14 - Spirillina infima (Strickland) Arc-sous-Montenot, Oxfordien, (ASM29)
x140, vue latérale

Fig. 15 - Spirillina polygyrata Gümbel, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf.(ASM 21)
x 140, vue latérale

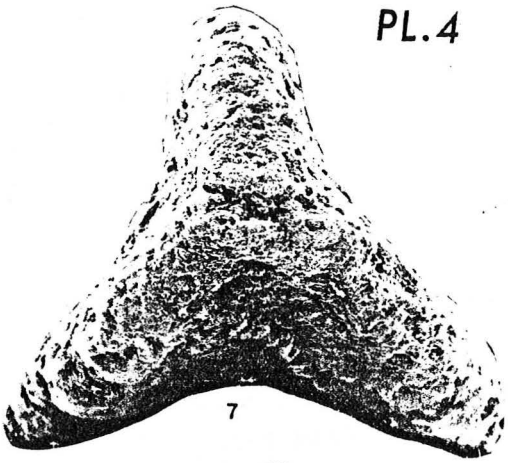
PL. 4



2



5

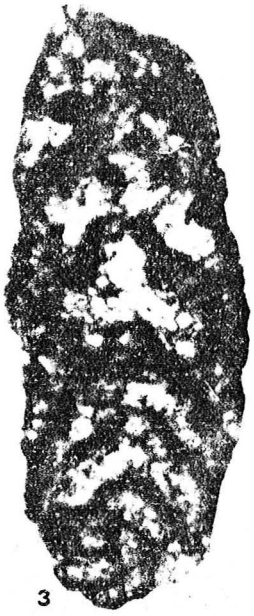


7

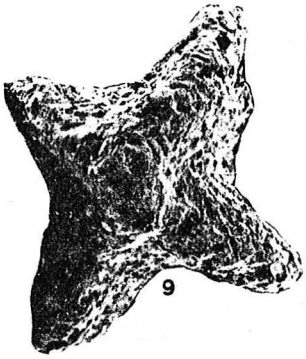
1

4

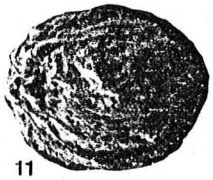
6



3



9



11

12

8

14

10

13

15

PLANCHE 5

Fig. 1,13 - Lenticulina quenstedti (Gümbel)

1 = L.quenstedti, mg Lenticulina, Epeugney, Oxfordien inf. (EPE 5) x70

2 = L.quenstedti mg Lenticulina, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 22), x70

3 = L.quenstedti mg Lenticulina, Epeugney, Oxfordien inf. (EPE 5) x70

4 = L.quenstedti mg Falsopalmula ? Epeugney, Oxfordien inf.(EPE 5)x70

5 = L.quenstedti mg Astacolus Epeugney, Oxfordien inf. (EPE 16) x 70

6 = L.quenstedti mg Lenticulina, Epeugney, Oxfordien inf. (EPE 10), x70

7 = L.quenstedti mg Lenticulina,Epeugney, Oxfordien inf. (EPE 5) x70

8 = L.quenstedti mg Lenticulina Palente, Callovien sup. (PAL 3) x 70

9 = L.quenstedti mg Saracenaria, Palente, Oxfordien inf. (PAL 11) x 140

10 = L.quenstedti mg Saracenaria Palente, Oxfordien inf. (PAL 11) x 140

11 = L.quenstedti mg Saracenaria, Palente, Oxfordien inf. (PAL 12), x140

12 = L.quenstedti mg Astacolus, Palente, Oxfordien inf. (PAL 13) x 140

13 = L.quenstedti mg Astacolus, Palente, Oxfordien inf. (PAL 11) x 140

Fig. 14,15 - Lenticulina polymorpha (Terquem) mg Planularia,

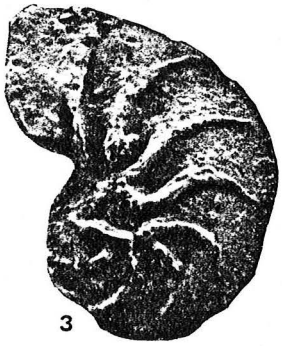
14=Epeugney, Oxfordien inf. (EPE 16) x 70

15 = Palente, Callovien sup. (PAL 3) x 70

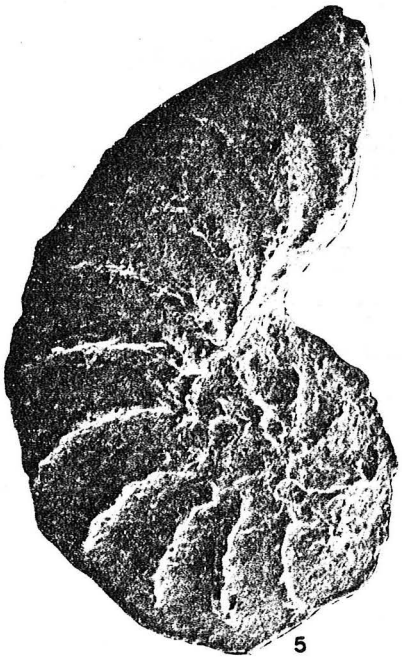
Fig. 16 - Lenticulina polypora (Gümbel) mg Planularia, Arc-sous-Montenot, Oxfordien supérieur, (ASM 13) x 140

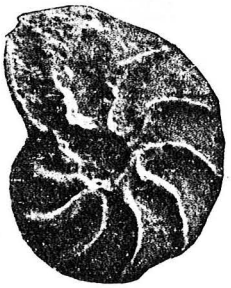
1

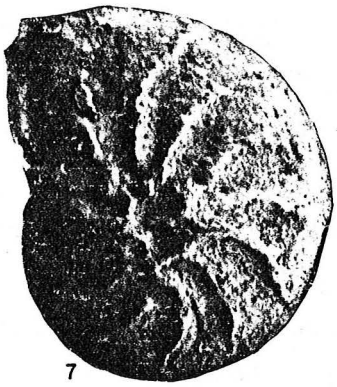
2

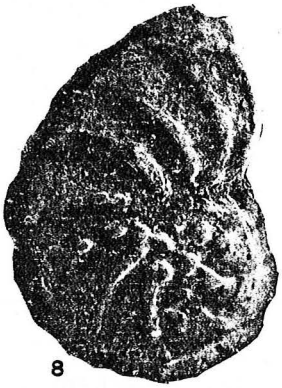

3

4

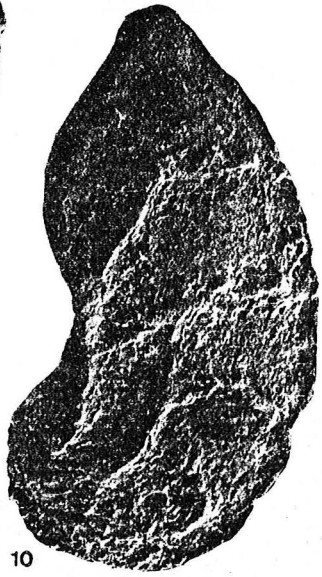

5


6


7


8

9


10

11

12

13

14

15

16

PLANCHE 6

Fig. 1,2 - Frondicularia moelleri Uhlig, Palente, Callovien sup. (PAL 3) x 70

Fig. 3,6 - Frondicularia nikitini Uhlig, Palente, Callovien sup. (PAL 3), x 70

Fig. 7,9 - Lenticulina munsteri (Roemer) mg Lenticulina, Palente, Callovien sup. (PAL 6) x 70

Fig.10 - Lenticulina subalata (Reuss) mg Lenticulina Palente, Oxfordien moyen (PAL 22), x 70

Fig. 11 - Lenticulina varians (Bornemann) mg Lenticulina, Epeugney, Callovien sup. (EPE 4), x35

Fig. 12 - Lenticulina fraasi (Schwager) mg Astacolus, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM4), x 140

Fig. 13 - Lenticulina lanceolata (Schwager) mg Planularia, Palente, Oxfordien inférieur, (PAL 11), x 140

Fig. 15 - Lenticulina quadricostataeformis Kasimova mg Astacolus, Palente, Callovien supérieur (PAL 6), x140

Fig.16 - Lenticulina batrakiensis Mjatliuk mg Marginulinopsis, Palente, Callovien supérieur (PAL 6), x140

Fig. 14 ?

PL. 6

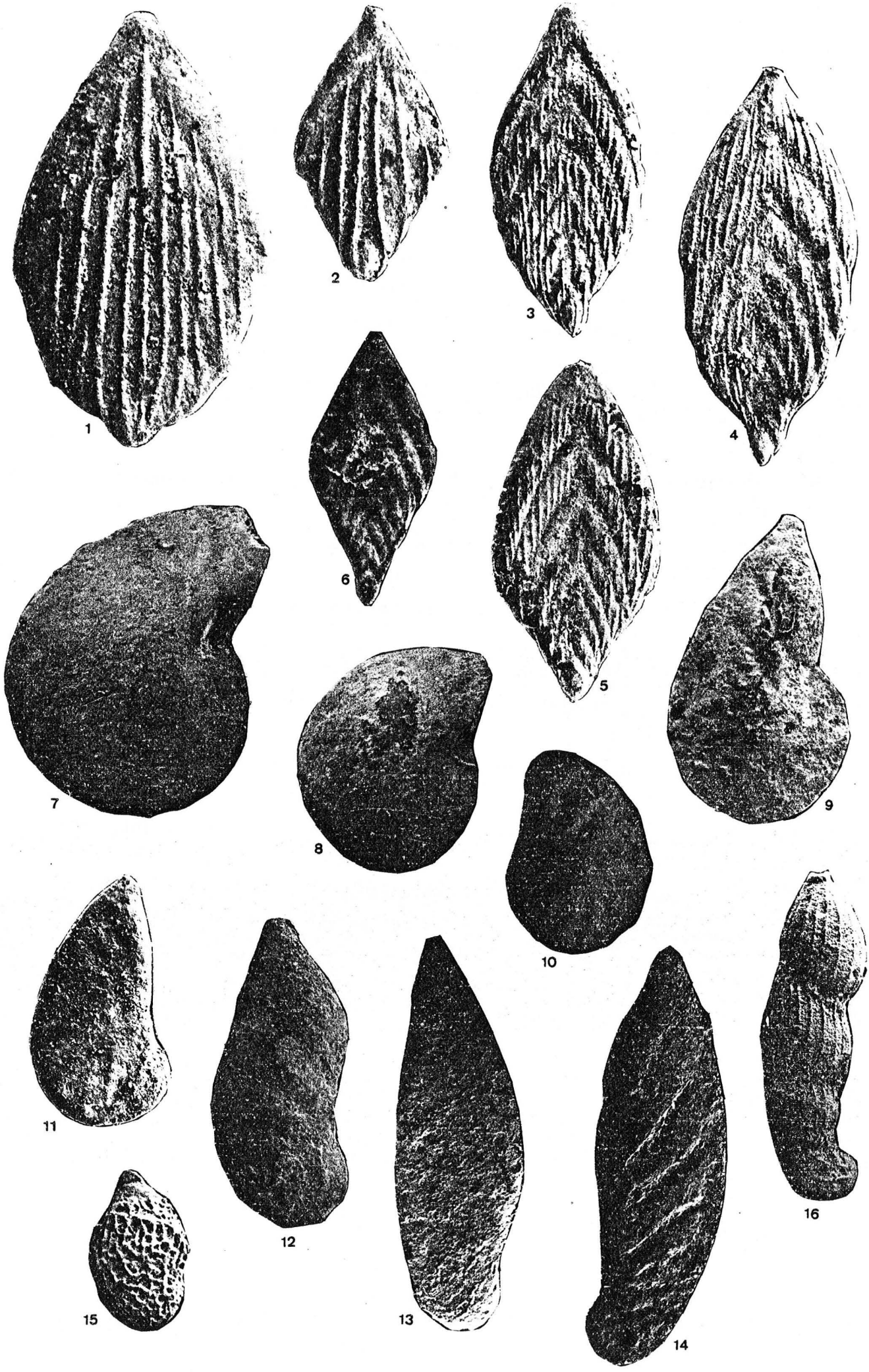


PLANCHE 7

Fig. 1,2 - Macrocypris aequabilis Oertli, Palente, Oxfordien inf. (PAL 14) x 100

Fig. 3 - Pontocyprella suprajurassica Oertli, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 11) x 100

Fig. 4 - Monoceratina calloceica Mandelshtam, Palente, Callovien sup. (PAL 6) x100

Fig. 5 - Monoceratina trepti Donze, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 11) x100

Fig. 6 - Praeschuleridea caudata (Donze) Palente, Callovien sup.(PAL a) x100

Fig. 7 - Cytheropteron rutschi Oertli, Palente, Oxfordien inf. (PAL 13) x100 vue dorsale

Fig. 8, 10 - Cytherura liesbergensis Oertli, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 14) x 100

8 et 10 = vue latérale; ç = vue dorsale

Fig. 11 - Cardobairdia aff.argovensis (Oertli), Palente, Callovien sup. (PAL 6)x100

Fig. 12,13 - Progonocythere gublerae Bizon,

12 = Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf.(ASM 18) x100

13 = Palente, Oxfordien inf. (PAL 18), x100

Fig. 14 - Progonocythere martini Bizon, Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM 14) x 100

Fig. 15 - Lophocythere scabra Buck. Palente, Callovien sup. (PAL 6) x100

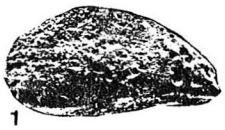
Fig. 16 - Nophrecythere cruciata (Triebel), Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. ((ASM 11) x 100

Fig. 17 - Cytherella fullonica Jones et Sherborn, Palente, Oxfordien inf.(PAL 12) x 100

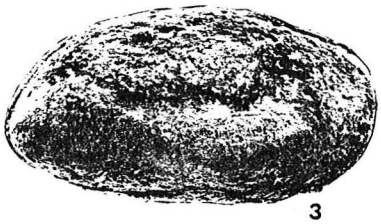
Fig. 18,20 - Cytherella index Oertli, Arc-sous- Montenot, Oxfordien inf. (ASM 5) X 100

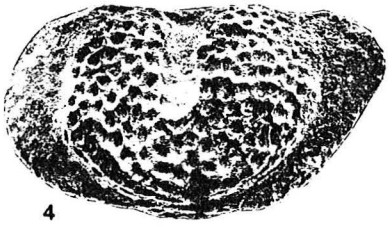
18,20 = vues latérales; 19 = vue dorsale

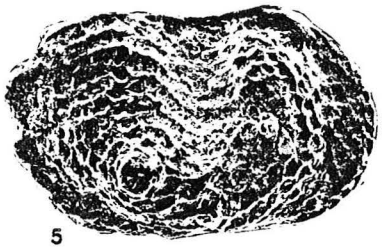
Fig.21 - Polycope sp Arc-sous-Montenot, Oxfordien inf. (ASM11), x100

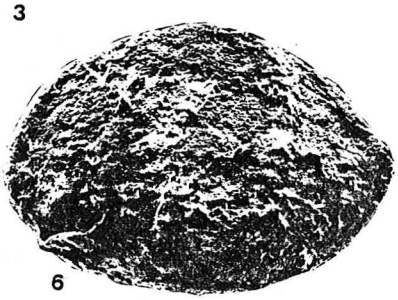

1

2

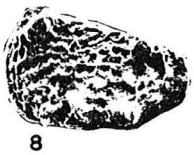

3


4

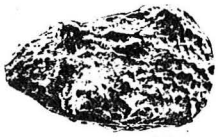

5

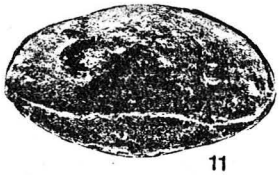

6

7


8

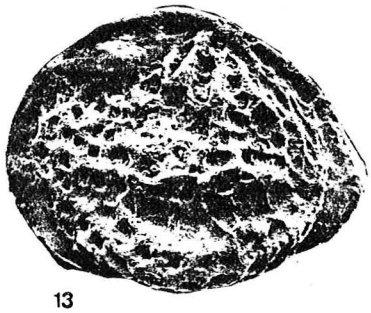
9

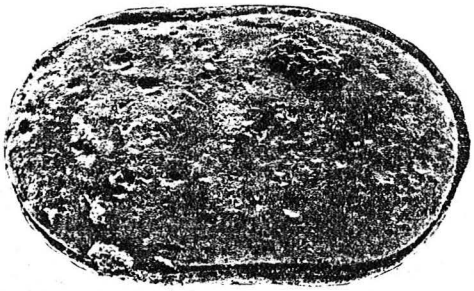

10


11

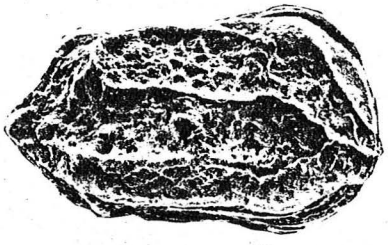
14

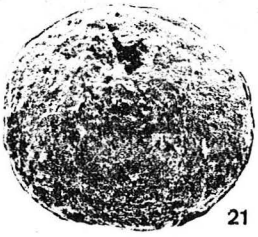
12


13


17

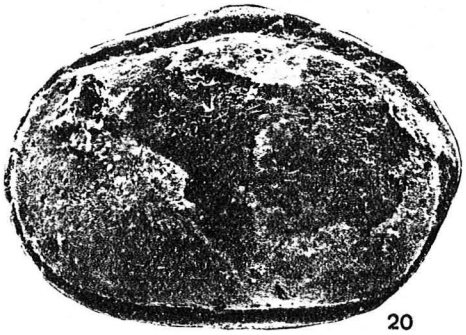
15


16


21

19

18


20

THÈSE de L'UNIVERSITÉ DE LYON I (SCIENCES)

NOM : PIOTELAT
(avec précision du nom de jeune fille, le cas échéant)

Prénoms : Hervé

DATE de SOUTENANCE

13 OCTOBRE 1984

TITRE : Etude systématique et statistique des peuplements de foraminifères et d'ostracodes du Callovien-oxfordien dans la région de Besançon.

NATURE :

Numéro d'ordre :

DOCT. d'UNIV.	DOCTEUR-INGENIEUR	DOCTORAT D'ETAT	DOCTORAT de 3e CYCLE	Spécialité : MICROPALEONTOLOGIE
☐	☐	☐	☒	

Cote B.I.U. - Lyon : T 50/210/19 / et bis

CLASSE :

RÉSUMÉ :

L'étude porte sur le contenu microfaunique des formations callovo-oxfordiennes du Jura septentrional. Les prélèvements proviennent de trois coupes situées dans la région de Besançon. Ce sont du Nord au Sud : Palente, dans la banlieu de la ville, Epeugney à 15km au Sud et Arc sous Montenot à 25 km au Sud de la coupe précédente.

Les foraminifères et les ostracodes ont été comptés d'une manière rigoureuse et déterminés spécifiquement. Les principales espèces de foraminifères sont décrites et illustrées. Les genres Frondicularia, Haplophragmium et Ammobaculites font l'objet d'une courte étude biométrique. L'étude de la répartition des espèces de foraminifères et d'ostracodes se fait grâce à l'utilisation des méthodes statistiques : analyse factorielle des correspondances surtout et analyse discriminante.

Dix groupes d'espèces de foraminifères et quatre d'ostracodes sont individualisés. Leur répartition est précisée, puis comparée à celle des autres organismes présents dans le sédiment et à des données sédimentologiques : calcimétrie, composition des argiles.

L'interprétation des observations se fait en tenant compte du cadre paléogéographique et paléoécologique défini par les auteurs ayant étudié cette région (ENAY, 1968, CONTINI, 1976, GAILLARD 1983). La signification de l'importance des différents groupes est discutée.

La répartition de certains organismes semble être conditionnée par les apports terrigènes. Une influence de la bathymétrie est également envisagée.

A l'aide des enseignements apportés par cette étude, une reconstitution plus précise de l'évolution des milieux de dépôts est proposée.

MOTS-CLÉS : Foraminifères, Ostracodes, Callovien, Oxfordien, Jura, Besançon, systématique, Biométrie, Analyses factorielles, Répartition écologique, Structure des peuplements.

Laboratoire (s) de recherches : Laboratoire de Géologie de la Faculté Catholique de Lyon

Directeur de recherches : Madame RUGET

Président de jury : Monsieur ENAY

Composition du jury : Mme C. RUGET, Mr. D.CONTINI Mr N.MONGEREAU
Mr R. MOUTERDE

CET IMPRIME DOIT FIGURER EN DERNIERE PAGE DE CHAQUE THESE (ne pas compléter la Cote B.I.U. et CLASSE)