

**LE TOARCIEN
DU QUERCY SEPTENTRIONAL :
STRATIGRAPHIE ET MICROPALÉONTOLOGIE**

Aziz QAJOUN

Laboratoire de Géologie sédimentaire et Paléontologie
Université Paul-Sabatier
Toulouse

Thèse d'Université
soutenue le 22 Octobre 1993
à l'Université Paul-Sabatier
Toulouse III

STRATA

Série 2, Vol. 22, p. 1-236, 70 fig., 15 pl.

1994

AVANT-PROPOS

Ce travail est l'aboutissement de recherches effectuées sous la direction de M. le Professeur J. REY, Laboratoire de Géologie sédimentaire et Paléontologie de l'Université Paul-Sabatier de Toulouse. Il intervient dans le cadre de l'Action Intégrée 86/210 avec le service de M. TAJ-EDDINE K., Laboratoire de Stratigraphie et de Paléontologie de l'Université Cadi Ayyad de Marrakech.

Il m'est très agréable d'adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes qui m'ont fait l'honneur de participer au jury de cette thèse et à toutes celles qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

J'exprime ma sincère gratitude et toute ma reconnaissance à M. le Professeur J. REY pour m'avoir accepté dans son équipe. Depuis qu'il m'a confié ce sujet de thèse, il a su toujours se montrer disponible et il n'a cessé, tout au long de ces quatre années, de me guider et de me conseiller.

Malgré les imperfections que contient ce mémoire, je souhaite qu'il y trouve quelques mérites justifiant sa confiance. Qu'il veuille accepter l'expression de ma plus vive reconnaissance.

Spécialiste des Foraminifères du Jurassique, Mme C. RUGET, Chargée de Recherches au C.N.R.S. (Faculté Catholique de Lyon), m'a guidé d'abord dans mon initiation avec les Foraminifères benthiques du Toarcien puis dans mes déterminations. Ses avis et ses conseils apportés à ce travail m'ont été très utiles. Je l'en remercie très sincèrement sans oublier sa famille et tous les membres de son Laboratoire pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé lors de mes séjours à Lyon.

Mes vifs remerciements vont à M. R. CUBAYNES. Il m'a fait partager sa grande expérience de la série liasique quercynoise. Il a toujours montré à mon égard une immense disponibilité, tant sur le terrain que lors de la rédaction.

Ma gratitude va également à M. le Professeur B. PEYBERNES, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider ce jury.

Je tiens à remercier M. le Professeur S. ELMI (Université Claude Bernard, Lyon) d'avoir accepté d'être rapporteur. J'en suis très honoré.

M. le Professeur J. DELFAUD (Université de Pau et des Pays de l'Adour) a répondu avec gentillesse à mon invitation en acceptant d'être rapporteur. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mes vifs remerciements vont à M. L. BONNET qui a accepté de participer à ce jury. C'est lui qui a assuré les analyses statistiques des biocoenoses de Foraminifères. Ses démarches statistiques sont fructueuses. Je lui suis très reconnaissant pour sa disponibilité et ses conseils.

J'adresse mes vifs remerciements à M. B. ANDREU pour les déterminations et les photographies qu'il m'a fournies sur les Ostracodes.

M. J.P. HOUZAY m'a encadré lors de mon stage au Laboratoire de Géochimie Organique (SNEAP, Pau) où j'ai effectué les analyses des composants minéraux et organiques des échantillons marneux de la Formation de Penne. Je lui exprime ma profonde reconnaissance pour l'aide qu'il m'a apportée.

Je remercie vivement M. le Professeur J.P. FORTUNE, Laboratoire de Minéralogie, Toulouse, pour les analyses des Argiles.

Je tiens également à remercier M. Ph. FAURE pour les déterminations d'Ammonites.

Lors des campagnes de terrain pour le lever des cartes géologiques à 1/50.000, M. J. ASTRUC (B.R.G.M.) m'a signalé un certain nombre de coupes. Je lui en suis très reconnaissant.

M. le Professeur J. DE WEVER (Université Pierre & Marie Curie, Paris) m'a initié à l'utilisation du programme informatique ICULE. Je lui en sais gré profondément.

Mes remerciements vont aussi à tous ceux ou celles qui ont apporté leur efficace concours dans divers domaines techniques : MM. Y. FILHASTRE et R. PUERTOLAS pour la réalisation des lames minces, J.C. MOLINIER pour les travaux photographiques, F. RONCHINI, M. FILHASTRE pour leurs conseils dactylographiques et Mme P. EICHENE pour ses conseils dans la réalisation des graphiques.

Je garderai le meilleur souvenir de mes camarades du Laboratoire de Géologie sédimentaire et de Paléontologie : MM. J. CANEROT, R. CISZAK, E.-J. DEBROAS, M. BILOTTE, J.L. LENOBLE, M. FRECHENGUES, M. ETTACHFINI, A. BOUCHOUATA et H. VAN DE POEL.

A ma famille enfin, je tiens à rendre un hommage des plus chaleureux. Mes parents m'ont constamment soutenu au cours de mes études et le réconfort et l'affectueux dévouement de mon épouse Milène m'ont aidés à surmonter les moments les plus difficiles.

Je leur dédie cette thèse.

RESUME

Le présent travail est consacré à l'étude de la série toarcienne du Quercy septentrional (Bassin d'Aquitaine). Elle se compose de deux formations : la Formation de Penne (Toarcien inférieur à supérieur : zones à *Tenuicostatum*, *Serpentinus*, *Bifrons*, *Variabilis*, *Thouarsense* et la zone à Insigne, sous-zone à *Fallaciosum*) et la Formation de Lexos (Toarcien supérieur : zones à Insigne, *Pseudoradiosa* et *Aalensis*).

L'analyse lithostratigraphique montre une succession de quatre faciès correspondant aux quatre membres de la série : Schistes carton (faciès anoxique), Marnes et calcaires à *Hildoceras* (dépôts du domaine infralittoral), Marnes noires à *Pseudogrammoceras* (vasière circalittorale) et l'assise à Gryphées (domaine infralittoral). Le calage biostratigraphique (zones, sous-zones et horizons) a été assuré par les ammonites.

La matière organique dans le Toarcien inférieur (Schistes carton) est de type II d'origine marine, immature et riche en carbone organique (8%). Elle est de type III d'origine continentale, pauvre en carbone organique (0,08 à 1%) et oxydée dans le Toarcien moyen et supérieur. Les argiles dans les niveaux marneux sont essentiellement des illites et des montmorillonites.

L'ensemble des données récoltées (sédimentologiques, minéralogiques et micropaléontologiques) contribue à l'identification des milieux de dépôt et des paléoenvironnements.

L'étude descriptive des microfossiles concerne exclusivement les foraminifères benthiques (*Nodosariidés* et *Lituolidés*). 27 espèces appartenant à 4 genres différents (*Citharina*, *Lenticulina*, *Ammobaculites* et *Protonina*) ont été décrites.

Outre les paramètres issus de la morphométrie manuelle (longueur, largeur...), l'utilisation de l'analyse d'image informatisée dans l'étude biométrique de deux populations de *Citharines* permet de mesurer le périmètre, la surface et l'amplitude de ces microfossiles. La population du Toarcien inférieur est dominée par les formes étroites à costulation généralisée sur tout le test. Celle du Toarcien moyen se caractérise par le développement des formes évasées à costulation localisée sur une partie du test.

L'étude de la répartition biostratigraphique des microfaunes dans le Toarcien quercynois permet de définir :

- 3 ensembles de foraminifères caractérisant successivement : la base du Toarcien inférieur, le Toarcien inférieur-moyen et le Toarcien supérieur;
- 4 associations d'ostracodes dont les répartitions stratigraphiques semblent typiques des intervalles : base du Toarcien inférieur, Toarcien inférieur, passage Toarcien inférieur-moyen et Toarcien supérieur.

Un important renouvellement dans la microfaune (ostracodes, foraminifères) se réalise à la base de la sous-zone à *Pseudoserpentinum*. Les populations du Toarcien basal ont des affinités domériennes.

La répartition paléogéographique des taxons appartenant à ces deux groupes micropaléontologiques permet d'estimer qu'au Toarcien et plus particulièrement au passage Toarcien inférieur-Toarcien moyen, les Bassins d'Aquitaine et de Paris appartenaient à la même province paléogéographique. Des communications marines existaient avec les pays européens de la Téthys occidentale et de l'Atlantique Nord.

L'application des concepts de la stratigraphie séquentielle montre que les empilements sédimentaires dans le Toarcien sont principalement contrôlés par les variations du niveau marin. L'utilisation de critères sédimentologiques, stratigraphiques, micropaléontologiques, géométriques (corrélations) et paléocologiques, permet de découper la série étudiée en huit séquences génétiques de dépôt de 3ème ordre, composée chacune de trois cortèges sédimentaires (prisme de bordure de plate-forme, intervalle transgressif et prisme de haut-niveau marin).

Les associations de foraminifères benthiques (*Nodosariidés*) et certains indices biocoénétiques (taux de renouvellement, diversité factorielle d'habitat et amplitude factorielle des taxons), issus d'analyses factorielles multivariées contribuent à la distinction des différents cortèges sédimentaires dans les séquences à lithologie homogène du Toarcien inférieur et moyen et à l'identification de leurs limites.

Mots-clés : Toarcien, Bassin d'Aquitaine, lithostratigraphie, stratigraphie séquentielle, micropaléontologie, analyses statistiques, paléobiogéographie.

ABSTRACT

The present study deals with the Toarcian series of the northern Quercy (Aquitaine Basin). This series is subdivided in two formations : the Penne Formation (Early to Late Toarcian : *Tenuicostatum*, *Serpentinus*, *Bifrons*, *Variabilis*, *Thouarsense* and *Insigne* zones, *Fallaciosum* sub-zone) and the Lexos Formation (Late Toarcian : *Insigne*, *Pseudoradiosa* and *Aalensis* zones).

The lithostratigraphic analysis shows a succession of four facies which correspond to the four members of the series : "Schistes carton" (anoxic facies), Marls and limestones with *Hildoceras* (inner-neritic depositional domain), Blacks marls with *Pseudogrammoceras* (outer-neritic facies) and "Gryphaea beds" (inner-neritic depositional domain). The biostratigraphic framework (zones, sub-zones and horizons) is given by Ammonites.

The lower Toarcian (Schistes carton) contains organic matter type II, of marine origin, characterized by lack on maturity and a high organic carbon content (up to 8%). The middle and upper Toarcian contains organic matter of type III, which comes from the continent, characterized by low organic carbon content (from 0.08% to 1%) and oxidation. Clays the marly levels from are mainly illites and montmorillonites.

The total set of collected sedimentological, mineralogical and micropaleontological data contribute to the identification of depositional setting and paleoenvironments.

The descriptive study of the microfossils only concerns the benthic foraminifera (*Nodosariidae* and *Lituolidae*). 27 species belonging to four genera (*Citharina*, *Lenticulina*, *Ammobaculites* and *Proteonina*) were described.

Besides the parameters collected by morphometric analysis (length, width...), the use of computerized image analysis in the biometrical study of two populations of *Citharina* gives the possibility to calculate the perimeter, the area and the amplitude of these microfossils. The Early Toarcian population is dominated by narrow forms with costulations generalized all over the test. The middle Toarcian population is characterized by the development of wide broad forms with costulations localized in part of the test.

The study of the biostratigraphical distribution of microfauna in the Toarcian of Quercy enables us to define :

- 3 assemblages of foraminifera who successively characterize : the base of the lower Toarcian, the lower-middle Toarcian and the upper Toarcian;

- 4 associations of ostracoda whose stratigraphical distribution seem to be typical of see following intervals : the base of the lower Toarcian, lower Toarcian, the boundary interval between the lower and middle Toarcian, and the upper Toarcian.

A significant renewal of the microfauna (ostracoda, foraminifera) takes place at the base of the *Pseudoserpentinum* sub-zone. The populations of basal Toarcian have Domesian affinities.

The paleogeographic distribution of taxa belonging to these two micropaleontological groups indicates that during the Toarcian period and in particular during the lower Toarcian-middle Toarcian boundary interval, the Basins of Aquitaine and Paris belonged to the same paleogeographical domain. Some marine communications existed with the European countries of the Western Tethys and the North Atlantic.

Application of sequence stratigraphy concepts demonstrate that sedimentary deposits of the Toarcian are mainly controlled by sea-level variations. Sedimentologic, stratigraphic, micropaleontologic, geometric (correlations) and paleoenvironmental criteria allow for the subdivision of the studied series in eight genetical depositional sequences of third order, each of which is composed of three systems tracts (shelf margin wedge systems, transgressive systems and highstand systems).

The benthic foraminiferal assemblages (*Nodosariidae*) and certain biocoenotic indexes issued from the Multiple Factorial Analysis (renewal rate of taxa, factorial diversity within sampling level and factorial amplitude of taxa) contribute to distinction of different systems tracts in the homogenous lithology sequences of the lower and middle Toarcian and to identify their sequence boundaries.

Key words : Toarcian, Aquitaine Basin, lithostratigraphy, sequence stratigraphy, micropaleontology, statistical analysis, paleobiogeography.

CHAPITRE I

INTRODUCTION GENERALE

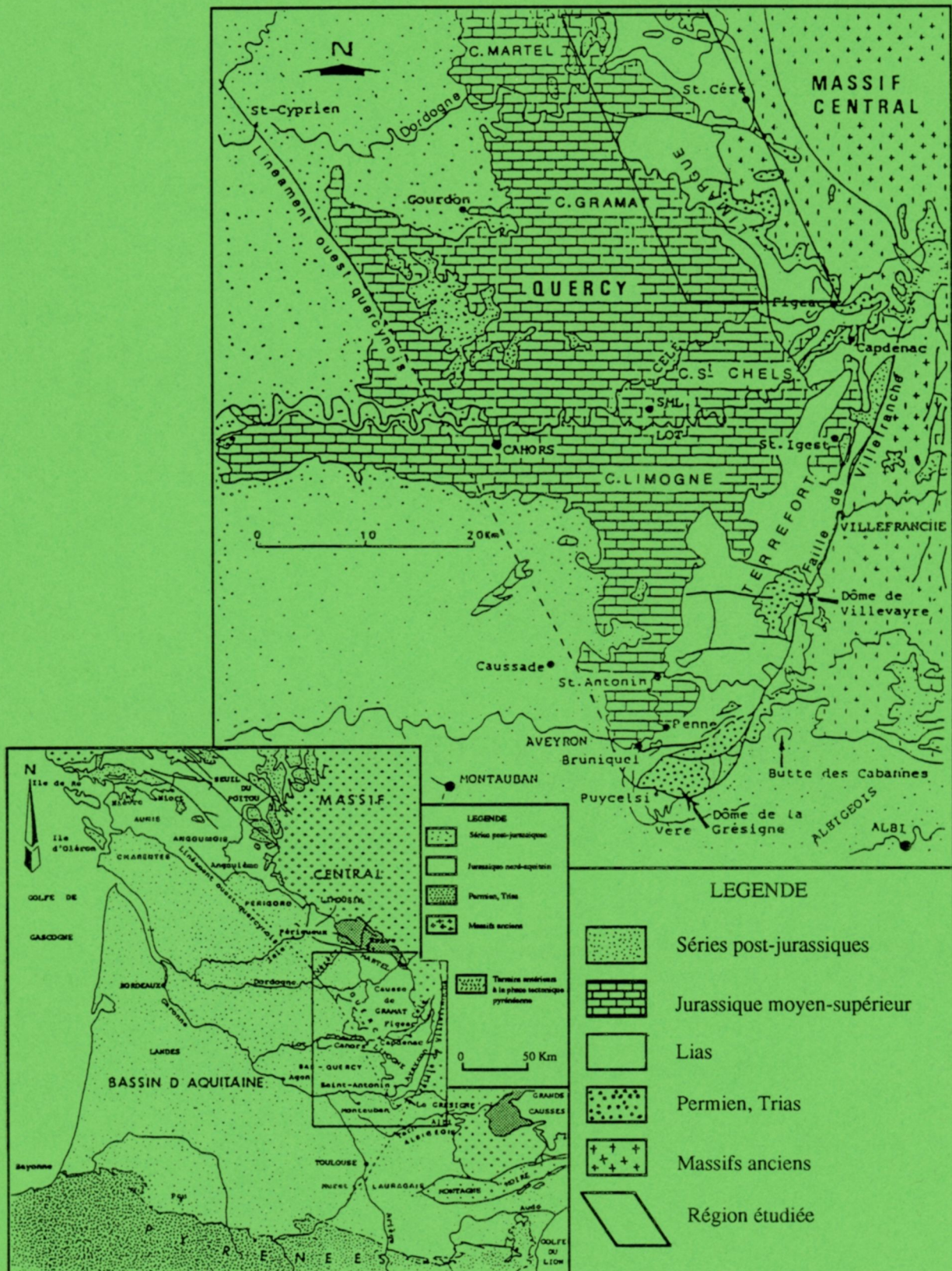


Fig. 1 : Esquisse géologique du Quercy. Sa place dans le bassin d'Aquitaine.

1. CADRE GEOGRAPHIQUE

Le Lias quercynois affleure dans une bande étroite séparant le socle hercynien du Massif central, au Nord-Est, des terrains post-liasiques (Jurassique moyen-supérieur, Crétacé et Tertiaire), à l'Est.

Du point de vue géomorphologique deux domaines s'opposent dans le Quercy:

- les Causses du Quercy ("causses mineurs") à modelé typiquement karstique (dolines, ouvalas, poljé, vallées sèches, ...), avec du Nord au Sud:

- le Causse de Martel, au nord de la Dordogne
- le Causse de Gramat, entre la Dordogne et la Célé, puis le Lot
- le Causse de Saint-Chels, entre le Célé et le Lot
- le Causse de Limogne, entre le Lot et l'Aveyron

- la dépression liasique du Terrefort et de Limargue

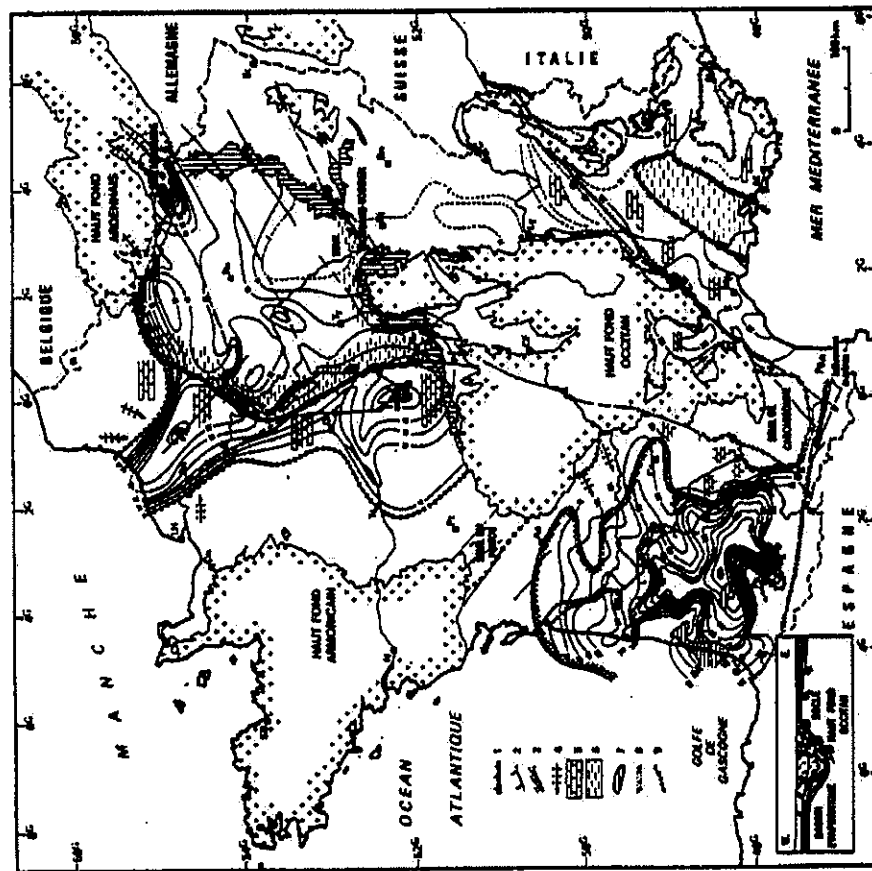
Notre secteur d'étude (fig.1) est limité au Sud par la vallée du Lot et s'étend vers le Nord jusqu'à la limite septentrionale du Causse de Martel. La série toarcienne, essentiellement marneuse dans cette région, affleure soit dans la dépression liasique de Limargue, soit dans les vallées entaillées dans les Causses de Gramat et de Martel. Sur le versant d'une vallée-type, le Toarcien apparaît comme un replat marneux compris entre la corniche calcaire du Dogger et la "Barre à Pecten" du Domérien supérieur.

2. CADRE GEOLOGIQUE

Le Quercy fait partie de la Plate-forme nord-aquitaine caractérisée par son faible pendage général (2 à 3%) vers l'Ouest ou le Sud-Ouest et par sa grande stabilité (l'épaisseur du Trias et du Jurassique varie entre 1000 et 1700m). Cette plate-forme est séparée du domaine des bassins sud-aquitains par la flexure celtaquitaine (WINNOCK, 1973) orientée N120°E. Cet accident va d'Arcachon (à l'Ouest) à Carcassonne (à l'Est, sur le versant sud de la Montagne noire), et abaisse le socle hercynien de -2000m (plate-forme) à -5000m (domaine du bassin) selon une pente variant entre 10 à 20°.

D'un point de vue structural, le Quercy est affecté par une tectonique à dominante cassante du fait de la compétence élevée des masses calcaires. Cette tectonique s'exprime principalement par des failles inverses N90°E qui n'affectent que

Apollinaire : au Doyenné/Océanide ; *Assurance de Paris et du Sud-Est* : au Doyenné ;
1 : Musée d'Exposition au plateau-terrasse carrossable ; 2 : Faculté des Sciences ; 3 : Université ; 4 : limite d'extension ultérieure ; 5 : division locale
de la ville ; 6 : limite supérieure du terrain.



1 : limite d'extension de la phase-forme cristalline; 2 : limite d'extension de la latite (Apérimin); 3 : limite d'extension de l'andésite (Apérimin); 4 : supports districhéens; 5 : phéo-forme en bombe; 6 : facile mairuans; 7 : croûtes locale liée à l'andésite; 8 : faille apparente sur Buzang; 9 : limite d'extension subaquaire.

Fig. 2 : Evolution des grands bassins français : A. Lias inférieur, B. Lias supérieur.
(d'après CURNELLE & DUBOIS, 1986)

la couverture mésozoïque et des accidents crustaux en décrochement dextre N140 à N150°E (Linéament Ouest-quercynois) et en décrochement senestre N20°E (Faille de Villefranche-de-Rouergue). Ces deux derniers accidents majeurs délimitent respectivement à l'ouest et à l'Est le Bassin quercynois. Signalons toutefois, l'existence de diverses structures plissées sous forme de dômes, cuvettes et plis. L'anticlinal de la Grésigne et celui de Saint-Martin-Labouval sont les principales grandes structures plissées de la région.

3. CADRE PALEOGEOGRAPHIQUE (CURNELLE et al., 1986 : fig. 2 A et B)

Au cours du Lias inférieur, la mise en eau se généralise dans les trois grands bassins français (Bassins de Paris, d'Aquitaine et du Sud-Est) assurant le passage des évaporites triasiques et liasiques (milieux confinés) au domaine marin ouvert de plate-forme externe.

En Aquitaine l'installation de milieux marins franchement ouverts ne s'effectue qu'au début du Carixien. Au Lias inférieur se développe une vaste cuvette évaporitique à dolomie, anhydrite et sel massif (zone à anhydrite).

Au Lias supérieur, l'ensemble du bassin d'Aquitaine (avec sa bordure quercynoise au Nord-Est) se présente comme une plate-forme marine complètement immergée, bordée par le môle occitan à l'Est (le long de la Faille de Villefranche-de-Rouergue) et qui s'abaisse vers l'Ouest pour s'ouvrir sur la marge proto-Atlantique.

4. CADRE STRATIGRAPHIQUE

La série toarcienne à dominante marneuse, comprise entre le sommet de la "Barre à Pecten" et la base des calcaires aaléniens à *Leioceras opalinum* (REINECKE), se compose de deux Formations et de quatre Membres (fig. 4): la Formation de Penne (membres des Schistes carton, des Marnes et calcaires à Hildoceratidés et des Marnes noires à Pseudogrammoceras) et la Formation de Lexos, incluant l'"Assise à Gryphées" (CUBAYNES, 1986; CUBAYNES et al., 1989).

La limite basale du Toarcien est une discontinuité majeure de 3° ordre (GABILLY, CARIOU ET HANTZPERGUE, 1985), située dans la partie sommitale de la "Barre à Pecten" et connue régionalement sous le nom de la D7a "post-Spinatum" (REY et al., 1988; CUBAYNES et al., 1989). Le Toarcien débute ainsi par un niveau calcaire à *Paltarpites paltus* (BUCKMAN) intégré à la "Barre à Pecten".

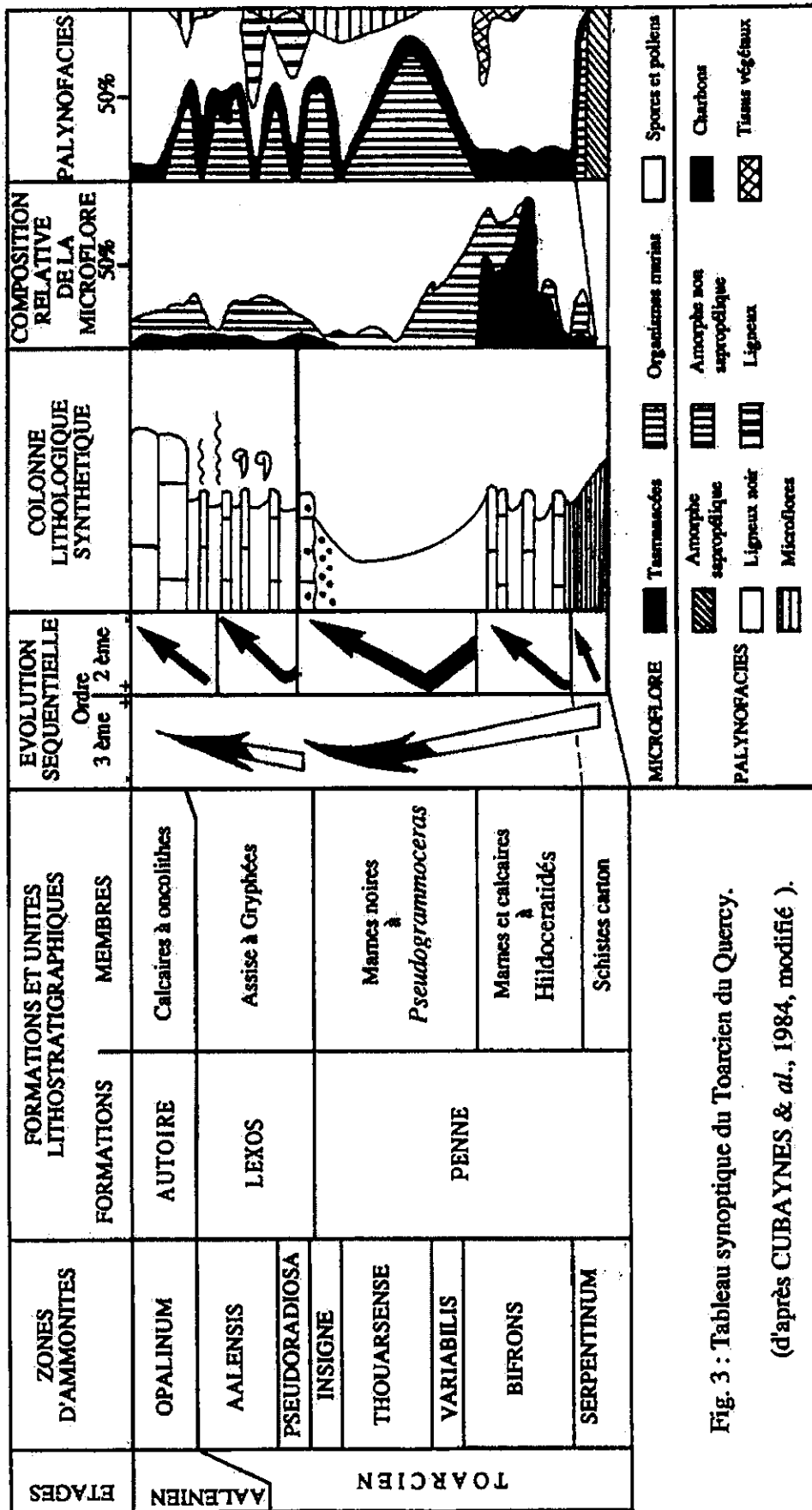


Fig. 3 : Tableau synoptique du Toarcien du Quercy.

(d'après CUBAYNES & al., 1984, modifié).

La limite entre le Toarcien et l'Aalénien est localisée au sein des calcaires bioclastiques de la base de la Formation d'Autoire (Membre des calcaires à oncolithes. Elle est identifiée par l'apparition des premiers *Leioceras opalinum* (CUBAYNES et al., 1989).

5. TRAVAUX ANTERIEURS

Nous allons nous contenter seulement, dans ce paragraphe, de retracer les grandes lignes des travaux cartographiques, sédimentologiques et stratigraphiques antérieurs. Un commentaire plus approfondi sera intégré au début de chaque chapitre de ce travail.

Le Toarcien, comme l'ensemble du Jurassique du Quercy, a fait l'objet de plusieurs études descriptives, lithologiques, paléontologiques, cartographiques et, plus récemment, d'études sédimentologiques et stratigraphiques approfondies. Celles-ci ont eu pour but la reconstitution des milieux de dépôt et leurs évolutions, mais aussi la mise en évidence des facteurs majeurs ayant joué un rôle prépondérant dans l'évolution géodynamique de la Plate-forme nord-aquitaine.

La première description des terrains toarciens avec leurs fossiles dans le Quercy (région de la Grésigne), remonte à 1869 par MAGNAN. En 1898, CARAVIN-CACHIN décrit dans le Tarn des séries marneuses à *Hildoceras bifrons*. C'est en 1903 que THEVENIN faisait une synthèse sur le Jurassique du Quercy dans son "Etude géologique de la bordure sud-ouest du Massif central". Les données stratigraphiques qu'il a fournies dans son travail ont servi de base à tous les travaux ultérieurs portant sur cette région. Cet auteur a proposé la coupe de la vallée de la Bonnette (Tarn-et-Garonne) comme coupe-type du Toarcien, et distingue cinq zones dans le Toarcien qui sont, de bas en haut :

- la zone à *Harpoceras falciferum*;
- la zone à *Hildoceras bifrons*;
- la zone à *Lytoceras jurense*, *H. fallaciosum* et *H. striatulum*;
- la zone à *H. aalense*;
- enfin, tout au sommet, la zone à *H. opalinum*.

La première guerre mondiale interrompt ensuite les recherches géologiques qui trouvent un nouvel élan à partir de 1945 grâce à la prospection pétrolière. De très nombreuses données sont collectées par BERGOUNIOUX, CAVAILLE, DURAND-DELGA, ELLENBERGER et GEZE dans le cadre de levées cartographiques (cartes géologiques au



Fig. 4 : Succession lithologique, séquences majeures et superséquences du Jurassique du Quercy. Comparaison avec les cycles eustatiques de HAQ & al. (1987) (d'après REY & al., 1988).

1/80 000ème de Montauban,). A cette occasion ces auteurs modifient la stratigraphie du Toarcien établie par THEVENIN.

Dans le Lot, l'étude de nombreux sondages implantés dans la région de Figeac pour la prospection minière a permis à LEFAVRAIS-RAYMOND et LE CALVEZ de présenter des études stratigraphiques et micropaléontologiques détaillées sur le Lias de cette région (1970 à 1975).

Il faut attendre les années 80 pour avoir les premières analyses biostratigraphiques très fines. Dans le cadre de sa thèse d'Etat sur le Lias du Sud du Quercy (région de la Grésigne), CUBAYNES récolte un nombre important d'ammonites. Ces levés des coupes et ses récoltes de fossiles systématiques lui ont permis, avec FAURE en 1981, d'établir la première analyse biostratigraphique détaillée du Lias quercynois en reconnaissant 26 des 29 horizons biostratigraphiques toarciens décrits par GABILLY (1976) pour le seuil de Poitou. Ces deux mêmes auteurs, en 1983, affinent la biozonation du Toarcien supérieur (Zone à Aalensis). Ils mettent en évidence, au sein de la lignée *Pleydellia s.s* quatre groupes évolutifs successifs et proposent ainsi la création d'une nouvelle sous-zone à *Pleydellia celtica* entre les sous-zones à Mactra et à Aalensis (FAURE et al., 1983).

En 1984, CUBAYNES, BOUTET, DELFAUD et FAURE décrivent la succession des terrains toarciens sous forme d'unités séquentielles (fig. 3), en donnant une approche sur les milieux de dépôt. Ceci a été repris et développé par CUBAYNES dans sa thèse d'état (1986). Ce dernier travail reste une référence pour les travaux ultérieurs grâce à la qualité des observations et des descriptions très précises de la série liasique en général, et de celle de Toarcien en particulier.

Disposant des informations sur la signification et sur la position dans le temps des différentes séquences et discontinuités dans la série jurassique du Quercy (FAURE et al., 1987), REY et al. proposent en 1988 un schéma interprétatif (fig. 4) de l'évolution de la plate-forme quercynoise au cours du Jurassique, par comparaison avec le modèle de fluctuation du niveau des mers publié par HAQ et al. en 1988. Les principaux résultats de ce travail sont :

- les empilements sédimentaires de la série jurassique du Quercy sont principalement contrôlés par les variations globales du niveau marin. Au Lias (au Lotharingien et à la base du Toarcien) et au Dogger (Bajocien et Bathonien) des manifestations tectoniques en distension interfèrent avec l'eustatisme.

- la mise en évidence, dans le Lias moyen et supérieur quercynois d'une succession de séquences génétiques de dépôt (fig. 4). L'ensemble de ces séquences forme une superséquence (JII) qui exprime dans sa totalité l'avancée des mers sur la bordure est de l'Aquitaine et le Massif central.

- Le Toarcien est composé de 4 séquences (L9 à L12) dont les deux premières sont cycliques (fig. 4), débutant chacune par un intervalle transgressif (IT) et se clôturant par des dépôts de prisme de haut niveau (PHN). En revanche L11 et L12 ne sont représentées que par des prismes de haut niveau marin (séquences de comblement de type klupfélien).

CUBAYNES et *al.*, (1989) tentent de caractériser les prismes de dépôt d'origine eustatique par les associations de foraminifères benthiques dans le Lias moyen et supérieur du Quercy méridional.

L'idée que la microfaune benthique constitue un très bon outil pour déceler les changements des milieux de dépôt qui restent discrets et difficiles à identifier dans les successions lithologiques va être largement développée dans les travaux de CUBAYNES et *al.* (1989b, 1990a et 1990b), REY et *al.* (1992) et QAJOUN et *al.* (1992).

L'étude quantitative, par Analyse de Correspondances Multiples, Classification automatiques et Analyses Discriminantes des peuplements de foraminifères benthiques (BONNET et *al.*, 1991, 1992, 1993) confirme la distinction des différents cortèges sédimentaires (bas niveau marin, haut niveau marin et intervalle transgressif) par leurs contenus micropaléontologiques.

6. BUTS ET METHODES DE L'ETUDE

6.1. Buts

Dans le prolongement des travaux faits sur le Toarcien du Quercy méridional (CUBAYNES, 1986), il apparaissait nécessaire de développer des recherches similaires sur le Toarcien de la partie septentrionale du Quercy. Notre travail s'inscrit donc dans une thématique consistant à développer les connaissances sur la stratigraphie et sur la micropaléontologie du Toarcien quercynois. Il a été entrepris avec deux objectifs essentiels:

- une étude biostratigraphique et sédimentologique qui consiste en:

- une description des différentes Formations et Membres de la série toarcienne, à travers les coupes que nous avons levées.
- une datation à l'aide d'ammonites (biostratigraphie fine) ;
- une interprétation en terme de stratigraphie séquentielle de la série toarcienne. Ceci est rendu possible dans la mesure où les différentes discontinuités sédimentaires sont d'abord identifiées et datées d'une part, et la géométrie des cortèges sédimentaires est accessible grâce aux corrélations proposées à l'échelle du Quercy d'autre part ;

- une étude micropaléontologique:

L'analyse du contenu microfaunique des coupes attribuées au Toarcien nous a permis de dresser un inventaire détaillé des foraminifères dans la région septentrionale du Quercy.

Une étude systématique détaillée de la famille des Nodosariidés a été réalisée. Elle est complétée par une étude biométrique du genre *Citharina*. La classification adoptée est celle LOEBLICH et TAPPAN (1964, 1974 et 1981). Cependant nous avons introduit la notion de morphogénre (RUGET, 1983) que nous le développons dans le chapitre "Micropaléontologie" (p. 159). Dans la description des coupes nous indiquerons les noms de foraminifères de la manière suivante : exemple, *Lenticulina filosa* mg. Pl. (mg. : morphogénre, Pl. : *Planularia*).

L'examen de la répartition stratigraphique des foraminifères benthiques et des ostracodes, dans le cadre chronologique précis dont nous disposons, nous a permis de distinguer des associations et des ensembles pouvant avoir un intérêt biostratigraphique à l'échelle locale et régionale.

Enfin, une analyse quantitative et qualitative des peuplements de foraminifères dans différents niveaux du Toarcien a été réalisée dans le but de distinguer les cortèges sédimentaires par leur contenu micropaléontologique.

6.2. Méthodes d'études

Sur le terrain, les coupes du Toarcien ont été levées banc par banc. Il faut signaler, à cet égard, les difficultés d'observation du Lias supérieur : les niveaux marneux sont souvent masqués par la végétation. La plupart du temps, ces marnes et argilites s'expriment dans la topographie par des replats herbeux séparant la "Barre à Pecten" (Domérien supérieur, extrême base du Toarcien) de l'"Assise à Gryphées" (Toarcien supérieur).

La répartition des foraminifères n'est pas uniforme dans un même niveau . Ils se concentrent en "nids" (RUGET, 1985). Par conséquent, sur un niveau 2 Kg environ de marnes sont prélevés en se déplaçant latéralement sur une petite distance.

Au laboratoire, après avoir été pesés, les échantillons de marnes sont lavés, selon la méthode utilisée par RUGET et *al.* (1989), sur une colonne de tamis (650, 250 et 100 micromètres). Les résidus recueillis sont triés dans leur totalité. Les comptages des différents taxons de foraminifères en valeurs absolus ont été réalisés, puis reconvertis en pourcentages relatifs. Ces résultats ont servi pour les analyses quantitatives.

Pour les analyses statistiques, plusieurs méthodes ont été utilisées. Les logiciels statistiques, les appareils d'observations et de photographie dont nous disposons (laboratoire de géologie sédimentaire et paléontologie à Toulouse), nous ont facilité le travail. Ces méthodes et moyens d'études seront largement décrits dans les chapitres correspondants.

CHAPITRE II

DESCRIPTION DES UNITES LITHOSTRATIGRAPHIQUES

Lithologie, biostratigraphie, géochimie, datations et corrélations

ETAGE	SOUS ETAGES	ZONES	SOUS-ZONES / HORIZONS	FORMATIONS, MEMBRES	
TOARCIEN	SUPERIEUR	AALENSIS	BUCKMANI	XXX	LEXOS
			AALENSIS	XXIX	
			CELTICA	XXVIII XXVII XXVI XXV	
			MACTRA	XXIV XXIII	
		PSEUDORADIOSA	PSEUDORADIOSA	XXII XXI	
			LEVESQUEI	XX	
		INSIGNE	GRUNERI	XIX	
			INSIGNE	XVIII	
			FALLACIOSUM	XVII	
		THOUARSENSE	FASCIGERUM	XVI	
			THOUARSENSE	XV XIV	
			BINGMANNI	XIII	
	MOYEN		VARIABILIS	ILLUSTRIS	XII
		VARIABILIS		XI	
		BIFRONS	SEMIPOLITUM	X	
			BIFRONS	IX	
			LUSITANICUM	VIII	
			SUBLEVISIONI	VII	
	INFERIEUR	SERPENTINUS	FALCIPERUM	VI	
			PSEUDOSERPENTINUM	V	
			STRANGWAYSII	IV III	
		TENUICOSTATUM	SEMICELATUM	II	
			PALTUS	I	
		Barre à Pecten			
		Marnes noires à <i>Pseudogrammoceras</i>			
		Marnes et calcaires à Hildoceratidés			
		Schistes carton			

Fig. 5 : Découpage stratigraphique de la série toarcienne du Quercy.
(CUBAYNES et al., 1981 et 1983)

1. INTRODUCTION

Notre étude a porté sur l'ensemble des niveaux toarciens à dominante marneuse compris entre le sommet de la barre à Pecten et la base de la Formation d'Autoire. Nous n'avons donc pas analysé le banc calcaire de l'horizon à Paltus qui est inclus dans la Formation de la barre à Pecten.

Nous avons adopté le découpage du Toarcien en unités lithostratigraphiques et biostratigraphiques établi dans la région de la Grésigne par CUBAYNES et FAURE (1981 et 1983), formalisée en 1989 par CUBAYNES et *al.* . La série toarcienne est ainsi subdivisée en deux Formations (fig. 5) :

1.1. Formation de Penne

Définie par CUBAYNES et FAURE (1981) dans les coupes-types de Penne (Tarn) et de Lexos (Tarn-et-Garonne), la Formation de Penne comprend trois membres, qui sont de la base au sommet:

- Membre des Schistes carton (zone à *Tenuicostatum* et base de la zone à *Serpentinus*).
- Membre des Marnes et calcaires à *Hildoceratidés* (zones à *Serpentinus*, à *Bifrons* et à *Variabilis*).
- Membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras* (zone à *Thouarsense* et base de la zone à *Insigne*).

1.2. Formation de Lexos

D'âge Toarcien supérieur, de la zone à *Insigne* (sous-zone à *Insigne*) jusqu'au sommet de la zone à *Aalensis* (sous-zone à *Buckmani*), cette Formation qui contient l'"Assise à gryphées", correspond à une alternance de marnes et calcaires riches en macrofaunes benthiques (brachiopodes et lamellibranches). Elle a été décrite dans la coupe-type de Lexos (Tarn-et-Garonne) par CUBAYNES et *al.* (1981 et 1983) et CUBAYNES (1986).



Fig. 6 : Carte topographique de FIGEAC au 1/100 000 : localisation des coupes.
 1. Thérmines; 2. la Cérède; 3. Gramat; 4. la Barrie; 5. le Caille; 6. Darnis.



Fig. 7 : Carte topographique de BRIVE-LA-GAILLARDE au 1/100 000 : localisation des coupes.

7. Vimard ; 8. Aurore ; 9. la Poudrière ; 10. Puy d'Issoud.



Fig. 8 : Carte topographique de BRIVE-LA-GAILLARDE au 1/100 000 : localisation des coupes.
11. Turenne.

2. SITUATION DES COUPES

11 coupes ont été levées sur notre territoire d'étude (fig. 6, 7 et 8). Un certain nombre d'entre elles nous ont été signalées par J. ASTRUC, lors de ses campagnes de terrain pour le lever des cartes géologiques à 1/ 50 000. Chacune de ces coupes ne couvre qu'une partie de la série toarcienne

Coupes	Cartes IGN 1/100000	Coordonnées		Localisation	Stratigraphie
		X	Y		
Le Caille (5)	FIG. 6 A C (fig. 6)	551,8	278	au nord du village le Caille, sur la départementale D36	Toarcien inférieur, Formation de Penne, Membre des Schistes carton.
la Barrie (4)		553,2	278,1	au croisement des départementales D36 et D14.	
la Cérède (2)		556,4	276,5	à 1Km au sud du village Bio.	Toarcien inférieur et moyen, Formation de Penne, Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés.
Darnis (6)		550,5	278,8	au nord de Gramat sur la route secondaire reliant la D14 et la D673	
Thémines (1)		559,8	271,1	à 10Km au sud-est de Gramat, sur la départementale D40.	Toarcien supérieur, Formation de Lexos.
Gramat (3)		552,6	276,5	à 1Km au nord-est de Gramat, au niveau du château d'eau (champ de la croix), sur la D677.	Toarcien supérieur, Membre des Marnes noires à <i>Pseudo-gramnoceras</i> et Formation de Lexos
Turenne (11)	BRIVE-LA-GAILLARDE (fig. 7 et 8)	541,4	305,4	sur la départementale D8, à 2,5Km au sud de Turenne.	Toarcien supérieur, Formation de Penne
Autoire (8)		559,9	284,9	sur la D38 en face du cirque d'Autoire et à la sortie du village d'Autoire sur la D135	
la Poujade (9)		553,1	278,1	au nord du village La Poujade, sur la départementale D14.	
Vitarel (7)		553,1	280,1	à 5km au nord de Gramat, dans une ferme du village Vitarel	
Puy d'Issolud (10)		547,4	284,1	sur le versant Nord de la vallée de la Dordogne à proximité du village de Puy d'Issolud.	

Nous décrivons ces coupes dans l'ordre chronologique des termes affleurants, par Formation et par Membre.

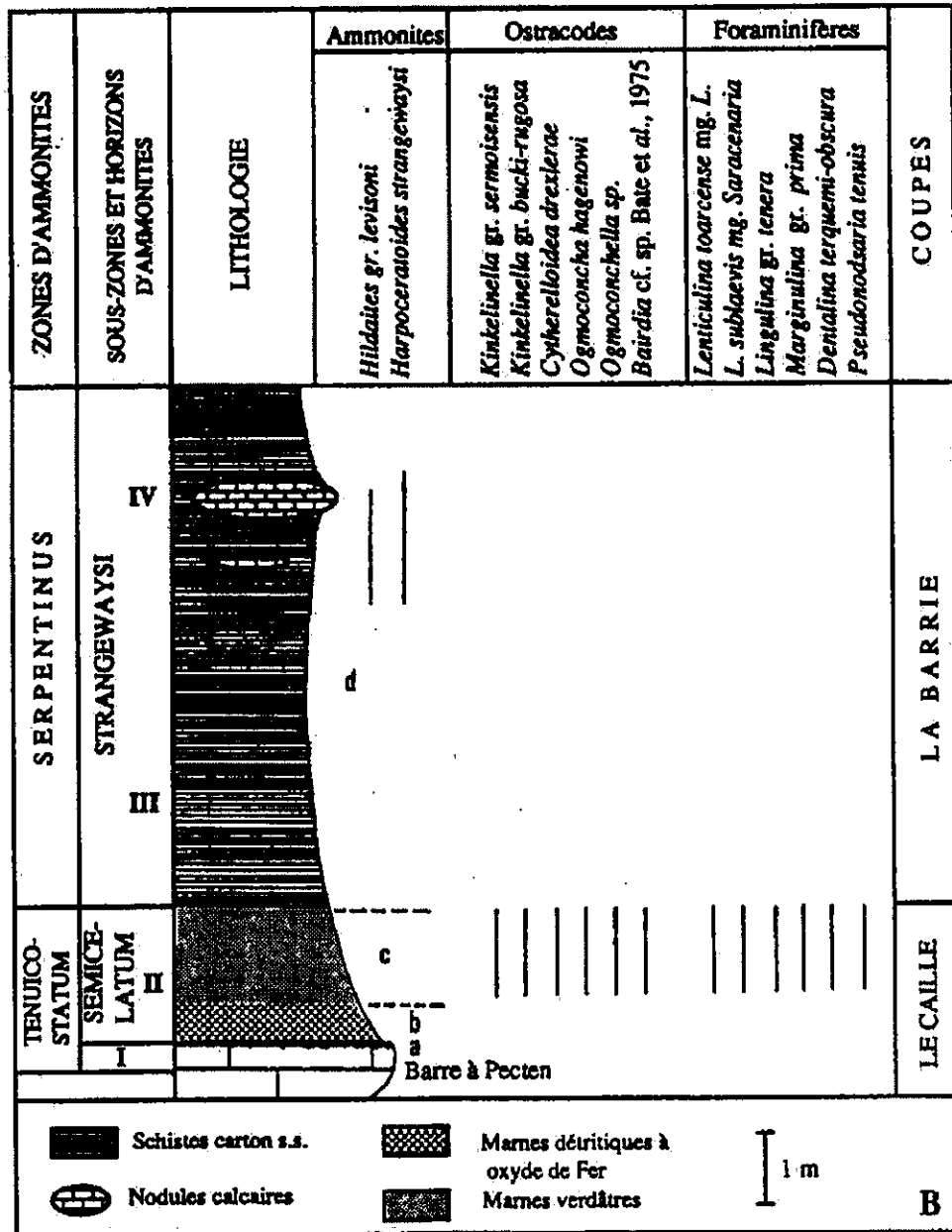
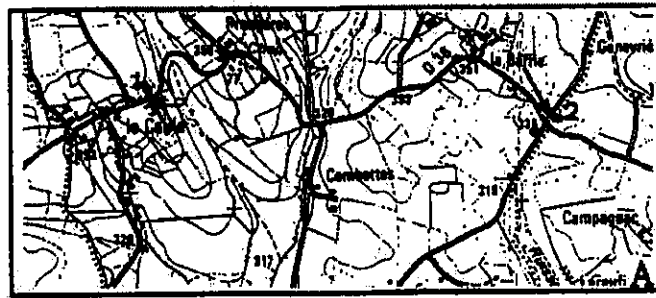


Fig. 9 : Membre des Schistes carton dans les coupes de le Caille et la Barrie.

A : carte de situation au 1/25 000 avec, 1. coupe de le Caille, 2. coupe de la Barrie.

B : lithostratigraphie, ammonites, foraminifères et ostracodes.

3. FORMATION DE PENNE

3.1. Membre des Schistes carton

3.1.1. Description des coupes:

a. Coupe de la Barrie/le Caille:

Les Schistes carton sont visibles le long de la départementale D36 entre Lavergne (à l'Est) et le Caille (à l'Ouest). Les coupes de la Barrie et de le Caille m'ont permis de décrire l' ensemble du Membre.

• le Caille

Dans la coupe de le Caille (fig.9), la partie inférieure des Schistes carton montre, de bas en haut, la succession suivante:

a- le hard-ground karstifié, au sommet de la Barre à Pecten. Il présente des fissures orientées N-S à N20°E.

b- une mince couche (40 cm) de marnes à nodules ferrugineux renferme une importante thanatocénose de lamellibranches, de bélemnites et de crinoïdes.

c- 1,50 m de marnes verdâtres, sombres, pyriteuses, sableuses et très bioclastiques.

Les lavages livrent une microfaune constituée principalement d'ostracodes et de nodosariidés. Les bioclastes de lamellibranches et de crinoïdes (*Isocrinus* sp.) sont les plus nombreux.

Les nodosariidés sont représentés essentiellement par *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria*, *Lingulina* gr. *tenera* (BORNEMANN), *Marginulina prima* (D'ORBIGNY) et de rares *Dentalina* (couple *Dentalina terquemi-obscura*). Ces foraminifères benthiques présentent des affinités typiquement domériennes.

Six espèces d'ostracodes ont été rencontrées dans cette coupe : *Cytherelloidea drexlerae* (FIELD), *Ogmoconcha hagenowi* (DREXLER), *Ogmoconchella* sp., *Bairdia* cf. sp., *Kinkelinella* gr. *sermoisensis* (APOSTOLESCU) et *Kinkelinella* gr. *bucki-rugosa* (BIZON).

• la Barrie

Le faciès des Schistes carton s.s. s'observe dans la coupe de la Barrie. Il est directement superposé aux marnes sableuses visibles à l'affleurement. D'épaisseur variant entre 6 à 7 m, les Schistes carton s.s. présentent un litage horizontal et parallèle. La succession des lits clairs et sombres leur donne un aspect varvé. Ce sont des argilites brunes à phase carbonatée et détritique très faible. Aucune microfaune benthique n'a été trouvée dans les résidus des lavages.

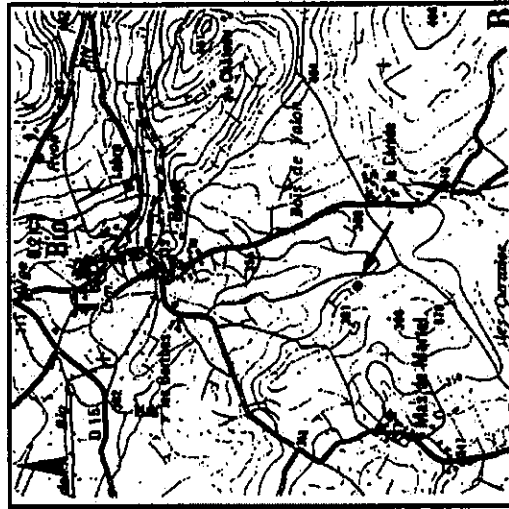
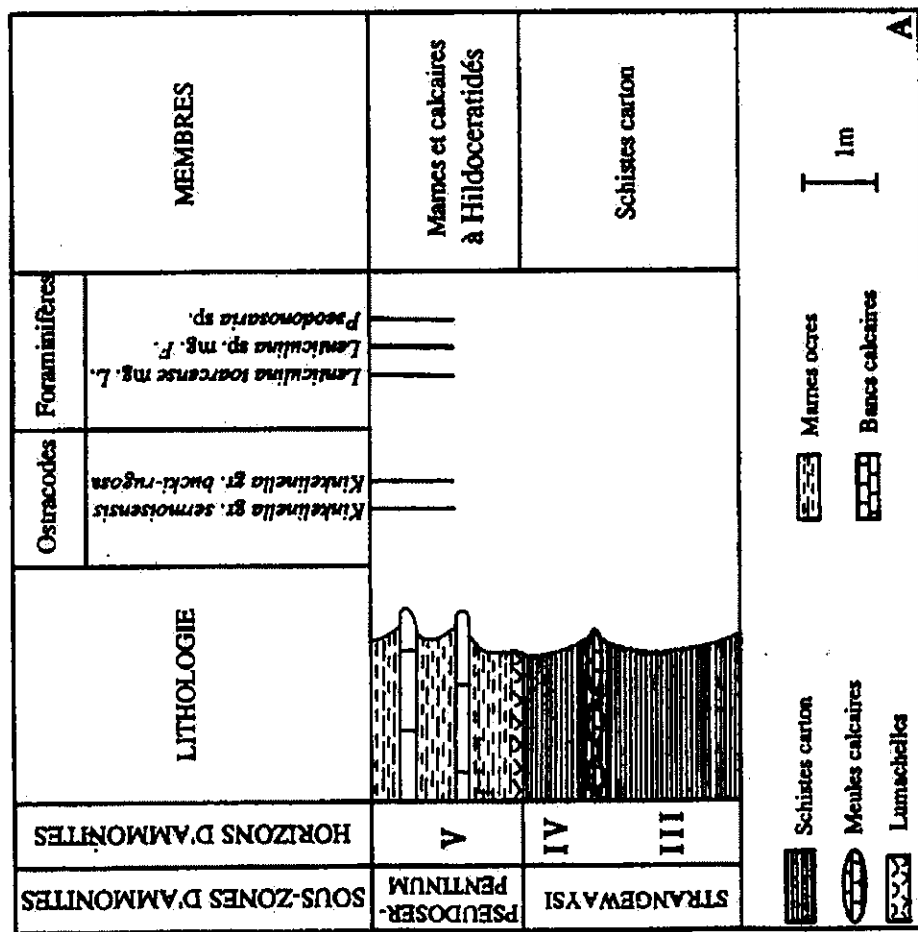


Fig. 10 : Membre des Schistes carton et le passage aux Marnes et calcaires à Hildoceratidés dans la coupe de la Cérède. A : lithostratigraphie, ostracodes et foraminifères ; B : carte de situation au 1/25 000.

Des meules calcaires de couleur sombre s'intercalent dans la partie supérieure des Schistes carton sur une épaisseur d'un mètre. Ces meules sont datées par des *Hildaites* gr. *levisoni* et des *Harpocratoides strangewaysi* (SOWERBY) : zone à *Serpentinus*, sous-zone à *Strangewaysi*. Leur litage suit parfaitement celui des Schistes carton encaissants. De forme lenticulaire, leur taille est variable, allant de simples galets à des blocs atteignant parfois 1,5m de diamètre pour 30 cm d'épaisseur. Ces meules essentiellement calcaires (80 à 90 % de CaCO_3) sont finement stratifiées. Elles forment un repère stratigraphique dans le Quercy du fait qu'elles sont particulièrement concentrées dans la partie supérieure des Schistes carton.

b. Coupe de la Cérède:

Cette coupe (fig. 10) montre le passage des Schistes carton au Marnes et calcaires à *Hildoceratidés* sus-jacents. Au dessus de la Barre à *Pecten*, marquée dans le paysage par un surplomb boisé, une lacune d'observation s'étend sur 4m de Schistes carton. Ces derniers sont visibles dans un fossé sur une épaisseur de 2,5m. Ils s'achèvent par des faciès altérés azoïques. Le passage aux Marnes et calcaires à *Hildoceratidés* est marqué par un niveau de condensation décimétrique à *Plicatula* sp. et *Propeamusium* (*Pecten*) *pumilus* (LAMARCK). Un tel niveau de condensation apparaît aussi dans les coupes de Villefranche-de-Rouergue (Aveyron) et des Gardelles (Quercy méridional).

c. Coupe de Turenne:

Située sur la route départementale D8, au sud de Turenne, cette coupe montre la succession stratigraphique suivante, de bas en haut :

- Barre à *Pecten*,
- Schistes carton,
- Marnes et calcaires à *Hildoceratidés*,
- Marnes noires à *Pseudogrammoceras*.

Une tranchée (comblée immédiatement après) a été faite en bord de route, à la base de cette coupe, allant jusqu'à la Barre à *Pecten*. On y a observé de bas en haut (fig. 11):

- a- le hard ground karstifié, au toit de la barre à *Pecten*;
- b- un niveau de marnes ferrugineuses, bioclastiques et détritiques (2,5m);
- c- les Schistes carton s.s. (5,5m);

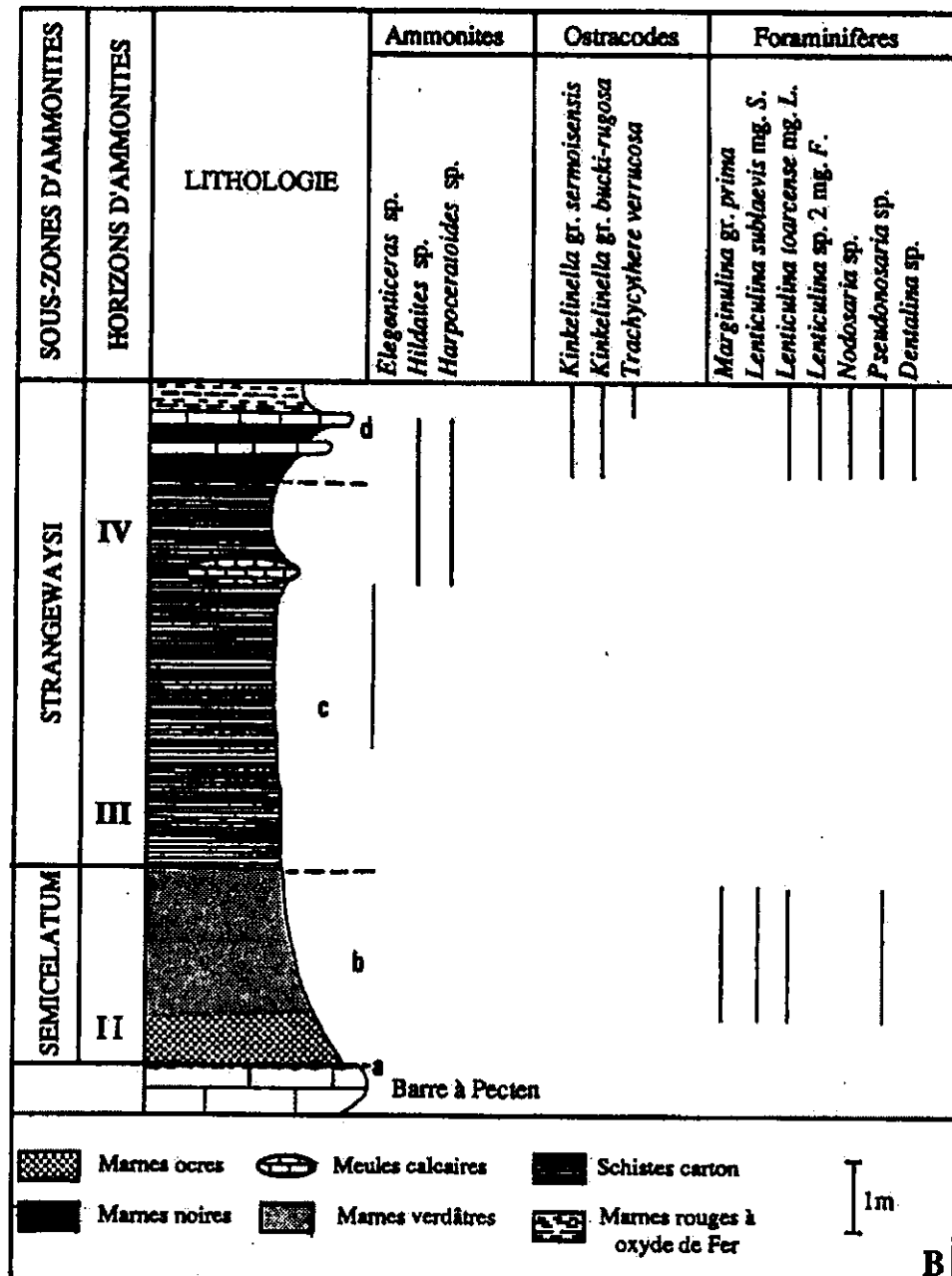
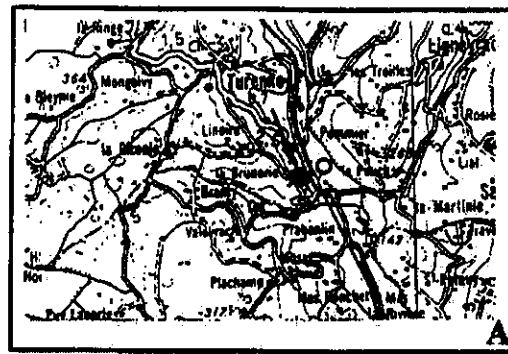


Fig. 11 : Membre des Schistes carton dans la coupe de Turenne. A : carte de situation au 1/25 000; B : lithostratigraphie, ammonites, ostracodes et foraminifères.

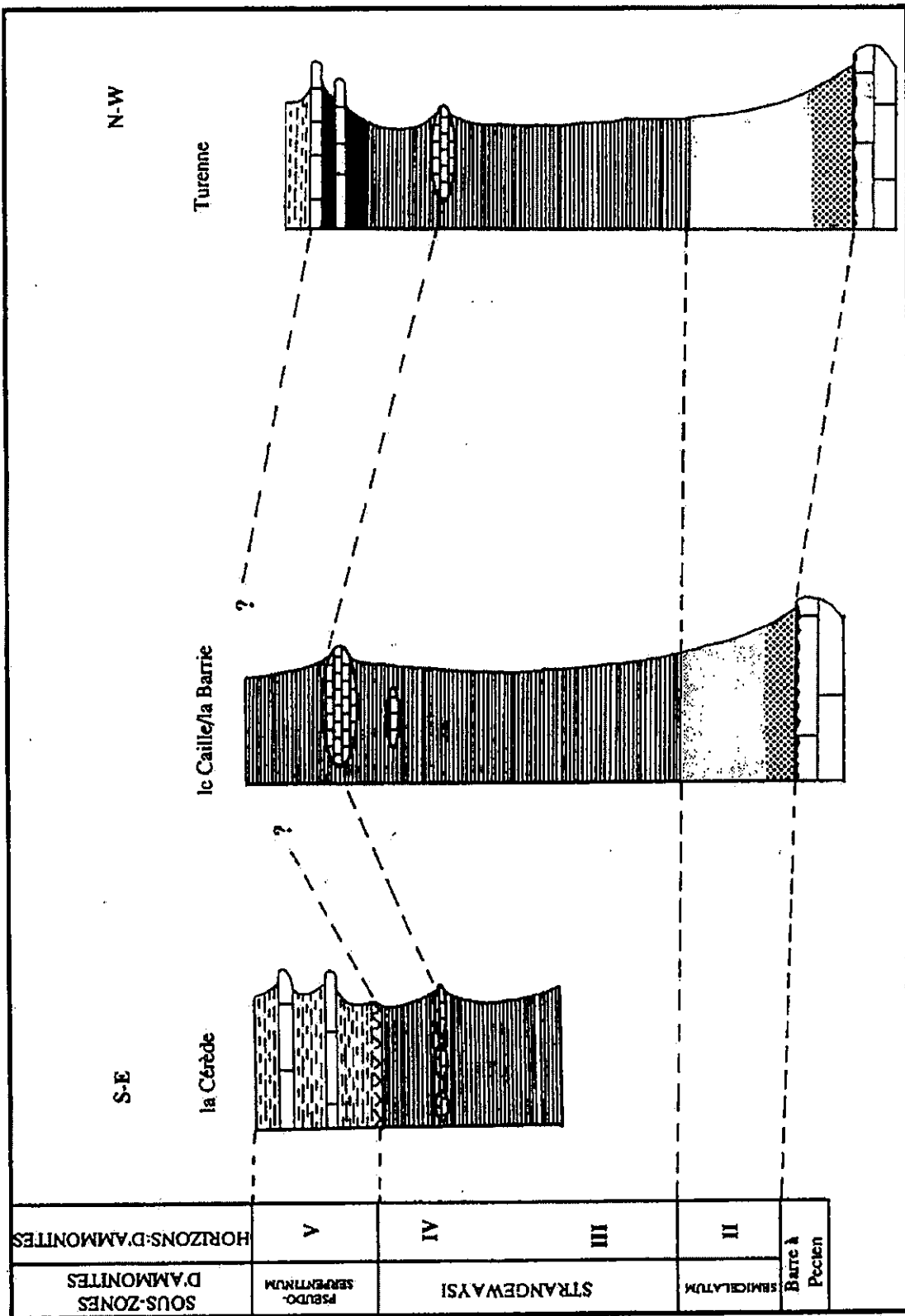


Fig. 12 : Membre des Schistes carton : évolution latérale du Sud-Est au Nord-Ouest.

d- une alternance de bancs noduleux sombres et des marnes compactes finement stratifiées (1m). J'ai trouvé des *Hildaites* sp. et des *Eleganticeras* sp.. Cette partie de la coupe représente donc le sommet de la zone à *Serpentinus* (sous-zone à *Strangewaysi*).

3.1.2. Conclusions

D' âge Toarcien inférieur (sous-zones à *Semicelatum* et à *Strangewaysi*), le membre des Schistes carton (7 à 9m) se compose de deux unités lithologiques : à la base des marnes détritiques à microfaune benthique à cachet domérien, d'épaisseur variable et au dessus des argilites litées azoïques. Ces dernières représentent le faciès des Schistes carton *s.s.*. Épaisses de 6m en moyenne, elles témoignent de la mise en place de conditions anoxiques dans le Bassin quercynois durant le Toarcien inférieur (sous-zone à *Strangewaysi*). Les corrélations établies entre les trois coupes (fig. 12) montrent que:

- la présence d'un niveau de meules est constante;
- l'épaisseur des marnes détritiques augmente en allant vers la région de Turenne;
- les Schistes carton *s.s.* sont plus épais dans la coupe de la Barrie que dans la coupe de Turenne;
- la partie sommitale de ce membre, datée de la sous-zone à *Strangewaysi*, est couronnée par des marnes noires à microfaune benthique (fonds oxygénés) dans la région de Turenne.

Le faciès des Schistes carton du Toarcien inférieur s'étend sur une bonne partie de l'Europe occidentale, France (bassin de Paris, bassin d'Aquitaine et bassin des Grands-Causses), Angleterre, Allemagne,... Des faciès similaires de même âge ont été signalés sur d'autres plaques, tels les Schistes feuilletés dans le Moyen-atlas marocain (GUEX, 1973) et les laminées brunes du Canada (Alberta) connues sous le nom de "Pocker clip shale" (SPRINGER et *al.*, 1964). Il est probable que si la transgression du Toarcien inférieur, reconnue à l'échelle du globe, permet d'augmenter la tranche d'eau dans les bassins sédimentaires, ce sont les paramètres locaux (isolement, stratification des eaux et productivité organique) qui contrôlent à l'échelle d'un bassin sédimentaire l'existence de ce faciès.

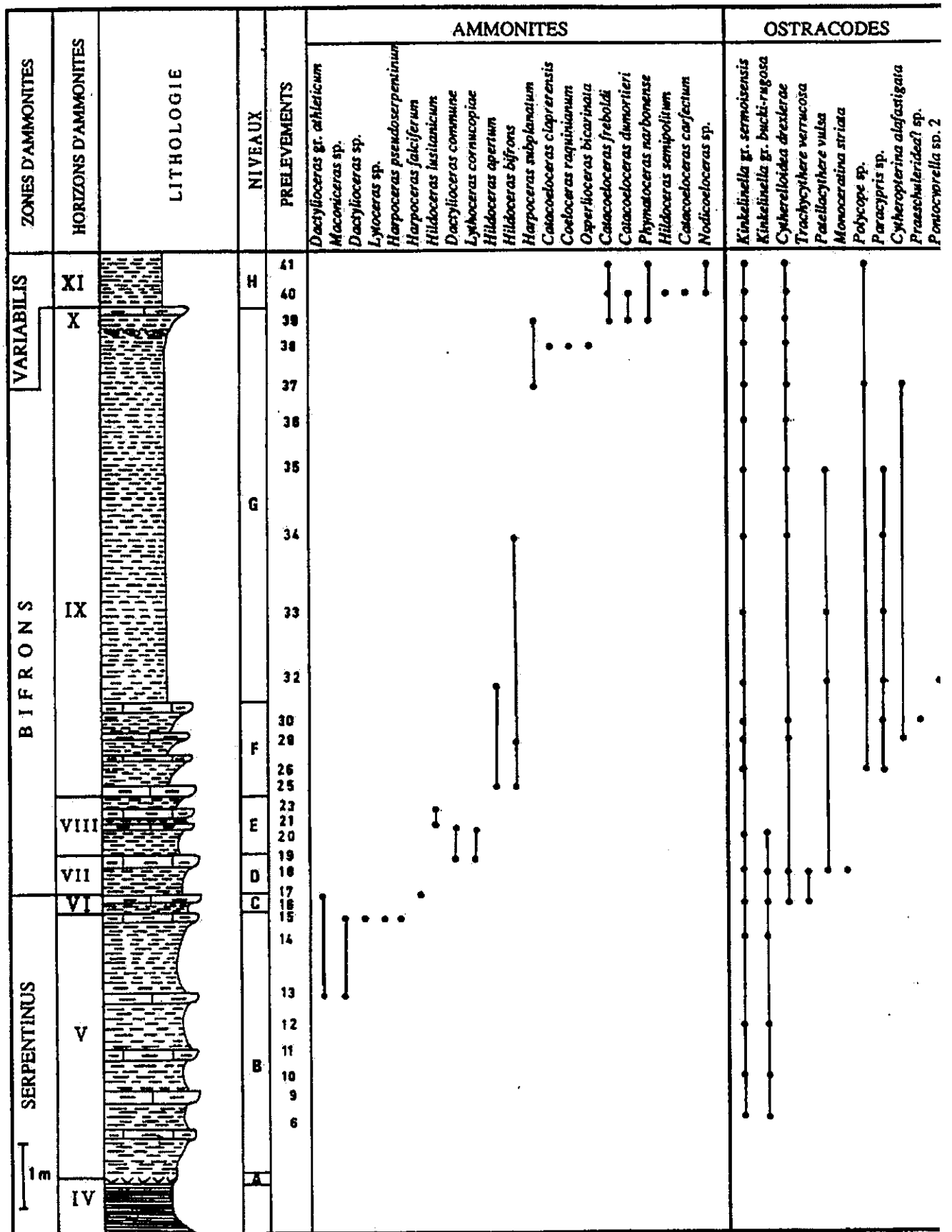


Fig. 13 : Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés, répartition stratigraphique des ammonites et des ostracodes dans la coupe de la Cérède.

3.2. Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés

Nous allons étudier dans cette partie 4 coupes illustrant ce membre. Seule la partie supérieure des Marnes et calcaires à Hildoceras (zone à Variabilis) n'apparaît pas en affleurement.

3.2.1. Coupe de la Cérède

a. Description de la coupe

Située à 1Km au sud du village de Bio (fig. 10), la coupe de la Cérède montre, au-dessus des Schistes carton s.s., de bas en haut, l'organisation suivante (fig. 13):

A- 10 cm de lumachelle à *Astarte depressa* (GOLDFUSS), associées à des *Propeamussium* (*Pecten*) *pumilus* (LAMARCK).

B- 3,5 m d'alternance de marnes sombres détritiques et de bancs calcaires décimétriques de couleur grise. Les ammonites récoltées dans les bancs calcaires (CER13 et 15) : *Harpoceras* sp., *Maconiceras* sp., *Harpoceras pseudoserpentinum* GABILLY, *Lytoceras* sp. et *Dactyloceras* sp. datent ces marnes et calcaires de la zone à Serpentinus (horizons V à Pseudoserpentinum).

C- 0,30 m de marnes riches en nodosariidés et ostracodes, surmontées par un banc calcaire régulier (biomicrite mudstone bioturbée à bioclastes de crinoïdes et de lamellibranches) à *Dactyloceras* gr. *athleticum* (SIMPSON) et *Harpoceras falciferum* (SOWERBY). Ce niveau est attribué à la partie supérieure de la zone à Serpentinus (horizon VI à Falciferum).

D- 0,40m de marnes riches en nodosariidés et ostracodes, surmontées par un banc calcaire régulier de 0,20m (biomicrite mudstone bioturbée à bioclastes de crinoïdes et de lamellibranches) à *Dactyloceras commune* (SOWERBY) et *Lytoceras cornucopiae* (YOUNG & BIRD) : horizon VII à Sublevisoni.

E- 1 m de marnes ocre alternant avec des bancs calcaires décimétriques à *Lytoceras cornucopiae* (YOUNG et BIRD), *Dactyloceras commune* (SOWERBY) et *Hildoceras lusitanicum* MEISTER (horizon VIII à Lusitanicum).

F- 1,30 m de marnes et calcaires (bancs décimétriques). Les premiers *Hildoceras bifrons* (BRUGUIERE) apparaissent dans le premier banc calcaire (CER27), signalant la base de l'horizon IX à Bifrons.

G- 5 m de marnes jaunâtres très fossilifères, riches en plagiostomes, gastéropodes et ammonites : *Hildoceras bifrons*, *Harpoceras subplanatum* OPPEL, *Catacoelocras clapiensis* (GUEX) et *catacoelocras raquinianum* (D'ORBIGNY). Ces marnes sont intercalées au sommet par un niveau décimétrique de concrétions calcaires.

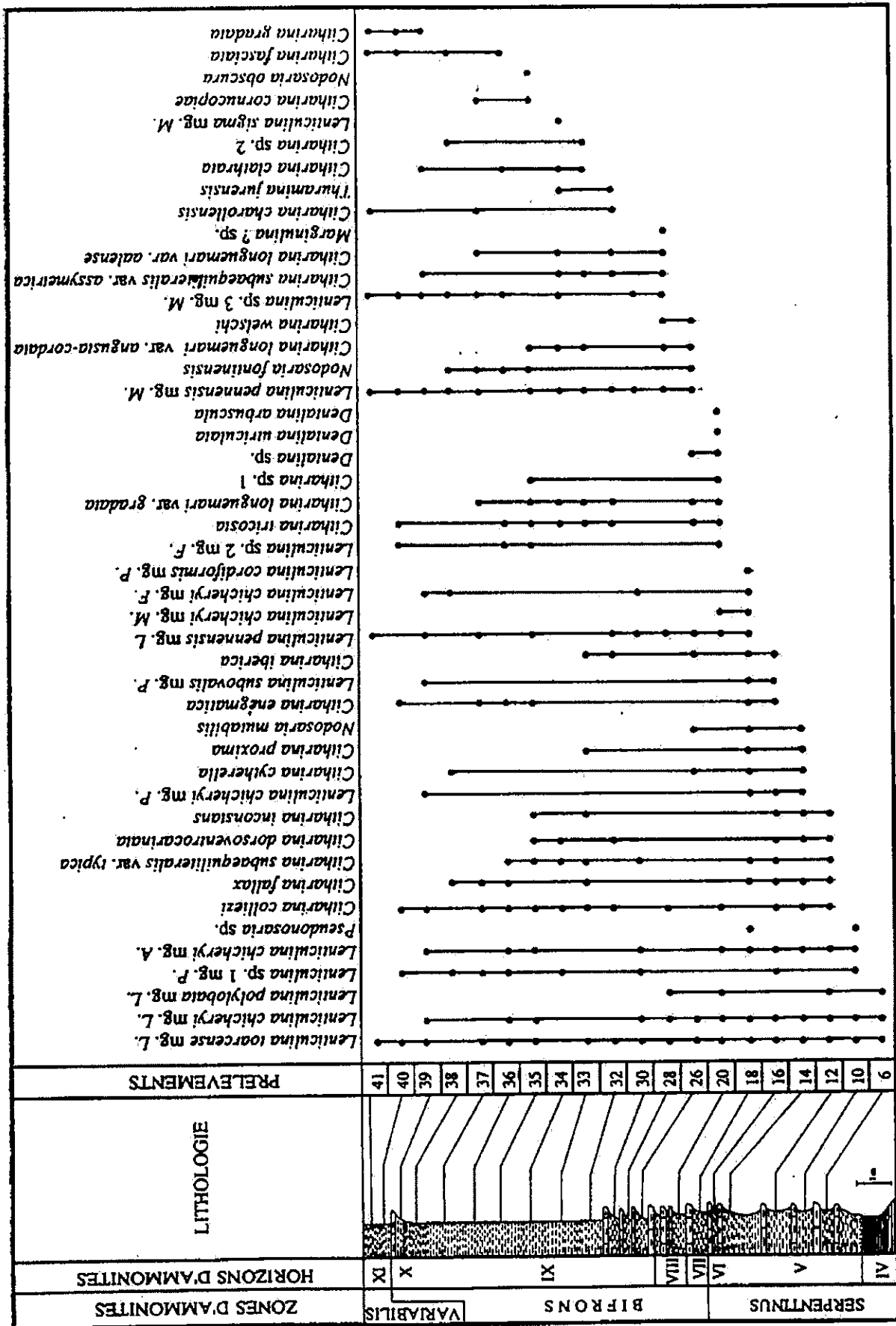


Fig. 14 : Répartition stratigraphique des foraminifères dans la coupe de la Cérède; Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés.

H- 0,80 m de marnes jaunâtres à *Hildoceras semipolitum* (BUCKMAN) et à *Catacoeloceras freboldi* (MONESTIER) riches en lamellibranches, bélemnites. Elles correspondent à la base de l'horizon X à Variabilis.

Les bancs calcaires présentent un microfaciès uniforme : biomicrites mudstone à wackstone, pyriteuses et bioturbées à bioclastes de lamellibranches et de crinoïdes. Les nodosariidés (*Lenticulina*, *Nodosaria* et *Dentalina*) à remplissage pyriteux sont rares. Le banc de base de l'horizon IX à Bifrons ne renferme pas de microfilaments, contrairement à ce qui a été observé dans la région de la Grésigne (CUBAYNES, 1986 et QAJOUN, 1990).

b. Microfaunes

Les foraminifères benthiques sont exclusivement des nodosariidés bien diversifiés au Toarcien moyen. La population de foraminifères dans la coupe de la Cérède se caractérise par (fig. 14) :

- l'apparition des espèces de Lenticulines dans les premiers faciès de milieux ouverts et oxygénés après les Schistes carton : *L. chicheryi* mg. *Lenticulina*, *L. toarcense* mg. *Lenticulina*.

- la diversification du genre *Lenticulina* au passage Toarcien inférieur-Toarcien moyen avec l'apparition de *L. chicheryi* mg. *Falsopalmula*, *L. chicheryi* mg. *M.*, *L. pennensis* mg. *L.* et *L. cordiformis* mg. *P.*

- l'apparition progressive des morphogenres déroulés ou en voie de déroulement (*Astacolus*, *Planularia*, *Marginulinopsis* et *Falsopalmula*) de l'espèce *Lenticulina chicheryi* et d'autres espèces de lenticulines déroulées (*Lenticulina pennensis* mg. *Marginulinopsis* et *Lenticulina cordiformis* mg. *Planularia*).

- l'apparition brutale et le développement rapide du genre *Citharina* dans les niveaux CER10 et CER12 (zone à *Serpentinus*, horizon V à *Pseudoserpentinum*).

Si les lenticulines prédominent par leur fréquence relative (70 à 100%), les citharines (0 à 29%) sont plus diversifiées que les Lenticulines au Toarcien inférieur et moyen avec 21 espèces et variétés paléontologiques différentes. Les autres genres (*Dentalina*, *Nodosaria* et *Pseudonosaria*) sont rarement représentés.

L'ostracofaune se caractérise par (fig.13) :

- la prédominance et la présence quasi constante des espèces *Kinkelina* gr. *sermoisensis* (APOSTOLESCU) et *Kinkelina* gr. *bucki-rugosa* (BIZON).

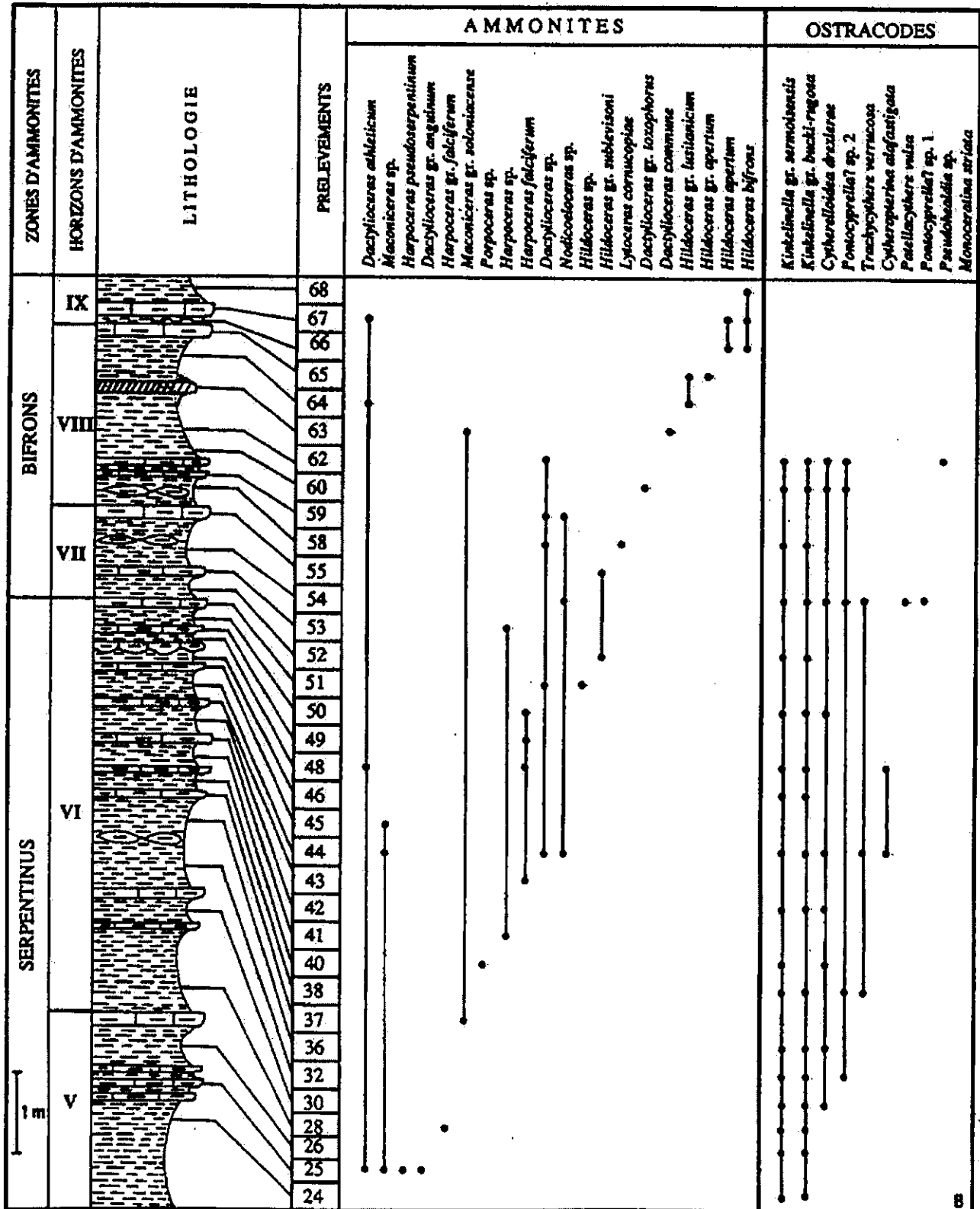
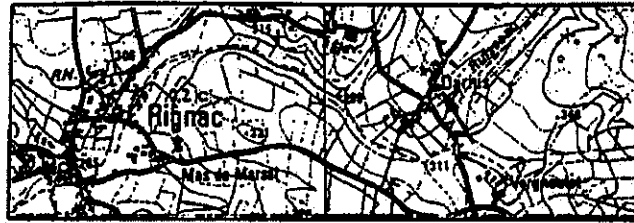


Fig. 15 : Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés dans la coupe de Darnis. A : carte de situation au 1/25 000; B : répartition stratigraphique des ammonites et des ostracodes.

- l'apparition successive de *Cyterelloidea drexlerae* (FIELD) et *Trachycythere verrucosa* (TRIEBEL & KLINGLER) au sommet du Toarcien inférieur (sous-zone à *Falciferum*) et de *Patellacythere vulsa* (JONES & SHERBORN), *Monoceratina striata* (TRIEBEL & BARTENSTIEN), *Paracypris* sp. et *Cytheropterina alafastigata* (FISCHER) dans la sous-zone à Bifrons. *Pontocyprilla* sp. 2 et *Praeschuleridea* ? sp. sont deux espèces rares, rencontrées respectivement dans les niveaux CER 32 et CER 30.

- La coexistence de la plupart des espèces dans la partie médiane de la sous-zone à Bifrons.

3.2.2. Coupe de Damis

a. Description de la coupe

Cette coupe se situe au nord de Gramat, sur la route secondaire reliant les routes départementales D14 et D673 (fig. 15). La présence de nombreuses ammonites permet de distinguer dans cette coupe 5 horizons successifs (fig. 15) reconnus à l'échelle du Quercy:

- horizon V à *Pseudoserpentinum* (2,4 m): alternance de bancs calcaires biomicritiques et de marnes indurées stratocroissantes. Les niveaux marneux sont très riches en bélemnites, lamellibranches et en traces de fouissage. Il faut noter l'existence d'un niveau de condensation à *Dactylioceras athleticum* (SIMPSON) sous le banc 25.

- horizon VI à *Falciferum* très développé dans cette coupe. Sur 3,50 m, les marnes fossilifères, riches en bélemnites et ammonites pyriteuses alternent avec des bancs calcaires souvent noduleux. Les marnes renferment de nombreuses tubulures à remplissage pyriteux, le plus souvent parallèles à la stratification.

- horizon VII à *Sublevisoni*, avec *Hildoceras Sublevisoni* FUCINI associé à *Nodicoeloceras* sp. et *Harpoceras* sp., il s'étend sur 1,20 m d'épaisseur.

- horizon VIII à *Lusitanicum*: caractérisé par la présence des *Lytoceras cornucopiae* (YOUNG et BIRD) associés, à la base, à des *Dactylioceras* et des *Hildoceras lusitanicum* MEISTER puis à des *Dactylioceras* gr. *athleticum* juveniles, au sommet.

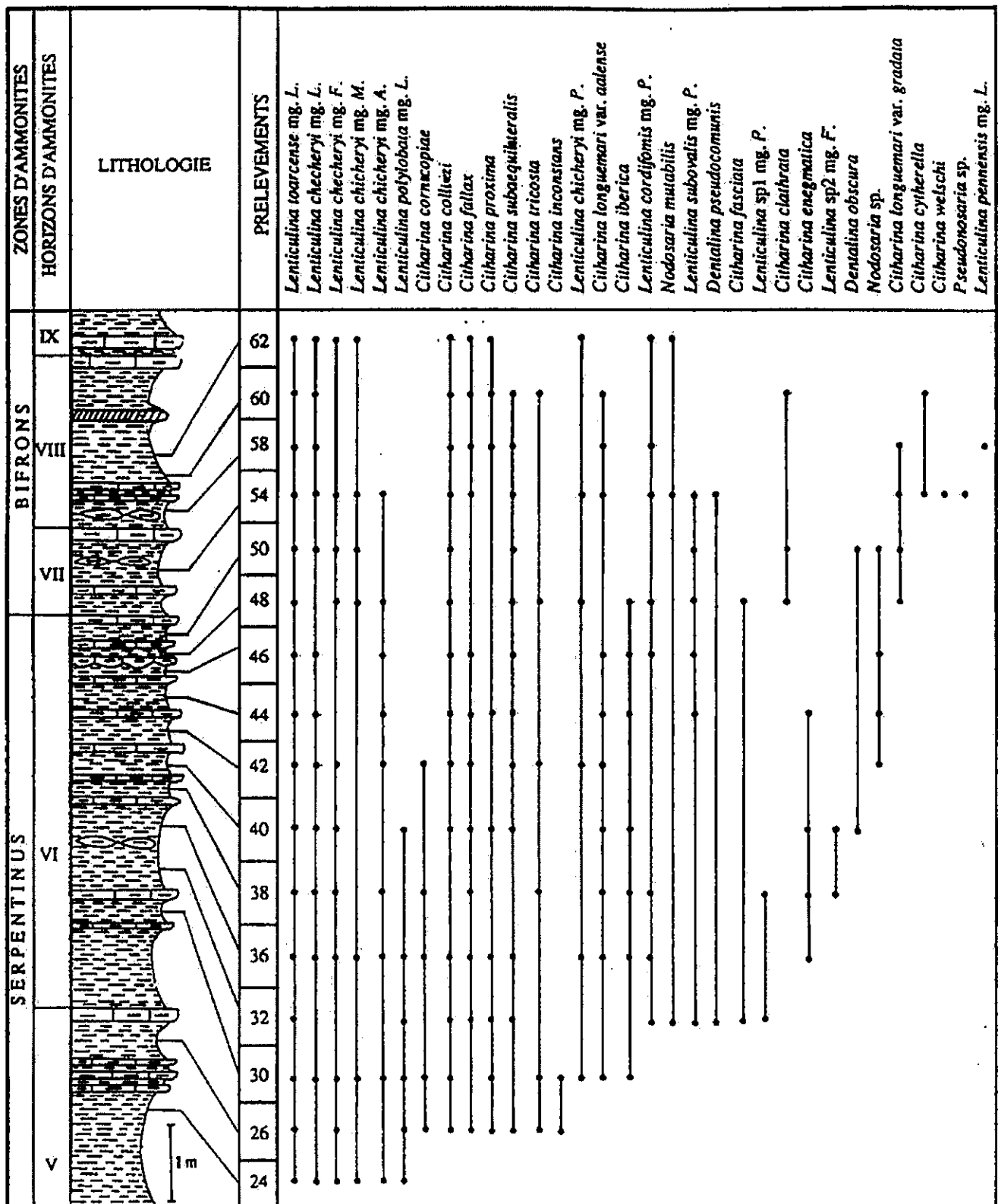


Fig. 16 : Répartition stratigraphique des foraminifères dans la coupe de Darnis; Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés.

Un niveau repère (DAR 63) au sein de cet horizon renferme essentiellement des brachiopodes de petites tailles à affinité ibérique, *Homoeorhynchia batalleri* (DUBAR) et *Telothyris jauberti* (DESLONGCHAMPS). Les *Tersella quercyensis* CUBAYNES et DELOFRE sont très abondantes au dessous de ce niveau repère.

- horizon IX à Bifrons : il débute par un niveau condensé centimétrique renfermant des *Hildoceras apertum* GABILLY, surmonté par un banc calcaire (biomicrite wackstone) contenant les premiers *Hildoceras bifrons* (BRUGUIERE) associés à des *Maconiceras* sp.. Seule, la base de cet horizon est représentée dans cette coupe.

b. Microfaunes

• La microfaune de foraminifères benthiques est caractérisée par (fig. 16) :

- la dominance du genre *Lenticulina* et ses morphogènes dans les populations de nodosariidés;

- l'apparition précoce du spectre *chicheryi* dans l'horizon V à *Pseudoserpentinum*;

- l'apparition progressive de la plupart des espèces dans l'horizon VI à *Falciferum*.

• L'ostracofaune (fig. 15)

Kinkelinella gr. *sermoisensis* et *kinkelinella* gr. *bucki-rugosa* dominent la population d'ostracodes dans tous les niveaux analysés. *Cytherelloidea drexlerae*, *Pontocyprrella* ? sp. 2, *Trachycythere verrucosa* et *Cytheropteria alafastigata* apparaissent successivement dans l'horizon VI à *Falciferum*.

La base de la zone à Bifrons se signale par l'apparition de *Patellacythere vulsa*, *Monoceratina striata* accompagnées de deux espèces non rencontrées dans la coupe de la Cérède : *Pontocyprrella* ? sp. 1 et *Pseudohealdia* sp.

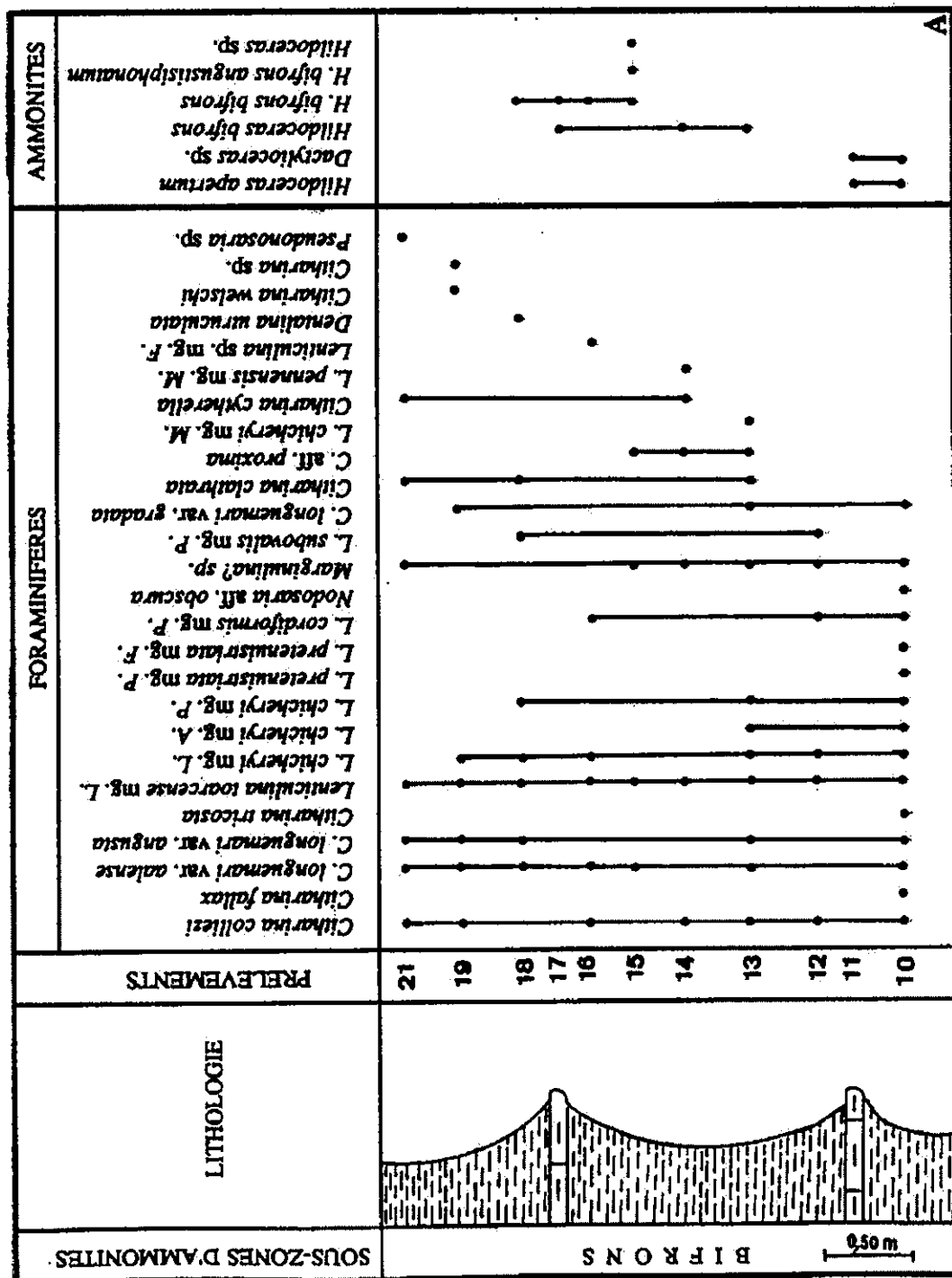
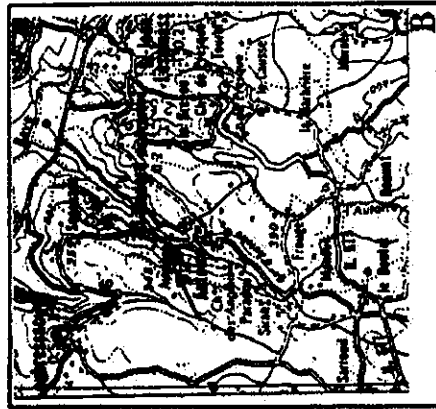


Fig. 17 : Membre des Marnes et calcaires à Hildoceraatidés dans la coupe d'Autoire. A : répartition stratigraphique des ammonites et des foraminifères; B : carte de situation au 1/25 000.



3.2.3. Coupe d'Autoire

Elle se situe à la sortie du village d'Autoire le long de la route départementale D135 (fig. 17). On observe une alternance de marnes grisâtres et de bancs calcaires décimétriques marneux sur une épaisseur de 3,50 m. Les marnes basales (niveau 10) sont très calcaires et finement stratifiées (aspect schisteux).

Cette coupe est riche en ammonites : *Hildoceras apertum* GABILLY associé à des *Dactylioceras* sp. à la base et des *Hildoceras bifrons* (BRUGUIERE) accompagnés d'*Hildoceras bifrons* var. *angustisiphonatum* (PRINZ) sur le reste de la coupe. Cette association d'ammonites indique la zone à Bifrons, sous-zone à Bifrons (horizon IX).

Les *Tersella quercyensis* CUBAYNES et DELOFFRE avec leurs pédoncules fins, épigénisés en pyrite sont très abondantes dans le premier banc marno-calcaire (allongées dans le plan de la stratification) et les décimètres de marnes qui suivent.

La population de foraminifères est semblable à celle décrite dans la coupe de la Cérède (zone à Bifrons) mais elle a la particularité de contenir une espèce de *Lenticulina* ornée avec tous ses morphogènes (*spectre pretenuistriata*).

3.2.4. Coupe de Turenne

a. Description de la coupe

La coupe de Turenne montre le long la route départementale D8 à 2,5Km au sud de Turenne, au dessus des Schistes carton, la succession suivante (fig. 18) :

A- 1,30 m de marnes noires compactes finement stratifiées intercalées par des bancs calcaires sombres à *Hildaites* sp. et *Harpoceratoides* sp.. Ce niveau, déjà signalé à la page 34, est attribué à l'horizon IV à Strangewaysi.

B- 4 m de marnes jaunâtres et de bancs calcaires décimétriques. L'association : *Dactylioceras* (D.) *athleticum* (SIMPSON), D. (*Orthodactylites*) *semlanulatum* (HOWARTH), *Harpoceras* gr. *pseudoserpentinum* (GABILLY) et *Dactylioceras* sp., au sommet du niveau (banc 22), indique la sous-zone à *Falciferum*. Ces marnes et calcaires forment deux paraséquences de comblement limitées à leurs sommets par des surfaces oxydées : une sur le banc 19 et l'autre sur le banc 25.

C- 0,40 m de marnes surmontées par un banc calcaire (biomicrites) à *Dactylioceras* sp. et *Hildoceras* gr. *sublevisoni* (horizon VII à *Sublevisoni*).

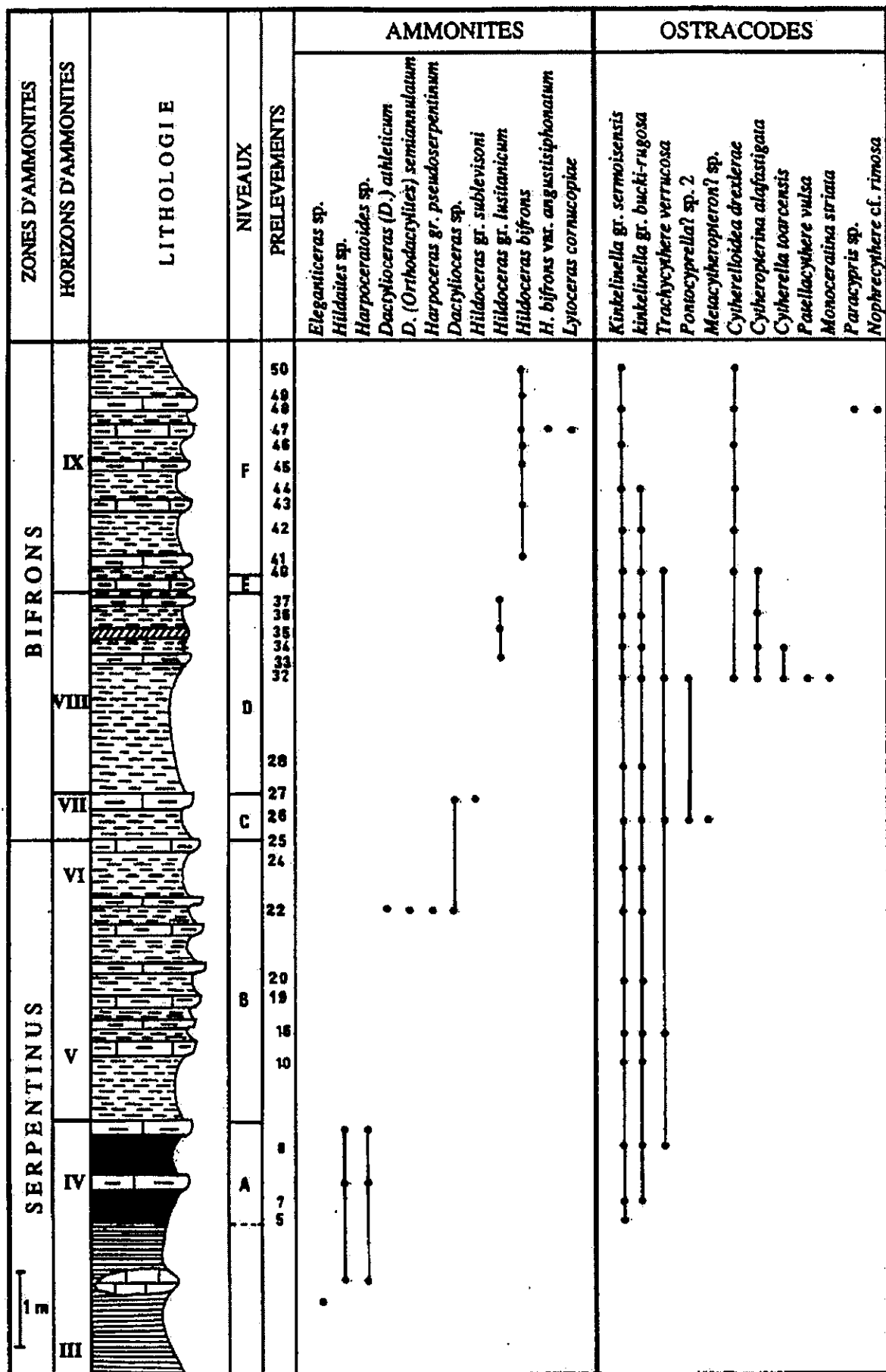


Fig. 18 : Membre des Marnes et calcaires à hildoceratidés dans la coupe de Turenne; répartition stratigraphique des ammonites et des ostracodes.

D- 2,50 m de marnes et calcaires à *Hildoceras* gr. *lusitanicum* (horizon VIII à Lusitanicum). Ce niveau comprend, de bas en haut :

- 1,90 m de marnes noires surmontées par un banc marno-calcaire décimétrique (TUR 33) très riche en *Tersella quercyensis* CUBAYNES et DELOFRE;
- 0,20 m de marnes ocre riches en bioclastes de lamellibranches et de crinoïdes;
- un banc calcaire (TUR 35) très marneux (0,12 m) est une véritable lumachelle de brachiopodes de petite taille : *Homoeorhynchia batalleri* (DUBAR) et *Telothyris jauberti* (DELSLONGCHAMPS). Par sa composition et sa position stratigraphique, ce niveau est l'équivalent de celui de la coupe de Darnis (DAR63);
- 0,10 m de marnes ocre, suivies d'un banc calcaire, marquent le sommet de l'horizon VIII à Lusitanicum.

E- 3 m d'alternance de marnes et calcaires dans lesquelles se développent de petites surfaces oxydées sur les ondulations de certains bancs calcaires. L'association : *Hildoceras bifrons* (BRUGUIERE), *Hildoceras bifrons* var. *angustisiphonatum* (PRINZ) et *Lytoceras cornucopiae* (YOUNG et BIRD) indique l'horizon IX à Bifrons.

b. Microfaunes

La microfaune de foraminifères (fig. 19) est voisine de celle décrite dans les coupes de la Cérède et de Darnis, mais on note cependant :

- l'apparition précoce des nodosariidés dans les niveaux marneux du sommet de l'horizon à Strangeways;
- l'existence du spectre *pretenuistriata* dans l'horizon à Bifrons.

La population d'ostracodes (fig. 18) se compose de 12 espèces dont trois sont non communes aux autres coupes : *Metacytheropteron* ? sp., *Cytherella toarcensis* BIZON et *Nophrecythere* cf. *rimosa*. (DEPECHE). Cette population se caractérise par :

- la dominance des espèces *Kinkelinella* gr. *sermoisensis* et *kinkelinella* gr. *bucki-rugosa*;
- l'apparition de *Pontocyprrella* ? sp. 2 et *Metacytheropteron* ? sp. dans l'horizon VII à Sublevisoni, de *Cytherolloidea drexlerae*, *Cytheropterina alafastigata*, *Cytherella toarcensis*, *Patellacythere vulsa* et *Monoceratina striata* dans l'horizon VIII à Lusitanicum, de *Paracypris* sp. et *Nophrecythere* cf. *rimosa* dans l'horizon IX à Bifrons.

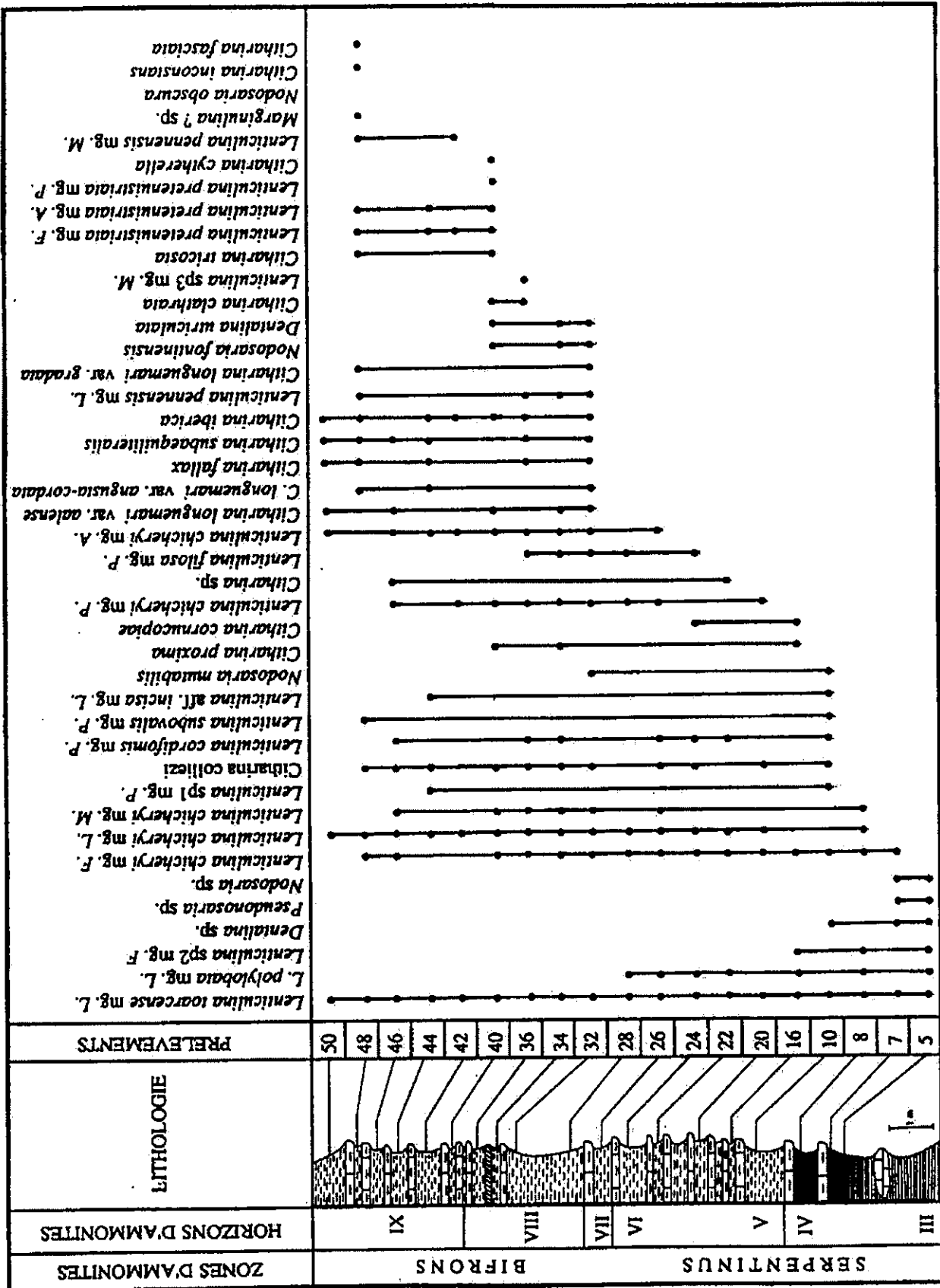


Fig. 19 : Répartition stratigraphique des foraminifères dans la coupe de Turenne; Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés.

3.2.5. Conclusions

La faune d'ammonites dans le membre des Marnes et calcaires à *Hildoceratidés* est semblable à celle décrite dans la région de la Grésigne. Nous avons retrouvé les zones, sous-zones et horizons d'ammonites définis par CUBAYNES et *al.*, 1981. Seule, la partie supérieure (sous-zones à *Variabilis* et à *Illustris*) n'apparaît pas en affleurement à cause de la végétation.

La lithologie est homogène, formée par une alternance marno-calcaire :

- Marnes : Ce sont des marnes grises à patine jaune, feuilletées ou compactes dont le contenu fossilifère est très riche tant en macrofaune (brachiopodes, bélemnites, ammonites), qu'en microfaune composée essentiellement de nodosariidés et d'ostracodes.

- Bancs calcaires : De couleur ocre, grise, leur épaisseur varie entre 8 et 20cm. Ces bancs calcaires montrent un passage progressif à des marnes, soit à leur sommet ou/et à leur base. Ce sont des biomicrites mudstone-wackstone, pyriteuse à bioclastes (lamellibranches et crinoïdes) et à nodosariidés (*Lenticulina*, *Dentalina* et *Nodosaria*). Le microfaciès à microfilament caractéristique des bancs calcaires des horizons à *Lusitanicum* et à *Bifrons* dans la région de la Grésigne est absent dans la région étudiée.

Deux niveaux repères ont été reconnus dans ce membre :

- Un ensemble de deux à trois bancs calcaires très rapprochés, séparés par une surface de condensation d'ammonites. Le premier ou les deux bancs inférieurs sont datés par des *Hildoceras lusitanicum* (horizon VIII à *Lusitanicum*) Le banc sommital est daté par des *Hildoceras bifrons* (horizon IX à *Bifrons*). Entre le premier banc ou les deux premiers bancs et le dernier banc s'intercale un niveau de condensation d'ammonites, base de la sous-zone à *Bifrons* (horizon IX). Ce niveau est isochrone sur tout le bassin quercynois.

- Un niveau riche en brachiopodes de petites taille : *Homoeorhynchia batalleri* (DUBAR) et *Telothyris jauberti* (DELSLONGCHAMPS). Ce niveau est daté de l'horizon VIII à *Lusitanicum* dans la région de Gramat (coupe de Darnis) et de Turenne (coupe de Turenne); par contre il se rencontre dans l'horizon à *Sublevisoni* dans la région de la Grésigne (CUBAYNES, 1986). Il est donc diachrone.

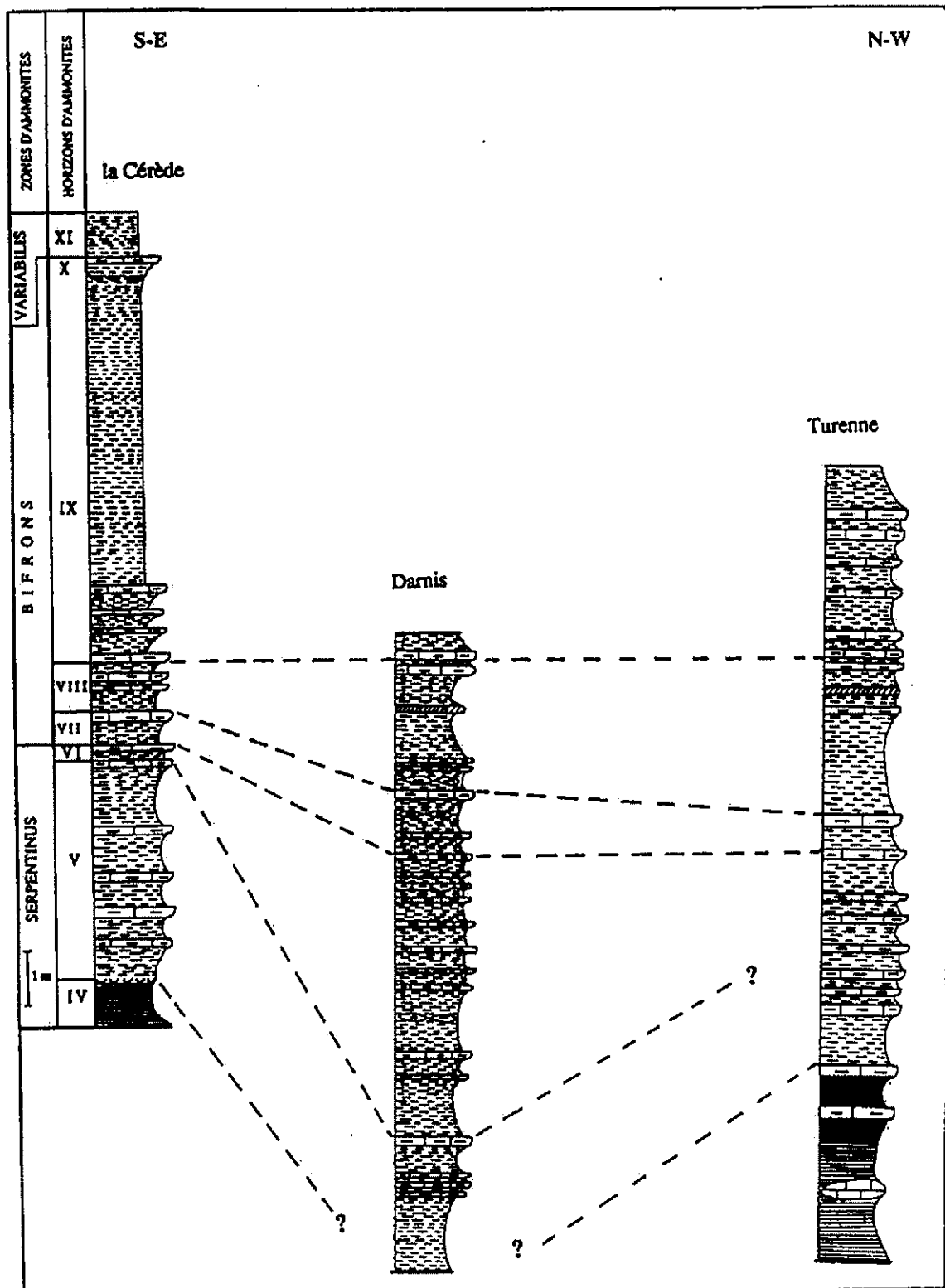


Fig. 20 : Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés : évolution latérale du Sud-Est au Nord-Ouest.

Les corrélations entre les trois coupes (fig. 20) montrent des variations des épaisseurs des unités biostratigraphiques (horizons d'ammonites) dont la plus importante est celle de l'horizon VI à *Falciferum* qui atteint 3,50m de puissance dans la coupe de Darnis, alors qu'il n'est épais que de 0,30m à la Cérède. Notons aussi l'augmentation progressive de l'épaisseur de l'horizon VIII à *Lusitanicum* en allant de la Cérède vers Turenne. D'une manière générale nous remarquons une condensation progressive des différents termes stratigraphiques du membre des Marnes et calcaires à *Hildoceratidés* du Nord (Turenne) vers le Sud (la Cérède).

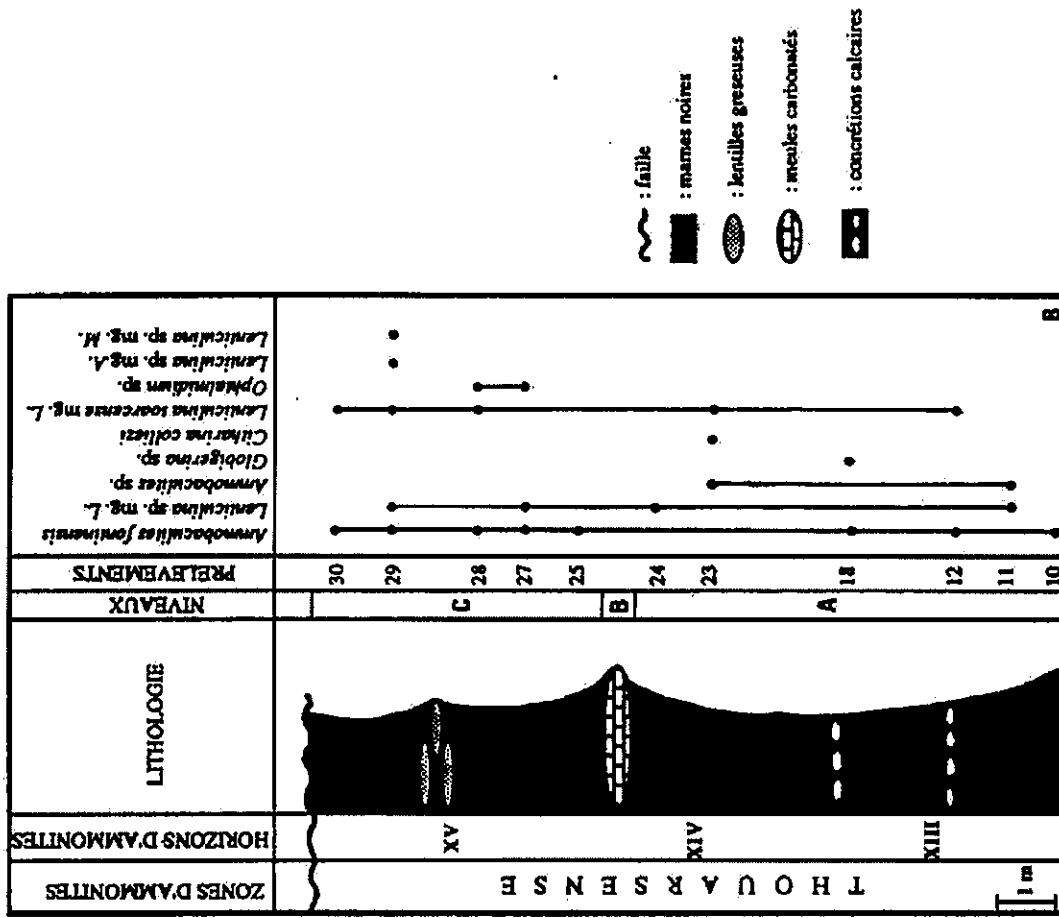


Fig. 21 : Marnes noires à *Pseudogrammoceras* dans la coupe de Gramat; A : carte de situation au 1/25 000, B : lithostratigraphie et distribution stratigraphique des foraminifères.

3.3. Membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras*

3.3.1. Coupe de Gramat

a. Description de la coupe

Elle se situe à 1Km au nord-est de Gramat (fig. 21), au niveau du château d'eau (champ de la croix), sur la route départementale D 677. De bas en haut nous avons distingué (fig. 21) :

A- 7,5 m de marnes grises, très sombres, micacées, finement litées avec de rares bioclastes de lamellibranches, de crinoïdes (pentacrines), des pinces de crustacés et des moules internes pyritisés de gastéropodes. Deux niveaux de nodules carbonatés de petite taille s'intercalent dans le litage de ces marnes, au tiers inférieur de ces marnes.

B- 1m de marnes noires à meules calcaires (0,40m de diamètre). Ces miches sont des biomicrites packstones à bioclastes de lamellibranches, d'ostracodes et de crinoïdes. Ils forment un niveau repère dans tout le bassin de Quercy (horizon XVII, CUBAYNES, 1986).

C- 5m de marnes noires micacées, bioturbées, à lentilles gréseuses. Ces dernières correspondent à des remplissages de petits chenaux (0,50m de largeur) discontinus et superposés.

La partie sommitale de ces argilites est oblitérée par une faille qui les met en contact anormal avec l'"Assise à Gryphées" de la Formation de Lexos. Par conséquent, le banc à *P. fallaciosum*, cité par CUBAYNES (1986) au sommet de la Formation de Penne, dans la région de la Grésigne, et que nous avons retrouvé à Vitarel et à La Pujade (cf. p. 73) n'est pas visible dans cette coupe.

b. Microfaunes

Les microfaunes de foraminifères et d'ostracodes (fig. 21) restent rare mais dominées par les foraminifères agglutinants de la famille des Arénacés : *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM) associée à de rares *Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina* et à des *Citharina collezi* mais conservées.

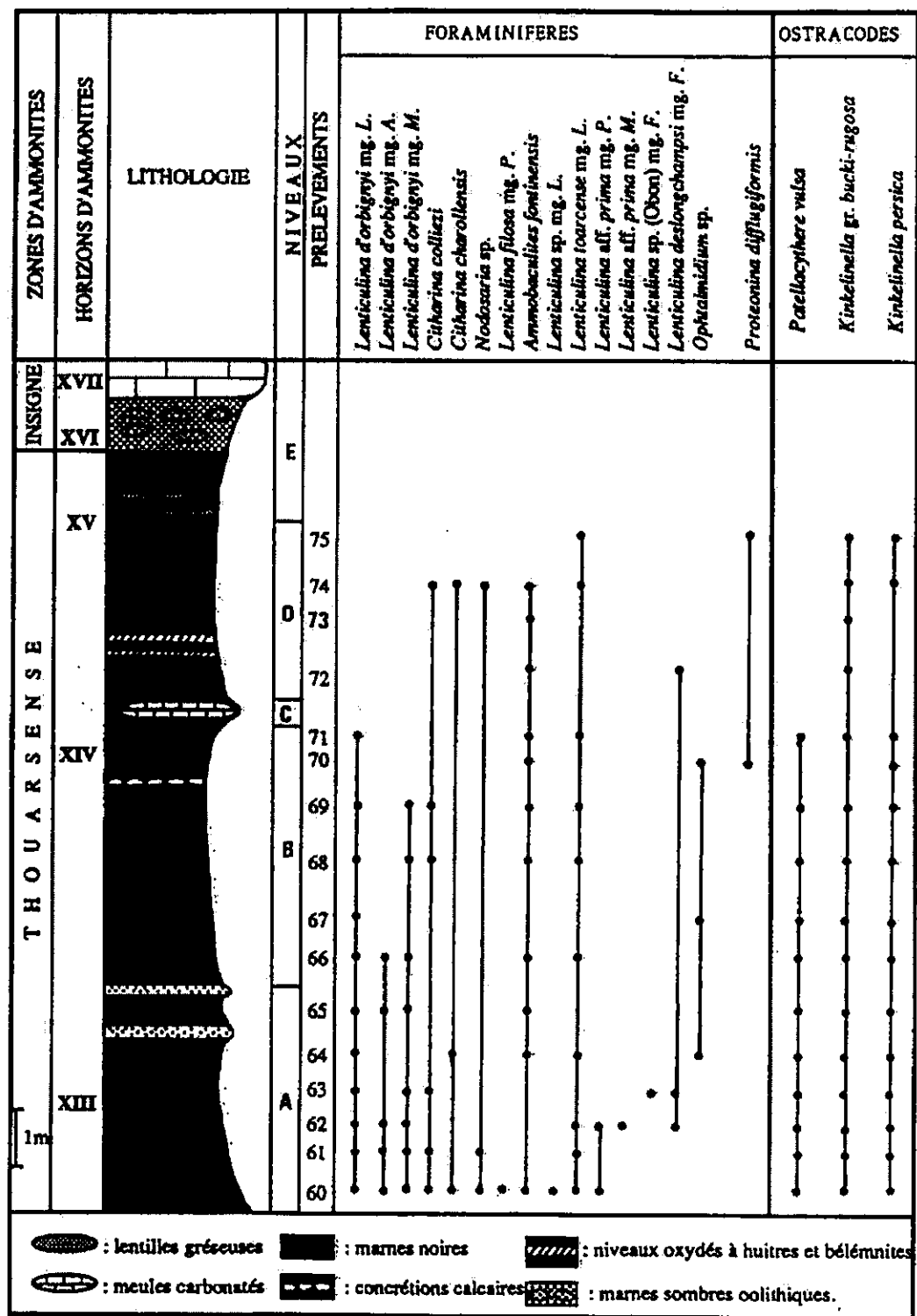


Fig. 22 : Membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras* dans la coupe de Turenne : lithostratigraphie et répartition stratigraphique des foraminifères et des ostracodes.

3.3.2. Coupe de Turenne

a. Description de la coupe

Elle s'observe sur la route départementale D8, au sud de Turenne, après une lacune d'observation du Toarcien moyen (zone à Variabilis). De bas en haut, cette coupe comprend (fig. 22):

A- 4m de marnes noires micacées, pseudo-noduleuses à la base et finement litées dans leur partie sommitale. Deux petits lits gréseux superposés clôturent ce niveau.

B- 4,6m de marnes noires à litage décimétriques, renfermant dans leur partie médiane un niveau de concrétions calcaires. Ces argilites sont surmontées par le niveau de meules calcaires (niveau C) semblable à celui décrit dans la région de Gramat.

D- 3,2m de marnes grises très sombres dans lesquelles des croûtes ferrugineuses centimétriques (marnes riches en oxyde de Fer et nodules pyritisés) abondent et se succèdent. A leur base, au dessus des meules calcaires, ces marnes renferment un niveau centimétrique très oxydé constitué essentiellement par des nodules pyritisés, des rostrs de bélemnites : *Dactylioteuthis irregularis* (SCHLOTHEIM) qui reposent sur une lumachelle d'ostreïdés de petites tailles.

E- 2,50m de marnes noires à la base où s'intercalent des lentilles gréseuses et sombres avec des nodules de calcaires oolithiques au sommet. Ce niveau est surmonté par le banc calcaire bioclastique à *Pseudogrammoceras fallaciosum* (BAYLE).

b. Microfaunes

La population de foraminifères est constituée par (fig. 22):

- des *Lenticulina* ornées à réticulation orthogonale : *Lenticulina d'orbignyi* représentée par trois morphogènes (*Lenticulina*, *Astacolus* et *Marginulinopsis*). Avec *Lenticulina toarcense* mg. L., elles dominent la microfaune de la base de la coupe mais deviennent de plus en plus rares au sommet (au-dessus des meules calcaires) où elles sont supplantées par des foraminifères agglutinants.

les autres espèces du genre *Lenticulina* : (*Lenticulina deslgonchampsii* mg. F., *Lenticulina* aff. *prima* mg. *Panularia*, *Marginulinopsis* et *Lenticulina filosa* mg. Pl.) restent rares.

- des Citharines à flancs plats, représentées par deux espèces : *Citharina coliezi* et *Citharina charollensis*.

- des foraminifères à test agglutiné, dominés par l'espèce *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM) dont la présence est quasi constante dans tous les niveaux analysés. Cette espèce est associée dans certains niveaux à des *Ophtalmidium* sp. et des *Protonina difflugiformis* BRADY.

Dès la base des Marnes noires on assiste à un renouvellement radical dans la population des ostracodes (fig. 22). La disparition de la majeure partie des espèces rencontrées dans le Toarcien inférieur et moyen est accompagnée de l'apparition et du développement d'une nouvelle espèce, *Kinkelinella persica* BATE et COLEMAN. Elle est associée à *Kinkelinella* gr. *becki-rugosa* et *Kinkelinella vulsa*. L'abondance des larves et des carapaces pyritisées laisse suggérer des milieux calmes à fonds semi-réducteurs.

3.3.3. Conclusions

Le membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras*, daté de la zone à Thouarsense, se compose de cinq unités lithostratigraphiques:

- argilites noires pseudonoduleuses ou finement stratifiées;
- moules calcaires (niveau repère);
- argilites noires chargées en lentilles gréseuses à leurs sommet;
- marnes oolithiques à nodules de calcaires oolithiques;
- calcaires bioclastiques à *Pseudogrammoceras fallaciosum*.

Ces marnes sont étalées sur tout le Bassin quercynois. Leur épaisseur varie peu. Elles traduisent une homogénéisation de la sédimentation dans le Quercy. Ces dépôts correspondent à des milieux de plate-forme du domaine circalittoral à fonds semi-réducteurs peu propices à la vie benthique. La microfaune est dominée par les foraminifères agglutinants représentés essentiellement par les espèces *Ammobaculites fontinensis* et *Ophtalmidium* sp.

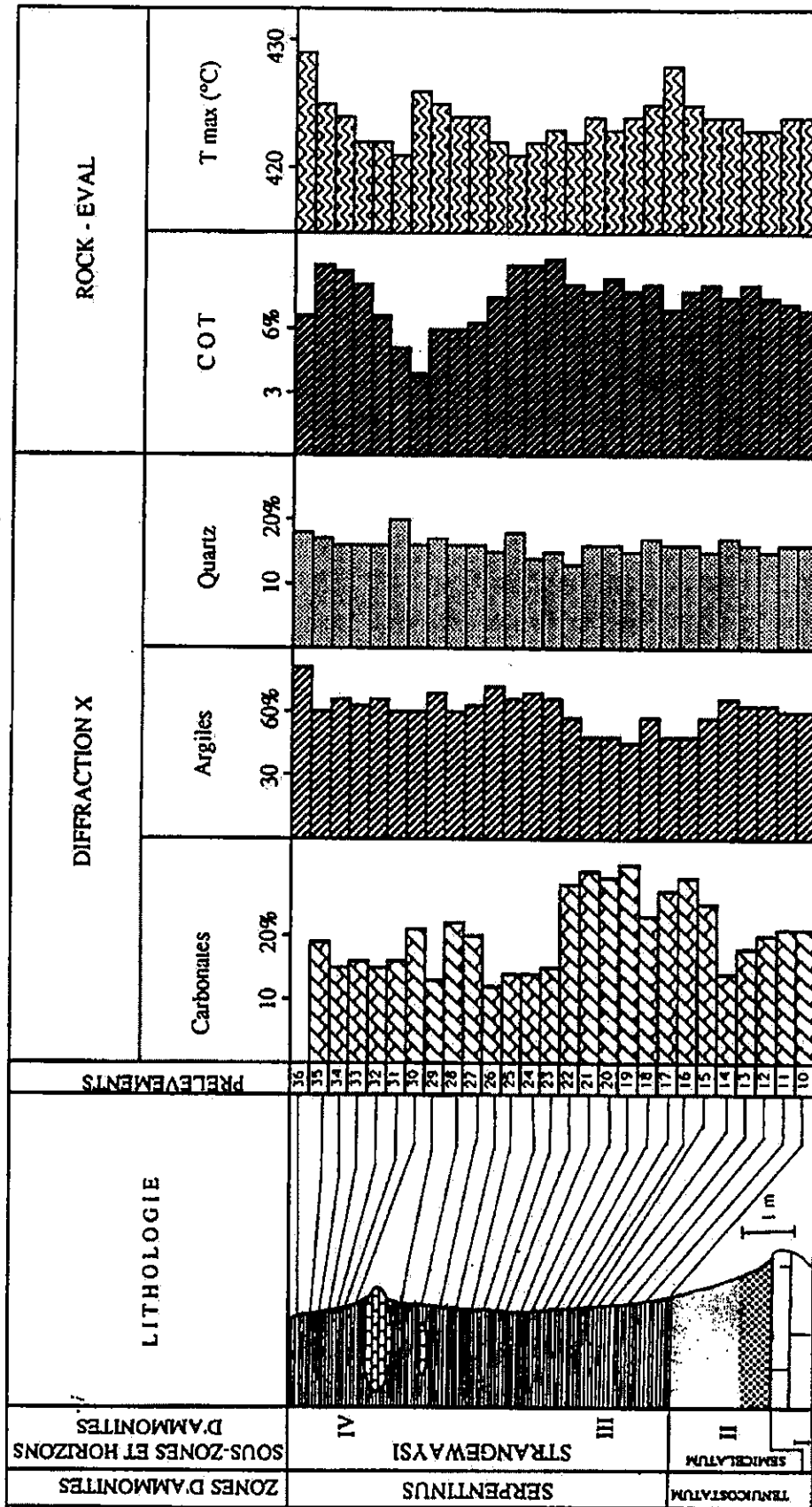


Fig. 23 : Membre des Scistes caron : compositions minéralogique et organique, coupe de la Barre.

3.4. Minéralogie et géochimie organique de la Formation de Penne

Au cours d'un stage effectué à la SNEA(P) dans le Laboratoire de géochimie organique, nous avons pu réaliser des analyses minéralogiques et géochimiques (matière organique) sur des échantillons provenant des trois unités lithostratigraphiques de la Formation de Penne (membre des Schistes carton : coupe de la Barrie, membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés : coupe de la Cérède et membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras* : coupe de Gramat).

3.4.1. Composants minéraux d'origine non-organique (hérités et diagénétiques)

Les principaux éléments analysés par diffraction X sur poudre (40 micromètres) sont le quartz, les carbonates (calcite, dolomite et sidérite). Les non-dosés sont assimilés surtout aux argiles. La teneur en albite, en orthose et en anhydrite reste faible et peu interprétable (0 à 4%, ce qui est de l'ordre de grandeur de l'erreur relative liée à la méthode de dosage). Cette analyse dont les résultats sont portés dans les figures (23, 24 et 25), montre bien les différences de composition minéralogique entre les trois unités lithostratigraphiques analysées :

- Les Schistes carton s.s. (fig. 23) sont des argilites (51 à 68% d'argiles), peu carbonatées (15 à 19% de CaCO_3) dont la phase détritique (quartz) varie entre 15 et 18%.

- Dans les Marnes et calcaires à Hildoceratidés (fig. 24), la fraction détritique (quartz) reste la même que dans les Schistes carton (10 à 16%) tandis que la phase carbonatée se développe (33 à 52%) au détriment de la fraction argileuse (40 à 54%). Les argiles sont essentiellement des illites et des montmorillonites. Sur les 20 niveaux analysés, la composition des argiles est constante, seule la proportion de l'illite par rapport à la proportion de la montmorillonite et la cristallinité des interstratifiés changent:

- dans les niveaux CER8 à CER20, l'association illite-montmorillonite se caractérise par la dominance de l'illite et la mauvaise cristallinité des interstratifiés.

- dans les niveaux CER26 à CER41, l'association illite-montmorillonite se caractérise par une bonne cristallisation et par la dominance de la montmorillonite.

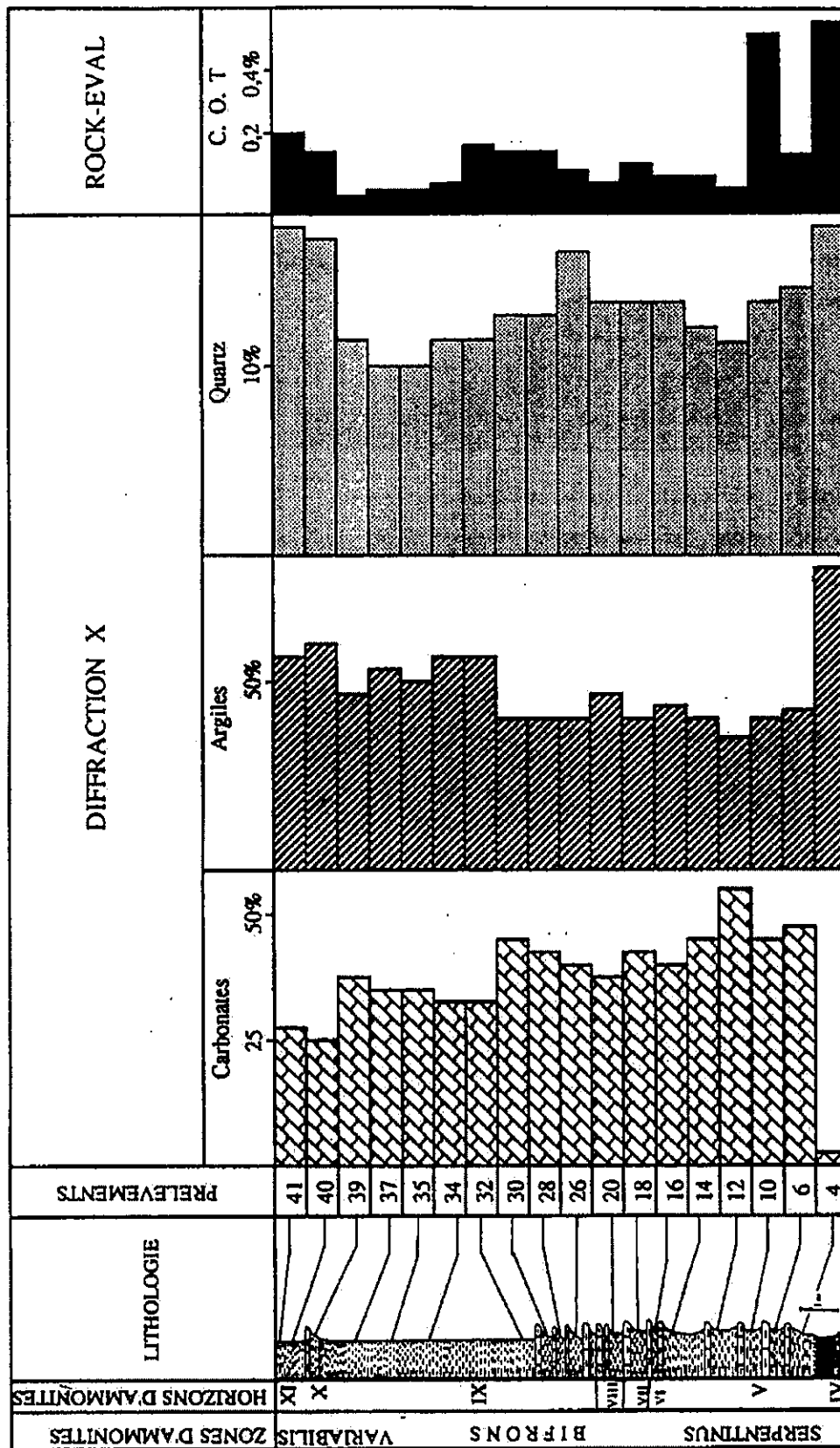


Fig. 24 : Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés : compositions minéralogique et organique, coupe de la Cérède.

- Les Marnes noires à *Pseudogrammoceras* (fig. 25) se caractérisent par leur détritisme important (22 à 38% de quartz), leur très faible teneur en carbonates (1 à 6% de CaCO_3) et leur richesse en argiles (54 à 71%).

3.4.2. Composants organiques

a. Méthode d'analyse:

Les teneurs en carbone organique total (COT) contenu dans un échantillon de 100 mg de roche broyée sont obtenues par la méthode de Rock-Eval (Rock-Eval II muni d'un détecteur de carbone).

Le principe de la méthode utilisée consiste à chauffer en programmation continue de température (à raison de $25^\circ\text{C}/\text{min}$, en moyenne), sous atmosphère inerte (hélium) l'échantillon de roche afin de déterminer quantitativement et d'une façon sélective:

- les hydrocarbures libres sous forme de gaz et d'huile contenus dans l'échantillon de roche;
- les composés hydrocarbonés et oxygénés (CO_2) qui sont expulsés lors de craquage de la matière organique non extractible de la roche (kérogène);
- le carbone organique total (COT) est déterminé grâce à l'oxydation sous air de la matière organique restant dans l'échantillon après pyrolyse.

b. Paramètres obtenus

Les paramètres obtenus par pyrolyse d'un échantillon de roche à l'aide de Rock-Eval II muni d'un "module de carbone" sont de deux types:

• graphiques : l'appareil de mesure donne un graphique appelé pyrogramme dans lequel interfèrent deux courbes. L'une exprime les variations de température de la pyrolyse, l'autre indique par des pics successifs la quantité et le type des hydrocarbures libérés. Les paramètres que livre ce genre de graphique sont:

- S1: hydrocarbures volatilisés à 300°C pendant 3mn appelés aussi hydrocarbures libres dans la roche mère.
- S2 : composés hydrocarbonés provenant du craquage entre 300 et 500°C du kérogène et des composés extractibles lourds (mg HC/g de roche)
- S3 : CO_2 piégé lors du craquage du kérogène entre 300 et 390°C .

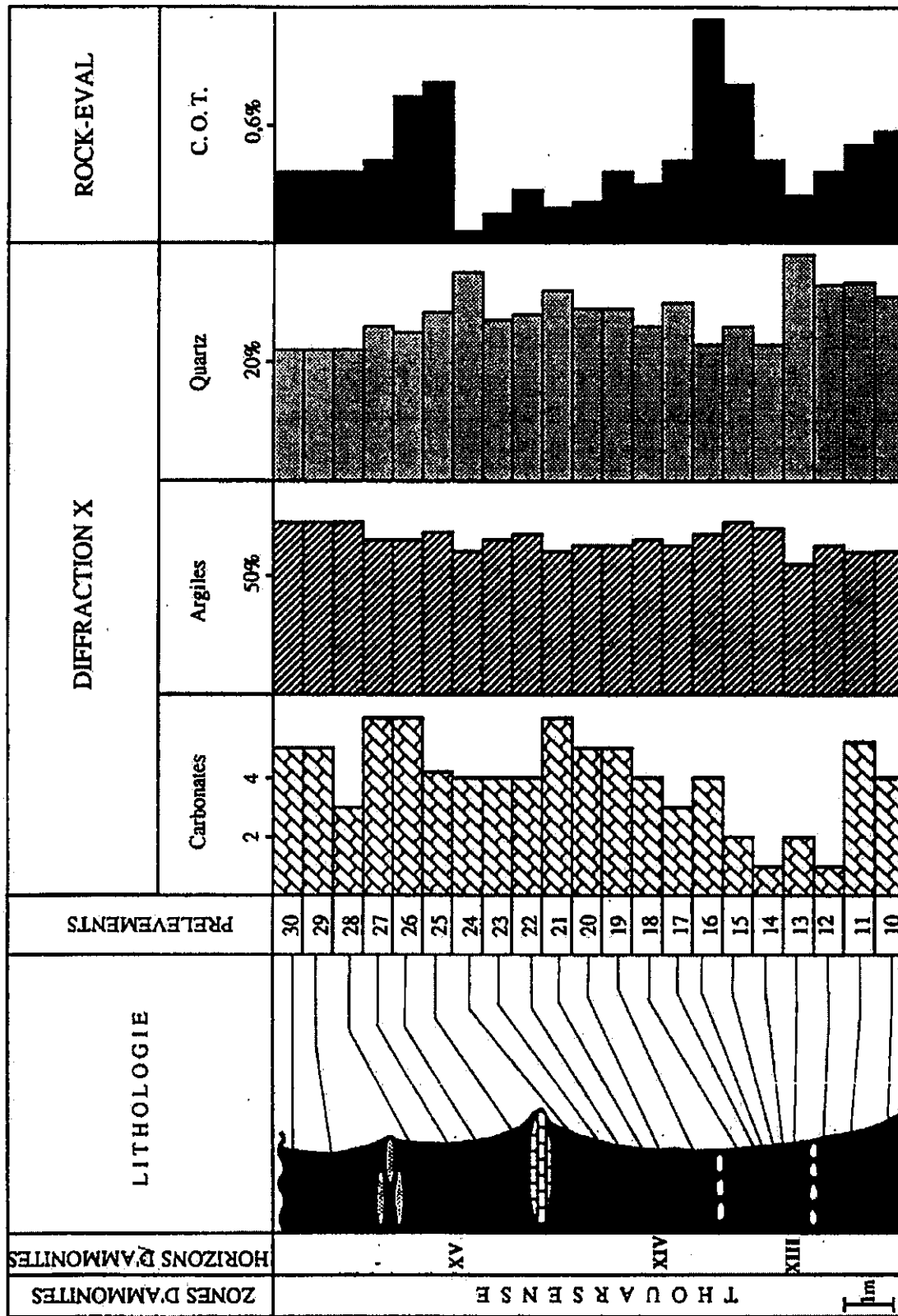


Fig. 25 : Membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras* : compositions minéralogique et organique, coupe de Gramat.

- Tmax : température maximale atteinte au sommet du pic S2(°C). Elle caractérise le degré et la maturité de la matière organique.

• calculés : sous forme d'indices, ils sont calculés à partir des paramètres cités ci-dessus.

- PI: index de production $S1/(S1+S2)$.

- PC: carbone pyrolysable = $(S1+S2) \times 0,083$, c'est le carbone qui a contribué à la formation d'hydrocarbures lors des phases de volatilsation et du craquage (% poids de roche).

- S2/S3: paramètre donnant un ordre de grandeur du rapport hydrogène sur oxygène de la matière organique.

- IH: index d'hydrogène $(S2/CO) \times 100$ (mg HC/g roche)

- IO: index d'oxygène $(S3/CO) \times 100$ (mg CO₂/g roche).

c. Teneur en carbone organique

Les résultats obtenus par cette méthodes montrent la richesse particulièrement élevée des Schistes carton s.s. (fig. 23) en matière organique (8% de COT en moyenne). Par contre, les Marnes et calcaires à Hildoceratidés ainsi que les Marnes noires à *Pseudogrammoceras* (fig. 24 et 25) ne contiennent qu'une faible quantité de COT (0,08 à 1%).

3.4.3. Essai de caractérisation de la matière organique.

a. Degré d'altération:

• Maturité organique:

Le degré d'évolution de la matière organique (diagenèse d'origine thermique) peut être évalué par différents moyens : optiques (pouvoir réflecteur de la vitrinite, fluorescences aux ultra-violets, indices d'altération thermique des spores et des pollens) et géochimiques (pyrolyse, étude des matières organiques extractibles aux solvants organiques, etc ...). Il n'a pas été possible, à ce jour, d'effectuer des mesures optiques ni d'extraction aux solvants. Le seul paramètre qui puisse nous permettre ici une approche de la maturité organique est le Tmax de la pyrolyse Rock-Eval.

Les Tmax dans les Schistes carton sont faibles (420°C en moyenne, fig. 23 et 26). De telles Tmax faibles ainsi que les IH élevés (600 mg HC/g COT) évoquent une

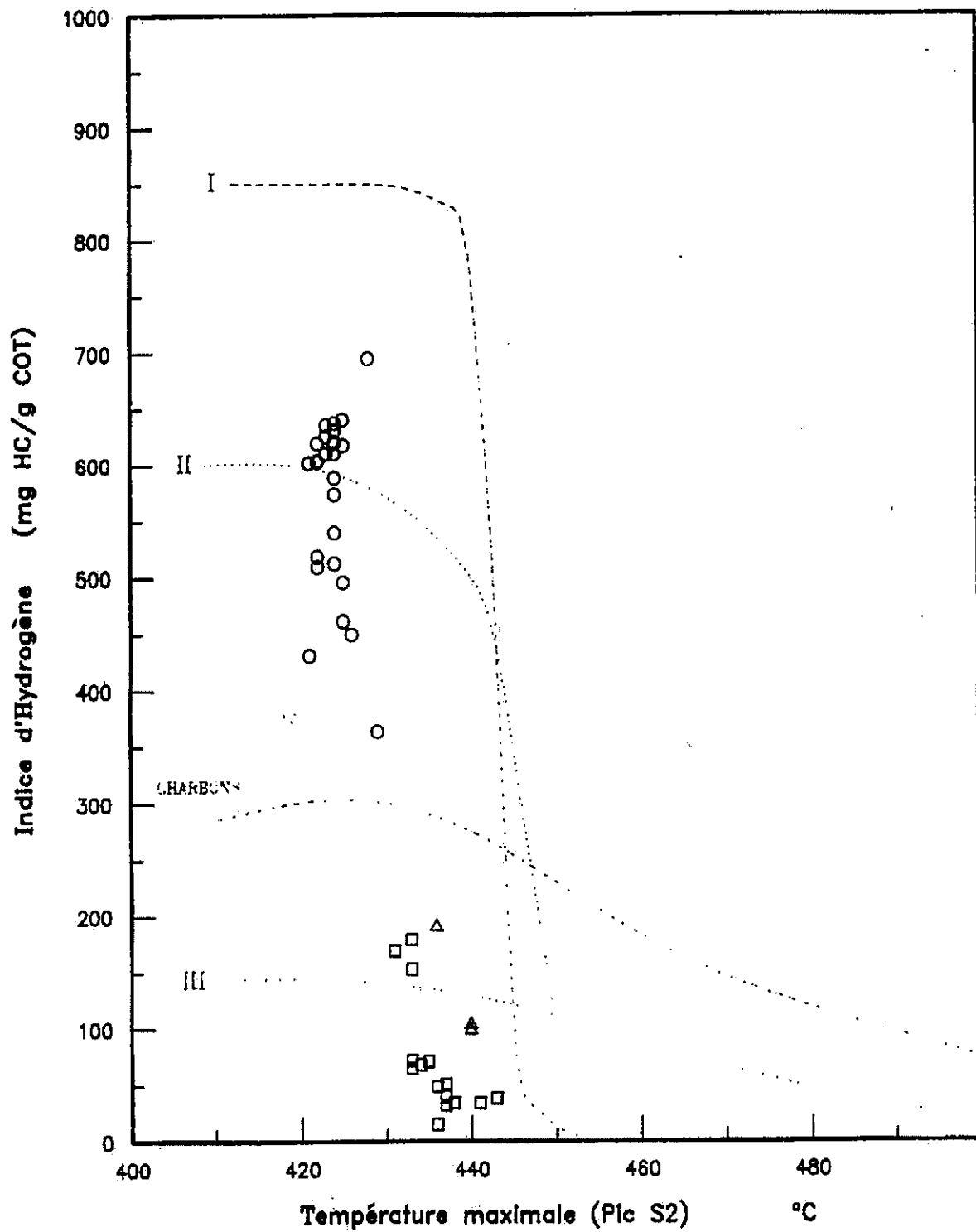


Fig. 26 : Analyse thermique Rock-Eval, diagramme $IH = f(T_{max})$. O : Schistes carton, Δ : Marnes et calcaires à Hildoceratidés, $\square$: Marnes noires à *Pseudogrammoceras*.

matière organique immature qui n'a pratiquement subi aucune transformation thermique liée à l'enfouissement. De ce fait la matière organique dans les Schistes carton est considérée comme exclusivement sédimentaire (kérogène au sens classique).

La différence existant entre les Tmax dans les Schistes carton s.s. et les deux autres membres situés au-dessus (fig. 26) est probablement liée à des différences dans la nature de la matière organique, plutôt qu'à des effets thermiques géologiques (enfouissement, effets du flux géothermique). Nous pouvons raisonnablement considérer, ici aussi, que la matière organique des deux membres succédant aux Schistes carton est peu mature.

Pour conclure, la très faible maturité organique des échantillons analysés permet d'interpréter les résultats de l'analyse Rock-Eval comme globalement significatifs de la nature de la matière organique originelle.

• Le degré d'oxydation

La quantité d'oxygène associé à la matière organique, est liée à des processus synsédimentaires (oxygénation du milieu), à la quantité de la matière organique d'origine végétale et surtout ligneuse (terrestre), mais aussi à des phénomènes d'altération atmosphérique en particulier pour des échantillons récoltés sur des affleurements.

En analysant les valeurs des indices d'oxygènes (IO) ainsi que leur évolution dans les échantillons analysés (fig. 27), nous notons :

- tout d'abord, une famille d'IO supérieurs à 170 mg CO₂/g CO dans les Marnes et calcaires à Hildoceratidés et épisodiquement dans les Marnes noires à *Pseudogrammoceras*. Ils ne sont pas significatifs à cause de la contribution minérale des carbonates (CO₂ provenant de la dissociation thermique des ions CO₃ lors de la pyrolyse).

- Parmi les IO restants, les valeurs d'IO dans les Schistes carton s.s. sont nettement inférieures (28 à 30 mg CO₂/g CO en moyenne) à celle des Marnes et calcaires à Hildoceratidés et des Marnes noires à *Pseudogrammoceras*.

Cette différence pourrait être attribuée au changement des conditions physico-chimiques du milieu du dépôt, contrôlant la qualité et la quantité de la matière organique. En effet, l'isolement du bassin quercynois au Toarcien inférieur explique bien le degré de préservation de la matière organique qui est nettement supérieur à celui du Toarcien moyen et supérieur où les apports d'eaux oxygénées, chargées d'éléments organiques et minéraux terrigènes, ne

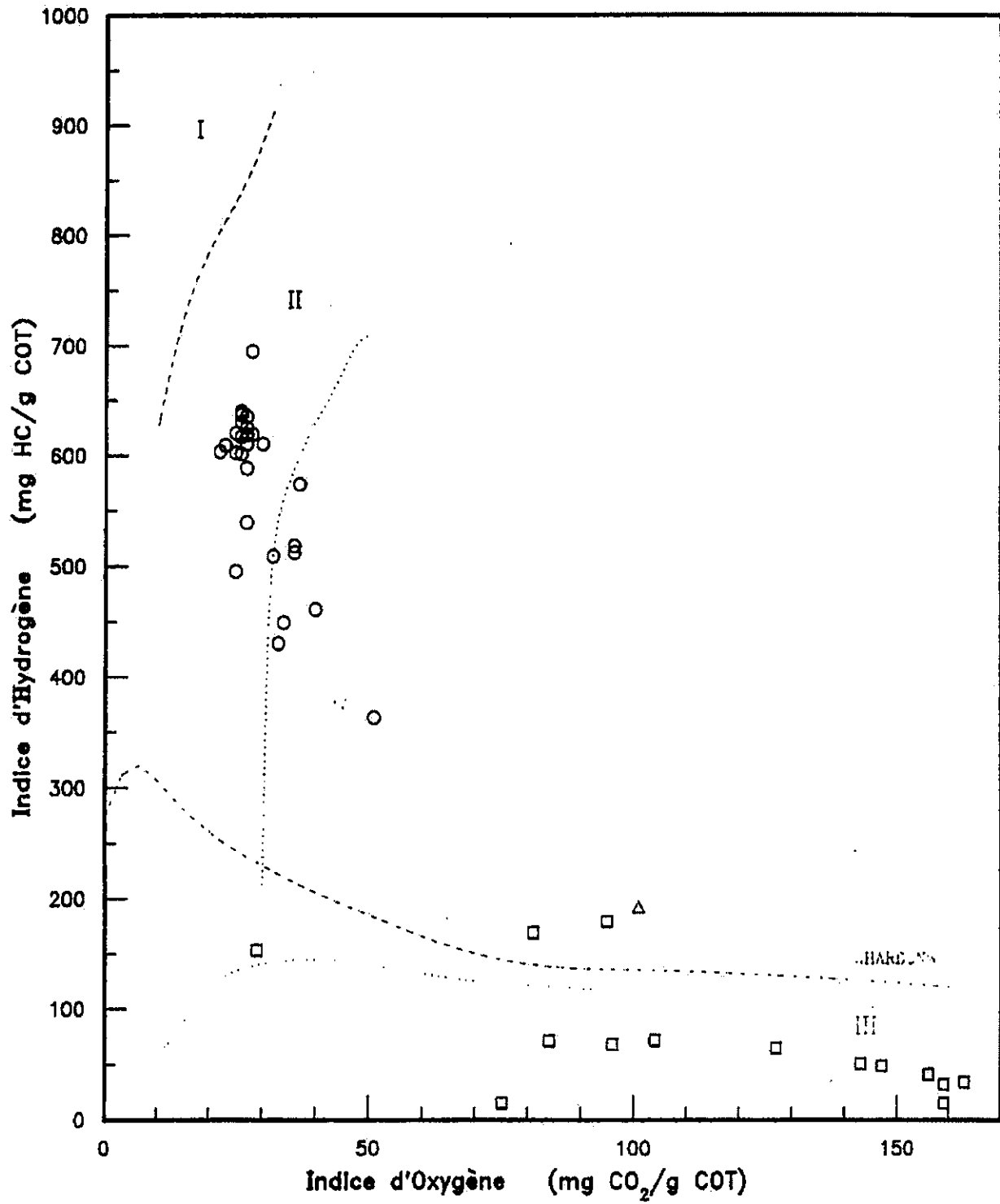


Fig. 27 : Analyse thermique Rock-Eval, diagramme $IH = f(IO)$. O : Schistes carton, Δ : Marnes et calcaires à Hildoceratidés, $\square$: Marnes noires à *Pseudogrammoceras*.

permettent probablement pas une bonne conservation de la matière organique elle-même initialement riche en oxygène (végétal, humique).

- Au sein des Schistes carton *s.s.*, on constate d'après le diagramme IH-IO (fig. 27), une évolution croissante des IO de la base au sommet de ce membre. Est-ce un effet de sédimentation ou d'altération de surface?

Pour l'instant, nous ne disposons pas de description du palynofaciès pour juger de la nature de la matière organique. Il se peut que l'arrivée de la matière organique d'origine continentale dans ce milieu initialement isolé, qui devient de plus en plus ouvert au passage Toarcien inférieur-moyen, soit en mesure d'expliquer cette évolution de la matière organique au sein des Schistes carton.

Il ne faut pas écarter non plus l'hypothèse d'une possible altération récente de surface, car nos échantillons proviennent d'un affleurement. Effectivement, on remarque que ce sont les échantillons du sommet de la coupe de la Barrie (les plus proches de la surface du sol) qui ont les IO les plus élevés. Or, les effets de l'altération de la matière organique dans les roches en affleurement ont été examinés sur des échantillons de Schistes bitumineux du Toarcien inférieur affleurant dans l'Est du bassin de Paris (ESPITALIE et *al.*, 1985). L'altération de surface se manifeste jusqu'à cinq mètres de profondeur en modifiant la teneur en matière organique originelle (chute du COT), mais aussi en l'oxydant (accroissement des IO).

b. Nature de la matière organique

La matière organique dans les Schistes carton est de type II comme le montrent les diagrammes IH-IO et IH-Tmax (fig. 26 et 27). Elle est immature ($T_{max}=420^{\circ}\text{C}$). Elle a un potentiel pétrologène relativement élevé ($17,47 < S_2$ en mgHC/g CO < 55,7, fig. 28).

La courbe de variation du COT dans ce membre (fig. 23) met en évidence l'existence dans celui-ci deux ensembles superposés. Dans le premier (B10 à B23), l'enrichissement en matière organique est continu ; Dans le second, la variation du COT est cyclique avec un point d'inflexion au niveau B30 (situé juste au-dessus du niveau des meules).

La matière organique dans le membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés et dans le membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras* est probablement de type III (fig. 26 et 27), pauvre en COT (0,08 à 1%) et oxydée ($\text{IO} > 100 \text{ mg CO}_2/\text{g CO}$).

Les résultats de Rock-Eval concordent avec ceux de l'étude du palynofaciès et de la composition relative de la microflore dans les Schistes carton de la

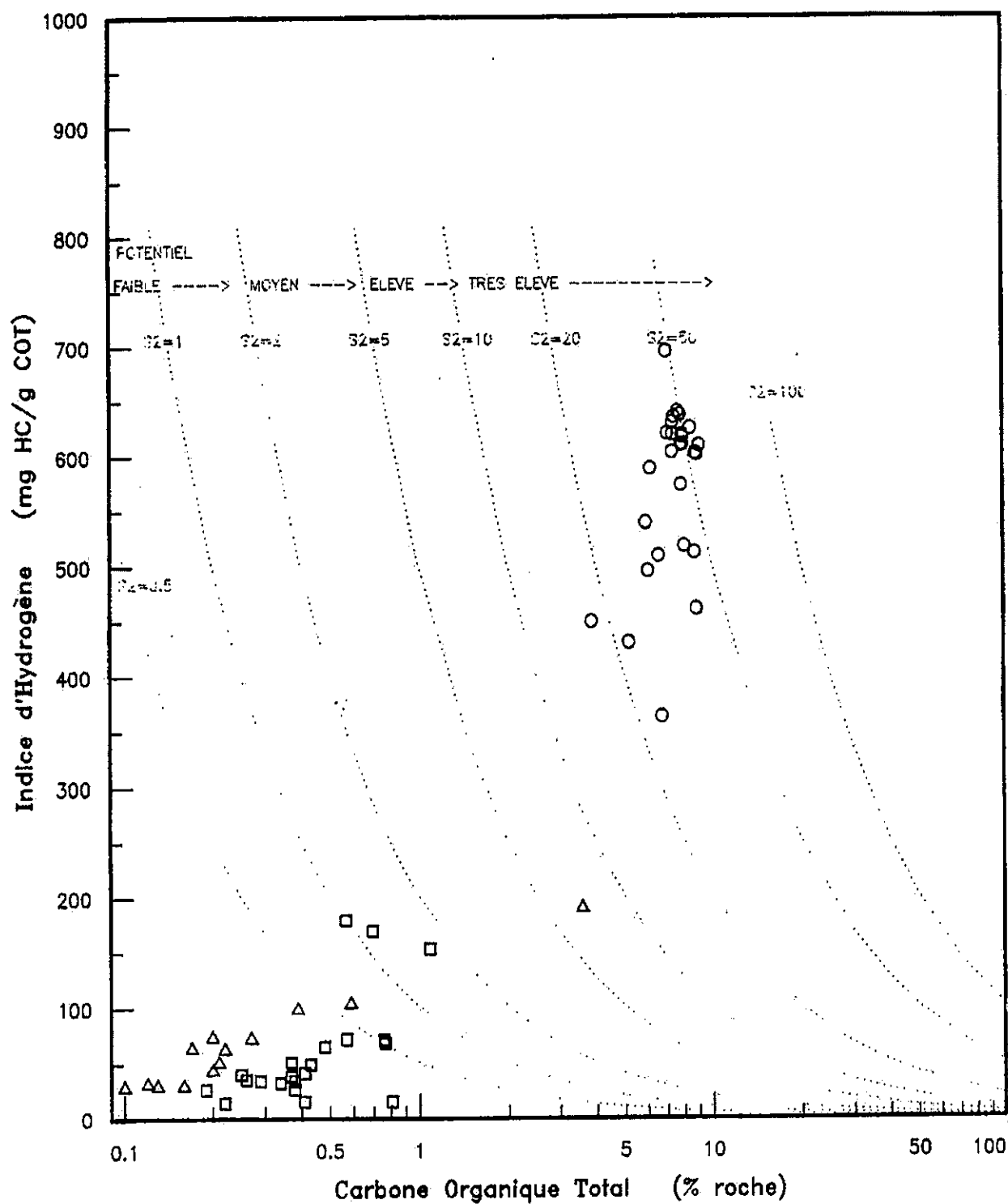


Fig. 28 : Analyse thermique Rock-Eval, diagramme $IH = f(COT)$. O : Schistes carton, Δ : Marnes et calcaires à Hildoceratidés, $\square$: Marnes noires à *Pseudogrammoceras*.

Grésigne (CUBAYNES et al., 1984). l'analyse du palynofaciès (fig. 3) sur l'ensemble du Lias montre que le matériel sapropélique existe uniquement dans le Toarcien inférieur. Il provient probablement de la décomposition, sur des fonds anaérobies et réducteurs, d'algues, essentiellement des Tasmanacés.

La même étude montre que l'association marine est dominée par les algues (*Grassophaera*, *Tasmanites*) et les acritarches; les *Nannoceratopsis* sont peu représentés. La microflore terrestre est pratiquement monospécifique : 80% des *Spheripollenites*, associés à des spores trilètes, de petits pollens transportés et des *Classopolis* dont la proportion a encore diminuée par rapport aux microflores sous-jacentes (BOUTET, 1981).

3.4.4. Conclusions

Par sa composition minéralogique et organique le faciès des Schistes carton s.s. se différencie bien des Marnes et calcaires à Hildoceratidés et des Marnes noires à *Pseudogrammoceras*. Il contient 8% de la matière organique de type II (origine marine) et immature ($T_{max} = 420^{\circ}\text{C}$). Le potentiel pétrologène de cette matière organique est élevé ($\text{IO} > 100\text{mg CO}_2/\text{g}$ roche).

Les études effectuées dans le bassin de Paris (ESPITALIE et al., 1981 et 1987 ; GOY, 1979), dans les Grands Causses (LECANTE et al., 1992) tendent à montrer une similitude des caractéristiques du faciès Schistes carton sur toute l'Europe occidentale.

	Quercy	Bassin de Paris	Grands Causses
Carbone organique total	5 à 9 %	4 à 7 %	8 %
Température maximale	420 à 429 %	420 à 450 %	420 à 430 %
Type de la matière organique	II	II	II
Palynofaciès	amorphe sapropélique	amorphe d'aspect flocuneux	amorphe
Microflore	- sphéropollenites - spores trilètes	—	—

Dans les Marnes et calcaires à Hildoceratidés et dans les Marnes noires à *Pseudogrammoceras* la matière organique est probablement de type III et d'origine continentale, pauvre en COT (0,08 à 1%) et oxydée (IO > 100mg CO₂/g roche).

3.5. Synthèse

Dans le Quercy septentrional, la Formation de Penne présente les mêmes caractéristiques que dans la région de la Grésigne où elle a été définie par CUBAYNES et al., 1981 et 1989 (biostratigraphie) et CUBAYNES, 1986 (lithobiostratigraphie).

Le membre inférieur est formé par deux unités lithostratigraphiques :

- des marnes détritiques de la zone à *Tenuicostatum*, sous-zone à *Semicelatum* (horizon II) d'épaisseur variable. Elles contiennent une microfaune à affinité domérienne.
- des faciès anoxiques, lités, dépourvus de microfaunes benthiques (Schistes carton s.s.). La présence d'ammonites telles *Elegantoceras* sp., *Hildaites* sp. et *Harpoceratoides strangewaysi* (SOWERBY) leur donne un âge Toarcien inférieur (zone à *Serpentinus*, sous- zone à *Strangewaysi*, horizons III et IV).

L'omniprésence du niveau de marnes oxydées et détritiques dont l'épaisseur peut atteindre 2,5 m (coupe de le Caille), la bonne conservation du faciès typique des Schistes carton s.s. ainsi que sa richesse en matière organique (8%) constituent les principales différences entre les Schistes carton de la région étudiée et ceux du Quercy méridional (région de la Grésigne).

Ce faciès est interprété comme correspondant à des milieux de dépôt confinés isolés des mers épicontinentales par des barrières écologiques empêchant une colonisation par les organismes nectoniques. Comme le remarquait CUBAYNES dans la région de la Grésigne, les ammonites et les bélemnites dans les Schistes carton restent rares et représentés essentiellement par des individus juvéniles et écrasés. Par contre l'essentiel des faunes se concentre dans la partie supérieure des Schistes carton, indiquant ainsi l'oxygénation sporadique puis progressive des fonds marins. Ceci est en accord avec la chute progressive du taux de carbone organique et avec l'accroissement des indices d'oxygènes dans les niveaux supérieurs de ce faciès.

Le membre médian est caractérisé par une lithologie homogène formée d'une alternance marnes-calcaires à la base puis exclusivement de marnes au

sommet. Les ammonites trouvées dans ces marnes et calcaires tels les *Hildoceratidae*, *Harpoceratidae*, leur donnent un âge Toarcien inférieur à moyen (zones à *Serpentinus*, *Bifrons* et *Variabilis*). Leur abondance nous a permis de retrouver les horizons d'ammonites régionaux décrits dans la coupe-type du membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés de Penne (V, VI, VII, VIII, IX et X).

Ces dépôts, caractérisés par leur richesse en faunes benthiques (foraminifères, ostracodes,...) et par la présence de Dasycladales du genre *Tersella*, sont assimilés à des milieux à fonds bien oxygénés, relativement peu profonds du domaine infralittoral d'une plate-forme distale.

Les Marnes noires à *Pseudogrammoceras*, datées de la zone à Thouarsense, forment le membre supérieur de la Formation de Penne. L'étude des biocénoses et l'analyse de la matière organique dans ces faciès laissent penser à des milieux de plate-forme du domaine circalittoral à fonds semi-réducteur où le taux de sédimentation est assez important. Ces marnes sont étalées sur tout le Bassin quercynois. Leur épaisseur varie peu. Elles expriment une homogénéisation de la sédimentation dans tout le Quercy.

D'une manière générale, nous constatons un épaississement des différents unités biostratigraphiques des deux membres inférieurs de cette Formation en allant du Sud-Est (région de Gramat) vers le Nord-Ouest (région de Turenne). Ces deux membres (Schistes carton et Marnes et calcaires à Hildoceratidés) se condensent énormément dans la région de Figeac-Capdenac (hauts-fonds) et sont représentés essentiellement par des faciès à oolites ferrugineuses ou phosphatées (CUBAYNES, 1986). Ces considérations nous permettent d'envisager un approfondissement des milieux de dépôts en allant du Sud-Est (Figeac/Capdenac) vers le Nord-Ouest (Turenne) en passant par une zone intermédiaire (Gramat).

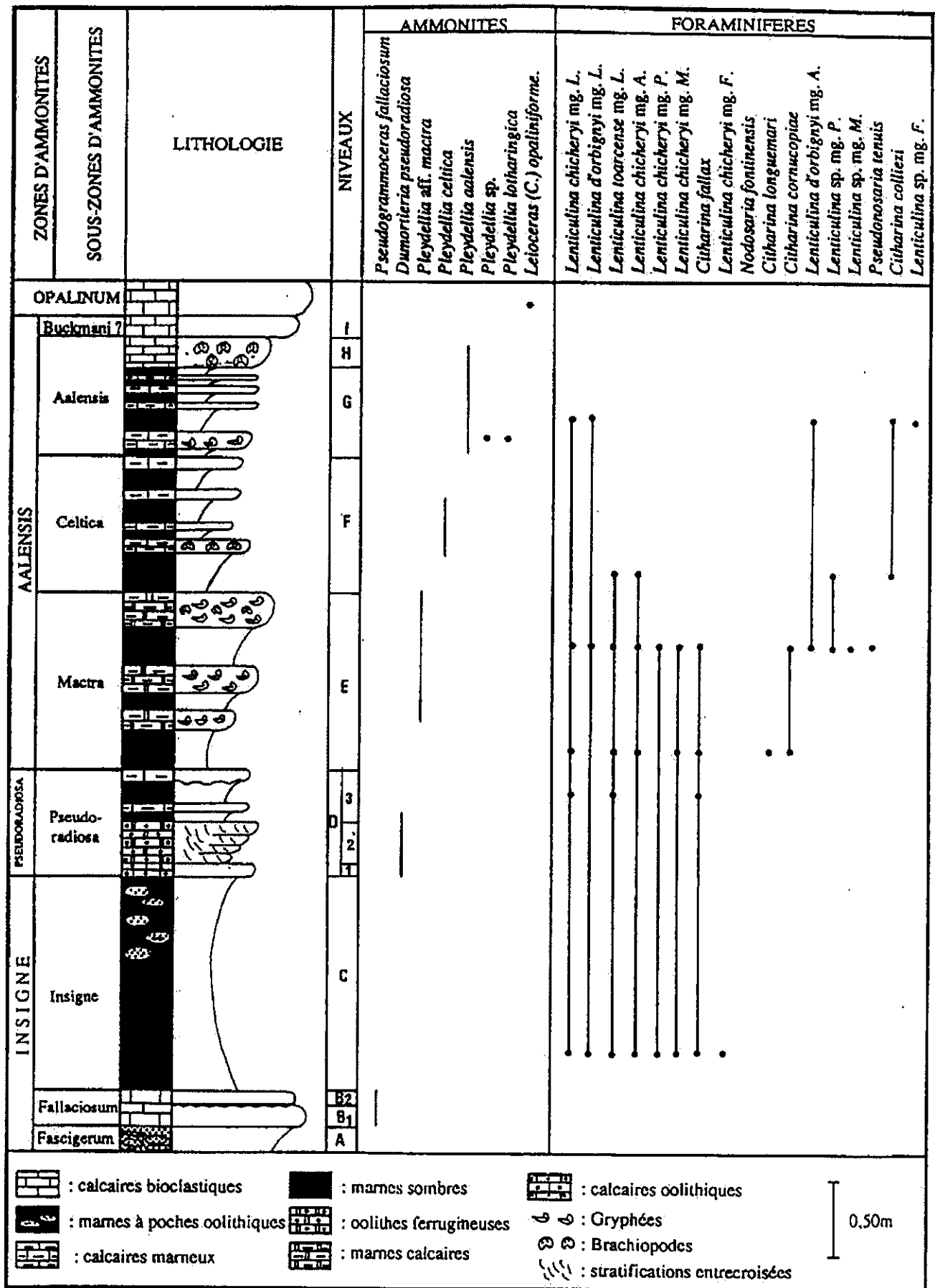


Fig. 29 : Formation de Lexos dans la région de Gramat : lithostratigraphie et distributions stratigraphiques des ammonites et des foraminifères.

4. FORMATION DE LEXOS

La Formation de Lexos est constituée par une alternance de marnes et calcaires. Elle se caractérise par la présence, à l'échelle de tout le Quercy, d'une lumachelle à gryphées ("Assise à Gryphées"). Nous allons décrire cette formation à l'aide des coupes de la région de Gramat. Dans un deuxième temps, nous suivrons les variations latérales de cette formation vers le Sud (Thémines), à proximité des hauts-fonds de Figeac et vers le Nord (Puy d'Issolud).

4.1. Formation de Lexos dans la région de Gramat

Les coupes du Toarcien supérieur-Aalénien dans la région de Gramat (Gramat, Vitarel et la Poujade) présentent la même succession lithologique et stratigraphique avec une légère variation des épaisseurs de l'Est vers l'Ouest. Nous nous contenterons donc d'en donner une description commune détaillée (fig. 29) avec la succession complète des unités lithostratigraphiques allant des calcaires bioclastiques à *Pseudogrammoceras fallaciosum* (BAYLE) jusqu'aux calcaires bioclastiques à *Leioceras opalinum* (REINECKE).

4.1.1. Description

De bas en haut, la Formation de Lexos comprend dans la région de Gramat (fig.29):

A- 0,20m de marnes oolithiques ferrugineuses à nodules calcaires, avec une condensation de bélemnites et de lamellibranches.

B1- 0,30m de calcaires à *Pseudogrammoceras fallaciosum* (BAYLE) interrompus par une surface ferrugineuse, bioturbée où les faunes d'ammonites et de lamellibranches sont condensées. En lame mince, ces calcaires montrent un microfaciès de biomicrites packstone à grainstone, riches en oolithes hétérométriques de formes arrondies ou aplaties. Les bioclastes de lamellibranches, échinides, crinoïdes, ostracodes et nodosariidés sont abondants et mal triés.

B2- 0,20m de calcaires marneux bioclastiques à *P. fallaciosum* (BAYLE).
Ces trois premiers niveaux représentent le sommet de la Formation de Penne.

C- 1,80 à 2,50m de marnes grises, micacées, chargées dans leur partie supérieure en poches d'oolithes ferrugineuses. Difficile à analyser dans la coupe de Vitarel à cause de la couverture végétale, ce niveau marneux est absent dans la

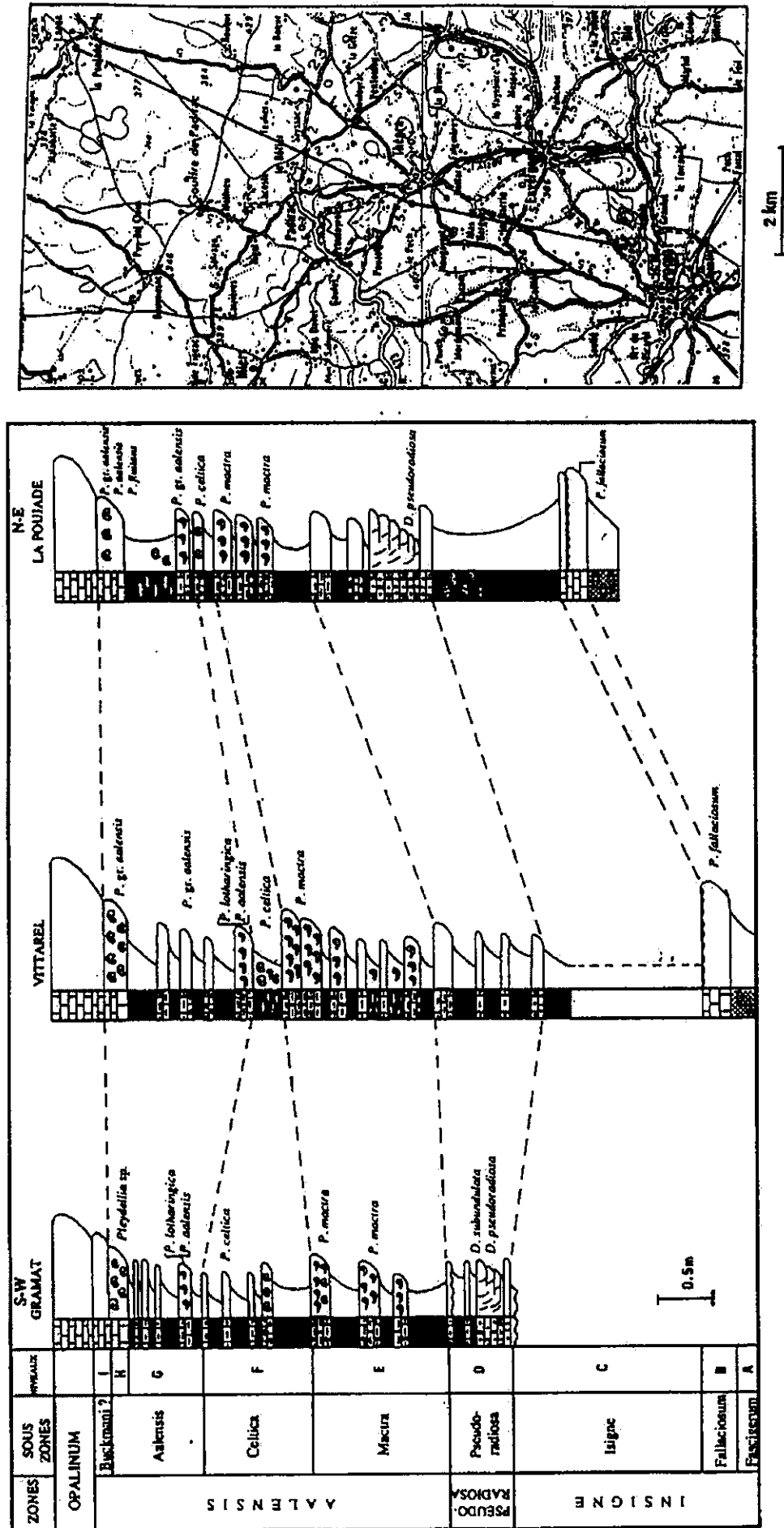


Fig. 30 : Formation de Lexos dans la région de Gramat : évolution latérale du Sud-Ouest au Nord-Est.

coupe de Gramat en raison d'une faille qui met en contact anormal les Marnes noires à *Pseudogrammoceras* avec les calcaires oolithiques à *Dumortieria*. En revanche, il est bien visible dans la coupe de la Poujade.

D1- 0,15 à 0,20m de calcaires marneux et oolithique qui forment un banc repère dans la plupart des coupes étudiées.

D2- 0,40m de calcaires à *Dumortieria* gr. *pseudoradiosa*. Ces calcaires sont chargés en oolithes ferrugineuses qui leur donnent une teinte rouge dans la coupe de Gramat. Des stratifications obliques y ont été repérées. La densité en oolithes décroît en allant vers le Nord-Est (coupe de la Poujade). Ainsi on passe à des biomicrites packstones, riches en bioclastes de lamellibranches, échinides, crinoïdes, ostracodes et nodosariidés. Les oolithes sont rares, souvent à cortex micritiques moins ferruginisés que dans la coupe de Gramat.

D3- 0,30m d'une alternance de marnes grises micacées et de bancs calcaires décimétriques. Le microfaciès dominant est une biomicrite wackstone bioturbée, à petits bioclastes de lamellibranches, d'ostracodes et de rares nodosariidés. Des surfaces ferruginisées et durcies sont fréquentes et répétitives depuis le sommet des calcaires oolithiques à *Dumortieria pseudoradiosa* (BRANCO).

E- 1,20m d'une alternance marno-calcaires. L'épaisseur des interlits de marnes grises riches en ostracodes, nodosariidés et bélemnites décroît de bas en haut. Les bancs à Gryphées sont stratocroissants. Cet ensemble ("Assise à Gryphées") où abondent les *Gryphaea sublobata* (DESHAYES), se caractérise par :

- son aspect lumachellique, dû à la concentration des gryphées dans les bancs marno-calcaires où la matrice (sédiment) est faible.

- l'explosion de l'espèce *Gryphaea sublobata* qui représente 85 à 90% des association des pélecypodes. De tailles variables, les gryphées sont le plus souvent en position de vie, bien conservées avec les deux valves en connexion. Elles sont généralement associées à d'autres lamellibranches, tels *Entolium* sp., *Plicatula* sp. et *Propeamusium* (P.) *pumilus* (LAMARK).

- la présence de brachiopodes tels *Homoeorhynchia cynocephala* (RICHARD).

En lame mince, les calcaires de "l'Assise à Gryphées" montrent, dans la coupe de la Poujade, un microfaciès dominé par des oobiomicrites packstones à bioclastes de lamellibranches, crinoïdes, ostracodes, nodosariidés et brachiopodes.

Latéralement, dans les coupes de Gramat et Vittarel, ces oobiomicrorites deviennent des biomicrites relativement plus riches en bioclastes hétérométriques où on trouve des oolithes ferrugineuses généralement brisées (remaniées) qui proviennent probablement des calcaires oolithiques à *D. pseudoradiosa* sous-jacents.

L'épaisseur de "l'Assise à Gryphées" diminue légèrement de l'Est vers l'Ouest (fig. 30) en allant vers la Poujade où les bancs calcaires deviennent épais et serrés.

Le hard-ground qui clôture "l'Assise à Gryphées" est une surface ferruginisée, taraudée, bien visible dans la coupe de Thémines et discrète dans la région de Gramat.

F- 1m d'alternance de marnes sombres grises et de bancs calcaires. La microfaune dans les niveaux marneux est pauvre, représentée par quelques ostracodes et nodosariidés à tests mal conservés, ferruginisés et souvent brisés. Les calcaires bioclastiques renferment des faunes éparées de brachiopodes (*Homoeorhynchia cynocephala*) et de gryphées. Le microfaciès dominant est une biomicrite packstone pyritisée riche en phase détritique (quartz). Les bioclastes y sont dominés par les lamellibranches et les ostracodes, associés à de rares nodosariidés.

G- 0,60m d'une alternance de marnes et calcaires. Les marnes sont stratodécroissantes. Elles contiennent une microfaune assez diversifiée de nodosariidés et d'ostracodes. Cette alternance marnes-calcaires passe latéralement, dans la coupe de la Poujade, à des marnes noduleuses, très carbonatées. Les brachiopodes (*H. cynocephala*) ainsi que les Gryphées sont rares, représentés par des individus isolés, associés à des lamellibranches : *Entolium* sp. et *Inoperna* sp.

H- 0,30m de calcaires bioclastiques marneux noduleux à la base. La population de brachiopodes se concentre dans la partie basale de ces calcaires. Trois espèces caractérisent cette association : *Homoeorhynchia cynocephala* (RICHARD), *Zeilleria* (Z.) *lycetti* (DELANCE) et *Lobothyris haresfieldensis* (DAVIDSON). Le microfaciès est une biomicrite à biomicrosparite packstone à bioclastes de lamellibranches, brachiopodes et à foraminifères encroûtants.

I- Les calcaires bioclastiques de la base de l'Aalénien. Le microfaciès est une biosparite grainstone à bioclastes (crinoïdes et lamellibranches) et à foraminifères avec *Leioceras Opalinum* (REINECKE) dans la coupe de Gramat.

4.1.2. Biostratigraphie

La faune d'ammonites récoltée dans les coupes du Toarcien supérieur de la région de Gramat nous a permis de retrouver la plupart des zones et sous-zones d'ammonites décrites dans la Formation de Lexos et la partie sommitale de la Formation de Penne de la région de la Grésigne (CUBAYNES et FAURE, 1981 et 1983). Ainsi nous avons pu distinguer (fig. 29) :

- la zone à Insigne, sous-zone à Fallaciosum, horizon XVIII (niveaux B1 et B2) : calcaires oolithiques suivi de calcaires marneux oolithiques. Les *Pseudogrammoceras fallaciosum* (BAYLE) sont aussi abondants à l'intérieur que sur la surface de ce banc calcaire (niveau repère).

- la zone et sous-zone à Pseudoradosa (niveau D) : oolithes ferrugineuses ou calcaires oolithiques à *Dumortieria pseudoradosa* (BRANCO), *D. subundulata* (BRANCO) et *Dumortieria sp.*

Les marnes micacées et oolithiques, situées entre ces deux niveaux à *P. fallaciosum* et à *D. pseudoradosa* appartiendraient donc à la sous-zone à Insigne.

- la zone à Aalensis, sous-zone à Mactra (niveau E) : "Assise à Gryphées" caractérisée par des alternances marnes-calcaires à *Gryphaea sublobata* associée généralement à des brachiopodes, tels *Homoeorhynchia cynocephala* (RICHARD), *Zeilleria (Z.) lycetti* (DELANCE) et à des lamellibranches : *Inoperna sp.* et *Entolium sp.*. L'espèce d'ammonites fréquente est *Pleydellia aff. mactra* (DUMORTIER), caractérisée par une costulation fine, peu flexueuse et généralement non fasciculée (FAURE et CUBAYNES, 1983).

- zone à Aalensis, sous-zone à Celtica (niveau F) : alternance de marnes et calcaires à brachiopodes et de rares Gryphées dont l'épaisseur varie considérablement d'Est (1m dans la coupe de Gramat) en Ouest (0,20m dans la coupe de la Poujade). Cette sous-zone a été définie par FAURE et al. en 1983 dans la région de la Grésigne à l'aide d'une population de *P. celtica* qui forme un groupe à grande variabilité dont la morphologie est intermédiaire entre les groupes de *P. fluens* (BUCKMAN) et de *P. aalensis* (ZIETEN).

- la zone et sous-zone à Aalensis : alternance marno-calcaires, marnes noduleuses carbonatées (niveau G) suivies par des calcaires bioclastiques à brachiopodes du genres *Homoeorhynchia*, *Zeilleria* et *Lobothyris* (niveau H). Les

populations d'ammonites sont constituées essentiellement par des *Pleydellia aalensis* (ZIETEN), *P. lotharingica* (BRANCO) et *Pleydellia sp.*

- Les calcaires bioclastiques à *Leioceras opalinum* (REINECKE) représentent la partie basale de l'Aalénien (zone à Opalinum) dans la région de Gramat.

Nous n'avons pas trouvé de marqueurs de la sous-zone à Buckmani dans les coupes de la région de Gramat mais nous pensons que cette sous-zone est représentée par la partie sommitale des calcaires bioclastiques à brachiopodes datés à leur base de la sous-zone à Aalensis.

4.1.3. Microfaunes

Les résidus de lavages des niveaux marneux dans la Formation de Lexos ont livré des populations de foraminifères et d'ostracodes associés à des brachiopodes pyritisés et des dents de poissons bien conservées.

La population de foraminifères diffère de celle du Toarcien moyen par la quantité et la diversité des nodosariidés et de celle des Marnes noires par l'absence des foraminifères à test agglutinant. 17 espèces de nodosariidés ont été identifiées dans les coupes de Gramat et de la Poujade (fig. 29). L'espèce *Lenticulina chicheryi* avec ses cinq morphogenres (*Lenticulina*, *Astacolus*, *Planularia*, *Falsopalmula* et *Marginulinopsis*) ainsi que l'espèce *Lenticulina d'orbigny* mg. L., mg. F. et *Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina* constituent 70 à 80% des nodosariidés. Le genre *Citharina* représenté par des individus de petite taille, souvent brisés, se compose de quatre espèces reconnues depuis le Toarcien inférieur et moyen : *Citharina fallax*, *C. coliezi*, *C. longuemari* et *C. cornucopiae*. *Nodosaria fontinensis* et *Pseudonosaria tenuis* sont représentées le plus souvent par un ou deux individus dans les niveaux analysés. La population de nodosariidés atteint son maximum de densité et de diversité spécifique dans "l'Assise à Gryphées" (sous-zone à Mactra).

4.1.4. Environnements

Les unités lithostratigraphiques de la Formation de Lexos dans la région de Gramat évoquent des milieux de dépôt évoluant dans des domaines infralittoraux à énergie variable, assurant ainsi la transition entre des milieux confinés ou semi-confinés (Marnes noires à *Pseudogrammoceras*) à la limite des domaines

circalittoraux et infralittoraux et des milieux littoraux agités, juste sous la zone de balancement des marées (calcaires aaléniens à oncolithes).

L'abondance des gryphées et des brachiopodes associés à une population de lamellibranches (*Entolium sp.*, *Inoperna sp.*) dans "l'Assise à Gryphées" suggère des milieux peu profonds, bien oxygénés et une faible énergie des eaux. L'aspect lamachellique de "l'Assise à Gryphées" pourrait s'expliquer par un taux de sédimentation relativement faible.

4.2. Evolution latérale de la Formation de Lexos au sud et au nord de la région de Gramat

4.2.1. coupe de Thémines

Elle se situe à 10 km au sud-ouest de Gramat, sur la route départementale D 40.

Les ammonites récoltées dans cette coupe nous ont permis d'établir une biostratigraphie à l'échelle des zones et sous-zones d'ammonites et par conséquent de corréler les différentes unités lithobiostratigraphiques avec celles identifiées dans la région de Gramat. La Formation de Lexos se compose dans la coupe de Thémines (fig. 31), de bas en haut, des termes suivants :

B- 0,30m de calcaires bioclastiques à oolithes. Le microfaciès est une biomicrite packstone à grainstone riche en bioclastes de lamellibranches, crinoïdes, ostracodes et nodosariidés. Ces calcaires sont couronnés par une surface ferruginisée, bioturbée montrant une condensation de faunes d'ammonites et de lamellibranches. Les *Pseudogrammoceras fallaciosum* (BAYLE) indiquent la zone à Insigne, sous-zone à Fallaciosum, horizon XVII.

C- 0,20m de marnes micacées, oolithiques qui présentent le même faciès que celui décrit dans la région de Gramat.

D- un banc décimétrique de calcaires oolithiques, suivi par une oolithe ferrugineuse (0,30m) avec des figures de stratifications obliques. Ils sont datées par des *Dumortieria gr. pseudoradlosa* (BRANCO) de la zone et sous-zone à Pseudoradlosa. En lame mince ce faciès montre une oobiomicrite à oobiomicrosparite (60 à 70% d'oolithes hétéromorphes et hétérométriques). La composition des cortex montre une évolution centrifuge, d'abord micritique puis de plus en plus riche en fer (teintes variables). Les bioclastes sont essentiellement

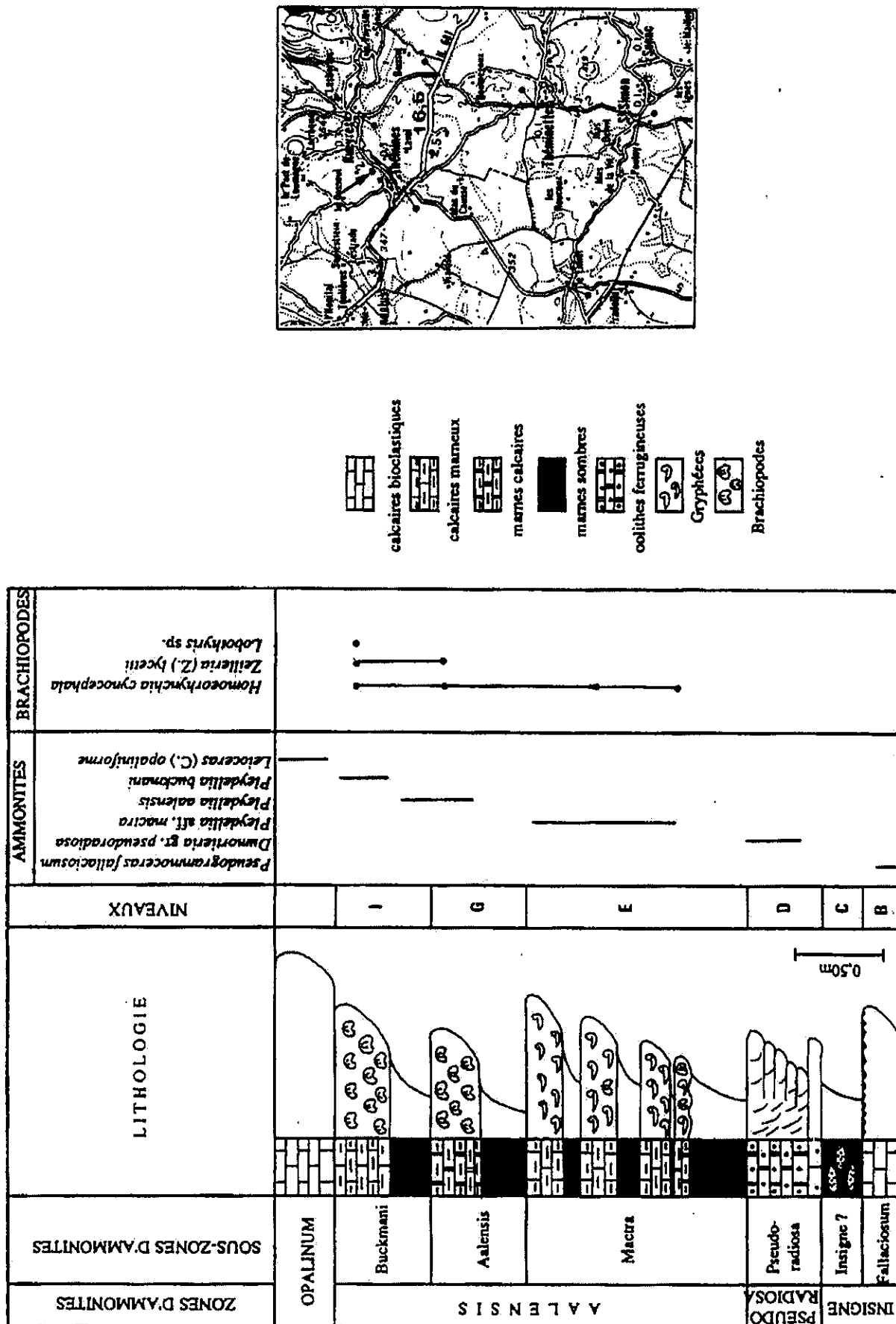


Fig. 31 : Formation de Lexos dans la coupe de Thémines.

représentés par des crinoïdes, des lamellibranches de petite taille et de rares nodosariidés.

E- 1,50m d'alternance marno-calcaires riches en *Gryphaea sublobata* associée dans certains niveaux à *Homoeorhynchia cynocephala*, *Inoperna* sp. et *Entolium* sp. Les calcaires à gryphées (lumachelliques) sont stratocroissants. Deux surfaces indurées limitent l'"Assise à Gryphées" : l'une à sa base, caractérisée par une condensation de lamellibranches et de bélemnites; l'autre au sommet, matérialisée par une surface ferruginisée et taraudée. Cet ensemble de marnes et calcaires de l'"Assise à Gryphées" est daté de la zone à Aalensis, sous-zone à Mactra par *Pleydellia mactra* (DUMORTIER).

G- 0,50m de marnes micacées et de calcaires marneux à brachiopodes : *H. cynocephala* et *Zeilleria* (Z.) *lycetti*, et à rares *G. sublobata*. Les *P. aalensis* et *Pleydellia* sp. leurs donnent un âge de la zone à Aalensis, sous-zone à Aalensis.

I- 0,50m de marnes grises et de calcaires bioclastiques à *H. cynocephala*, *Zeilleria* (Z.) *lycetti* et *Lobothyris* sp. Nous avons pu trouver des *Pleydellia* gr. *aalensis-buckmani* à leur base puis des *P. buckmani* dans leur partie sommitale. Par conséquent, ces marnes et calcaires sont reportés à la zone à Aalensis, sous-zone à Buckmani.

- 3m de calcaires bioclastiques à *Leioceras* (C.) *opaliniforme* marquent le passage à l'Aalénien, zone à Opalinum.

Sept constatations essentielles peuvent être dégagées de la comparaison avec la Formation de Lexos dans la région de Gramat (fig. 33):

- une condensation générale de la Formation;
- l'absence du niveau de calcaires marneux (niveau B2 de Gramat) au-dessus des calcaires bioclastiques à *P. fallaciosum*.
- une diminution considérable de l'épaisseur des marnes de la sous-zone à Insigne.
- une forte concentration d'oolithes ferrugineuses dans la sous-zone à Pseudoradiosa.
- l'absence de la sous-zone à Celtica.
- une datation précise du sommet de la Formation par des *P. buckmani*.
- une datation de l'Aalénien par *Leioceras opalinum* (REINECKE).

4.2.2. coupe de Puy d'Issolud

Au nord de Gramat, dans la vallée de la Dordogne, plusieurs coupes du Toarcien supérieur sont accessibles (Saint-Denis-près-Martel, la Balma, Puy d'Issolud). Elles présentent la même succession lithostratigraphique. Nous allons donner une description de la coupe du Puy d'Issolud qui me semble la plus complète.

De bas en haut, la coupe du Puy d'Issolud, située sur le versant nord de la vallée de la Dordogne, montre la succession des niveaux suivants :

C- 0,50m d'alternance de niveaux marneux et de bancs calcaires. Ces derniers sont stratocroissants. La microfaune dans les niveaux est pauvre, représentée par de rares ostracodes et des Lenticulines.

D- 0,60m d'alternance marno-calcaires. Les bancs calcaires sont stratocroissants. Ces calcaires présentent localement des stratifications entrecroisées (coupe de la Balma). Ce niveau est daté de la zone et sous-zone à *Pseudoradiosa* par des *Dumortieria gr. pseudoradiosa* (BRANCO).

E- 1m de marnes, calcaires marneux et calcaires oolithiques riches en *Gryphaea sublobata*. Les brachiopodes sont représentés par *Homoeorhynchia cynocephala* et *Zelleria (Z.) lycetti*. L'ensemble forme une véritable lumachelle "Assise à Gryphées". Ce niveau est daté par des *P. aff. mactra* (DUMORTIER) de la sous-zone à *Mactra*.

G- 0,50m de marnes micacées à nodules carbonatés, datées de la zone et sous-zone à *Aalensis* par des *Pleydellia aalensis* (REINECKE).

- calcaires bioclastiques à *Leioceras (C.) opalliforme* associés à des *Pseudommatoceras sp.*. Les niveaux à oncolithes apparaissent progressivement et deviennent de plus en plus nombreux vers le sommet.

4.3. Conclusions

La Formation de Lexos, d'âge Toarcien supérieur (zones à *Insigne*, *Pseudoradiosa* et *Aalensis*), est limitée à sa base par une discontinuité régionale post-Fallaciosum et à son sommet par les calcaires bioclastiques aaléniens de la Formation d'Autoire.

Elle paraît plus développée dans la région de Gramat (5 à 6m) et se condense au sud-est (Thémines, 3m) en direction des hauts fonds de Figeac et Capdenac et au nord-ouest (Puy d'Issolud) de cette région (fig. 33). Cette condensation s'accompagne par des vacuités sédimentaires (sous-zone à *Celtica*).

Les différentes unités lithostratigraphiques de cette formation s'organisent en une séquence décamétrique régressive. Elles témoignent de milieux peu profonds du domaine infralittoral.

CHAPITRE III

STRATIGRAPHIE SEQUENTIELLE

1. INTRODUCTION : PRINCIPES DE LA STRATIGRAPHIE SEQUENTIELLE

L'empreinte de l'eustatisme dans l'organisation des dépôts a été envisagée dès 1888 par SUESS. Cette théorie a été reprise et développée dans les travaux des géologues pétroliers du groupe EXXON (VAIL et *al.*, 1977). Ces travaux ont abouti à l'élaboration d'une méthode d'analyse des enchainements de dépôt liés aux variations eustatiques globales du niveau des mers au cours des temps géologiques: la "Stratigraphie séquentielle".

La structure des corps sédimentaires est étroitement liée à l'espace disponible entre le fond du bassin et le niveau de la mer. L'espace disponible est contrôlé par trois facteurs majeurs : la subsidence, le taux des apports sédimentaires et les variations du niveau marin. VAIL et *al.* (1987) considèrent que les variations des apports sédimentaires et de la subsidence, sur les marges et les plates-formes stables, sont en général plus lentes que les variations du niveau marin. Il en résulte alors que ce dernier facteur joue un rôle majeur et prépondérant dans l'organisation des dépôts.

La démarche de la stratigraphie séquentielle a été préférentiellement utilisée pour des sédiments clastiques "terrigènes" (VAIL et *al.*, 1987). Son application en milieux de plate-forme et pour des dépôts à dominante carbonatée (SARG, 1988; fig. 34), a donné un modèle de séquences de dépôt de 3ème ordre dont l'organisation séquentielle reste la même que celle proposée pour les sédiments clastiques. Outre les variations du niveau marin et les apports sédimentaires, le climat joue un rôle important dans l'organisation séquentielle des dépôts carbonatés (SARG, 1988).

1.1. Séquence de dépôt, cortèges sédimentaires et discontinuités

Les dépôts s'organisent en suites logiques -ou séquences- interrompues par des discontinuités (LOMBARD, 1956). Selon VAIL et *al.* (1987), une séquence génétique de dépôt est composée de plusieurs prismes ou cortèges sédimentaires génétiquement liés et déposés lors d'un cycle eustatique de 3ème ordre. Elle est limitée à sa base et à son sommet par deux discordances traduisant des chutes brutales du niveau marin. Ces discordances deviennent des surfaces concordantes en direction du bassin et sont considérés comme lignes-temps.

Deux types de discordances limitent les séquences de dépôt d'origine eustatique :

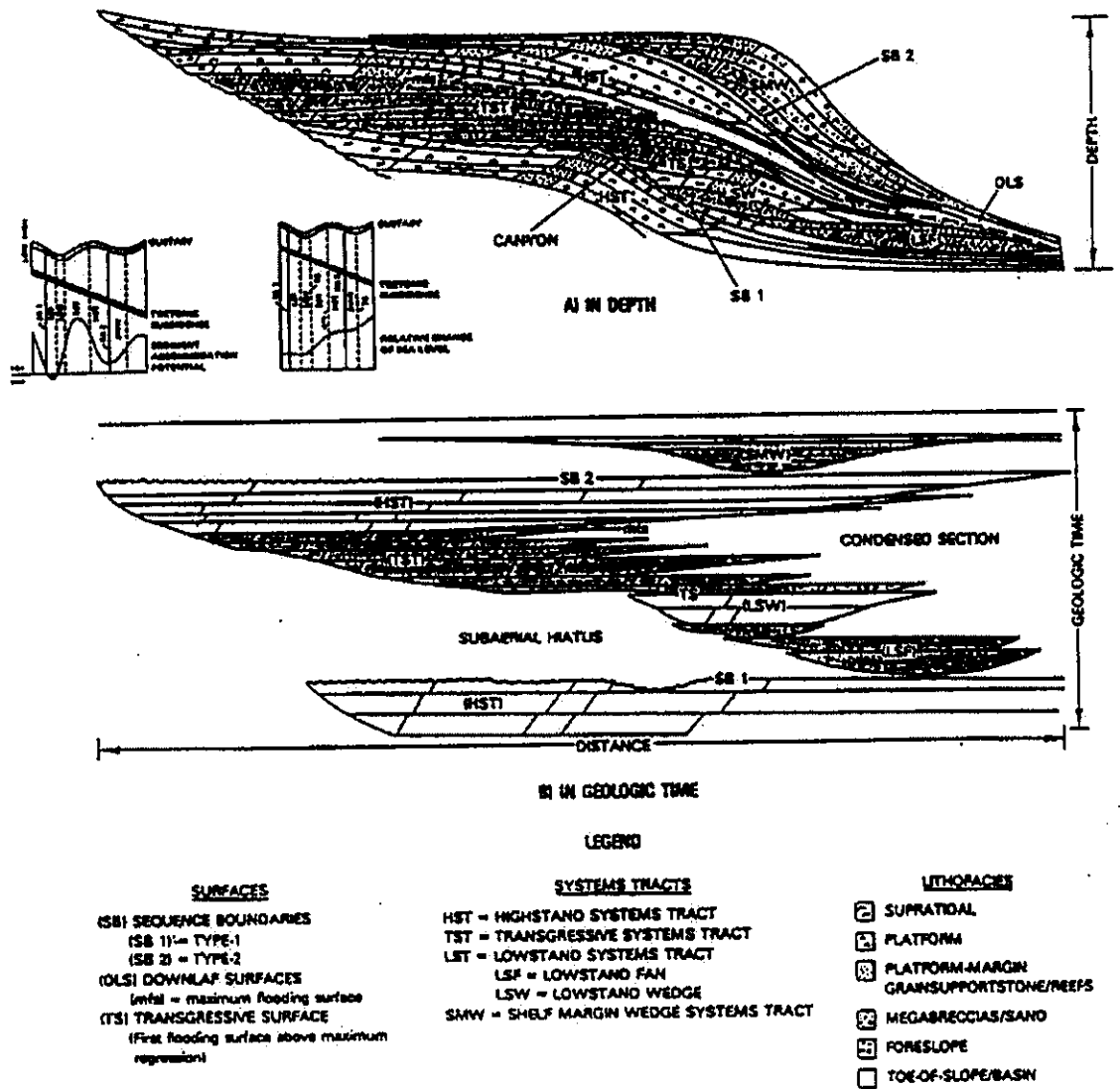


Fig. 34 : Stratigraphie séquentielle : séquence théorique de dépôt avec ses cortèges sédimentaires, surfaces de discontinuités et lithofaciès dans un domaine carbonaté dominant.
(d'après SARG, 1988)

- la discordance de type 1 est engendrée par une chute de plusieurs mètres du niveau marin, au-delà de la rupture de pente côtière ("Depositional shoreline break" : VAN WAGONNER, 1988; CRAMEZ, 1990). Cette chute s'accompagne d'un déplacement des faciès littoraux vers le bassin, de phénomènes érosifs et d'une exondation totale de la plate-forme côtière.

- discordance de type 2 : la mer ne se retire pas complètement de la plate-forme côtière. Les faciès littoraux se déplacent vers le bassin, sans érosion de la plate-forme.

Ces deux types de discordances engendrent deux types de séquences de dépôt:

- séquence de dépôt de type 1, limitée par une discordance de type 1 ;
- séquence de dépôt de type 2, limitée à sa base par une discordance de type 2.

La séquence de dépôt est composée de plusieurs cortèges sédimentaires dont le nombre varie en fonction de la situation paléogéographique sur la plate-forme et de l'importance de la baisse des eaux. Un cortège sédimentaire est formé lui-même par un ensemble de paraséquences ; une paraséquence est par définition, l'unité stratigraphique composée de couches sédimentaires génétiquement liées et limitées par deux surfaces de ravinement consécutives, induites par les inondations marines dues à des cycles eustatiques d'ordre inférieur (4ème ordre ; 5ème ordre, CRAMEZ, 1990).

Sur la plate-forme, se rencontrent trois types de cortèges sédimentaires : le prisme de bas-niveau marin (séquence de dépôt de type 1) ou de bordure de plate-forme (séquence de dépôt de type 2), l'intervalle transgressif et le prisme de haut-niveau marin.

- Le prisme de bas-niveau marin ou de bordure de plate-forme est un ensemble sédimentaire qui se développe au-dessus d'une discordance majeure. Il se localise sur la partie distale (prisme de bordure de plate-forme) ou au delà de la plate-forme côtière (prisme de bas-niveau) (HAQ et al. , 1987; VAIL et al. , 1977; REY, 1988; CUBAYNES et al. , 1989; REY, 1992; CRAMEZ, 1990 et HAQ, 1991). L'ensemble de prismes s'organise en séquences de comblement à caractère progradant (fig. 35).

Pour les sédiments carbonatés, ce prisme se caractérise par des faciès de haute énergie(calcaires bioclastiques, calcaires gréseux, calcaires oolithiques) accompagnés par des produits de remaniement. Il est limité à son sommet par la surface de transgression correspondant à la première surface d'inondation de la

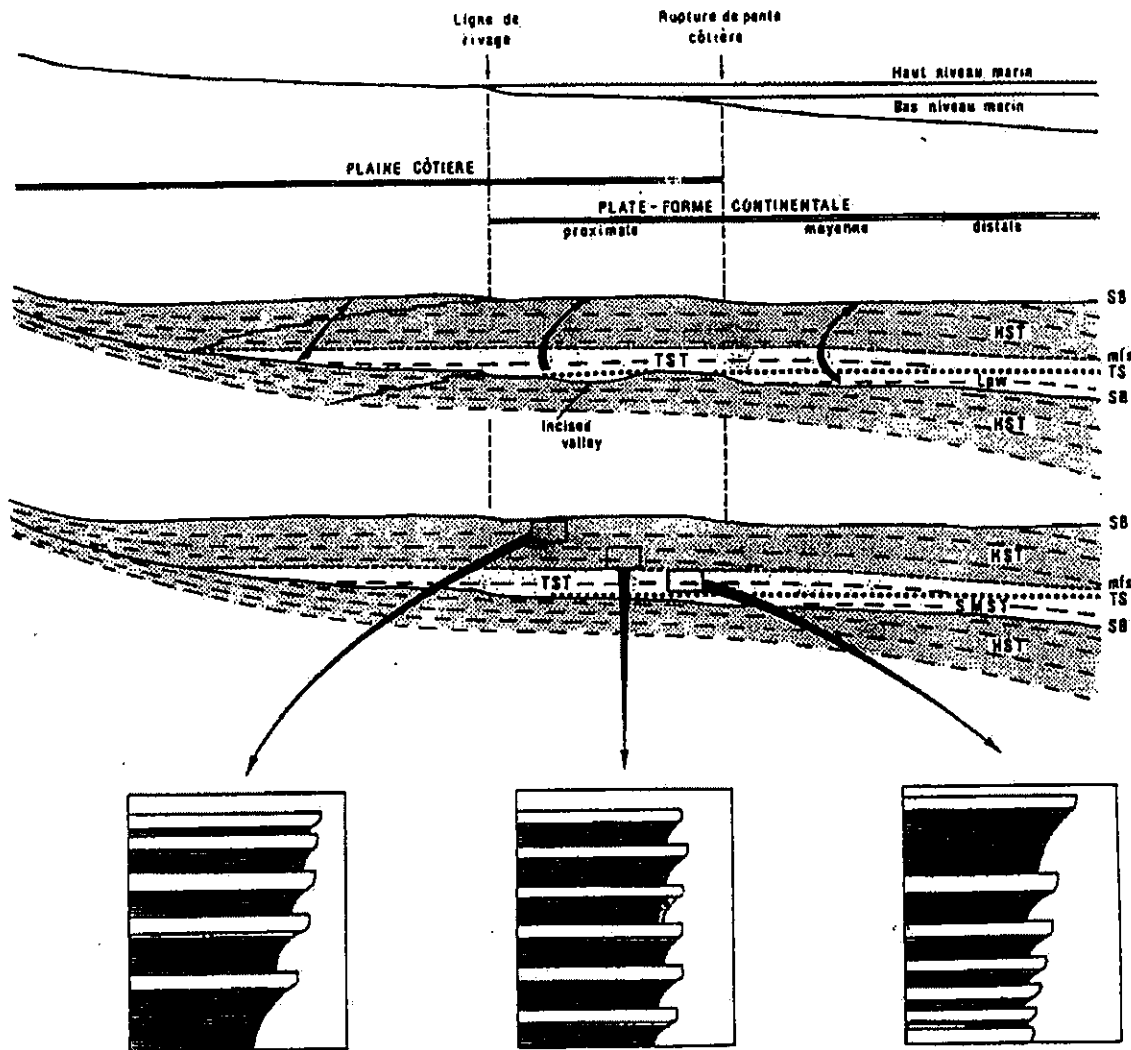


Fig. 35 : Les séquences de dépôt et cortèges sédimentaires en dispositif de rampe, sans bordure marquée. Morphologie du bassin et organisation verticale des dépôts (d'après REY, 1992).
 SB : limite de séquence; TS : surface de transgression; mfs : surface d'inondation maximale;
 Lpw : prisme de bas niveau; SMST : prisme de bordure de plate-forme; TST : intervalle transgressif; HST : cortège de haut niveau.

plate-forme côtière. Vers le centre du bassin, cette discontinuité se matérialise par un changement brusque de la lithologie, traduisant un approfondissement instantané du milieu de dépôt. Dans la partie proximale de la plate-forme côtière, la surface de transgression se confond avec la limite de séquence.

- L'intervalle transgressif (IT) s'étend sur la majeure partie de la plate-forme lors de la remontée eustatique des eaux. Il se compose de plusieurs paraséquences de comblement, associées dans l'ensemble du cortège en un système rétrogradant ou aggradant exprimant un approfondissement (ouverture).

SARG (1988) montre que dans les sédiments carbonatés, le cortège transgressif peut avoir une géométrie sigmoïdale (Catch-up carbonate) ou oblique (Keep-up carbonate) en fonction des propriétés physico-chimiques des eaux et de l'espace disponible.

Lors de la remontée du niveau marin (début de la transgression), les eaux à fortes énergie peuvent parfois éroder et remanier la partie supérieure du cortège sous-jacent, créant ainsi une surface de ravinement. Les sédiments "cannibalisés" de la partie supérieure du prisme de bas-niveau marin sont redéposés sous forme de tempestites en bordure de la plate-forme (POSAMENTIER et CHAMBERLAIN, 1990).

Le cortège transgressif est clôturé par une discontinuité de montée rapide des eaux (surface d'inondation maximale). Géométriquement, elle exprime le passage des corps sédimentaires aggradants aux corps sédimentaires progradants. Dans la partie distale de la plate-forme, elle s'exprime par un ou plusieurs niveaux condensés (intervalle ou surface condensés), matérialisés par des croûtes ferrugineuses, horizons de glauconie, bancs bioturbés ou à condensation de faune.

- Le cortège de haut-niveau marin se met en place pendant la fin de la montée eustatique, la stabilité eustatique et le début de la baisse du niveau marin. Caractérisé par des progradations d'abord sigmoïdales puis obliques, le cortège de haut-niveau marin s'étend sur toute la plate-forme. L'ensemble des sédiments associés à la période de haut-niveau marin constituent un système de comblement de l'espace disponible créé lors de la phase transgressive. La partie supérieure de ce cortège se dépose dans les mêmes conditions (tranche d'eau et énergie de dépôt) que les sédiments du prisme de bas-niveau marin mais dans une partie plus proximale du bassin. La distinction entre ces complexes sédimentaires se base essentiellement sur des critères géométriques (déplacement vers le bassin des systèmes progradants), ainsi que par des critères sédimentologiques (limite de séquence ravinante dans le cas de discontinuités de type 1) et

paléobathymétriques (diminution d'épaisseur de la tranche d'eau en un lieu donné de la plate-forme).

1.2. Le diagramme des cycles eustatiques

Le diagramme des cycles eustatiques, proposé pour l'intervalle Trias-période actuelle (HAQ et *al.*, 1987 ; BALLY, 1987) est la synthèse de l'analyse des courbes des variations relatives du niveau marin dans divers bassins sédimentaires du globe. Sont reportés sur ce diagramme : les fluctuations eustatiques, les discordances de type 1 ou 2, les séquences de dépôt et les cortèges sédimentaires qui leur sont associés. L'ensemble de ces éléments est calé sur les échelles biostratigraphiques (chronozones à ammonites, foraminifères planctoniques, nannofossiles, radiolaires, diatomées et dinoflagellés), magnétostratigraphique (inversion de polarité magnétique) et radiochronométrique.

Le diagramme des cycles eustatiques est sujet à diverses modifications (nombre des cycles eustatiques, calages sur les diverses échelles chronostratigraphiques). Cette charte est actuellement en cours de révision.

Le nombre et la position chronologique des séquences et cortèges que nous proposons dans ce travail résulteront donc des données directement fournies par l'étude des séries toarciennes du Quercy et non d'une transposition des propositions des différentes montures de la charte de HAQ et *al.*.

2. SEQUENCES DE DEPOT, CORTEGES SEDIMENTAIRES ET DISCONTINUITES DANS LA SERIE TOARCIEENNE DU QUERCY

La première tentative d'interprétation des séquences de dépôt en terme de stratigraphie séquentielle de la série liasique a été réalisée en 1988 par REY et *al.* Ces auteurs avaient distingué quatre séquences de dépôt de 3^e ordre dans le Toarcien du Quercy, limitées par des discontinuités de valeur régionale (fig. 4) :

- D7' (post-Spinatum) et D7" (post-Paltus) caractérisées respectivement par un fond durci et une surface microkarstifiée sur laquelle se développent des encroûtements et des fissures orientées N20°E. Elles correspondent à la discontinuité D3 de GABILLY et *al.*, (1985).

- De, intra-Bifrons. Elle se matérialise par une surface indurée à condensation d'*Hildoceratidae*, située entre l'horizon VIII à Lusitanicum et l'horizon IX à Bifrons.

- Discontinuité D8, intra-Fallaciosum qui interrompt la Formation de Penne. Elle est connue dans tout le Quercy.

- Discontinuité D9, post-Mactra. Elle se situe au dessus de l'"Assise à Gryphées" qui clôture une mégaséquence décamétrique.

- Discontinuité D10, intra-Aalenien (zone à Opalinum), elle clôture la 4ème séquence qui débute par les marnes et calcaires de la zone à Aalensis et se termine par des calcaires bioclastiques à *Leioceras opalinum* (REINECKE). Vers le sommet, ces calcaires s'enrichissent en oncolithes qui forment un niveau repère. Cette discontinuité coïncide avec la discontinuité D7 de GABILLY et al. , (1985).

Les discontinuités Dd et Df s'expriment respectivement par un horizon de condensation décimétrique à *Harpoceratoïdes strangewaysi* (SOWERBY) et un niveau de nodules pyriteux sur lequel se développe une condensation de *Grammoceratidae* et *Pseudogrammoceratidae*. Ces deux discontinuités étaient interprétées comme des discontinuités de montée rapide des eaux (surfaces d'inondation maximale).

Depuis, l'intégration de nouvelles données sédimentologiques, micropaléontologiques et un affinement des corrélations stratigraphiques ont permis de modifier ces interprétations. Ainsi, nous sommes arrivés à distinguer huit séquences de dépôt dans la série du Toarcien du Quercy (Toa1 à Toa8) en se basant sur 4 critères principaux:

- une biostratigraphie détaillée permettant d'identifier les zones, sous-zones et horizons d'ammonites (CUBAYNES et FAURE, 1981 et 1983) définis dans la région de Grésigne et retrouvées au nord de Figeac (région de Gramat), puis de corréler les unités lithostratigraphiques à l'échelle de Quercy ;

- la géométrie des corps sédimentaires depuis les parties distales (région de Gramat) ou profondes (région de la Grésigne) du bassin jusqu'aux zones littorales ou de hauts-fonds (régions de Villefranche-de-Rouergue et de Figeac-Capdenac) ;

- l'évolution de la lithologie, la strato-fabrique et le contenu faunique, exprimant les variations des environnements, les changements de profondeur et le caractère progradant, aggradant ou rétrogradant des dépôts ;

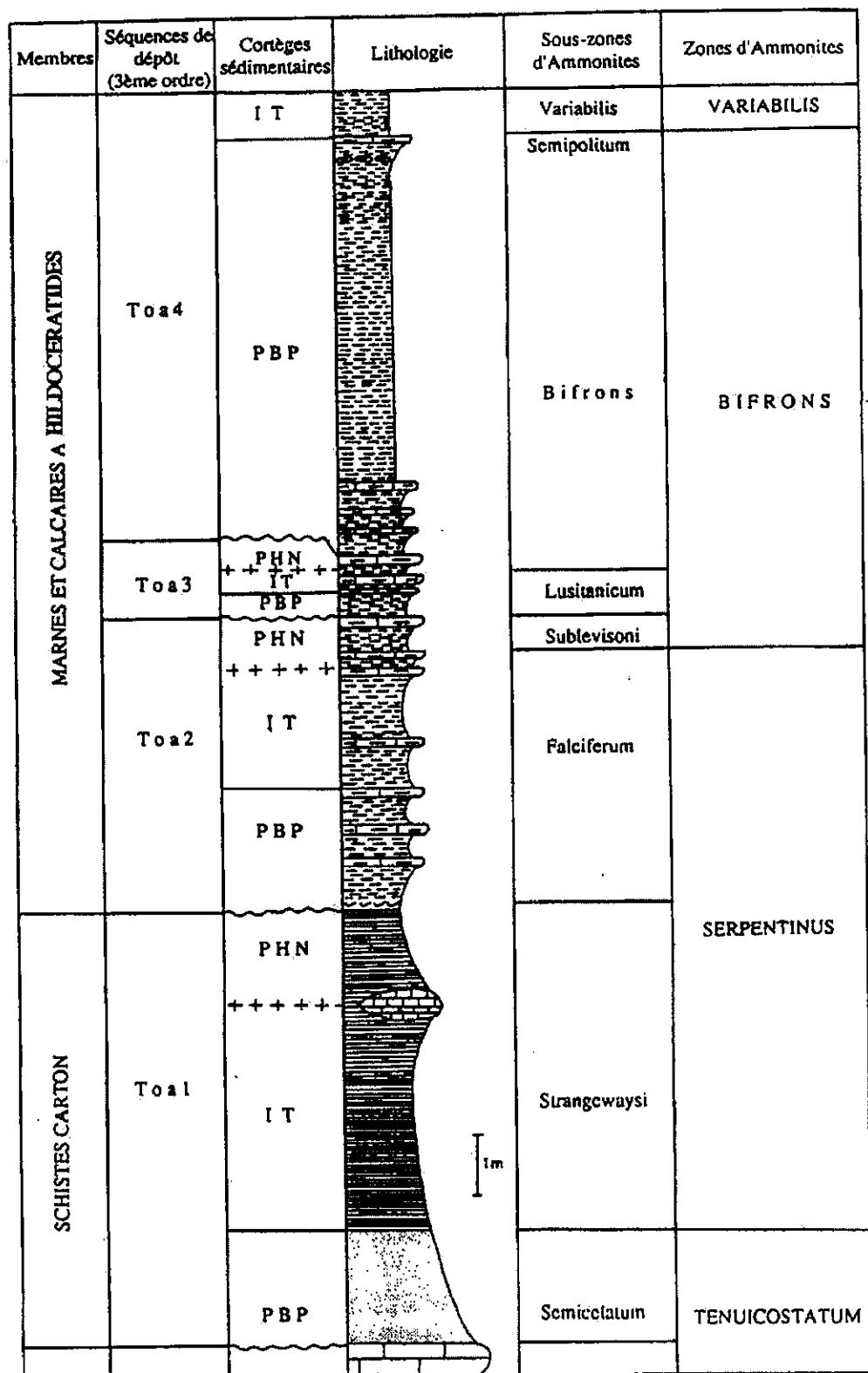


Fig. 36 : Le Toarcien inférieur et moyen du Quercy. Séquences de dépôt (3ème ordre) et cortèges sédimentaires. PBP : prisme de bordure de plate-forme; IT : intervalle transgressif ; PHN : prisme de haut niveau marin.

- l'identification et la caractérisation des discontinuités sédimentaires, qui parfois sont discrètes dans les successions lithologiques homogènes.

Pour conforter nos interprétations, l'analyse du Toarcien, en terme de stratigraphie séquentielle, ne sera pas limitée à notre domaine d'étude (Nord de la vallée du Lot), mais prendra en considération l'ensemble du Quercy. Nous ferons donc référence à des observations effectuées dans les régions de Figeac-Capdenac, Villefranche-de-Rouergue et de la Grésigne (CUBAYNES, 1986 et QAJOUN, 1990).

Séquence de dépôt Toal

La séquence de dépôt Toal (fig. 36, 37, 38) est constituée par la partie basale de la Formation de Penne (membre des Schistes carton). La lithologie est composée par des marnes détritiques fossilifères et des argilites litées riches en matière organique (Schistes carton). Elle est limitée à sa base par une surface d'émersion karstifiée, surmontée par une thanatocénose de bélemnites, de lamellibranches (*Ceratomya* sp., *Plicatula spinosa*) et des crinoïdes (*Isocrinus* sp.). Les ammonites permettent de dater cette séquence du Toarcien inférieur (zones à *Tenuicostatum* - sous-zone à *Paltus* exclue - et base de la zone à *Serpentinus* : sous-zone à *Strangewaysi pro-parte*). Trois cortèges sédimentaires peuvent être distingués dans cette séquence bien individualisée dans tout le Quercy :

Prisme de bordure de plate-forme

Sur la surface karstifiée (D7) qui clôture la Barre à Pecten, se développent des marnes verdâtres très ferrugineuses et détritiques. L'essentiel des bioclastes, se compose de lamellibranches brisés et remaniés (*Plicatula*, *Ceratomya*). La biophase contient une association des foraminifères à cachet domérien : *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria*, *Lingulina* gr. *tenera*, *Marginulina prima*, *Dentalina terquemi-obscura* et les premières *Lenticulina* enroulées du Toarcien (*Lenticulina toarcense* mg *Lenticulina*). Ces marnes sont bien développées dans la région de Gramat où elles atteignent 2 à 2,5m d'épaisseur, elles sont moins épaisses (0,50m) dans la région de la Grésigne (CUBAYNES, 1986) et absentes dans les zones hautes de Capdenac-Figeac. Ces caractéristiques (flux du détritisme, faune remaniée, variations d'épaisseur et lacunes sur les haut-fonds) permettent d'interpréter ces marnes comme un prisme de bordure de plate-forme qui s'étend dans les parties basses du bassin quercynois, durant la chute du niveau marin sur la Plate-forme nord-aquitaine.



Fig. 37 : Evolution latérale des séquences de dépôt et cortèges sédimentaires dans le Toarcien inférieur et moyen du Quercy méridional (d'après REY *et al.*, 1993).

Intervalle transgressif (2 à 6m)

La transgression du Toarcien basal, reconnue à l'échelle du globe favorise, avec la concurrence de certains facteurs locaux, le développement des faciès anoxiques (Schistes carton) riches en matière organique et dépourvus de microfaunes benthiques. Datés de la sous-zone à Strangewaysi, les Schistes carton s.s. sont répandus sur tout le Quercy, atteignant même une partie des zones hautes (Figeac). Leur équivalent latéral à Capdenac est un faciès oolithique à nodules dont l'isochronisme est attesté par la présence de *Harpoceras* gr. *strangewyast.* (SOWERBY) Ils atteignent leur puissance maximale dans les zones profondes de la région de la Grésigne (coupe de Penne), et de la région de Gramat (coupe de la Barrie).

Nous admettons que la discontinuité de montée rapide des eaux (surface d'inondation maximale) pourrait coïncider avec le niveau de meules. En effet, les analyses de la matière organique (fig. 23 et 28) montrent une chute brutale du COT dans ces niveaux, ce qui évoque une oxygénation de ces milieux anoxiques. Dans la région de la Grésigne (CUBAYNES, 1986) les nodules du niveau de meules présentent des condensations de petits *Hildaites* (formes juvéniles) associés à des *Eleganticeras* gr. *elegantulum* (YOUNG et BIRD) et des poissons : *Leptolepsis coryphaenoides* (BRONN).

Prisme de haut-niveau marin (1 à 2m)

Le prisme de haut-niveau marin est composé par la partie supérieure des Schistes carton montrant une succession de niveaux sporadiques à *Astarte* et *Lucinacéae* (coupes de la Barrie et de Penne-château-Granier).

Séquence de dépôt Toa2

Datée du Toarcien inférieur-moyen (sommet de la sous-zone à Strangewaysi, sous-zones à Pseudoserpentinum, à Falciferum et à Sublevisoni), cette séquence (fig. 36, 37, 38) se matérialise par une alternance marnes-calcaires riche en foraminifères benthiques, ostracodes et ammonites. Ce faciès témoigne du retour de milieux ouverts à fonds bien oxygénés dans le Quercy.

Il est difficile de faire la distinction entre les cortèges sédimentaires de cette séquence par leur seule lithologie, mais les variations des épaisseurs et la répartition géographique des dépôts, nous permettent de proposer l'interprétation suivante :

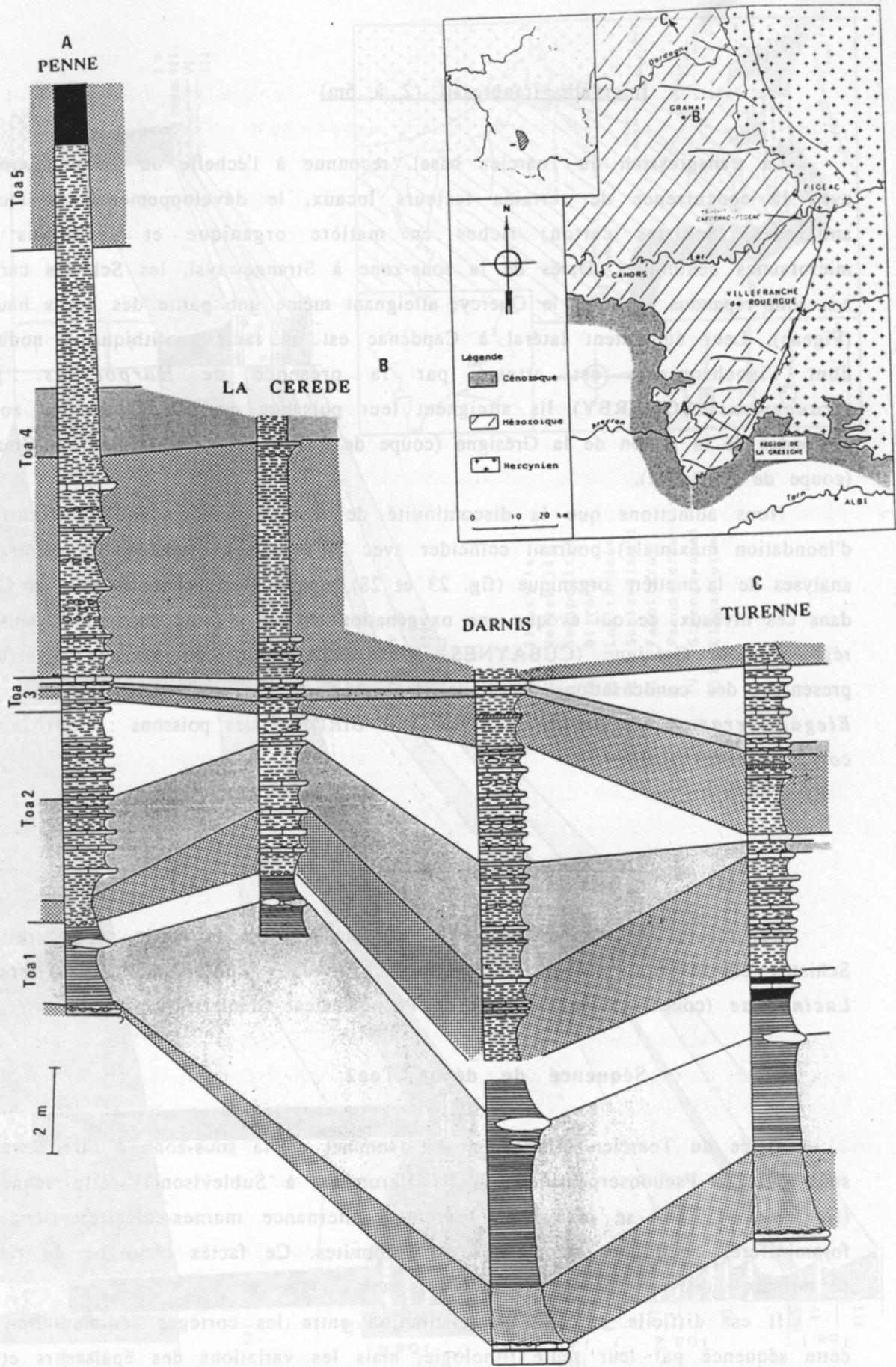


Fig. 38 : Evolution latérale des séquences de dépôt et cortèges sédimentaires dans le Toarcien inférieur et moyen du Quercy septentrional.

- le prisme de bordure de plate-forme (sous-zone à *Pseudoserpentinum*) est caractérisé par de très fortes variations d'épaisseur. Dans la région de la Grésigne (Penne), il se manifeste par un niveau centimétrique de marnes bioclastiques. Il disparaît complètement dans la région de Figeac. Dans la région de Gramat, ce cortège est plus épais, notamment dans les coupes de Darnis (1m de puissance) et de Turenne (4m d'épaisseur).

- l'intervalle transgressif (base de la sous-zone à *Falciferum*).

- le cortège de haut-niveau marin, étalé sur tout le Quercy, s'exprime par l'alternance de marnes et calcaires du sommet de la sous-zone à *Faciferum* et de la sous-zone à *Sublevisoni*. Il est limité par une surface d'érosion qui ravine les bancs calcaires de la sous-zone à *Sublevisoni* dans la coupe de Penne. ce cortège s'amincit considérablement au Nord, dans la région de Turenne.

Aucune discontinuité marquante ne signale la surface de transgression, ni la surface d'inondation maximale. Les variations des peuplements de foraminifères benthiques donneront des arguments complémentaires pour interpréter ces cortèges et situer leurs limites.

Séquence de dépôt Toa3

C'est une séquence rétrogradante (JAQUIN et *al.*, 1992), de faible épaisseur (2m à Penne, 4m à Turenne). Elle est datée de la sous-zone à *Lusitanicum* et de la base de la sous-zone à *Bifrons*. Elle contient le double, par endroit triple banc calcaire à *Hildoceras* reconnu sur tout le Bassin quercynois comme un niveau repère. Ce niveau a été initialement interprété (REY et *al.*, 1988 et QAJOUN, 1989) comme le sommet du prisme de haut-niveau marin de la première séquence de dépôt du Toarcien inférieur puisqu'il est étendu sur tout le bassin. La reconnaissance d'une remarquable surface d'érosion à la base du niveau marneux sous-jacent (effaçant localement, dans la région de Penne, le sommet de la sous-zone à *Sublevisoni* et la base de la sous-zone à *Bifrons*), désormais reconnue comme une limite de séquence, permet de proposer une nouvelle interprétation (REY et *al.*, 1993). Ainsi nous sommes arrivés à distinguer trois cortèges sédimentaires au-dessus de cette discontinuité (fig. 36, 37, 38) :

Prisme de bordure de plate-forme

Les marnes qui reposent sur la surface érosive, avec lacune stratigraphique et faune remaniée se biseautent vers le Nord-Est et disparaissent près de

Villefranche-de-Rouergue. Elles sont interprétées comme un prisme de bordure de plate-forme. Ce cortège s'épaissit très nettement vers le Nord, à Darnis (2m) et Turenne (2,5m) où s'intercalent des bancs calcaires. Ce prisme contient dans les coupes de Darnis et de Turenne un niveau de brachiopodes : *Pseudogibbirhynchia jurensis* (QUENSTEDT), *Homoeorhynchia batalleri* (DUBAR), *Sphaeroidothyris dubari* (DELANCE) et *Telothyris jauberti* (DESLONGCHAMPS) de petite taille. Ce niveau est d'âge différent de celui observé à Penne (CUBAYNES, 1986) où il est plus ancien et date de la sous-zone à Sublevisoni. Il semble donc que les conditions écologiques (profondeur, éclairage, herbier,...) identiques aient pu être réalisées à deux moments différents dans deux parties différentes du bassin : dans un cortège de haut-niveau marin à Penne; dans un cortège de bas niveau dans les régions de Gramat et de Turenne. Ce décalage dans l'espace et dans le temps plaide en faveur d'un approfondissement vers le Nord de la paléotopographie.

Intervalle transgressif

Il est représenté par un ou deux banc calcaires à *Hildoceras lusitanicum* MEISTER étendu sur tout le bassin. Il est limité à son sommet par une surface de condensation ferrugineuse à *Hildoceratidae* qui devient de plus en plus discrète et difficile à observer dans la coupe de Turenne. Cette surface représente la surface d'inondation maximale (De) et la limite d'apparition des premiers *Hildoceras bifrons* (BRUGUIERE).

Prisme de haut-niveau marin

Il est matérialisé par le banc supérieur à *Hildoceras bifrons* du "double banc" à Penne, la Cérède et Darnis; et par une alternance marne-calcaire à *Hildoceras bifrons* et de nombreuses *Tersella* à Turenne où ce cortège s'épaissit pour former une paraséquence de comblement à bancs calcaires stratocroissants. Il passe latéralement à une oolithe ferrugineuse dans les zones hautes du bassin (Figeac).

La séquence de dépôt Toa3 est particulière du fait de sa faible épaisseur. Elle représente un intervalle très condensé. Ceci peut être lié à une inondation maximale de la Plate-forme nord-aquitaine. Cette submersion très généralisée s'accompagne d'un faible taux de sédimentation.

Une séquence de courte durée similaire a été décrite (RIOULT et *al.*, 1991) dans la série du Jurassique moyen (sommet de l'Oxfordien inférieur) du Bassin anglo-parisien.

Séquence de dépôt Toa4

C'est une séquence de comblement, pluridécamétrique, marnes-calcaires à la base et exclusivement marneuse au sommet. Elle fait suite à une nouvelle surface érosive qui clôture la séquence de dépôt Toa3 (fig. 36, 37, 38).

Le prisme de bordure de plate-forme est constitué d'une alternance de marnes et calcaires datée de la sous-zone à Bifrons et à Semipolitum. Il s'amincit et disparaît vers le Nord-Est. A Figeac et à Capdenac, cet intervalle correspond à une lacune stratigraphique (CUBAYNES, 1986).

La surface de transgression coïncide approximativement avec l'installation d'une sédimentation exclusivement marneuse.

L'intervalle transgressif est constitué par des marnes datées de la sous-zone à Variabilis. Il est omniprésent sur tout le bassin. La transgression qui engendre cette sédimentation marneuse atteint le haut-fond de Figeac-Capdenac. Ce cortège n'apparaît pas en affleurement dans la région de Gramat car il est couvert par la végétation.

la surface d'inondation maximale se matérialise dans la région de la Grésigne par une surface bioturbée riche en ammonites (coupe de Penne).

Le prisme de haut-niveau marin est exclusivement marneux dans le domaine de la plate-forme distale. Il est représenté par des calcaires et/ou des oolites sur la plate-forme proximale. Il est daté de la sous-zone à Illustris.

Séquence de dépôt Toa5

Elle couvre le sommet du membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés et une grande partie du membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras* (fig. 39). Elle exprime dans sa totalité une homogénéisation de la sédimentation sur la Plate-forme nord-aquitaine.

Le prisme de bordure de plate-forme est composé par les marnes du sommet de la sous-zone à Illustris et de la base de la sous-zone à Bingmani dont l'épaisseur varie de façon considérable. La limite basale de cette séquence correspond à une

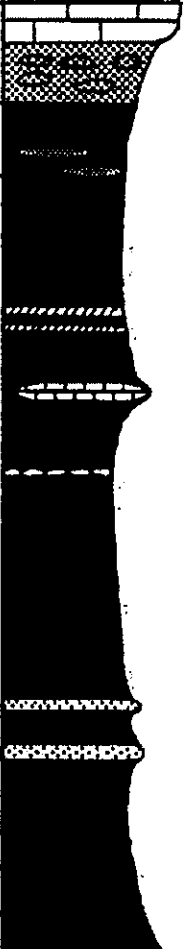
Membre	Séquences de dépôt (3ème ordre)	Cortèges sédimentaires	Lithologie	Sous-zones d'Ammonites	Zones d'Ammonites
MARNES NOIRES A PSEUDOGAMMOCERAS	Toa 6	IT		Fallaciosum	INSIGNE
		PBP		Fascigerum	
	Toa 5	PHN		Thouarsense	THOUARSENSE
		+++++			
		IT			
		PBP		Bingmani	

Fig. 39 : Séquences de dépôt (3ème ordre) et cortèges sédimentaires dans le Membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras*.

surface de remaniement, rubéfiée à abondants débris ligniteux (coupe de Mémer, située à 10km au sud-ouest de Villefranche-de-Rouergue).

Les marnes noires du sommet de la sous-zone à Bingmani et de la base de la sous zone à Thouarsense représentent l'intervalle transgressif de cette séquence. La surface de transgression est marquée par un renouvellement de la microfaune benthique, dominée par l'espèce *Lenticulina d'orbignyi* et par un lit marneux riche en ammonites dans la coupe de Pech-Laumet (5km au sud-ouest de Mémer).

La surface d'inondation maximale (Df) s'exprime par une zone de condensation d'ammonites et de bélemnites sur le niveau à meules calcaires (coupes de Lexos et de Pech-Laumet). A Turenne, un ensemble de surfaces ferrugineuses successives et superposées, couronnées par un niveau de condensation de bélemnites et de lamellibranches matérialise le maximum de la transgression.

Le prisme de haut-niveau marin se compose des argilites noires de la base de la sous-zone à Thouarsense, au dessus de la surface d'inondation maximale. La richesse de la phase détritique (quartz) et la nature de la matière organique (type III) d'origine continentale de ces marnes noires, attestent d'une phase de comblement avec des apports d'origine continentale.

Séquence de dépôt Toa6

Comparable à la séquence Toa3, la séquence de dépôt Toa6 représente un intervalle très condensé, couvrant le sommet de la Formation de Penne (fig. 39, 40). Elle débute par un prisme de bordure de plate-forme composé de marnes à lentilles calcaréo-greuses constituant des remplissages de petits chenaux (coupes de Lexos et de Turenne). La sédimentation est marquée par des apports détritiques plus grossiers, témoignant d'une diminution de la tranche d'eau et/ou d'une recrudescence de l'érosion sur les terres émergées.

Le développement des marnes à nodules calcaires oolithiques de la sous-zone à Fascigerum exprime une augmentation de l'énergie de dépôt et, par la suite, une transgression marine qui estompe les conditions de confinement régnant sur la Plate-forme nord-aquitaine. Le dépôt des calcaires bioclastiques à *Pseudogrammoceras fallaciosum* (BAYLE) indique le maximum d'approfondissement. Ces calcaires sont interrompus par un hard-ground caractérisé par une bioturbation intense et par une condensation d'ammonites : *Pseudogrammoceras fallaciosum* (coupes de Thémines et de la Poujade). Cette surface durcie qui représente la limite

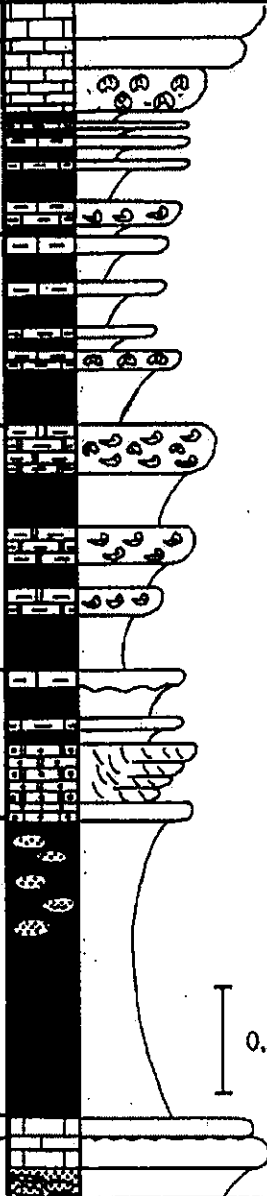
Formations	Séquences de dépôt (3ème ordre)	Cortèges sédimentaires	Lithologie	Sous-zones d'Ammonites	Zones d'Ammonites
AUTOIRE				OPALINUM	
LEXOS	Toa8	PHN +++++		buckmani ?	A A L E N S I S
		IT		Aalensis	
		PBP		Celtica	
	Toa7	PHN +++++		Macra	
		IT		Pseudoradiosa	PSEUDO-RADIO-SA
		PBP		Insigne	INSIGNE
PENNE	Toa6	PHN IT		Fallaciosum Fascigerum	

Fig. 40 : Séquences de dépôt (3ème ordre) et cortèges sédimentaires dans la Formation de Lexos

supérieure de la Formation de Penne est interprétée comme la surface d'inondation maximale (D8).

Les marnes à nodules calcaires oolithiques et le banc à *P. fallaciosum* témoignent donc de l'ouverture du bassin et représentent l'intervalle transgressif de la séquence de dépôt Toa6.

Au nord de Figeac, les calcaires marneux qui font suite aux calcaires à *P. fallaciosum* composent un mince prisme de haut-niveau marin. Dans la coupe de Thémines, ce cortège est absent, probablement à cause d'une érosion sous-marine qui se développe ultérieurement lors de la chute brutale du niveau marin.

Dans la région de la Grésigne, à Lexos, CUBAYNES (1986) décrit une paraséquence, au dessus du hard-ground à *P. fallaciosum*, composée de marnes oolithiques et d'un banc oobiomicrocritique grainstone à faunes d'ammonites de la sous-zone à Insigne : *Hamatoceras gr. insigne* (SCHUBLER) et *H. speciosum* JANENSCH; ce niveau pourrait représenter aussi le cortège du haut-niveau marin.

Séquence de dépôt Toa7

Elle couvre une grande partie de la Formation de Lexos (fig. 40, 41). Son épaisseur varie d'une façon considérable. Elle est limitée par deux discontinuités de valeur régionale : la discontinuité érosive D8 (post-Fallaciosum) à la base, et la discontinuité D9 (post-Mactra) au sommet. Sur des critères géométriques, sédimentologiques et paléoécologiques, trois cortèges sédimentaires peuvent être mis en évidence :

Prisme de bordure de plate forme

Sur la discontinuité post-Fallaciosum, se développent des marnes micacées à débris ligniteux et à microfaune benthique à la base, et oolithiques au sommet. L'épaisseur de ces marnes varie considérablement : 2m d'épaisseur dans la région de Gramat et 0,20m dans la coupe de Thémines, à proximité des hauts-fonds de Figeac-Capdenac. Une organisation sédimentaire semblable est décrite dans les coupes de la région de la Grésigne (CUBAYNES, 1986). Ce cortège sédimentaire est interprété comme un prisme de bordure de plate-forme qui se développe préférentiellement dans le domaine distal de la plate-forme, lors de la chute brutale (post-Fallaciosum) du niveau marin.

Intervalle transgressif

Il est composé d'une oolithe ferrugineuse à stratifications obliques, datée de la sous-zone à *Pseudoradosa*. Au Nord-Est (Puy d'issolud, région de Vayrac) cet intervalle est représenté par des calcaires bioclastiques stratocroissants à stratifications entrecroisées. La surface de transgression coïnciderait donc avec le développement d'une sédimentation calcaire.

La surface d'inondation maximale se traduit par une succession de surfaces encroûtées et ferruginisées (coupe de Gramat).

Prisme de haut-niveau marin

Daté essentiellement de la sous-zone à *Macra*, le cortège de haut-niveau marin est constitué par une alternance marne-calcaire, riche en *Gryphaea sublobata* ("Assise à Gryphées"). Il s'étend sur tout le Quercy, sauf à proximité de certaines failles (Villefranche) où ce faciès est remplacé par des calcaires bioclastiques.

Ce cortège de haut-niveau se compose en général de deux ou trois paraséquences de comblement. Chacune débute par des marnes carbonatées, riches en microfaunes benthiques (nodosariidés et ostracodes) et se termine par des niveaux de calcaires lumachelliques riches en *Gryphaea sublobata*.

Séquence de dépôt Toa8

Elle couvre la partie supérieure de la formation de Lexos (sous-zones à *Celtica*, à *Aalensis* et à *Buckmani*). La distinction des cortèges sédimentaires et des discontinuités qui les délimitent est relativement malaisée (fig. 40, 41).

L'alternance de marnes et calcaires de la sous-zone à *Celtica* est attribuée à un prisme de bordure de plate-forme. En effet, une lacune stratigraphique de cette sous-zone est décelée dans la partie proximale de la plate-forme. A Capdenac et à Thémines, les calcaires à *Pleydellia aalensis* (ZIETEN) reposent directement sur les calcaires et marnes à *Pleydellia macra* (DUMORTIER).

Selon notre interprétation, les calcaires et marnes de la sous-zone à *Aalensis* représentent l'intervalle transgressif de cette séquence.

Le prisme de haut-niveau marin comprend les marnes et calcaires bioclastiques à brachiopodes du sommet de la zone à *Aalensis*.

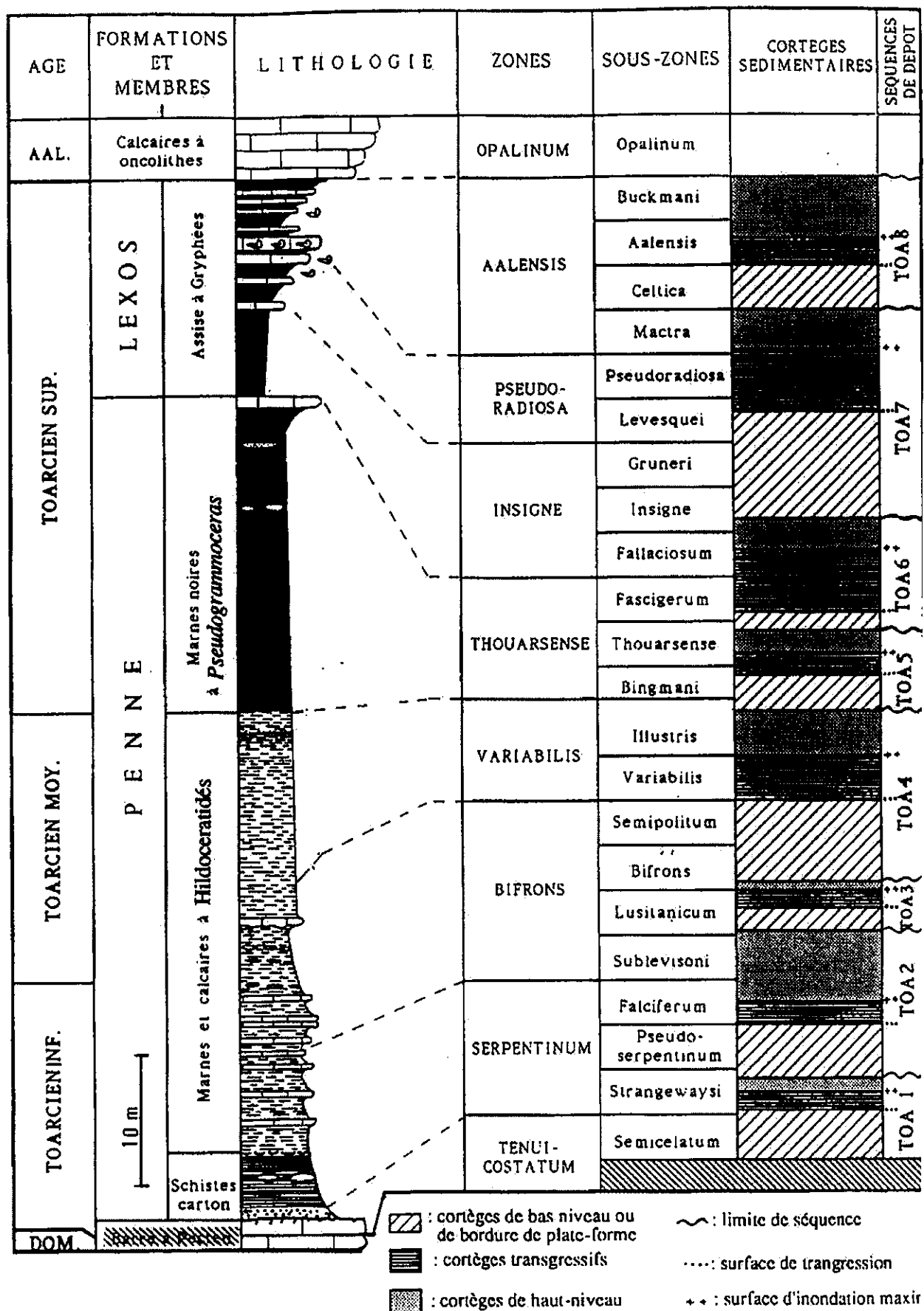


Fig. 42 : Stratigraphie, séquences de dépôt et cortèges sédimentaires dans la série toarcienne du Quercy.

Deux hypothèses peuvent être envisagées pour l'emplacement de la limite supérieure de cette séquence : à la base de la zone à *Opalinum*, ou de la sous-zone à Buckmani ou bien la séquence se poursuit dans les calcaires bioclastiques à *Leloceras opalinum* (REINECKE).

Sur le Seuil du Poitou et ses abords, GONNIN et *al.* (1992), ont décrit une séquence de dépôt semblable, débutant au Toarcien terminal (sous-zone à Fluitans) et se terminant dans l'Aalénien moyen pro-parte.

La séquence de dépôt Toa8 exprime, par son évolution générale, le retour des conditions de plate-forme proximale dans le Quercy. En effet, au dessus des calcaires bioclastiques à *Leloceras opalinum* et de la discontinuité D10 soulignée par un niveau de condensation d'oncolithes, se développent les calcaires dolomitiques du Bajocien.

3. CONCLUSIONS

HAQ et *al.* (1987) reconnaissent dans l'intervalle Toarcien-Aalénien basal 4 cycles eustatiques de 3ème ordre. Les trois premiers cycles couvrent le Toarcien inférieur, moyen et supérieur pro-parte. Le dernier cycle se continue dans l'Aalénien. Ces quatre cycles forment le supercycle UAB.

Comme expliqué dans le chapitre précédant, huit séquences de dépôt ont été mises en évidence dans la série toarcienne du Quercy, en se basant sur des critères stratigraphiques, sédimentologiques et géométriques (fig. 42) :

- Toa1 : sous-zones à *Semicelatum* et à *Strangewaysi* pro-parte;
- Toa2 : sous-zones à *Pseudoserpentinum*, à *Falciferum* et à *Sublevisoni*;
- Toa3 : sous-zone à *Lusitanicum* et base de la sous-zone à *Bifrons*;
- Toa4 : sous-zones à *Bifrons*, à *Semipolitum* et zone à *Variabilis*;
- Toa5 : sous-zones à *Illustris*, à *Bingmani* et à *Thouarsense*;
- Toa6 : sommet de la sous-zone à *Thouarsense*, sous-zones à *Fascigerum* et à *Fallaciosum*;
- Toa7 : sous-zones *Insigne*, à *Pseudoradosa* et à *Mactra*;
- Toa8 : sous-zones à *Celtica*, à *Aalensis* et à *Buckmani*.

Quatre séquences supplémentaires qui n'apparaissent pas dans le diagramme des cycles eustatiques d'HAQ et *al.* (1987) sont donc décrites. Ces séquences ont-elles une valeur locale ou bien globale? Dans ce dernier cas, elles

devraient logiquement représenter des cycles eustatiques non considérés lors de l'établissement de ce diagramme. Le problème est posé, en attendant d'autres études, dans d'autres bassins, permettant de donner une réponse adéquate. Il faut remarquer que les travaux réalisés sur d'autres étages jurassiques mettent eux-aussi en évidence un nombre de séquences plus élevé que dans le diagramme des cycles eustatiques de HAQ et *al.* (GONNIN et *al.*, 1992 et RIOULT et *al.*, 1992)

Les variations des épaisseurs des prismes de bordure de plate-forme, obtenues à partir des corrélations, permettent d'aboutir à une interprétation paléobathymétrique des régions étudiées. Ainsi, l'épaississement de ces cortèges vers le Nord-Ouest (région de Turenne) indique des zones plus distales. En revanche leur amincissement signale des zones moins distales (région de Gramat). L'absence de ces cortèges indique des zones situées à proximité de hauts-fonds (régions de Thémines, Figeac et Capdenac).

CHAPITRE IV

ANALYSES DES BIOCOENOSSES DES FORAMINIFERES DANS LES CORTEGES SEDIMENTAIRES

1. INTRODUCTION

1.1. But

Cette étude des populations de foraminifères benthiques dans les cortèges sédimentaires d'origine eustatique, préalablement définis sur des bases stratigraphiques, sédimentologiques et géométriques, a pour objectif de contribuer à développer un outil (méthode) permettant d'identifier les divers cortèges sédimentaires dans les cas suivants :

- séries à lithologie homogène : aucune indication sur les emplacements des discontinuités;
- éléments de datation qui n'ont pas un pouvoir séparateur suffisant pour tracer de véritables lignes isochrones;
- données lithostratigraphiques discontinues.

1.2. Principe

Il existe des relations étroites entre les variations des paramètres physiques (température, pression, éclairage...), chimiques (salinité), biotiques (chaines alimentaires) d'une part, et la structure, la composition des biocénoses et les stratégies adaptatives, d'autre part. Ces facteurs sont interdépendants, associés les uns aux autres dans un environnement donné. Leurs fluctuations sont sous la dépendance de phénomènes aussi bien locaux (tectono-sédimentaires) que globaux (eustatiques). Dans les milieux faisant l'objet de cette étude, deux facteurs dominent, la bathymétrie et le climat. On considère que les variations de ces deux derniers facteurs entraînent d'une façon directe des modifications sur les paramètres physico-chimiques du milieu et indirectement des changements dans les populations des organismes vivants. Le benthos enregistre mieux ces variations que les autres organismes (pélagiques, nectoniques), en raison de son mode de vie avec une mobilité limitée. A cet égard, les foraminifères benthiques (nodosariidés), très sensibles aux modifications des conditions du milieu, nous ont paru susceptibles de fournir des signaux particulièrement intéressants.

Les démarches utilisées pour mettre en évidence les éventuelles relations qui peuvent exister entre les cortèges sédimentaires - résultat d'une organisation de dépôts liés aux variations eustatiques - et les organismes benthiques

(foraminifères benthiques) relèvent en partie des méthodes paléocéologiques et de l'analyse écoséquentielle (REY, 1983).

En 1989, à la lumière des concepts de la stratigraphie séquentielle, CUBAYNES et *al.* exposent pour la première fois les liens existant entre les associations de foraminifères benthiques (Nodosariidés) et les prismes de dépôt d'origine eustatique dans la série domérienne et toarcienne du Quercy. Ils ont reconnu deux principales associations de nodosariidés, l'une (*Lenticulina* en voie de déroulement) signalant les prismes créés par aggradation (prismes de haut-niveau marin) ou rétrogradation (intervalles transgressifs), l'autre (*Glomospira*, *Verneuillinoïdes*, *Spirillina* et *Lenticulina* non déroulées) les prismes créés par progradation (prismes de bordure de plate-forme et prismes de haut niveau marin proximaux). En nous basant sur ces résultats préliminaires et sur ceux, comparables, développées par d'autres auteurs dans d'autres environnements plus ouverts (OLSON, 1988) ou plus profonds (MAGNIEZ-JANIN et *al.*, 1990) et d'âges différents, nous nous proposons d'affiner le problème et d'approfondir ces réflexions dans la série toarcienne du Quercy. Cet objectif impliquait trois conditions :

- des prélèvements serrés et l'examen d'un grand nombre d'échantillons afin d'avoir une vision globale sur l'organisation des populations de foraminifères benthiques à l'échelle du Quercy et de cerner les éventuelles influences paléogéographiques.

- l'utilisation de méthodes statistiques pour tester la validité de nos hypothèses.

1.3. Coupes étudiées

Deux coupes principales du Toarcien inférieur et moyen ont été choisies, en raison de la continuité des affleurements et de leur position dans deux sites différents du bassin : la coupe de la Cérède et la coupe de Turenne. Les résultats obtenus seront comparés avec ceux obtenus dans la coupe de Penne (région de la Grésigne).

Nous nous sommes uniquement intéressés à une partie du Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés. La justification de ce choix tient à la richesse de ces niveaux en foraminifères benthiques (nodosariidés) et à la possibilité d'effectuer des analyses statistiques à résultats significatifs.

1.4. Matériel étudié

Notre étude est fondée sur le recensement et l'analyse de plusieurs dizaines de milliers de spécimens, extraits par lavage et tamissage de marnes dans 38 échantillons différents. Les échantillons sont préalablement pesés (même quantité) de telle façon que le poids des marnes lavées soit une constante et n'influe pas sur les résultats statistiques. Seuls les refus de taille comprise entre 0,250 mm et 0,630 mm (mailles des tamis) sont analysés.

Les foraminifères benthiques sont essentiellement des *Rotalina* appartenant à la famille des nodosariidés. Sur des bases purement morphologiques, trois groupes peuvent être distingués dans cette famille :

- Formes planispiralées, entièrement enroulées : *Lenticulina sensu-stricto*;
- Formes déroulées en voie de déroulement : morphogenres *Marginulinopsis*, *Astacolus*, *Planularia* et *Falsopalmula* du genre *Lenticulina sensu-lato* (RUGET, 1985).
- Formes rectilinéaires unisériées : genres *Citharina*, *Dentalina*, *Nodosaria*, et *Pseudonosaria*.

1.5. Paramètres utilisés

Tous les individus ont été déterminés au niveau spécifique afin d'établir des tableaux de répartition des espèces pour chaque coupe. L'analyse systématique sera traitée dans le chapitre suivant. Nous avons effectué un comptage systématique des spécimens de chaque genre et morphogène et évalué :

- la diversité spécifique dans chaque niveau de prélèvement;
- les proportions relatives entre les différents genres et morphogènes;
- les horizons d'apparition ou de disparition de chaque taxon.

Les *Lenticulina s.s.* ont fait l'objet d'une étude biométrique afin d'évaluer les variations de la forme (périmètre, surface et amplitude). La méthode utilisée est l'analyse mathématique de la forme et de la taille, selon la méthode des "Eingenshape analysis". Cette démarche (LOHMAN, 1983; GRANLUND, 1986) consiste à appliquer un algorithme pour produire des paires de coordonnées à intervalles réguliers autour d'un contour débutant à un point homologue. Dans le cas des *Lenticulina*, le point homologue est constitué par le contact de l'ouverture avec le tour précédent. La méthode nécessite un matériel informatique approprié.

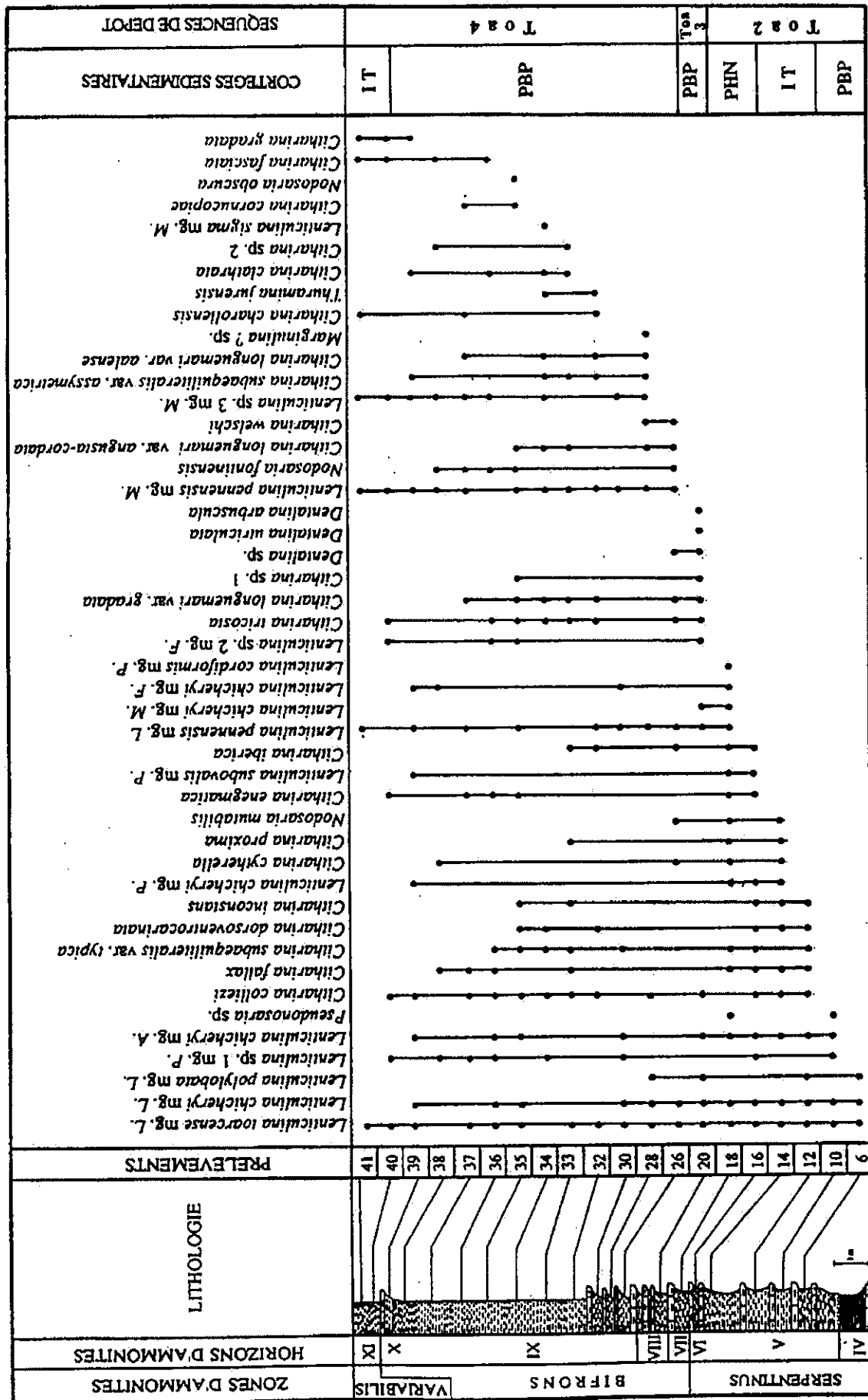


Fig. 43 : Répartition des espèces de foraminifères dans les cortèges sédimentaires du Toarcien inférieur et moyen (coupe de la Cérède).

composé d'une table à digitaliser et un programme informatique "ICULE" pour la saisie et le traitement des données. Une telle analyse permet de modéliser, pour chaque point de prélèvement, la forme moyenne de la population analysée. Conformément à la procédure habituellement employée (DE WEVER et al. , 1989), l'échantillon statistique était composé de 30 individus au minimum choisis au hasard.

2. LES PEUPLEMENTS DE FORAMINIFERES BENTHIQUES DANS LES CORTEGES SEDIMENTAIRES

2.1. Coupe de la cérède

2.1.1. répartition verticale des taxons (fig. 43)

Au dessus de la séquence Toa1 (Schistes carton) dépourvue de toute microfaune benthique, le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2 voit l'apparition des premières espèces toarciennes de la famille des nodosariidés, représentées essentiellement par des formes enroulées (*Lenticulina toarcense* mg. L. et *Lenticulina chicheryi* mg. L.). L'intervalle transgressif de la séquence Toa2 se caractérise essentiellement par l'apparition des premières espèces de Citharines (*Citharina colleezi*, *Citharina fallax*...), genre qui atteint son maximum de développement dans les niveaux CER12 et CER14. Le prisme de haut-niveau de cette séquence se distingue par une stabilité de la diversité spécifique des populations de nodosariidés et par l'apparition des morphogenres déroulés ou en voie de déroulement (*L. chicheryi* mg. M., *L. chicheryi* mg. F. et *L. cordiformis* mg. P.).

Le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa3 n'est représenté que par un seul niveau marneux (CER20). Il voit l'apparition de deux espèces de Citharines (*Citharina tricosta* et *Citharina longuemari* var. *gradata*) et des formes droites du genre *Dentalina* (*Dentalina* sp., *Dentalina utriculata* et *Dentalina arbuscula*). Le passage du PHN de la séquence Toa2 au PBP de la séquence Toa3 se caractérise essentiellement par la disparition massive de plusieurs espèces de nodosariidés (10 espèces), l'apparition de 7 espèces nouvelles. 7 espèces de ce cortège sont héritées de l'association du cortège sous-jacent.

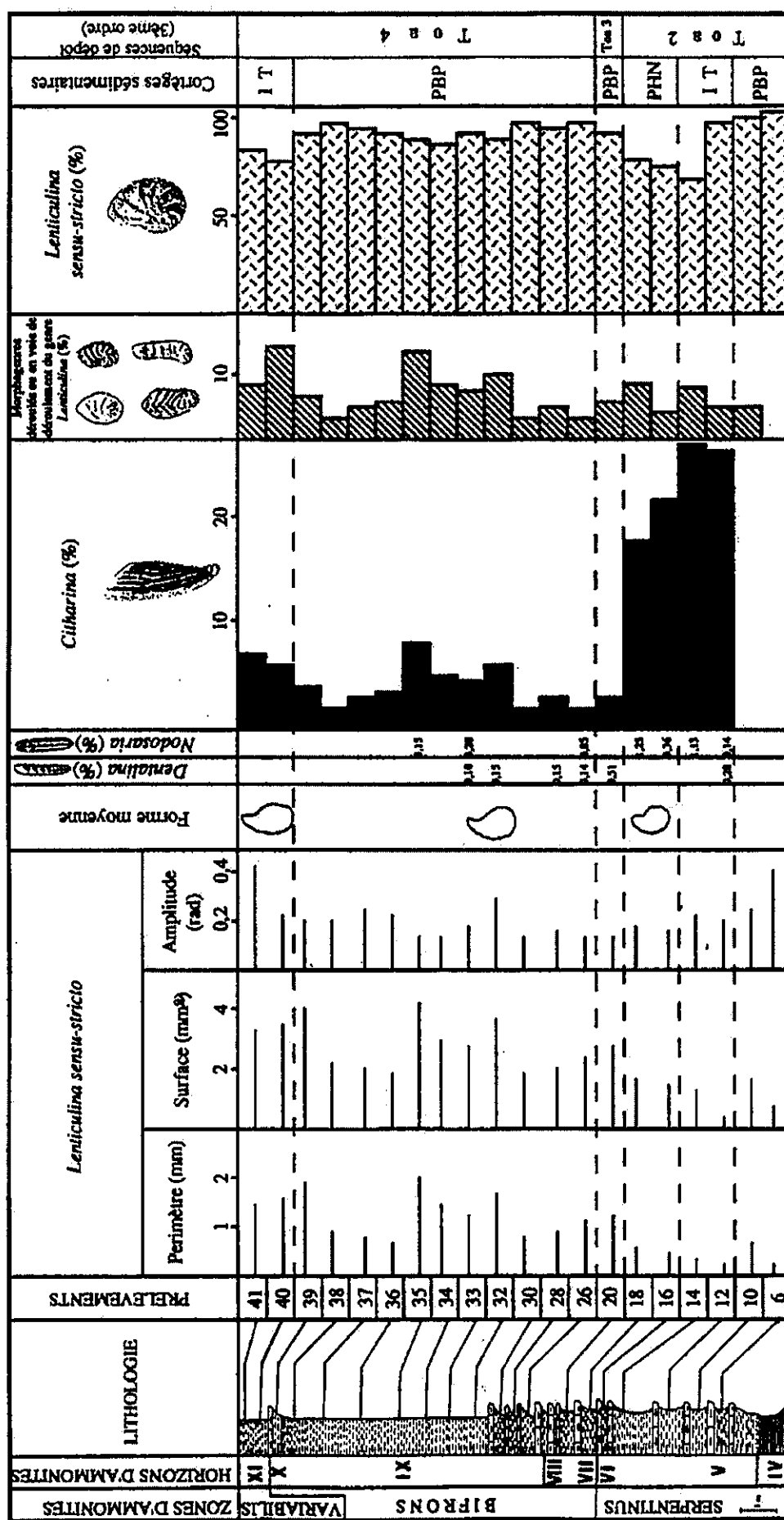


Fig. 44 : Répartition et proportions relatives des principales formes de nodosariidés dans les séquences de dépôt et cotèges sédimentaires du Toarcien inférieur et moyen (coupe de la Cérède).

L'analyse des peuplements des foraminifères dans le cortège transgressif et de haut niveau marin de la séquence Toa3 n'est pas possible dans cette coupe, en raison de sa lithologie (bancs calcaires).

Le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa4 se caractérise par l'apparition par vagues successives de 16 espèces de nodosariidés appartenant à cinq genres (*Nodosaria*, *Marginulina?* sp., *Thuramina*, *Citharina* et *Lenticulina*). L'intervalle transgressif de cette séquence n'est représenté que par deux prélèvements (CER40 et CER41). La limite qui le sépare du prisme sous-jacent coïncide avec la disparition de 7 espèces appartenant principalement au genre *Citharina* et aux morphogenres en voie de déroulement du genre *Lenticulina* et la réapparition de 5 espèces.

2.1.2. Morphologie des nodosariidés dans les cortèges sédimentaires (fig.44)

Dans le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2, les *Lenticulines* enroulées dominent les populations de nodosariidés (98 à 100%). Les formes en voie de déroulement (0 à 2%) sont représentées par deux espèces (*Lenticulina chicheryi* mg. A. et *Lenticulina* sp. 1 mg. P).

L'intervalle transgressif se signale par le maximum de développement des formes déroulées ou en voie de déroulement, dominées par le genre *Citharina* (24 à 29%).

Dans le prisme de haut-niveau marin de cette la séquence, le pourcentage de formes droites ou en voie de déroulement décroît progressivement, jusqu'à 18%.

Dès la base du prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa3, on assiste à la disparition massive des *Citharines* et de certains morphogenres de *Lenticulina*. Les *Lenticulina* enroulées, représentées essentiellement par deux espèces dominantes (*Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina* et *Lenticulina polylobata* mg. *Lenticulina*) à formes robustes, dominent largement la population des nodosariidés.

Les mêmes constatations peuvent être faites dans le cortège de prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa4 dans lequel les variations de la fréquence relative des formes droites peuvent exprimer une succession de trois écoséquences. Les deux premières (CER26-32 et CER33-35) se caractérisent par un enrichissement en formes droites ou en voie de déroulement de la base vers le sommet. Par contre la troisième écoséquence (CER36-39) montre une évolution

inverse (appauvrissement en formes droites ou en voie de déroulement de la base vers le sommet).

L'intervalle transgressif de la séquence Toa4 se signale par la réapparition des Citharines en grand nombre et des morphogénres de *Lenticulina* en voie de déroulement qui composent 20% des associations de nodosariidés.

La taille des Lenticulines enroulées est plus importante dans les intervalles transgressifs et les prismes de bordure de plate-forme que dans les prismes de haut-niveau marin.

Conclusions

L'abondance des formes déroulées ou en voie de déroulement du genre *Lenticulina* et la stabilité dans les populations (nombres faibles des disparitions) paraissent caractériser les populations des foraminifères benthiques dans les prismes de haut-niveau et les intervalles transgressifs. Par contre une rarefaction des Citharines et des morphogénres en voie de déroulement du genre *Lenticulina*, l'abondance des *Nodosaria* et des *Dentalina* et une forte diversification dans les populations de foraminifères benthiques (taux élevé de disparitions et d'apparitions des espèces), signalent des prismes de bordure de plate-forme.

2.2. Coupe de Turenne

2.2.1. répartition verticale des taxons (fig. 45)

Au dessus des Schistes carton, les nodosariidés apparaissent d'une façon discrète. Les premiers niveaux représentant la partie basale du prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2 renferment une population de nodosariidés moins riche en specimens mais assez diversifiée. Les espèces apparaissent par vagues successives. Ces populations atteignent leur maximum de développement et de diversification dans la partie supérieure de ce cortège sédimentaire. Certaines espèces comme *Dentalina* sp., *Nodosaria* sp., *Lenticulina subovalis* mg. *Planularia*, *Lenticulina* aff. *incisa* mg. *Lenticulina* et *Nodosaria mutabilis* ont une présence sporadique, contrairement aux espèces : *Lenticulina toarcense* et *Lenticulina polylobata* qui sont omniprésentes dans les niveaux analysés.

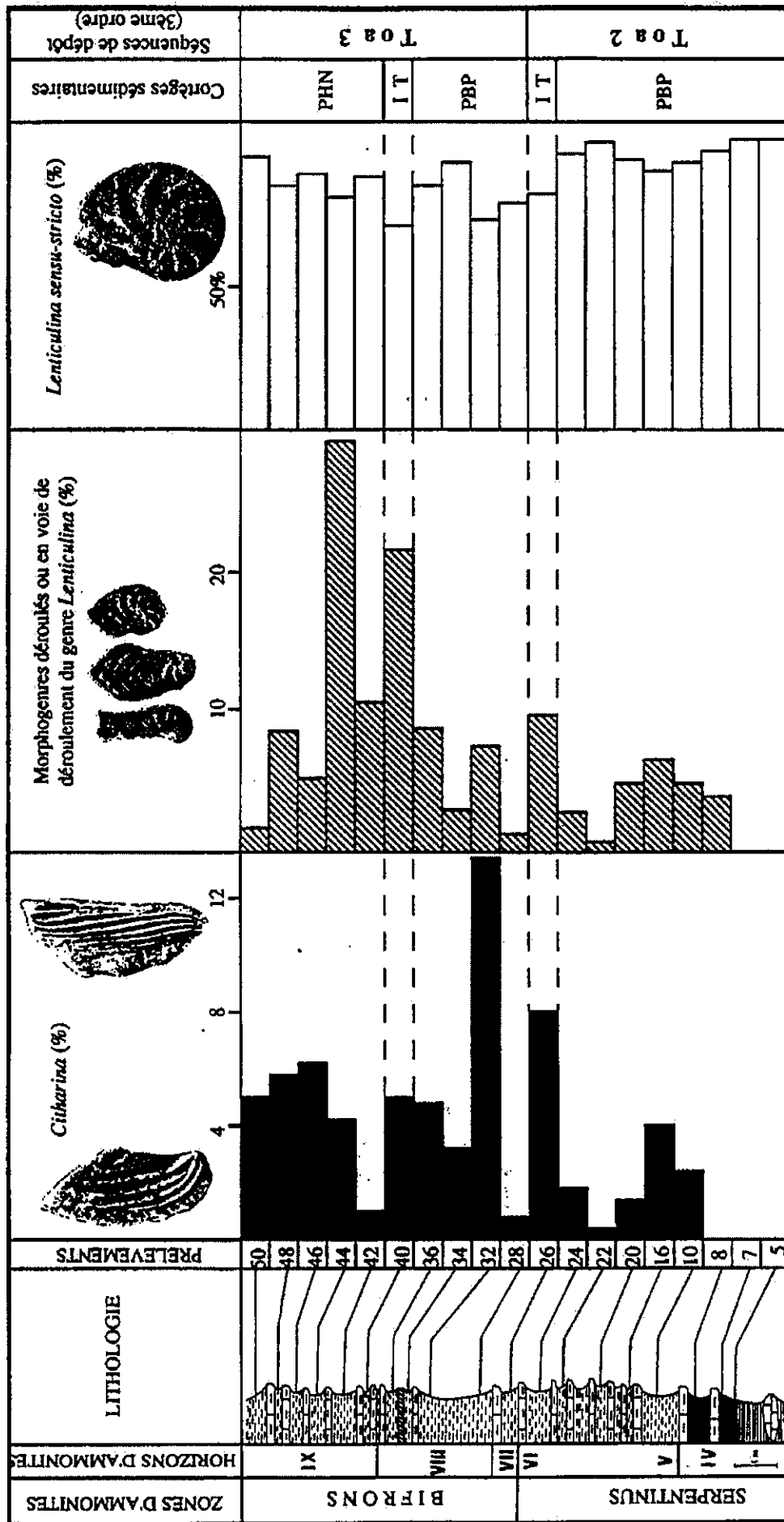


Fig. 46 : Répartition et proportions relatives des principales formes de nodosariidés dans les séquences de dépôt et cortèges sédimentaires du Toarcien inférieur et moyen (coupe de Turenne).

L'intervalle transgressif de cette séquence se caractérise par l'apparition ou la réapparition de 3 morphogènes en voie de déroulement de l'espèce *chicheryi* (*Astacolus*, *Planularia* et *Marginulinopsis*).

Le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa3 voit l'apparition de 11 espèces nouvelles, parmi lesquelles des *Citharina* à costulations bien développées (*Citharina fallax*, *Citharina iberica* ...), des *Lenticulina* de grande taille (*Lenticulina pennensis* mg. *Lenticulina*) et des formes à caractères archaïques (*Nodosaria fontinensis*, et *Dentalina utriculata*).

L'intervalle transgressif de cette séquence se signale par l'apparition de trois morphogènes de *Lenticulina* : *Falsopalmula*, *Astacolus* et *Planularia* de l'espèce *Lenticulina pretenuistriata*. D'autre part tous les morphogènes en voie de déroulement de l'espèce *Lenticulina chicheryi* et *Lenticulina pennensis* sont abondants dans ce cortège. Sur 18 espèces de nodosariidés déterminées dans ce cortège, 5 espèces nouvelles apparaissent et 13 espèces sont héritées de la population du cortège sous-jacent.

Dans le prisme de haut-niveau marin de la séquence Toa3, la population de nodosariidés atteint son maximum de diversification dans la partie supérieure. Sur 28 espèces reconnues, 4 espèces sont nouvelles.

2.2.2. Morphologie des nodosariidés dans les cortèges sédimentaires

L'analyse du graphique (fig. 46), représentant les variations de la proportion des formes droites ou en voie de déroulement et des formes enroulées, montre que les gisements se distribuent en différents groupes selon la morphologie de leurs faunes respectives.

Les gisements 5 à 24 (correspondant au prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2) sont caractérisés par une population de foraminifères composée de 4 à 11% de nodosariidés déroulés (*Lenticulina s. l.*, *Citharina*, *Nodosaria* et *Dentalina*) et de 89 à 96% de *Lenticulina* enroulées. Les *Lenticulina s. l.* dominent les Citharines. Le niveau 22, caractérisé par un faible pourcentage des formes déroulées 1,15%, coïncide avec une limite de paraséquence.

L'échantillon 26 caractérisée par le développement des formes déroulées ou en voie de déroulement (18,80%) correspond à l'intervalle transgressif de la séquence Toa2.

Au milieu du prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa3, le pourcentage des formes déroulées atteint un maximum de 27% dans le gisement 32. Les Citharines, contrairement à ce que l'on observe dans le cortège sous-jacent, dominent les *Lenticulina s.l.* L'effectif des Lenticulines subit une réduction importante.

Dans l'échantillon 40, la population de nodosariidés est caractérisée par un accroissement important des formes déroulées. Le morphogène *Falsopalmula* reste le plus répandu, représenté essentiellement dans les spectres *L. chicheryi* et surtout *L. pretenuistriata*. Ce niveau est interprété comme l'intervalle transgressif de la séquence Toa3.

Les *Lenticulina s.l.* sont plus fréquentes que les Citharines dans les gisements 42 à 50 (prisme de haut-niveau de la séquence Toa3). La population des nodosariidés dans ce cortège se caractérise par l'abondance des formes droites ou en voie de déroulement (5 à 19%).

Conclusions

Dans les deux coupes analysées, les prismes de bordure de plate-forme se distinguent des intervalles transgressifs et de haut-niveau par les grandes changements qui s'effectuent dans les populations des Nodosariidés. Dans les niveaux de la base des prismes de bordure de plate-forme, nous avons constaté des disparitions massives des taxons. Ceci pourrait être lié aux changements brutaux des conditions du milieu de vie. Par contre les niveaux appartenant au milieu et au sommet de ces prismes se caractérisent par des populations très diversifiées qui voient l'apparition de plusieurs espèces nouvelles.

Dans un même cortège, suivant la position paléogéographique des coupes analysées dans le bassin, les populations des Nodosariidés n'ont pas toujours les mêmes caractéristiques. Le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2 dans la région de Turenne voit l'apparition de certaines espèces (*Citharina colliezi*, *Lenticulina chicheryi* mg. M., *Lenticulina chicheryi* mg. P. ...) qui ne se rencontrent qu'à partir de l'intervalle transgressif dans la coupe de la Cérède. Au cours de la phase de bas niveau, les conditions du milieu sont plus favorables à la vie benthique dans les régions plus distales (Turenne). Les populations de foraminifères benthiques peuvent alors se diversifier en donnant naissance à des espèces nouvelles. Ces dernières vont être disséminées et emportées jusqu'aux zones proximales (la Cérède) lors de la phase transgressive.

2.3. Conclusions

L'étude de certains paramètres (répartition verticale des taxons, morphologie) caractérisant les populations des foraminifères benthiques dans les cortèges sédimentaires, montre que :

- les associations de foraminifères dans les cortèges de haut-niveau marin se caractérisent par une densité spécifique élevée et le développement de certains formes rétilinéaires (*Citharina*) ou en voie de déroulement (*Lenticulina s. l.*);

- les prismes de bordure de plate-forme se signalent par une disparition massive des espèces sensibles aux changements brutales du milieu environnant (Citharines), la forte diversification des populations et par l'abondance des formes archaïques (*Dentalina*, *Nodosaria*) et des *Lenticulina* enroulées de grande taille;

- l'intervalle transgressif se caractérise par la réapparition des espèces disparues pendant la période de bas-niveau marin (déstabilisation du milieu) et l'apparition de nouvelles espèces exogènes;

- les variations du pourcentage des Citharines ainsi que celui des Lenticulines en voie de déroulement mettent en évidence l'existence de plusieurs paraséquences (écoséquences) dans un même cortège, où s'opposent les Citharines, les Lenticulines *s. l.* et les Lenticulines enroulées;

- dans un même cortège sédimentaire (souvent le prisme de bordure de plate-forme) les caractéristiques des populations de foraminifères benthiques changent suivant la position paléogéographique dans le bassin;

- les modifications dans les populations de foraminifères coïncident souvent avec les limites des cortèges sédimentaires.

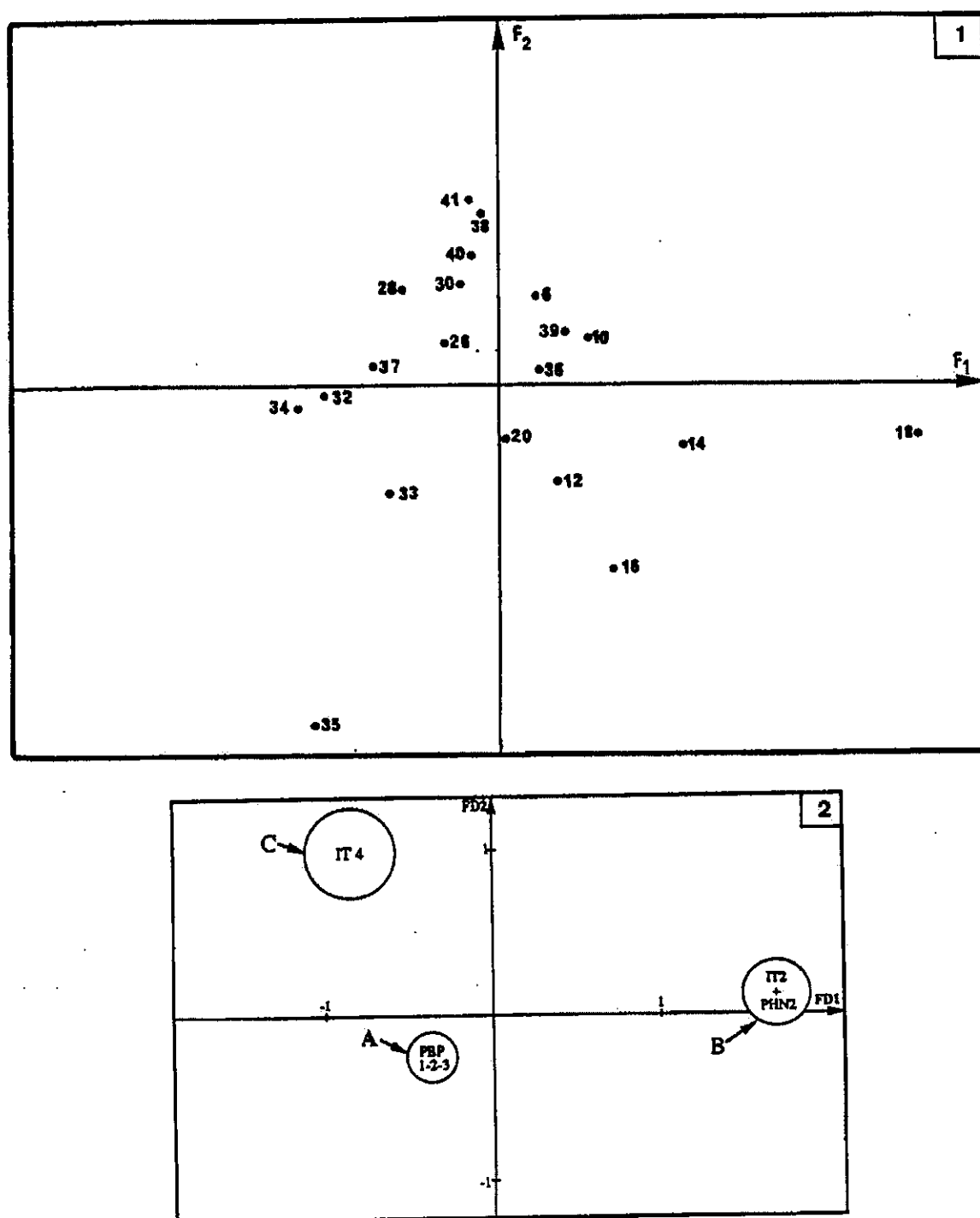


Fig. 47: 1. Analyse des Correspondances Multiples (ACM) du tableau de répartition des foraminifères dans la coupe de Turenne. Figuration des gisements dans le plan factoriel F_1 - F_2 .

2. Analyse Discriminante Multiple (AFD) sur les 6 premiers axes de l'ACM. Intervalle de confiance à 95% autour des centres de 3 groupes constitués à partir des méthodes de la stratigraphie séquentielle.

3. ANALYSES STATISTIQUES DES BIOCOENOSÈS DE FORAMINIFÈRES DANS LES CORTEGES SEDIMENTAIRES

Dans le chapitre précédent, nous avons montré que les cortèges sédimentaires pouvaient être caractérisés par leurs associations micropaléontologiques (distribution verticale des taxons, morphologie des foraminifères). Pour parvenir à une interprétation plus rigoureuse, quantifier les relations observées, proposer un outil mathématique, nous avons été amenés à compléter la démarche naturaliste par l'utilisation des méthodes d'analyse statistiques multidimensionnelles (BONNET *et al.*, 1991, 1992a ; REY *et al.*, 1992). Nous allons présenter ici les résultats portant sur les peuplements de foraminifères benthiques (nodosariidés) du Toarcien inférieur et moyen dans la coupe de Turenne et dans celle de la Cérède.

Les résultats obtenus dans la coupe de Penne (BONNET *et al.*, 1991, 1992) seront exploités pour l'interprétation globale.

3.1. Analyse de Correspondances Multiples (ACM), classification automatique et Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

3.1.1. Généralités

L'intérêt des méthodes de l'analyse multidimensionnelle, parmi lesquelles se trouvent les analyses factorielles, réside dans le fait que ces méthodes permettent de tenir compte de plusieurs variables et de donner une synthèse de toutes les informations considérées. La représentation graphique de l'analyse factorielle, représentant le maximum de l'information contenue dans un tableau de données, repose sur la notion de facteur. Elle visualise des espaces vectoriels à plus de trois dimensions en prenant des "axes factoriels" ou "axes principaux" comme des vecteurs repères. Ces axes coïncident avec les directions principales qui prennent en compte la plus grande part de l'inertie du nuage; leur origine se confond avec le centre de gravité du nuage. En général, la majorité de l'information se concentre sur les deux premières axes factoriels.

L'analyse des correspondances multiples est une extension de l'analyse factorielle des correspondances (AFC). L'ACM applique à toute sorte de données, quantitatives, qualitatives, issues d'une enquête. Par l'intermédiaire du codage disjonctif complet, des tableaux de données continues, non continues,

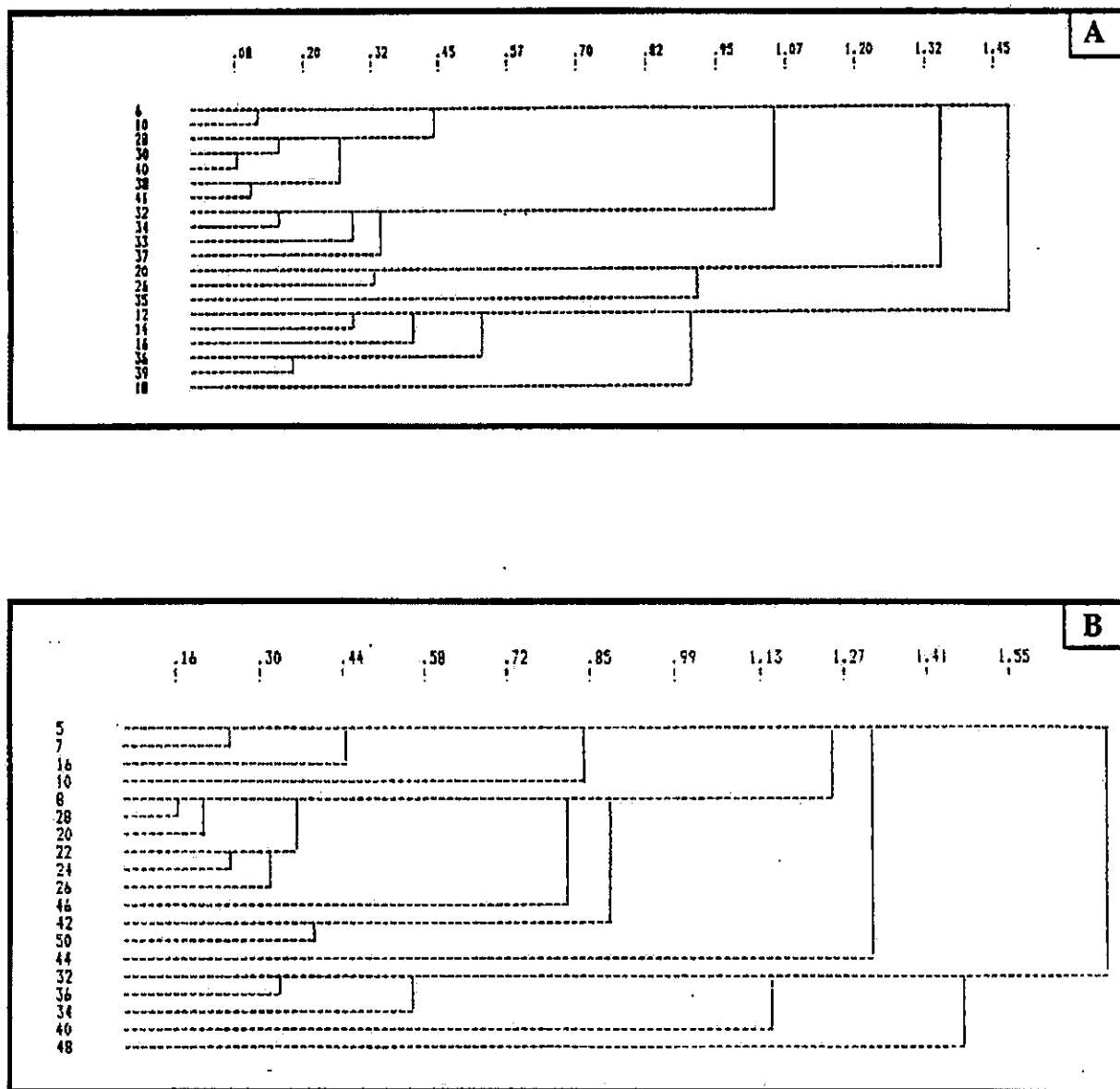


Fig. 48 : Classification automatique hiérarchique du moment d'ordre 2 avec pour données les 6 premiers axes de l'ACM. A. coupe de la Cérède; B. coupe de Turenne.

mixtes ...etc peuvent être traités par une ACM. L'intérêt de l'ACM réside dans plusieurs avantages:

- par l'intermédiaire du codage disjonctif complet, l'ACM permet d'utiliser des variables hétérogènes, parmi lesquelles certaines peuvent être qualitatives;
- elle permet de représenter toutes les modalités des variables;
- elle permet de décrire les liaisons entre variables quantitatives même lorsqu'elles ne sont pas non linéaires.

En complément des analyses factorielles, nous avons utilisé la méthode de classification automatique (nuées dynamiques et classification hiérarchique) afin de remédier aux difficultés rencontrées lors de l'attribution des points charnières entre deux groupes dans les graphiques issus de l'ACM.

La classification hiérarchique permet d'établir un regroupement des éléments analysés en classes plus ou moins homogènes, à partir d'une matrice de distances ou de coefficients de similarité. Les résultats sont présentés sous formes d'un arbre ou dendrogramme exprimant de façon simple les affinités entre les éléments.

La méthode des nuées dynamiques (DIDAY, 1972) consiste à subdiviser un ensemble d'éléments en classes, de telle sorte que chaque classe ait une inertie interne minimale et que l'inertie entre les classes soit maximale. En d'autres termes, les éléments de la même classe se ressemblent plus qu'ils ne ressemblent à ceux d'une autre classe.

3.1.2. Méthodologie

Le traitement statistique réalisé sur deux coupes (Turenne et la Cérède), comprend:

- l'analyse des correspondances multiples (ACM) sur des tableaux de répartition des taxons de foraminifères dans des gisements superposés, après codage binaire (deux points représentatifs, présence "1" et absence "0" par espèce);
- la classification automatique (nuées dynamiques et classification hiérarchique du moment d'ordre 2) appliquées aux facteurs interprétables. Elle s'applique à des données brutes (non classées) et donne une classification à *posteriori*;
- l'analyse factorielle discriminante (AFD) réalisées sur les mêmes facteurs et destinée essentiellement à vérifier la persistance de la partition initiale des

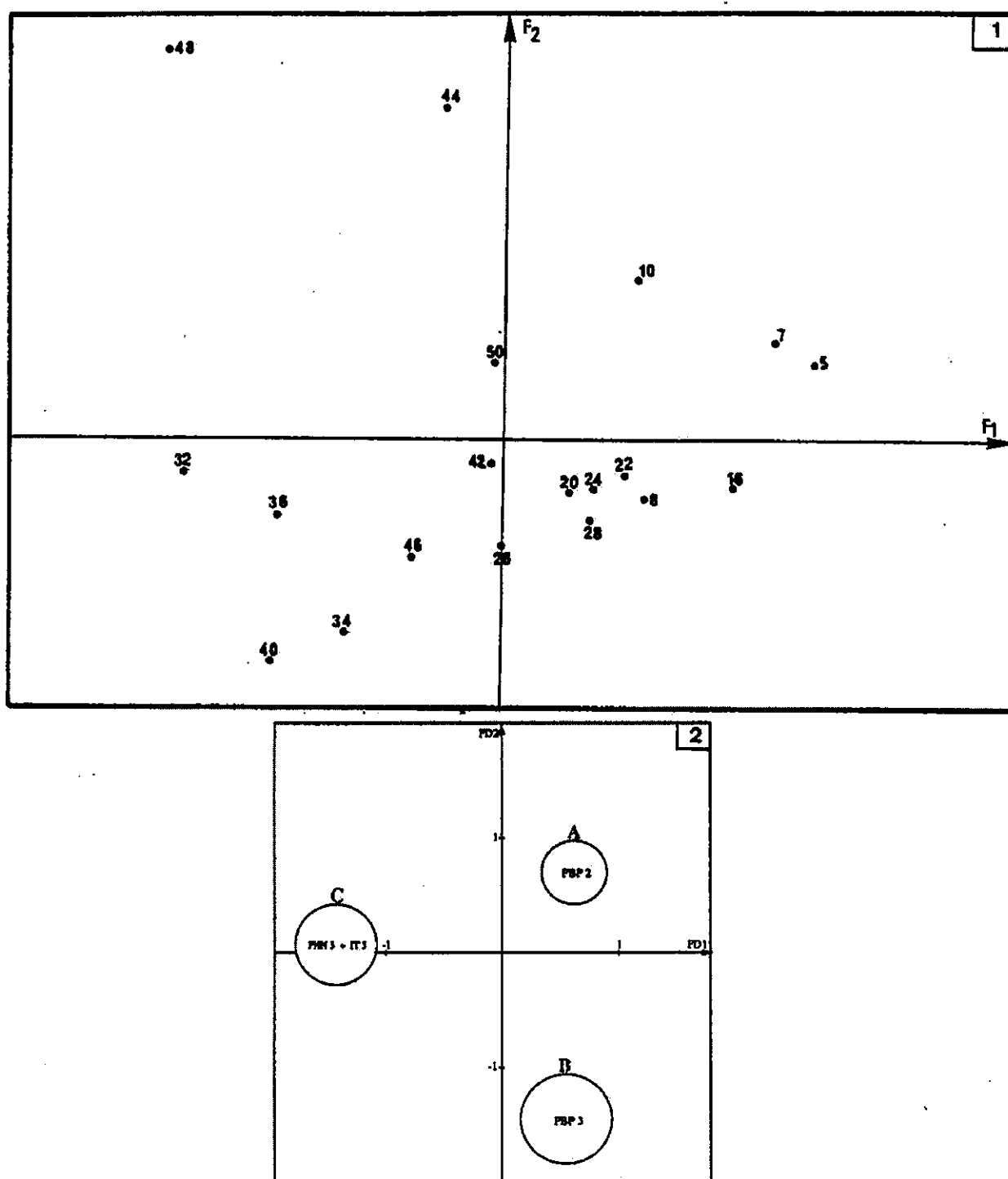


Fig. 49 : 1. Analyse des Correspondances Multiples (ACM) du tableau de répartition des foraminifères dans la coupe de Turenne. Figuration des gisements dans le plan factoriel F1-F2.

2. Analyse Discriminante Multiple (AFD) sur les 6 premiers axes de l'ACM. Intervalles de confiance à 95% autour des centres de 3 groupes constitués à partir des méthodes de la stratigraphie séquentielle

gisements en cortèges sédimentaires, lorsqu'on remplace l'information fournie par des critères sédimentologiques, stratigraphiques et géométriques par celle provenant de la composition qualitative des biocénoses. L'AFD s'applique à des données déjà classées dans le but de vérifier le bien fondé de la classification et de chercher d'éventuels individus mal classés. Ici, la classification est à *priori*.

3.1.3. Résultats

a. Coupe de la Cérède

Sur l'axe factoriel F1 (fig. 47) les niveaux de prélèvements de la séquence Toa2 (CER6 à CER18) s'opposent aux niveaux de prélèvement de la séquence Toa4 (CER26 à CER41). Le niveau de prélèvement de la séquence Toa3 (CER20) occupe une position intermédiaire. Les valeurs maximales sur l'axe F1 s'observent dans le Prisme de haut-niveau de la séquence Toa2 et les valeurs minimales au milieu du prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa4.

L'axe factoriel F2 oppose principalement les niveaux de prélèvement de la séquence Toa4, avec les valeurs les plus fortes dans l'intervalle transgressif (CER40) et les valeurs minimales dans les niveaux de prélèvement du prisme de bordure de plate-forme (CER35).

La classification automatique (fig. 48) ne montre pas une correspondance évidente entre les attributions initiales en cortèges sédimentaires et les structures engendrées par le contenu micropaléontologique. Les nuées dynamiques fournissent en effet des partitions fluctuant d'un tirage à l'autre sans formes nettes. On notera toutefois que l'échantillon CER20 qui représente le cortège de bordure de plate-forme de la séquence Toa3, s'associe toujours au prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa4.

Par contre l'Analyse Factorielle discriminante (AFD) portant sur les six premiers axes factoriels de l'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) montre une opposition en trois groupes (fig. 47) :

- le groupe A associe les niveaux de prélèvement des cortèges de bordure de plate-forme des trois séquences Toa2, Toa3 et Toa4 ;
- le groupe B est composé des niveaux de prélèvement des cortèges de haut-niveau et de l'intervalle transgressif de la séquence Toa2;
- le groupe C est constitué par les deux niveaux de prélèvement de la base de l'intervalle transgressif de la séquence Toa4.

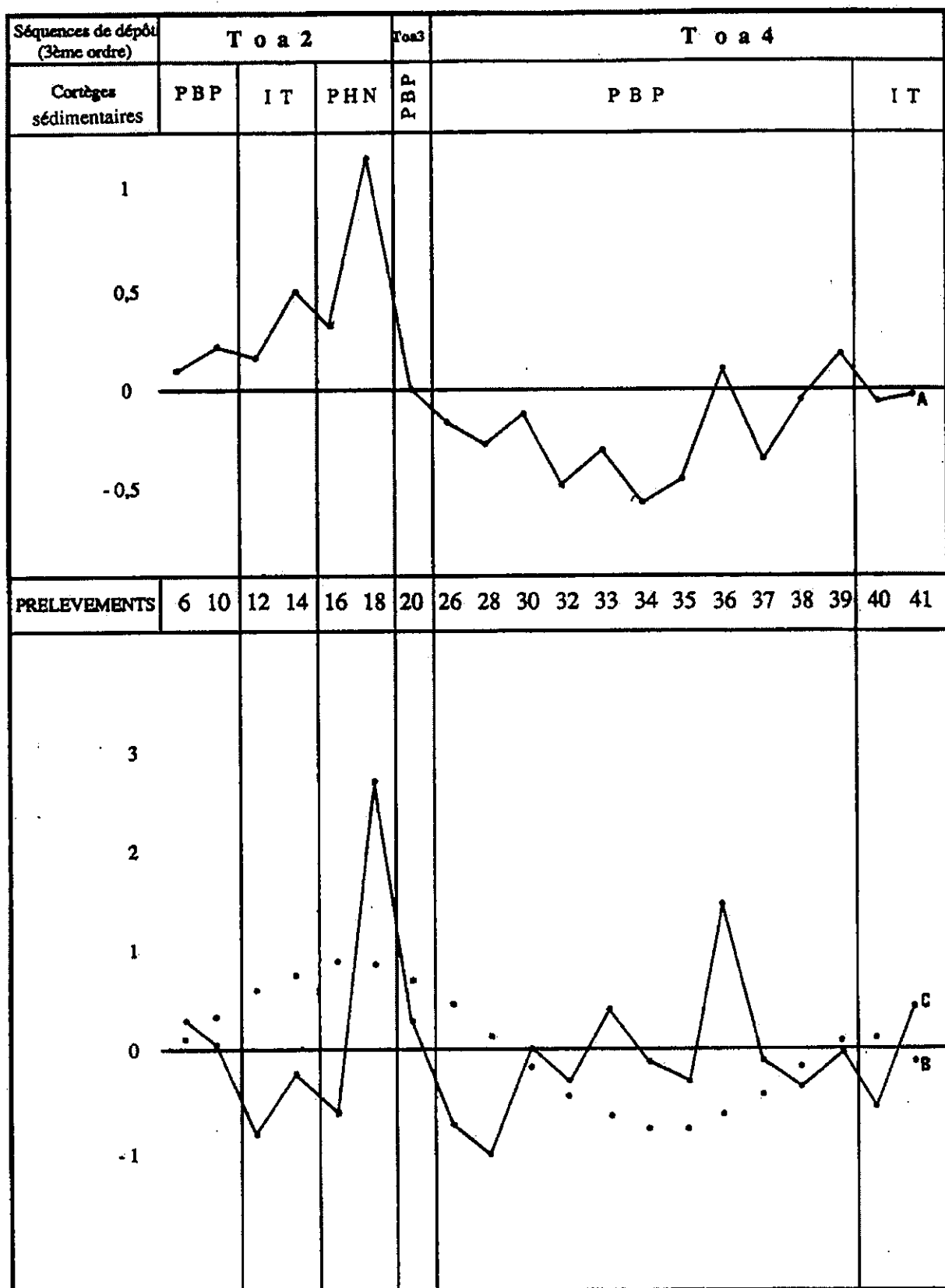


Fig. 50 : Variations de la F1 dans les niveaux de prélèvements (coupe de la Cérède).
A. lissage exponentiel; B. ajustement par régression polynomiale de degré 5 ; C. résidus de la régression.

Cette partition donne 80% des niveaux de prélèvement bien classés (dont le classement à partir des données micropaléontologiques est conforme au classement initial en cortèges sédimentaires). Les quatre échantillons mal classés, tous de bordure de plate-forme (CER6, 28, 30, et 38), sont attribués par l'AFD au groupe C (base de l'intervalle transgressif de la séquence Toa4).

b. Coupe de Turenne

On observe sur l'axe factoriel F1 (fig. 49) une opposition entre les niveaux de prélèvement du prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2 (TUR5 à 24) et les niveaux de prélèvement des divers cortèges de la séquence Toa3 (TUR32 à 48). Les échantillons TUR26, 42 et 50 (valeurs de F1 proche de zéro) occupent une position intermédiaire entre ces deux groupes.

La classification automatique (fig. 48) n'apporte pas de résultats significatifs.

L'AFD (fig. 49) sur les six premiers facteurs de l'ACM a été réalisée en proposant une partition initiale en trois groupes : le groupe A (prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2), le groupe B (prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa3) et le groupe C (intervalle transgressif et le prisme de haut-niveau de la séquence Toa3). Les intervalles de confiance des centres des trois groupes sont bien séparés dans le plan FD1-FD2 (premier et deuxième axes factoriels discriminants). Les échantillons relevant des prismes de bordure de plate-forme (groupes A et B) s'opposent aux échantillons des cortèges transgressifs et du haut-niveau (groupe C) suivant l'axe FD1. Les groupes A (prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2, et le groupe B (prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa3) s'opposent selon l'axe FD2.

94% des échantillons sont bien classés dans les trois groupes pré-définis. Cependant les échantillons TUR26 (intervalle transgressif de la séquence Toa2) et TUR 28 (prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa3) sont attribués par l'AFD au groupe A, alors que l'échantillon TUR50 possède les caractéristiques du groupe B.

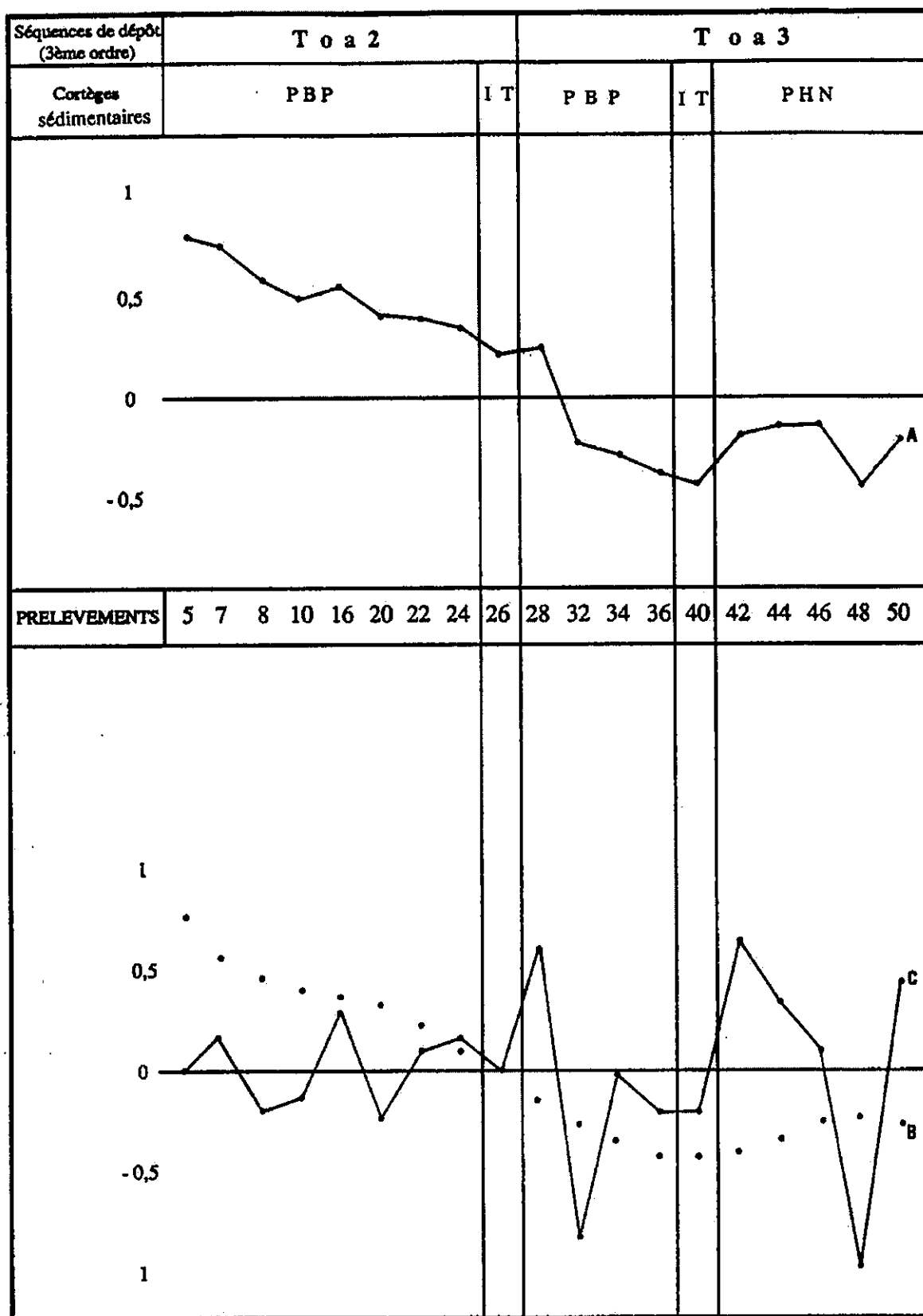


Fig. 51 : Variations de la F1 dans les niveaux de prélèvements (coupe de Turenne).
 A. lissage exponentiel; B. ajustement par régression polynomiale de degré 5 ; C. résidus de la régression.

3.1.4. Conclusions

Dans ces deux coupes les échantillons des cortèges de bordure de plate-forme se différencient très nettement, quelque soit la séquence à laquelle ils appartiennent, des échantillons des cortèges transgressifs et de haut-niveau marin. Cette discrimination est principalement assurée sur le premier axe factoriel F1. Par contre les échantillons des cortèges transgressif et de haut-niveau marin sont généralement confondus.

Un résultats identique a été obtenu pour l'analyse du Toarcien inférieur et moyen de la coupe de Penne (BONNET et *al.*, 1991).

3.1.5. Interprétations

a- Facteur F1

Pour interpréter l'axe F1, nous observerons les valeurs successives des niveaux de prélèvement dans leur ordre chronologique. La courbe ainsi obtenue après lissage exponentiel et ajustement polynomiale de degré 5 montre :

- pour la coupe de la Cérède (fig. 50) des valeurs croissantes depuis le prisme de bordure de plate-forme jusqu'à la base du prisme de haut-niveau de la séquence To2, des valeurs décroissantes à la partie supérieure de ce prisme de haut-niveau. Une chute brutale à la limite de la séquence Toa3, une poursuite de la baisse des valeurs dans le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa4. Une valeur minimale au milieu de ce cortège puis une remontée vers l'intervalle transgressif suivant.

- pour la coupe de Turenne (fig. 51), une baisse régulière dans les prismes de bordure de plate-forme des séquences Toa2 et Toa3, suivie d'une remontée dans le prisme de haut-niveau de la séquence Toa3.

Ainsi cette courbe présente comme la coupe de Penne une succession de mouvements comparable à celle de la courbe théorique des variations eustatiques du niveau marin; elle suggère que le facteur dominant qui contrôle la composition des communautés de foraminifères est constitué par le niveau absolu des mers, agissant sur les divers paramètres physiques (profondeur, éclaircissement, température...), chimiques (oxygénation, éléments majeurs...) et trophiques, ainsi que sur les communications océaniques.

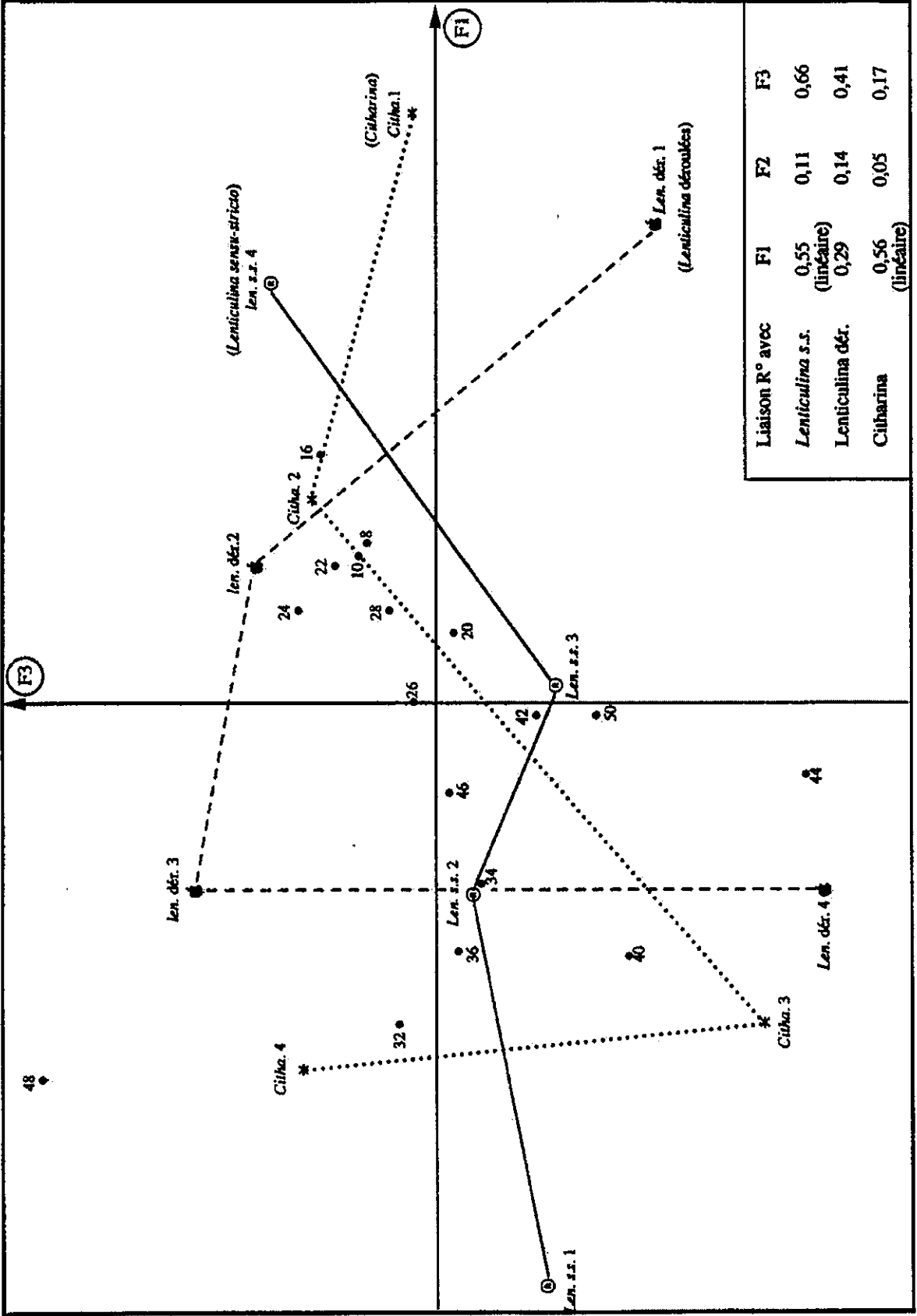


Fig. 52: L'ACM du tableau de présence de Foraminifères dans 19 niveaux de prélèvements de la coupe de Turenne. Figuration des échantillons dans le plan factoriel F1-F3. Les trajectoires de 3 variables illustratives en 4 classes (1 : valeur faible, ..., 4 : valeur forte).

Dans la coupe de Turenne les densités en citharines, en lenticulines enroulées et en voie de déroulement sont ajoutées en variables illustratives à l'analyse des Correspondances Multiples. Leurs trajectoires (fig. 52) indiquent :

- une liaison linéaire positive entre les Citharines et le facteur F1 (densité croissante du prisme de bordure de plate-forme vers le haut-niveau);
- une liaison linéaire négative entre les Lenticulines enroulées et le facteur F1;
- une liaison non linéaire positive entre les Lenticulines en voie de déroulement et le facteur F1.

Ceci confirme la relation quantitativement observée entre variations eustatique du niveau marin et le pourcentage des nodosariidés enroulés, droites et en voie de déroulement.

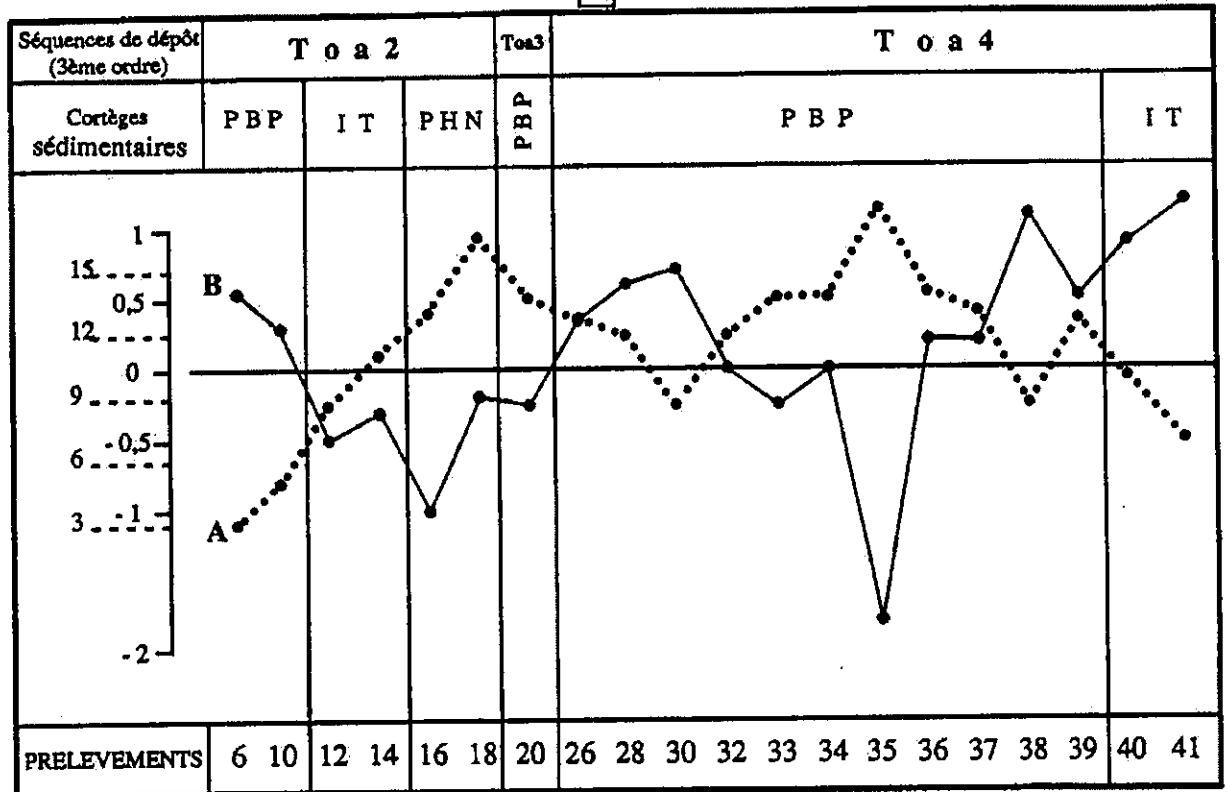
b. Facteur F2

Dans les deux coupes de la Cérède et de Turenne les courbes des variations des valeurs des échantillons sur l'axe F2, dans l'ordre chronologique sont généralement en opposition de phase avec les courbes des variations du nombre des taxons (fig. 53). F2 est négativement corrélée avec le nombre des taxons. Les valeurs les plus fortes sur F2 correspondent aux échantillons qui renferment les peuplements les moins diversifiés : niveaux CER30 et CER38 de la Cérède, niveau TUR42 de Turenne.

Le facteur F2 pourrait exprimer donc un gradient de capacité biotique résultant de contraintes complexes. Parmi celles-ci pourrait intervenir l'oxygénation. En effet, on peut constater que les niveaux à valeurs élevées sur l'axe F2 (et à peuplement peu diversifié) renferment des formes plates et lisses (Turenne, TUR36 et 42 ; la Cérède, CER38) qui ont été considérées comme caractéristiques des milieux peu oxygénés (RUGET et BOUDCHICHE, 1993). Par contre les niveaux à valeurs faibles sur l'axe F2 sont surtout riches en formes massives et ornées (exemples : TUR40 et CER35).

Une interprétation identique a été proposée pour les séries de Lias moyen de la région de Grésigne (REY et *al.*, 1993).

1



2

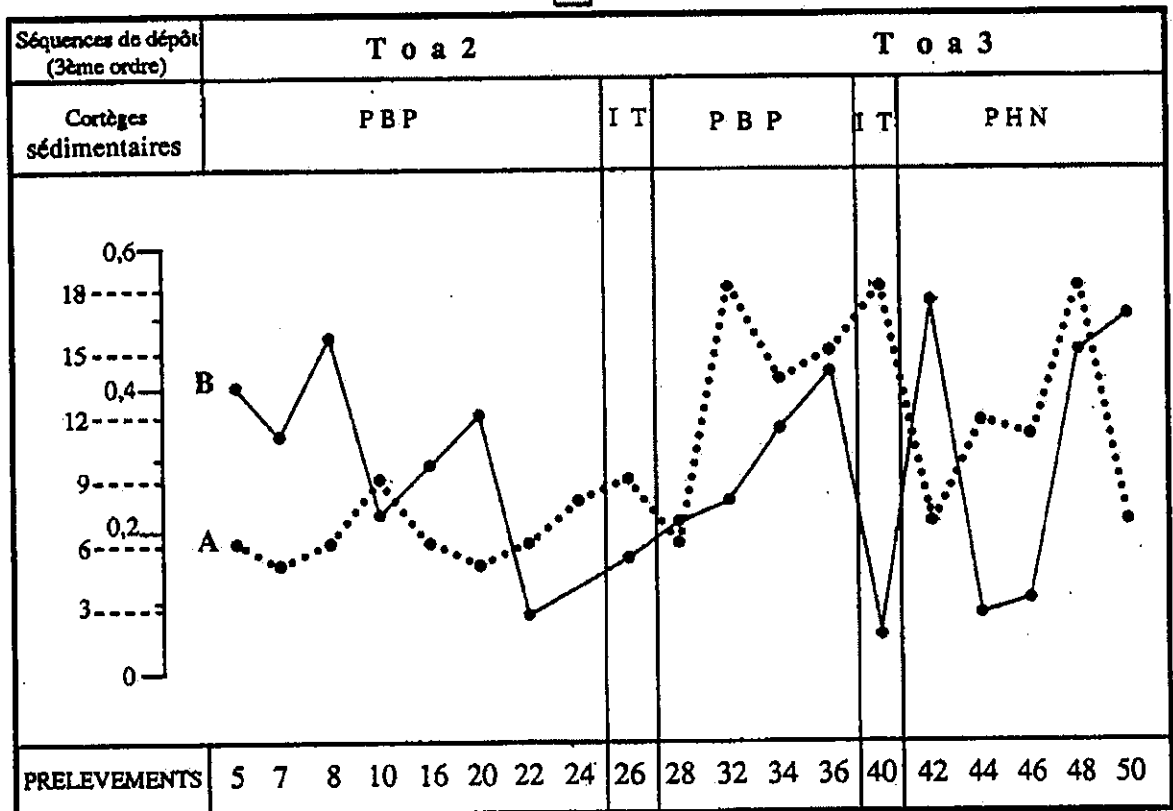


Fig. 53 : Courbes des variations de la F2 (B) et du nombres des taxons (A).
1. coupe de la Cérède ; 2. coupe de Turenne.

c. Conclusions

Dans les deux exemples étudiés, comme dans les autres séries liasiques analysées en Quercy, il paraît que le facteur principal F1 influant sur la composition des biocénoses, est constitué par le niveau marin absolu. Le Facteur F2, en liaison inverse avec le nombre des taxons, paraît lier, au moins partiellement, aux conditions d'oxygénation du milieu.

3.2. Indices biocoenitiques des populations des foraminifères benthiques dans les cortèges sédimentaires

Ces indices sont calculés à partir d'un tableau de dénombrement ou de présence-absence des taxons dans les gisements (niveaux de prélèvement) successifs dans une coupe. Ces indices concernent soit les gisements eux-mêmes (taux de renouvellement et diversité factorielle), soit les taxons (amplitude factorielle).

3.2.1. Nombre des taxons (fig. 53)

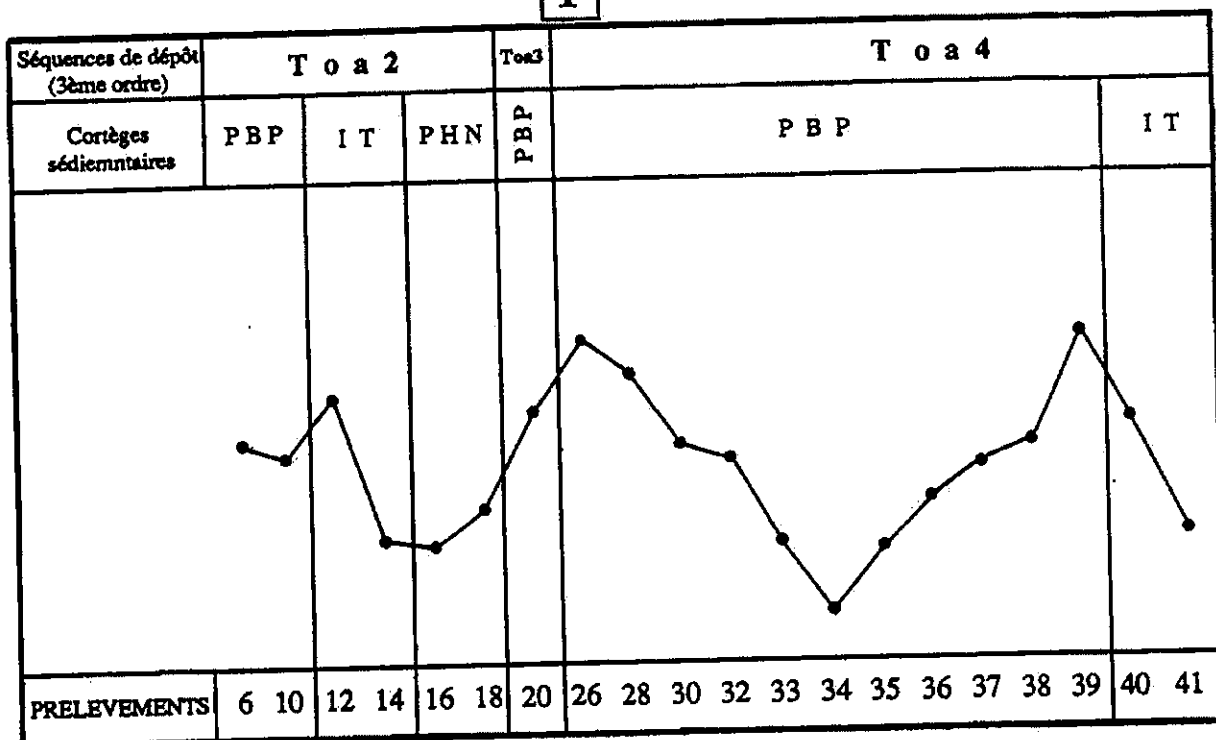
Dans la coupe de la Cérède les valeurs les plus fortes peuvent se rencontrer aussi bien en prisme de bordure de plate-forme (CER35) qu'en prisme de haut-niveau marin (CER18). Il en est de même pour la série de Turenne (valeurs maximales dans les niveaux TUR32 du prisme de bordure de plate-forme et TUR48 du prisme de haut-niveau marin). Ceci est lié soit à l'apparition massive des formes nouvelles (cas du prisme de bordure de plate-forme du Turenne : 11 taxons; de haut-niveau de la Cérède : 7 taxons), soit au retour et à la persistance des formes variées.

En tout état de cause la microfaune n'est pas moins diversifiée en bas niveau qu'en haut niveau marin, contrairement à ce qui a été décrit (MAGNIEZ-JANNIN et JACQUIN, 1990; MAGNIEZ-JANNIN, 1991a) dans un contexte différent (bassin profond) et pour des séries crétacées.

3.2.2. Taux de renouvellement des taxons

L'expression utilisée pour exprimer le renouvellement de la faune entre deux gisements A et B est celle de JARVINEN (1979) :

1



2

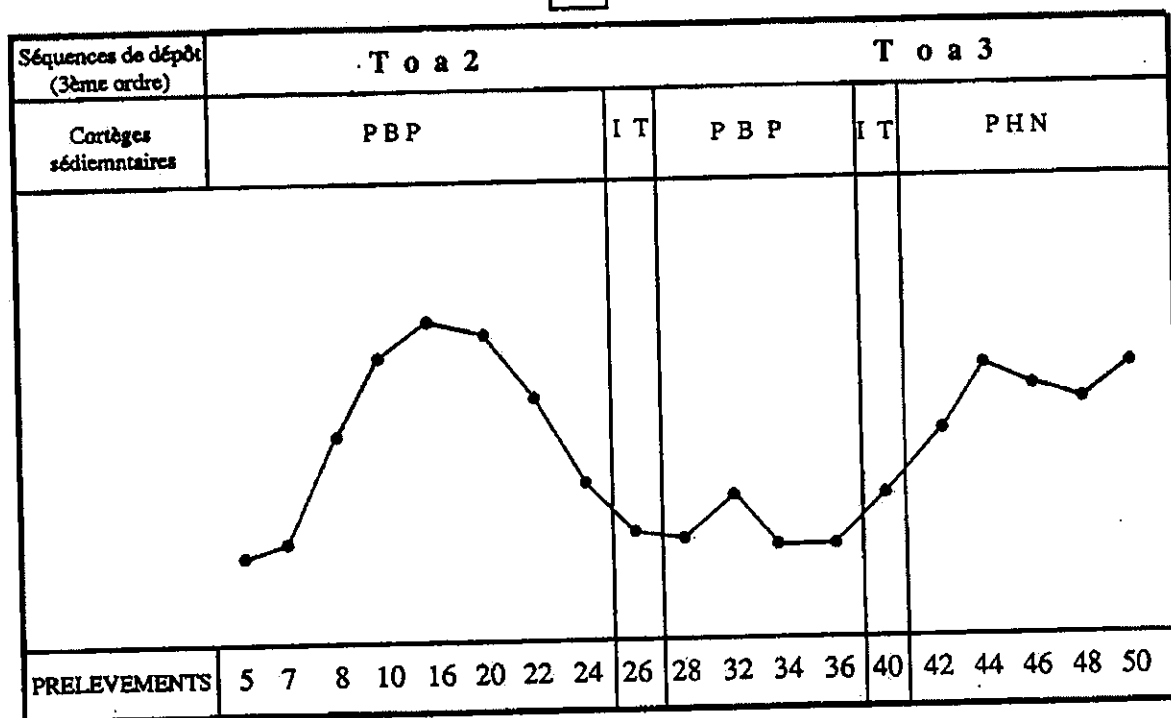


Fig. 54 : Courbes du taux de renouvellement des taxons. 1. coupe de la Cérède ;
2. coupe de Turenne.

$$t = \frac{NBa + NABd}{NA + NB}$$

- t : taux de renouvellement entre A et B
- NBa : nombre de taxons apparus dans B
- NABd : nombre de taxons disparus entre A et B
- NA : nombre de taxons de A
- NB : nombre de taxons de B

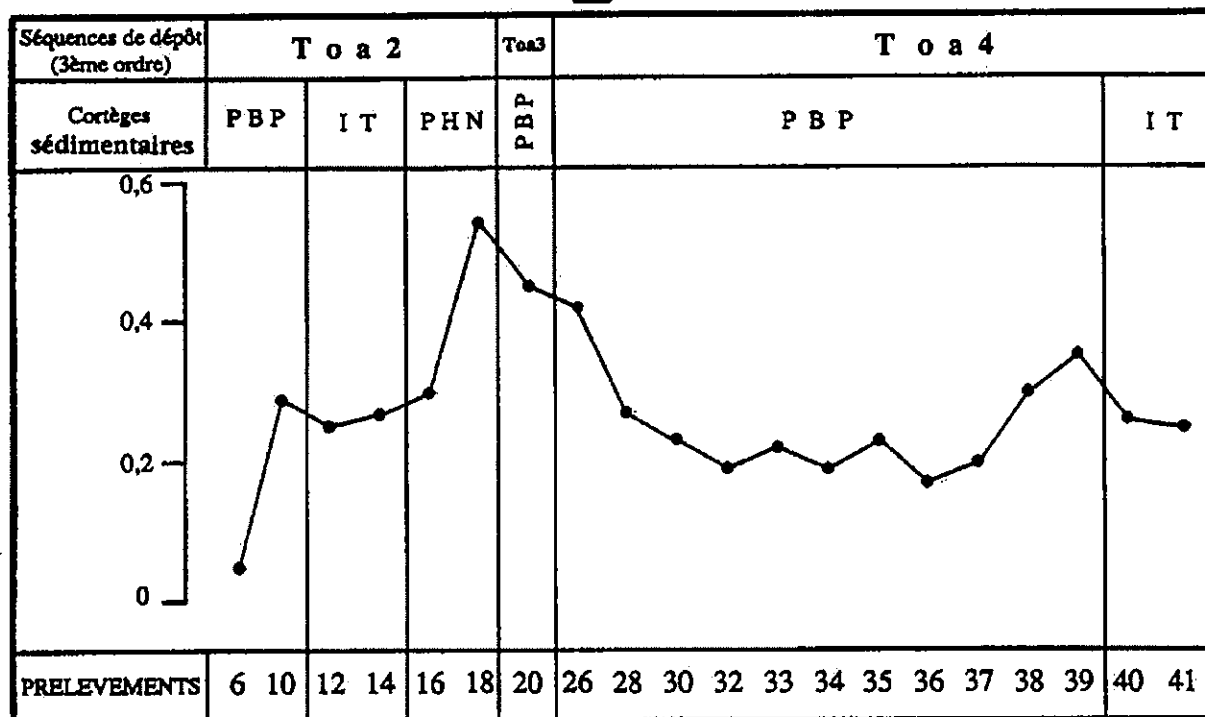
a. coupe de la Cérède

Le graphique des valeurs du taux de renouvellement en fonction des niveaux de prélèvement (fig. 54), présente des pics successifs exprimant des renouvellements maximaux. Le pic 1 (gisement CER12) se situe après la première surface de transgression dans l'intervalle transgressif de la séquence Toa2. Il correspond à l'arrivée de faunes nouvelles (5 taxons). Les pics 2 et 2' (échantillons CER20 et 26) succèdent aux limites supérieures de séquences de dépôt Toa2 et Toa3. Le pic 2 est à disparitions dominantes (9 apparitions et 12 disparitions); le pic 2' associe des disparitions (8) et des apparitions (7). Le pic 3 se situe après une surface de transgression.

b. coupe de Turenne

La courbe exprimant les variations du taux de renouvellement en fonction des échantillons analysés montre trois pics (fig. 54). Le taux de renouvellement augmente régulièrement de l'échantillon TUR5 jusqu'à l'échantillon TUR16 (pic 1). Ce pic situé au sommet de la première paraséquence du prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2 correspond essentiellement à des disparitions (7). Dans la partie supérieure de ce prisme (échantillons TUR20 à TUR24), le taux de renouvellement décroît progressivement. Un pic peu accentué (échantillon TUR32) se situe au milieu du prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa3. Après la surface de transgression, localisée au dessus du gisement 36, la courbe prend une allure ascendante pour atteindre un maximum (pic 3) dans

1



2

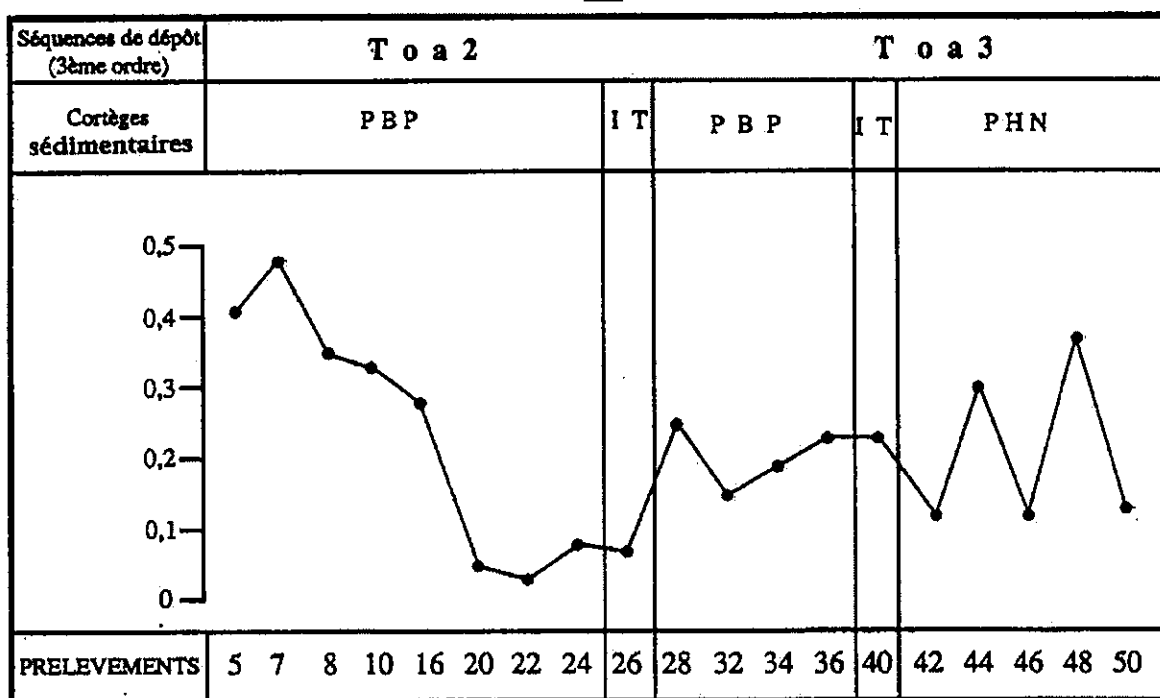


Fig. 55 : F1 - diversité des niveaux de prélèvements. 1. coupe de la Cérède ;
2. coupe de Turenne.

l'échantillon TUR44 caractérisé par des apparitions dominantes (7), après la surface d'inondation maximale.

Les pics situés après les surfaces de transgression peuvent être mises en relation avec l'arrivée de faunes nouvelles au cours d'une transgression. Les pics situés après les limites de séquences, dans la partie inférieure du prisme de bordure de plate-forme pourraient être liés à :

- des phénomènes de spéciation sympatriques. Le nombre d'apparition de nouveaux taxons augmente à la suite d'une diversification *in situ*.
- des perturbations du biotope, causées par la baisse relative du niveau marin et induisant la disparition des taxons sensibles aux changements brutaux du milieu.

Il y a une grande analogie dans la position des pics (maximum de renouvellement) et dans l'allure générale des courbes entre la Cérède et Turenne. Par conséquent, les renouvellements de foraminifères benthiques ont une signification non pas locale mais au moins régionale, à l'échelle du bassin. Les différences observées entre les coupes de la Cérède et Turenne proviennent du fait que les cortèges sédimentaires sont très différemment représentés dans les deux coupes.

3.2.3. Diversité et amplitude factorielles d'habitat *

a. Notions de F-diversité et F-amplitude (CHESSEL et al., 1982)

Cas général

Lorsque des relevés taxonomiques sont effectués dans des biotopes différents, l'analyse des correspondances du tableau taxons prélèvements ordonne les éléments de ces deux ensembles suivant un gradient à signification écologique résumant une ou plusieurs variables qui évoluent dans une direction privilégiée. Ce gradient se confond assez souvent avec le premier axe factoriel F1 qui procure la meilleure ordination réciproque des deux ensembles, car la corrélation entre les deux ordinations est maximisée par la nature de la méthode. En conséquence, la dispersion sur ce gradient des coordonnées (scores) des taxons présents dans un prélèvement donné fournit une mesure de la diversité taxonomique et de la

* Le texte développé ci-dessous dans les paragraphes "cas général", "cas des séries sédimentaires", est extrait de la note de BONNET et al., 1993.

diversité écologique, donc de la complexité d'organisation (variété des niches ...) de la biocoenose de ce prélèvement (diversité factorielle intra-échantillon ou F-diversité, CHESSEL et *al.*, 1982). Symétriquement, la dispersion sur le même gradient des coordonnées des prélèvements dans lesquels un taxon donné est présent permet une évaluation de l'amplitude de la niche écologique de ce taxon (amplitude factorielle d'habitat ou F-amplitude).

Un relevé riche en espèces eurybiontes et/ou en espèces à préférences écologiques disparates possède une forte F-diversité. Symétriquement, une espèce généraliste, observée dans des relevés provenant de biotopes à caractéristiques différents, présente une F-amplitude élevée.

Nous insistons sur le fait que le concept de diversité d'habitat est différent de celui de simple diversité spécifique, beaucoup plus riche et plus général. La diversité spécifique prend en compte la relation entre le nombre d'espèces et le nombre d'individus d'un relevé, ou bien la variance, ou encore l'entropie du profil taxonomique du relevé. La diversité d'habitat ajoute à la description de certains aspects du profil (inhérente à l'analyse des correspondances) une évaluation de la complexité de la biocoenose (variété et amplitude des niches ...), inhérente à la dispersion sur un gradient à signification écologique. De plus, elle s'applique symétriquement à la biocoenose et aux prélèvements, en tenant compte des relations existant à l'intérieur de ces deux ensembles et entre ces deux ensembles.

Dans le cas d'un gradient unique, la F-diversité d'un prélèvement est, en pratique, mesurée par la variance conditionnelle des coordonnées (scores) de ses taxons sur l'axe factoriel représentant le gradient, et la F-amplitude d'un taxon par la variance des coordonnées des prélèvements dans lesquels il est présent.

L'interprétation de la diversité et de l'amplitude factorielles demeure assez délicate car leur valeur tend à décroître vers les extrémités du gradient factoriel. De ce fait, l'étude de ces paramètres ne saurait être dissociée de celle de l'axe concerné.

Cas des séries sédimentaires

Dans notre problème, la variation de la biocoenose entre des gisements différents résulte de causes multiples, mais toutes plus ou moins liées au facteur temps. Elle se traduit par :

- une hétérogénéité temporelle, modification *in situ* de la composition de population par évolution biologique (variation sympatrique) ou par apports allopatriques;

- une hétérogénéité écologique due, soit à des modifications du biotope au cours des temps, soit à la présence simultanée de microbiotopes différents mais suffisamment proches dans l'espace pour que leurs peuplements respectifs puissent se trouver, avec un taux de participation variable suivant le gisement, réunis dans le même prélèvement.

Ces deux composantes, temporelle et écologique, de la fluctuation de la biocoenose sont, dans tous les exemples que nous avons étudiés, principalement exprimées par le premier axe factoriel (F1) des analyses des correspondances. Dans ces conditions, une forte valeur observée de la F1-amplitude d'un taxon pourra résulter de sa longue durée de vie et/ou de sa grande amplitude écologique (taxon généraliste, eurybionte). Symétriquement, la valeur élevée de la F1-diversité d'un gisement pourra provenir d'une forte proportion, dans la communauté de ce dernier, de taxons panchroniques et/ou eurybiontes, ou encore issus de niches écologiques variées et réunies dans une thanatocoenose hétérogène. Les deux composantes paraissent, à *priori*, difficilement dissociables. Remarquons cependant qu'avec une vision quelque peu réductionniste il est raisonnable de penser que, dans une série déposée en écosystème relativement stable et de longue durée, la composante temporelle prédomine, et que, d'autre part, on puisse avantager la composante écologique en ne conservant dans le tableau analysé que les taxons à grande extension temporelle. Dans les exemples étudiés, la série s'étage sur une durée relativement courte et la biocoenose des foraminifères a peu évolué (plusieurs espèces sont présentes de la base au sommet des coupes, si le milieu leur est favorable), ce qui privilégie la composante écologique dans le gradient représenté par le premier axe factoriel (F1) des ACM.

Comme nous l'avons précédemment montré, cet axe F1 pourrait être en relation avec les variations eustatiques. L'analyse de la F1-diversité pourrait donc mettre en évidence les différences des biotopes en bas et haut niveau marin; l'étude de la F1-amplitude devrait permettre de distinguer les taxons ubiquistes des taxons inféodés aux bas niveaux marin et aux hauts niveaux marins.

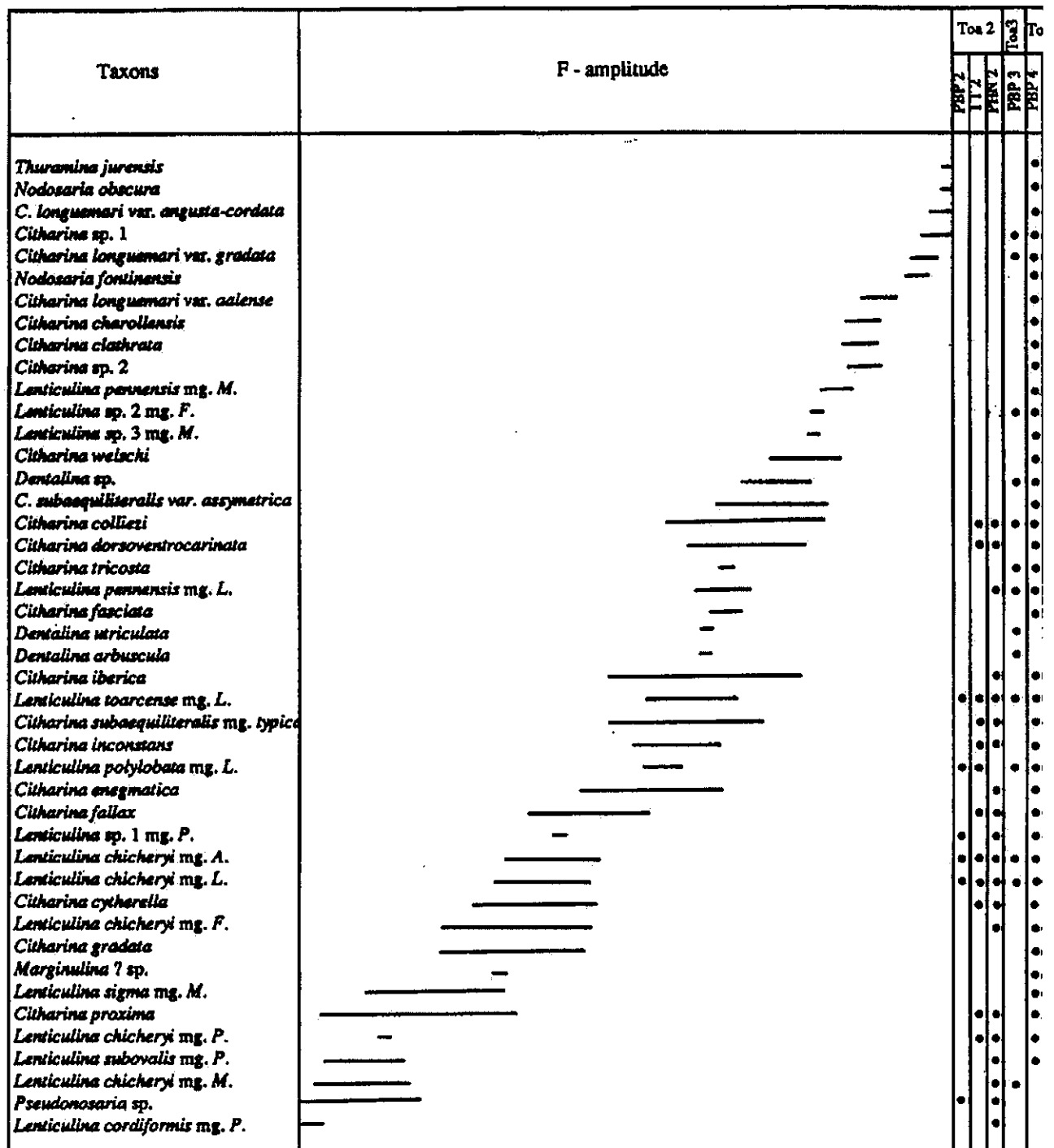


Fig. 56 : Amplitude factorielle d'habitat des taxons (coupe de la Cérède) ordonnés suivant leur position sur le gradient représenté par l'axe F1 de l'ACM.

Applications

Les mesures de la F-diversité et de la F-amplitude sont données par l'écart-type conditionnel des coordonnées du facteur F1 de l'analyse des correspondances multiples.

La série des valeurs de la F1 observées dans les niveaux de prélèvement successifs est assimilée à une chronique à pas d'échantillonnage plus ou moins inégal. Une telle série peut présenter une tendance générale ("trend"), modélisable par une régression linéaire ou polynomiale. A cette tendance générale se superposent, des fluctuations systématiques ou aléatoires et des distorsions causées par les inégalités du maillage de prélèvement.

Les fluctuations aléatoires sont, dans la mesure possible, éliminées par filtrage (lissage exponentiel avec une constante de 0,5). Les fluctuations systématiques de la série sont étudiées à partir des diagrammes obtenus en portant, en fonction de l'ordre des échantillons :

- les valeurs de la F-diversité;
- les valeurs des résidus de la régression (dans le but de rendre la série stationnaire, par extraction de la tendance).

Le trop faible nombre de valeurs disponibles (nombre de gisements analysés) ne permet pas d'appliquer sur les coupes de La Cérède et de Turenne la technique du retard temporel. Dans la coupe de Penne (BONNET et al. , 1993), une approche a été faite pour analyser le portrait des phases sous forme de variations cycliques en portant en abscisse, la valeur de la variable ou du résidu au gisement t et en ordonnée, la valeur à $t+1$ (ou encore la valeur de la dérivée numérique à t).

b. Diversité factorielle d'habitat (F-diversité)

coupe de la Cérède

La série (fig. 55) débute par un accroissement rapide aboutissant à un premier maximum peu net (CER10). L'intervalle transgressif de la séquence Toa2 est marquée par une stagnation des valeurs (CER12 et CER14), et le prisme de haut-niveau de la séquence Toa2 par une forte croissance (CER16 et CER18). A partir de CER18, la F1-diversité décroît rapidement, pour rester à un faible niveau pendant tout le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa4 (CER20 à CER37). A la

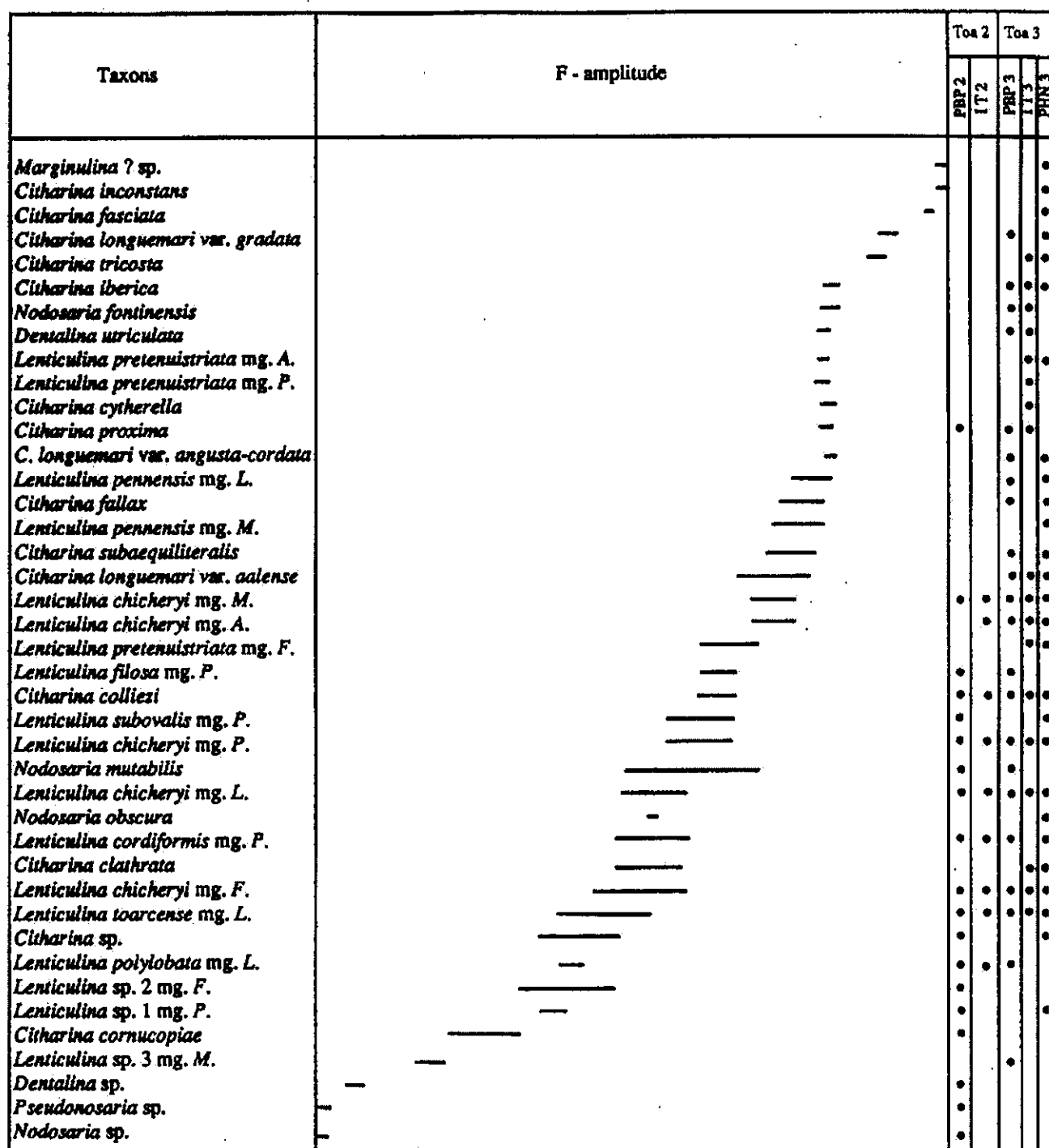


Fig. 57 : Amplitude factorielle d'habitat des taxons (coupe de Turenne) ordonnés suivant leur position sur le gradient représenté par l'axe F1 de l'ACM.

fin de ce cortège les valeurs croissent. Un maximum faible s'observe au début du cortège transgressif Toa4 (CER39), puis les valeurs décroissent.

On peut ainsi observer de très faibles valeurs en début de la série, correspondant à l'installation d'une population pionnière paucispécifique dans des biotopes encore peu diversifiés, après l'épisode anoxique des "Schistes carton".

La F1-diversité atteint les valeurs maximales à la fin du cortège de haut-niveau progradant (séquence Toa2) et après la surface de transgression (séquence Toa3). Les valeurs relativement plus faibles en bas niveau pourraient exprimer un appauvrissement en taxons par rapport à la capacité biotique potentielle du biotope et la prédominance de peuplements à tendance opportuniste.

coupe de Turenne

La F1 diversité évolue par vagues successives dont l'amplitude varie selon les cortèges sédimentaires (fig. 55). Dans le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa2, la F-diversité décroît régulièrement sauf dans le gisement 16 où il y a une légère perturbation.

La limite de séquence Toa2-Toa3 se caractérise par un léger accroissement de la F-diversité. La série est affectée par une tendance décroissante de l'échantillon TUR32 jusqu'à TUR40, avec des valeurs nettement inférieures à celles du cortège sous-jacent.

Ces fluctuations plus ou moins corrélées avec des vagues de renouvellement de la biocénose, sont en rapport avec des perturbations de l'écosystème. Chaque fluctuation comprend un pic (épanouissement rapide de la communauté), suivi d'une déflation et une stagnation. Ces fluctuations peuvent être essentiellement mises en relation avec une diminution progressive de la tranche d'eau (fins de cortèges de dépôt progradants, de haut-niveau ou de bas-niveaux : TUR16, 24 et 48; partie centrale d'un cortège de bordure de plate-forme : niveau TUR32).

En système progradant les modifications du milieu induisent une diversification des biotopes et donc une grande complexité des écosystèmes. Les nouvelles niches alors disponibles sont colonisées par des taxons à préférences écologiques variées. Après cette "explosion juvénile", la biocénose se stabilise (confinement), se spécialise et vieillit.

Les variations de la F1-diversité à l'intérieur des cortèges sédimentaires sont plus contrastées à Turenne qu'à La Cérède. A Turenne, les variations - même faibles - de la tranche d'eau provoquent des perturbations des écosystèmes, qui se traduisent par une réorganisation de la biocénose. A la Cérède les variations des écosystèmes sont atténuées. Les biotopes restent plus stables et peuvent atteindre des climax de diversité sans connaître les rajeunissements successifs observés dans les écosystèmes de la région de Turenne. Ceci pourrait être éventuellement expliqué par le fait que la région de Gramat (coupe de la Cérède), tout en étant moins profonde au Toarcien, serait moins sujette à des changements physico-chimiques que la région de Turenne.

b. Amplitude factorielle d'habitat des taxons (F-amplitude)

L'amplitude factorielle d'habitat traduit l'amplitude écologique et temporelle d'un taxon. Tenant compte de la nature composite (écologique et temporelle) du gradient, il convient de considérer :

- les taxons à faible amplitude (F1-spécialistes) comme étant limités dans l'espace des facteurs écologiques (sténobiontes) et/ou dans le temps.

- les taxons à grande amplitude (F1-généralistes) comme étant peu exigeants (eurybiontes, opportunistes) et/ou présentant une grande extension temporelle. Certains taxons peuvent posséder une forte F1-amplitude tout en n'étant présents que dans peu de gisements, ces derniers étant alors fortement dispersés sur le gradient (donc écologiquement différents et/ou éloignés dans le temps, ou encore riches en taxons à optimum disparate).

Dans les exemples traités ici, la composante temps peut être négligeable puisque la plupart des taxons se rencontrent dans les différentes biozones.

Les figures 56 et 57 représentant les taxons dans l'ordre de leur F1-amplitude, dans les séries de la Cérède et de Turenne, montrent un diagramme à structure fusiforme comparable à celui observé dans l'actuel (CHESSEL et al., 1982). Les extrémités du fuseau sont occupées par des F1-spécialistes et la partie médiane par des F1-généralistes.

Dans le diagramme de la coupe de la Cérède (fig. 56), la partie inférieure du fuseau est occupée par des taxons caractéristiques du haut-niveau marin (*Lenticulina cordiformis* mg. *Planularia*). La partie médiane comprend des taxons

opportunistes (exemples : *Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina*, *Lenticulina polylobata* mg. *Lenticulina*, *Lenticulina chicheryi* mg. *Lenticulina*, mg. *Astacolus*,...). Par ailleurs, *Dentalina utriculata* et *Dentalina arbuscula*, malgré leur place au milieu du fuseau, ne se rencontrent que dans le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa3. Les taxons occupant la partie supérieure du fuseau caractérisent essentiellement le prisme de bordure de plate-forme de la séquence Toa4, dans la coupe de la Cérède (*Nodosaria obscura*, *Citharina longuemari*, var. *angusta-cordata*, *Thuramina jurensis*).

A l'extrémité supérieure du diagramme représentant la F1-amplitude des taxons dans la coupe de Turenne ($F1 < -1$), apparaissent des formes présentes uniquement dans la séquence Toa3. Certains taxons ne se rencontrent que dans un seul cortège sédimentaire (*Citharina inconstans*, *Citharina fasciata*, *Marginulina* ? sp. dans le PHN3 ; *Lenticulina pretenuisiriata* mg. *Planularia*, *Citharina cytherella* dans le cortège transgressif). A l'extrémité opposée du fuseau ($F1 > 0$), se placent d'abord des formes caractéristiques du prisme de haut-niveau de la séquence Toa2 (*Citharina cornucopiae*, *Lenticulina* sp.3 mg. *Marginulinopsis*, *Dentalina* sp., *Nodosaria* sp., et *Pseudonodosaria* sp.), puis des taxons communs aux prismes de haut-niveau des séquences Toa2 et Toa3 (*Lenticulina* sp. 1 mg. *Planularia* et *Citharina* sp.). La partie médiane est occupée par des formes F1-généralistes rencontrées dans les prismes des deux séquences Toa2 et Toa3.

L'étude des trois séries (la Cérède, Turenne et Penne) montre que :

- l'allure générale des diagrammes représentant les taxons dans l'ordre de leur F1-amplitude est constante (structure fusiforme);

- selon la situation paléogéographique des séries dans le Bassin, certains taxons changent de position dans le diagramme, ainsi par exemple, *Citharina cytherella* classée parmi les F1 spécialistes dans la série de Turenne et de Penne, prolifère dans tous les cortèges sédimentaires et occupe la partie médiane du fuseau (F1 généralistes) dans la série de la Cérède;

- d'autres taxons ubiquistes comme *Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina*, prolifèrent dans tous les cortèges sédimentaires et gardent leurs caractéristiques (F1-généralistes) dans toutes les séries étudiées.

3.2.4. Conclusion

L'étude de certains indices biocénotiques : taux de renouvellement, diversité factorielle d'habitat, amplitude des taxons, basée sur des analyses des correspondances peuvent contribuer à la compréhension des modalités d'évolution, de structuration, de destructuration des biocoenoses dans les séries sédimentaires.

L'application de ces méthodes à l'étude des biocénoses des foraminifères benthiques (nodosariidés) dans la série toarcienne du Quercy montre que :

- le taux de renouvellement et la F-diversité changent d'une façon significative aux limites de paraséquences, des cortèges sédimentaires et des séquences de dépôt;

- l'étude de l'amplitude factorielle des taxons contribue à la distinction entre les taxons opportunistes (ubiquistes), taxons spécialistes caractérisant soit des cortèges de bas-niveau ou de bordure de plate-forme et des cortèges de haut-niveau marin.

Associés à des données stratigraphiques, sédimentologiques, paléogéographiques et géodynamiques, ces indices peuvent contribuer à la reconnaissance des cortèges sédimentaires et des séquences de dépôt dans les séries sédimentaires.

CHAPITRE V

MICROPALEONTOLOGIE

1. INTRODUCTION

L'abondance et la bonne conservation de la microfaune benthique dans le Toarcien du Quercy me permet de proposer une étude systématique des principaux foraminifères benthiques. Dans ce travail, la détermination des espèces a été effectuée en essayant de tenir compte des conceptions biologiques de l'espèce, se définissant non pas à partir d'un individu mais d'une population. La classification adoptée est celle de LOEBLICH et TAPPAN (1964), revue et corrigée par ces mêmes auteurs en 1974 et 1981.

Compte tenu du cadre stratigraphique dont nous disposons (datation à l'échelle de la sous-zone d'ammonites), nous avons pu procéder à une comparaison de la distribution stratigraphique pour certaines espèces de la famille des nodosariidés pouvant être considérées comme des "marqueurs" chronologiques à large répartition paléobiogéographique (Maroc, Espagne, Portugal, Europe occidentale,...).

Afin de ne pas alourdir cette étude, nous nous sommes limités, dans la description des espèces, aux principaux critères morphologiques caractéristiques et aux listes synonymiques correspondant aux formes ayant les plus grandes similitudes avec les spécimens que nous avons rencontrés.

2. SYSTEMATIQUE

2.1. Foraminifères agglutinants

Super-famille *Astrorhizacea* BRADY, 1881

Famille *Saccamminidae* BRADY, 1884

Protonina difflugiformis (BRADY), 1896

(pl. 1, fig. 1-2)

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

1937 - *Protonina difflugiformis* (BRADY) : BARTENSTEIN & BRAND, p. 128, toutes les figures

1972 - *Protonina difflugiformis* (BRADY) : WERNLI, p. 309; pl. 1; fig 1-3

1990 - *Protonina difflugiformis* (BRADY) : BOUTAKIOUT, p.96; pl. 4; fig. 1

Test uniloculaire en forme d'amphore. L'agglutinat fin à moyen est composé principalement de grains de quartz enrobés dans un ciment siliceux. L'ouverture est portée par un col terminal. La forme de la loge est variable : ovoïde à allongée, à flancs latéraux bombés ou aplatis.

Largeur (mm)	Hauteur (mm)	Allongement
0,13 à 0,16	0,20 à 0,26	0,57 à 0,64

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien supérieur, zone à Thouarsense
- bibliographie : Dogger-Malm; au Maroc, BOUTAKIOUT (1990) cite cette espèce dans le Bajocien moyen et supérieur.

Super-famille *Lituolacea* de BLAINVILLE, 1827

Famille *Lituolidae* de BLAINVILLE, 1827

Ammobaculites fontinensis, (TERQUEM), 1870

(pl. 1, fig. 3-6, 8-10)

1870 - *Haplophragmium fontinensis* TERQUEM, p. 235; pl. 24; fig. 29-30

1937 - *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM) : BARTENSTEIN & BRAND, p. 186; toutes les figures

1990 - *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM) : BOUTAKIOUT, p. 99; pl. 5; fig. 4-5

Le test est composé d'une partie enroulée (spire plane, involute) de 5 à 8 loges radiales, suivie d'une portion déroulée (hampe) de 2 à 4 loges à section subcirculaire (ovoïde à circulaire). La paroi est constituée par un agglutinat de grains de quartz.

Dans nos populations une grande variabilité au sein de cette espèce s'exprime par la variation :

- des dimensions de la hampe et de la spire,
- du nombre des loges de la hampe,
- de la granulométrie de l'agglutinat.

Certains individus présentent les caractères d'*Ammobaculites agglutinans* (d'ORBIGNY) : une spire réduite et une hampe plus développée.

Remarque : BOUTAKIOUT (1990) constatait l'évidence des liens parentaux entre *A. agglutinans* et *A. fontinensis* puisqu'il a trouvé chez les populations des rides sud-rifaines (Maroc) des formes de passage entre ces deux espèces. C'est le cas des populations que nous possédons. Les critères sur lesquels les auteurs se basent pour distinguer ces deux espèces (l'importance de la spire par rapport à la hampe) me paraissent liés principalement aux conditions du milieu de vie et rappellent la liaison entre le déroulement des Lenticulines et les variations

bathymétriques, que nous avons mises en évidence dans les populations du Toarcien inférieur et moyen. En outre, l'interprétation d'*Ammobaculites agglutinans* et *Ammobaculites fontinensis* comme variants d'une population monospécifique à grande variabilité me paraît de plus en plus fondée.

Hauteur (mm)	Largeur (mm)
0,50 à 0,70	0,20 à 0,35

Répartition stratigraphique

- région étudiée : zone à Thouarsense. Elle paraît liée au faciès des marnes noires (milieu semi-réducteur, riche en matériaux détritiques, et relativement pauvre en carbonates).

- bibliographie : fréquente dans le Lias moyen et supérieur, certains auteurs la cite dans le Dogger.

2.2. Foraminifères à test hyalin

Sous-Ordre *LAGENINA* DELANCE & HEROUARD, 1896

Super-famille *Nodosariacea* EHRENBURG, 1838

Famille *Nodosariidae* EHRENBURG, 1838

Sous-famille *Nodosariinae* EHRENBURG, 1838

2.2.1. Genre *Lenticulina* LAMARCK, 1804

a. Introduction

Avant d'entreprendre la description des différentes espèces rencontrées dans la série toarcienne étudiée, il est nécessaire de développer deux notions importantes : morphogénre et spectre, liés aux problèmes posés par la variabilité et le polymorphisme de ce genre.

morphogénres et spectres

La conception typologique de l'espèce a conduit les auteurs des classifications anciennes à la distinction de plusieurs genres ou sous-genres au sein du groupe des Lenticulines. Ces classifications ne tiennent pas compte des variations morphologiques (polymorphisme) dans une population (espèce) et rangent des formes d'une même espèce dans des genres différents.

Pour éviter cet inconvénient, tout en se conformant à la conception biologique de l'espèce (population interféconde, au sein de laquelle il existe une

certaine variabilité morphologique), nous adoptons la notion de morphogénre (RUGET 1985, p. 35-36). Ce terme sera utilisé pour désigner les différentes formes morphologiques coexistant au sein d'une même espèce et entre lesquelles il y a un passage plus moins continu.

Le terme de spectre est utilisé lorsque tous les morphogénres représentatifs sont reconnus. Ce terme a été proposé en 1966 par SIGAL, pour regrouper les différents types morphologiques exprimés dans une même population issue d'un même gisement ou dans des populations voisines provenant de gisements différents.

L'inconvénient de l'utilisation de ces termes est de modifier la notion du genre, mais elle offre l'avantage de souligner l'hétérogénéité morphologique dans une population.

morphogénres rencontrés dans le Toarcien du Quercy

Morphogénres	Auteurs	Caractéristiques morphologiques				
		enroulement	partie enroulée	partie déroulée	section	ouverture
<i>Lenticulina</i>	LAMARK 1804	involute	spire fermée	-----	biconvexe	terminale simpl ou radiée
<i>Astacolus</i>	MONFORT 1808	évolutive	sutures fortement inclinées vers la partie omblicale		ovale biconvexe	terminale radiée
<i>Planularia</i>	DEFRANCE in de BALINVILLE 1826	évolutive	flancs plats		lenticulaire	terminale radiée
<i>Falsopalmula</i>	BARTENSTIEN 1948	évolutive	souvent proche de <i>Planularia</i>	loges en chevron	lenticulaire	terminale radiée
<i>Marginu- linopsis</i>	SILVESTRE 1904	évolutive	un tour de spire	développée avec section arrondie		terminale radiée, marginal
<i>Saracenaria</i>	DEFRANCE in de BLAINVILLE 1824	évolutive	réduite	développée à sutures rectilignes	triangulaire	terminale radiée

relations entre les morphogénres de Lenticulines

L'analyse de la figure 58 montre que tous les morphogénres déroulés du genre *Lenticulina* se développent à partir du morphogénre *Lenticulina* par

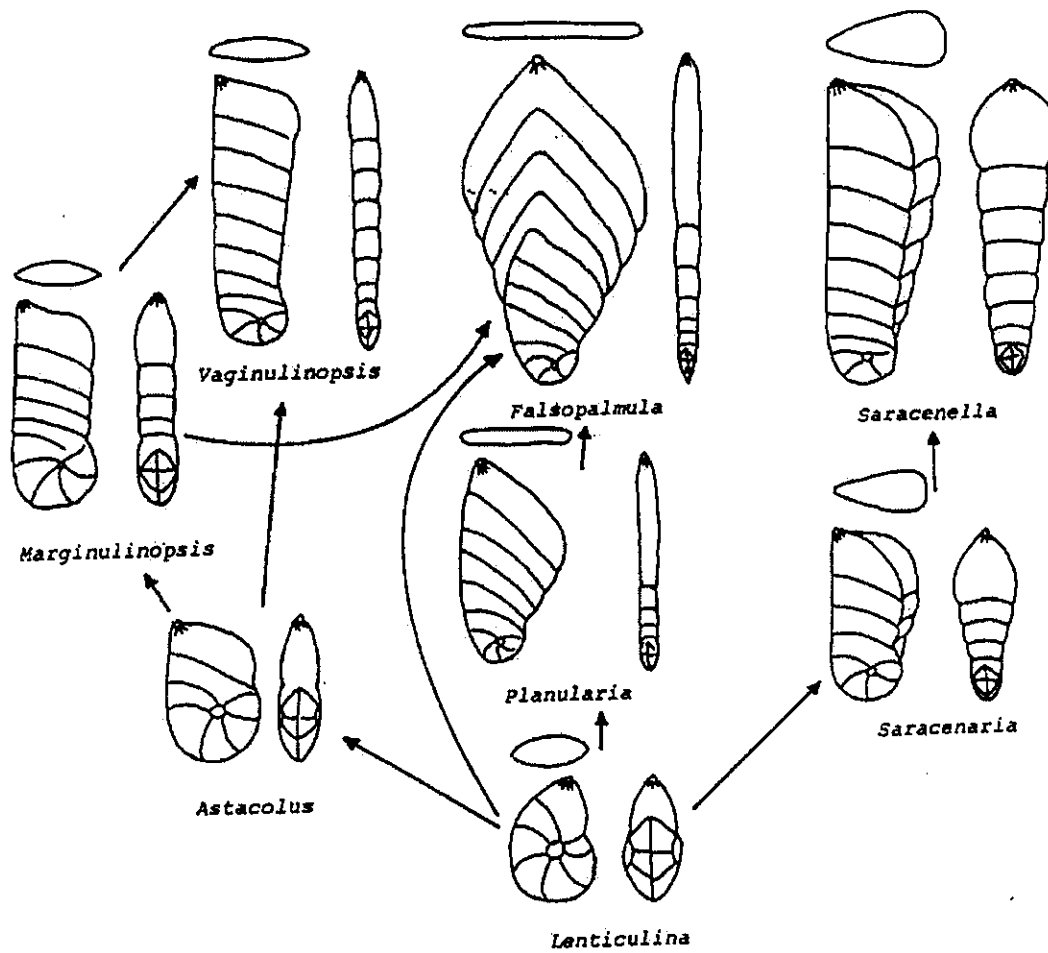


Fig. 58 : Relations morphologiques chez les différents morphogenes du genre *Lenticulina*.
(d'après RUGET, 1985 ; BOUTAKIOUT, 1990, modifiée)

l'intermédiaire d'une régression de la partie spiralée et le développement de la partie déroulée (hampe). Comme l'ont remarqué RUGET (1985) et BOUTAKIOUT (1990), la dérivation des morphogenres déroulés à partir du morphoggenre *Lenticulina* se fait en trois directions principales (fig. 58):

1. *Lenticulina* - *Astacolus* - *Marginulinopsis* - *Vaginulinopsis*;
2. *Lenticulina* - *Planularia* - *Falsopalmula*;
3. *Lenticulina* - *Saracenaria* - *Saracenella*.

L'examen des populations de Lenticulines du Quercy montre que le passage au morphoggenre *Falsopalmula* peut s'effectuer aussi bien à partir du morphoggenre *Lenticulina*, *Marginulinopsis* ou *Planularia*.

b. Espèces rencontrées

Spectre *Lenticulina chicheryi* PAYARD, 1947 mg. *Lenticulina*,
Astacolus, *Marginulinopsis*, *Planularia*, *Falsopalmula*
(pl. 3, fig. 1-15; pl. 5, fig. 5, 7, 9, 17)

1947 - *Lenticulina chicheryi* PAYARD, p. 87; pl. 7; fig. 7.

1985 - *Lenticulina chicheryi* PAYARD : RUGET, p. 81-82; pl. 41; fig. 1-14.

1986 - *Lenticulina chicheryi* PAYARD : CUBAYNES, pl.32; fig.1-5.

1990 - *Lenticulina chicheryi* PAYARD : BOUTAKIOUT, p.118, pl. 8; fig. 14-18.

Espèce caractérisée essentiellement par une coquille à spire développée et à bourrelets suturaux épais en relief. Chez les morphogenres *Planularia* et *Falsopalmula* la partie déroulée est large et plus ou moins aplatie.

Variabilité : Elle se manifeste principalement dans le morphoggenre *Falsopalmula*. En effet chez ceux-ci, la partie initiale du test peut-être représentative des morphogenres *Lenticulina*, *Marginulinopsis* et le plus souvent *Planularia*. Le recouvrement de la partie initiale par les loges en chevrons est plus ou moins partiel:

- chez les individus allongés, les bords sont subparallèles et les loges en chevrons peu nombreuses ont une croissance latérale limitée,
- chez les individus à flancs évasés, les loges en chevrons (4 à 6) recouvrent plus ou moins la totalité de la partie initiale.

Les premières *chicheryi* qui apparaissent dans le Toarcien inférieur (sous-zone à *Falciferum*) ont des bourrelets suturaux moins marqués.

Morphogénres	Largeur (mm)	Longueur (mm)
<i>Lenticulina</i>	0,16 à 0,20	0,22 à 0,25
<i>Astacolus</i>	0,16 à 0,20	0,25 à 0,28
<i>Planularia</i>	0,17 à 0,20	0,30 à 0,35
<i>Marginulinopsis</i>	0,14 à 0,18	0,25 à 0,35
<i>Falsopalmula</i>	0,16 à 0,30	0,35 à 0,50

Répartition stratigraphique

- région étudiée : l'espèce apparaît au Toarcien inférieur, atteint son maximum de développement (tout le spectre) dans la zone à Bifrons et se continue dans le Toarcien supérieur (Assise à Gryphées).

- bibliographie : généralement citée dans le Toarcien inférieur-moyen. BOUTAKIOUT la signale dans le Toarcien moyen-Aalénien des rides sud-rifaines.

Lenticulina pretenuistriata RUGET, 1990
(pl. 4, fig. 1-11)

1986 - *Lenticulina tenuistriata* (PAYARD) mg. *Falsopalmula*: CUBAYNES, pl. 32; fig. 6, 7 et 8

1990 - *Lenticulina pretenuistriata* RUGET, p. 237 et 239; fig. 3

Très proche de *Lenticulina chicheryi* (PAYARD) par ses bourrelets suturaux en relief, sa principale caractéristique réside dans le développement d'un réseau de côtes qui forment avec les bourrelets suturaux une réticulation subréctangulaire. Les côtes verticales ont tendance à se rejoindre dans la partie centrale du test.

Dans notre matériel, le spectre *Lenticulina pretenuistriata* est représenté par les morphogénres *Astacolus*, *Planularia* et *Falsopalmula*. Ce dernier est bien différencié dans la zone à Bifrons et domine en effectif (70%) les autres éléments du spectre.

Discussion : Par sa forme générale et ses bourrelets suturaux, l'espèce *pretenuistriata* paraît dériver de l'espèce *chicheryi*. Son ornementation en réseau réticulé annonce celle de *Lenticulina tenuistriata* (FRANKE) du Toarcien

supérieur (CUBAYNES et al. , 1990). Le passage de *Lenticulina chicheryi* à *Lenticulina tenuistriata* pourrait alors s'effectuer par l'intermédiaire de *Lenticulina pretenuistriata* grâce à un processus d'évolution anagénétique.

Morphogenres	Largeur (mm)	Longueur (mm)
<i>Lenticulina</i>	0,16	0,25
<i>Astacolus</i>	0,20	0,30
<i>Planularia</i>	0,18 à 0,20	0,27 à 0,32
<i>Falsopalmula</i>	0,28 à 0,35	0,45 à 0,60

Répartition stratigraphique

- région étudiée : zone à Bifrons, sous-zone à Bifrons.
- bibliographie : zone à Bifrons

Lenticulina d'orbigny (ROEMER), 1839 mg. *Lenticulina*, *Astacolus*,
Marginulinopsis
 (pl. 5, fig. 1-4)

1839 - *Peneroplis d'orbigny* ROEMER, p. 47; pl. 20; fig. 31

1955 - *Lenticulina d'orbigny* (ROEMER) : BARTENSTEIN, p. 171; pl. 20; fig. 1-5

1936 - *Cristellaria (Lenticulina) d'orbigny* (ROEMER) : FRANKE, p. 118; pl. 12; fig. 4

1985 - Spectre *Lenticulina d'orbigny* (ROEMER) : RUGET, p. 82; pl. 42; fig. 1-12

1990 - *Lenticulina d'orbigny* (ROEMER) : BOUTAKIOUT, p. 171; pl. 20; fig. 1-3

Proche de *L. pretenuistriata* par sa forme générale, elle s'en distingue par son ornementation plus régulière et l'absence des côtes intersuturales. Le relief des sutures diminue progressivement vers la partie supérieure du test. Chez le morphogène *Marginulinopsis*, la dernière loge est lisse.

Morphogenres	Largeur (mm)	Longueur (mm)
<i>Lenticulina</i>	0,22 à 0,24	0,29 à 0,32
<i>Astacolus</i>	0,17 à 0,20	0,28 à 0,30
<i>Marginulinopsis</i>	0,33 à 0,36	0,17 à 0,20

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien supérieur (zone à Thouarsense), base des Marnes noires à *Pseudogrammoceras*.
- bibliographie : Toarcien moyen-Aalénien

Lenticulina sublaevis* (FRANKE), 1936 mg. *Saracenaria
(pl. 2, fig. 1-3)

- 1936 - *Cristellaria (Saracenaria) sublaevis* FRANKE, p. 98, pl. 9; fig. 30-31
 1981 - *Saracenaria sublaevis* (FRANKE) : COPESTAKE et JOHNSON, p. 98; pl. 6.1.4; fig. 6
 1985 - *Lenticulina sublaevis* (FRANKE) mg. *Saracenaria* : RUGET, p. 75; pl. 36; fig. 11
 1990 - *Lenticulina sublaevis* (FRANKE) mg. *Saracenaria* : BOUTAKIOUT, p.118; pl. 8; fig.5-6

La coquille lisse est composée d'une partie spiralée de 2 à 3 loges et d'une partie déroulée de 3 à 6 loges. La hampe a une section triangulaire.

Variabilité : elle concerne la taille et le nombre des loges. Le passage plus ou moins continu entre les morphogenres *Saracenaria* et *Saracenella* rend difficile l'attribution de certains specimens à ces deux morphogenres.

Largeur (mm)	Longueur (mm)
0,24 à 0,40	0,42 à 0,54

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien inférieur (zone à *Tenuicostatum*)
- bibliographie : Domérien supérieur

Lenticuna toarcense* PAYARD, 1947 mg. *Lenticulina
(pl. 5, fig. 15)

- 1947 - *Lenticulina toarcense* PAYARD, p. 88; pl. 7; fig. 1
 1985 - *Lenticulina toarcense* PAYARD mg. *Lenticulina* : RUGET, p.82; pl. 44; fig. 5
 1990 - *Lenticulina toarcense* PAYARD mg. *Lenticulina* : BOUTAKIOUT, p.115; pl. 7; fig. 6-7

Coquille à spire involute formée de 7 à 12 loges. Cette espèce est caractérisée par son cal ombilical épais d'où partent les sutures, et par une carène sur le bord périphérique qui s'estompe sur les deux dernières loges.

Variabilité : omniprésente dans tous les prélèvements du Toarcien que j'ai effectués, cette espèce est dotée d'une variabilité concernant le nombre de loges, la taille de la coquille et le relief des sutures.

PAYARD la différencie de *Lenticulina polylobata* PAYARD par l'existence, chez cette dernière, d'une carène tranchante et persistante jusqu'à la dernière loge et par le nombre élevé de loges.

La carène ne constitue pas un caractère fiable pour distinguer les deux espèces car elle peut être usée ou casée.

Largeur (mm)	Longueur (mm)
0,28 à 0,35	0,35 à 0,45

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien
- bibliographie : Toarcien

Lenticulina subovalis (MAMONTOVA), 1957 mg. *Planularia*
(pl. 5, fig. 12-13)

1957 - *Cristellaria (Astacolus) subovalis* MAMONTOVA, p. 203; pl. IV; fig. 4

1972 - *Lenticulina (Planularia) subovalis* (MAMONTOVA) : RUGET & SIGAL, p. 148; pl. 1; fig. 5-7

1985 - *Lenticulina subovalis* (MAMONTOVA) mg. *Planularia* : RUGET, p. 83; pl. 44; fig. 14-16

1986 - *Lenticulina subovalis* (MAMONTOVA) mg. *Planularia* : BOUDCHICHE, p. 81; pl. 4, fig. 11

Coquille ovale composée de 5 à 8 loges bombées et séparées par des sutures plus ou moins déprimées et arquées. Les loges croissent rapidement en largeur et convergent vers le proloculus de grande taille et ovale.

Largeur (mm)	Longueur (mm)
0,18 à 0,20	0,25 à 0,35

Répartition stratigraphique

- région étudiée : zone à Bifrons
- bibliographie : de la zone à Serpentinus au Bajocien moyen

Lenticulina cordiformis (TERQUEM), 1863 mg. *Planularia*
(pl. 5, fig. 11)

- 1863 - *Cristellaria cordiformis* TERQUEM, p. 203; pl. 9; fig. 14
1936 - *Cristellaria (Planularia) cordiformis* (TERQUEM) : FRANKE, p. 95; pl. 9; fig. 18-21
1948 - *Lenticulina (Planularia) cordiformis* (TERQUEM) : BARTENSTEIN, pl. 2, fig. 13-14
1968 - *Planularia cordiformis* (TERQUEM) : WELZEL, p. 47-48; pl. 2; fig. 39
1985 - *Lenticulina cordiformis* (TERQUEM) mg. *Planularia* : RUGET, p. 74; pl. 32; fig. 10-11
1990 - *Lenticulina cordiformis* (TERQUEM) mg. *Planularia* : BOUTAKIOUT, p.116; pl.8; fig.1

La coquille à flancs plats est constituée de 4 à 6 loges étroites, allongées, légèrement renflées et inclinées vers le proloculus sphérique et globuleux. Les sutures sont légèrement déprimées ou à ras du test.

Cette espèce est proche de *Lenticulina subovalis* (MAMONTOVA) mg. *Planularia* mais cette dernière s'en distingue par la forme de ses dernières loges très arquées et ses sutures plus déprimées.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien inférieur-moyen
- bibliographie : Lias-Aalénien

Lenticulina filosa (TERQUEM), 1866 mg. *Planularia*
(pl. 5, fig. 14; pl. 6, fig. 8)

- 1866 - *Cristellaria filosa* TERQUEM, p. 517; pl. 22; fig. 8
1947 - *Lenticulina (Planularia) filosa* (TERQUEM) : PAYARD, p. 94; pl. VII; fig. 15
1982 - *Lenticulina (Planularia) filosa* (TERQUEM) : RUGET, p. 66; pl. 4; fig. 3-4

La coquille allongée à flancs plats et bords parallèles, est composée d'une spire de 3 à 4 loges subtriangulaires surmontée par 4 à 5 loges obliques par rapport au bord ventral.

Cette espèce diffère de *Lenticulina cordiformis* (TERQUEM) et de *Lenticulina subovalis* (MAMONTOVA) par sa forme plus allongée et étroite. La spire initiale développée, est suivie de loges non convergentes vers le proloculus.

Largeur (mm)	Longueur (mm)
0,10 à 0,14	0,30 à 0,34

Répartition stratigraphique

Région étudiée : Toarcien inférieur-moyen

Bibliographie : Domérien-Dogger

Lenticulina sigma (TERQUEM), 1866 mg. *Marginulinopsis*
(pl. 6, fig. 4-5)

1866 - *Marginulina sigma* TERQUEM, p. 500; pl. 21; fig. 6-7

1967 - *Marginulinopsis sigma* (TERQUEM) : RUGET & SIGAL, p. 37; pl. 1; fig. 3

1976 - *Marginulinopsis sigma* (TERQUEM) : RUGET, p. 106; pl. 13; toutes les figures

1985 - *Lenticulina sigma* (TERQUEM) mg. *Marginulinopsis* : RUGET, p. 65; pl. 20; fig. 1

Coquille constituée par une spire réduite et une hampe de 3 à 4 loges obliques par rapport au bord distal en forme de sigmoïde.

	Largeur (mm)	Longueur (mm)
Spire	0,16 à 0,20	0,12 à 0,18
Hampe	0,12 à 0,15	0,36 à 0,52

Répartition stratigraphique

- région étudiée : zone à Bifrons (coupe de la Cérède)

- bibliographie : Elle est décrite dans le Lias inférieur où elle est associée à *Lenticulina vetusta* (d'ORBIGNY) mg. *Marginulinopsis*.

Généralement cette espèce se rencontre le plus souvent au Lias inférieur.

Lenticulina pennensis CUBAYNES & RUGET, 1983 mg. *Marginulinopsis*,
Lenticulina
(pl. 6, fig. 1-3, 11)

1983 - *Lenticulina* (*Marginulinopsis*) *pennensis* CUBAYNES & RUGET, p. 376; pl. 1; fig. 1-13

1985 - *Lenticulina pennensis* (CUBAYNES & RUGET) mg. *Marginulinopsis* : RUGET, p. 84; pl. 44; fig. 9, 12-13

1986 - *Lenticulina pennensis* (CUBAYNES & RUGET) mg. *Marginulinopsis* : BOUDCHICHE, p. 82; pl. 5; fig. 3

1990 - *Lenticulina pennensis* (CUBAYNES & RUGET) mg. *Marginulinopsis* : BOUTAKIOUT, p. 119; pl. 9; fig. 4

Coquille robuste, composée dans la partie spiralée de 6 à 12 loges triangulaires et plus larges que hautes; dans la partie déroulée, les loges sont obliques. L'espèce se caractérise essentiellement par un épaississement de la partie médiane de la coquille et par ses bords marginaux pincés.

Le morphogénre *Lenticulina* ressemble à l'espèce *toarcense* mais elle s'en distingue par le pincement des bords.

Morphogénres	Largeur (mm)	Longueur (mm)
<i>Lenticulina</i>	0,25 à 0,28	0,40 à 0,44
<i>Marginulinopsis</i>	0,17 à 0,20	0,45 à 0,55

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien moyen (zones à Bifrons et Variabilis)
- bibliographie : cette espèce est décrite dans le Toarcien moyen (zone à Bifrons). C'est une forme typique de ce niveau.

b. Conclusions biostratigraphiques sur le genre *Lenticulina*

Le genre *Lenticulina* domine les populations de foraminifères benthiques dans la série toarcienne du Quercy. Parmi les espèces rencontrées, nous avons pu distinguer :

- des espèces à grande répartition stratigraphique: *L. toarcense* mg. *Lenticulina*, espèce ubiquiste dont la taille (surface de la coquille) change suivant les conditions du milieu. Présente dès le Toarcien inférieur, associée à *L. sublaevis* mg. *Saracenaria* dans la zone à *Tenuicostatum*, elle est fréquente dans tous les niveaux de Toarcien. Le spectre *L. chicheryi* se rencontre depuis la sous-zone à *Faliciferum* jusqu'au Toarcien supérieur.
- des espèces à répartition stratigraphique limitée : *L. pennensis* mg. *Lenticulina* et *Marginulinopsis* (Toarcien moyen) et le spectre *L. pretenuistriata* (sous-zone à Bifrons). *L. sublaevis* mg. *Saracenaria* ne dépassent pas la zone à *Tenuicostatum*. Le spectre *L. d'orbigny* se rencontre dans tout le Toarcien supérieur.
- des espèces à grande variabilité morphologique et se reliant dans le temps : *L. chicheryi*, *L. pretenuistriata* et *L. d'orbigny*. Au début de ce chapitre

sur les Lenticulines, nous avons évoqué le problème de la variabilité morphologique de ce genre qui justifiait la notion de morphogénre. Si chacune de ces espèces citées ci-dessus s'exprime sous forme de mêmes morphogénres (le plus commun étant *Falsopalmula*), elles se distinguent pourtant par leur ornementation.

L. pretenuistriata à répartition stratigraphique limitée (sous-zone à Bifrons), est caractérisée par son ornementation en réseau réticulé. Ce caractère la rapproche de *L. tenuistriata* (FRANKE). Ses bourelets intersuturales sont semblables à ceux de *L. chicheryi*. Elle paraît donc dériver de *L. chicheryi* de la base de la sous-zone à Bifrons et jouer le rôle d'ancêtre de *L. tenuistriata* (FRANKE) chez laquelle l'ornementation devient dense et finit par oblitérer les espaces intersuturales. Ce phénomène est qualifié (CUBAYNES et al., 1990) de spéciation sympatrique qui s'effectue par évolution anagénétique dans un milieu de plateforme distale du domaine infralittoral, au passage du haut-niveau de la séquence Toa2 au bas-niveau de la séquence Toa3. Dans notre domaine d'étude elle apparaît plus tardivement, dans l'intervalle transgressif de la séquence Toa3.

2.2.2. Genre *Citharina* d'ORBIGNY, 1839

a. Introduction

Ce genre est caractérisé par une coquille comprimée, unisériée, composée de loges basses et étroites (croissance régulière en largeur), inclinées vers le bord ventral. L'ornementation est constituée de côtes dont le relief et le nombre sont variables. Elles se développent sur des flancs plats ou bombés. La section est rectangulaire ou légèrement elliptique. Le bord dorsal est droit ou arqué.

Ce genre diffère du genre *Vaginulina* par sa forme triangulaire et sa section rectangulaire, et du genre *Marginulina* par son stade initial non spiralé. Les Citharines ont des points communs avec les *Marginulina* et les *Planularia*, c'est pour cette raison qu'elles ont été classées par plusieurs auteurs - notamment TERQUEM (1839), CORNEL (1846), REUSS (1845) - dans ces genres.

Les premières espèces de ce genre apparaissent au Toarcien inférieur et atteignent leur maximum de diversification au Toarcien moyen. Du fait de sa courte extension dans le temps, le genre *Citharina* présente un grand intérêt biostratigraphique. Les variations de son effectif relatif dans les populations de nodosariidés représentent un indice remarquable dans la détection des variations

de la profondeur du milieu de dépôt, principalement dans une plate forme distale du domaine infralittoral (et notamment, comme nous l'avons précédemment démontré, pour l'identification des cortèges sédimentaires).

PAYARD (1947) a proposé le nom de *Pseudocitharina* pour les formes du Lias, considérant que ce phylum évoluait par une résorption du stade initial vers les vraies Citharines du Crétacé inférieur.

C'est dans son inventaire des foraminifères du Lias supérieur du détroit poitevin que PAYARD (1947) présente une étude très détaillée de ce genre en reprenant les espèces de TERQUEM, décrites sous le nom de genre *Marginulina*. Il distingue alors dans la population poitevine 35 espèces ou variétés.

Malgré les descriptions détaillées et abondantes des espèces du genre *Citharina*, le travail de PAYARD présente des inconvénients d'ordre systématique liés principalement à la méconnaissance de la notion biologique de l'espèce (variabilité) et aux figurations (dessins) qui ne reflètent peut être pas toujours la réalité. Une importance trop grande a été donnée à certains caractères secondaires (présence ou absence des carènes, nombre de côtes) pour la définition de nouvelles espèces. Cependant on trouve déjà exprimée l'idée du regroupement des espèces de Citharines dans deux grands ensembles :

- un premier à flancs plats avec : *C. spuria*, *C. pseudorecta*, *C. heteropleura*, *C. colliezi* var. *parallela*, *C. cornucopiae*, *C. gladius*, *C. chicheryi*, *C. fallax*, *C. gillardi*, *C. tricosta*, *C. mariei*, *C. longuemari*, *C. dorsoventrocarinata*, *C. cytherella*, *C. subaequiliteralis* var. *assymetrica*, *C. enigmatica* et *C. fasciata*.

- un deuxième à flancs bombés, section ovale ou elliptique : *C. gradata*, *C. radiata*, *C. proxima*, *C. inconstans*, *C. welschi*, *C. subaequiliteralis* var. *typica*, *C. gillardi*, *C. toarcense*, *C. proxima* var. *dorsoventrocarinata*, *C. proxipma* var. *compressa* et *C. inversa*.

Ce regroupement en deux ensembles a été confirmé, plus tard, par une étude biométrique (NICOLLIN, 1981) sur une population toarcienne de Saint-Denis (DEUX-SEVRES). Elle a été adoptée par RUGET (1985) dans son étude des foraminifères du Lias de l'Europe occidentale. Ces auteurs distinguent trois groupes au lieu des deux de PAYARD, en faisant éclater l'ensemble des espèces à flancs plats en deux groupes :

- Citharines à flancs plats, côtes fines et nombreuses : *C. charollensis*, *C. colliezi* et *C. cornucopiae*;

- Citharines à flancs plats et côtes fortes et peu nombreuses : *C. cytherella*, *C. dorsoventrocarinata*, *C. tricosta*, *C. chicheryi*, *C. fallax*, *C. fasciata*, *C. longuemari*, *C. subaequilateralis*, *C. gillardi*, *C. gradata*;

- Citharines à flancs bombés : *C. proxima*, *C. toarcense*, *C. welschi*, *C. iberica* et *C. inconstans*.

Dans le présent chapitre, nous décrirons les espèces rencontrées dans la série toarcienne du Quercy septentrional, puis nous exposerons notre point de vue sur le regroupement des espèces de ce genre en tenant compte, non seulement de la variabilité, mais aussi des liens évolutifs. Une étude statistique a été réalisée sur deux populations de 50 individus en appliquant la méthode des "Eingenshapes analysis" (étude de la forme et de la surface des Citharines) et l'Analyse en Composantes Principales incluant plusieurs paramètres mesurables afin de vérifier l'homogénéité ou l'hétérogénéité de ces populations.

b. Espèces de Citharines rencontrées

Citharina colliezi (TERQUEM), 1866

(pl. 7, fig. 1-4)

1866 - *Marginulina colliezi* TERQUEM, p. 430; pl. 12; fig. 10a-c

1868 - *Marginulina flabelloides* TERQUEM, p. 102; pl. 6; fig. 1-3

1947 - *Pseudocitharina colliezi* (TERQUEM) : PAYARD, p. 123; pl. II; fig. 1-7

1976 - *Citharina colliezi* (TERQUEM) : RUGET, p. 63, fig. 1-3

1982 - *Citharina colliezi* (TERQUEM) : RUGET, p. 56-57; pl. 1; fig. 4 et 15

1990 - *Citharina colliezi* (TERQUEM) : BOUTAKIOUT, p. 143; pl. 13; fig. 6-8

Coquille à flancs plats et sutures légèrement déprimées. L'ornementation du test est constituée de costules nombreuses, parallèles et obliques par rapport au bord dorsal.

C'est une espèce dotée d'une grande variabilité concernant : la croissance en largeur des loges, leur inclinaison vers le bord ventral et la présence ou l'absence de carènes. Le dimorphisme sexuel s'exprime par la présence des formes microsphériques (petit proloculus) à loges étroites et nombreuses et les formes mégalosphériques (grand proloculus) à loges peu nombreuses.

Si l'on examine la costulation, on peut rassembler sous le nom de *Citharina colleezi* plusieurs espèces qui représentent probablement des variants intraspécifiques : *Citharina colleezi* var. *parallela*, *Citharina spuria* définie par TERQUEM & BERTHELIN par l'absence d'ornementation. Cependant, certains individus de cette espèce examinés au M.E.B montrent une costulation faible qui n'était pas visible à la loupe. Cette observation a été également faite par BOUTAKIOUT (1990) chez des individus marocains

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien inférieur (sous-zone à *Falciferum*) jusqu'au Toarcien supérieur.
- bibliographie : Toarcien-Bajocien moyen

Citharina cornucopiae (TERQUEM), 1866

(pl. 7, fig. 5-8)

1866 - *Marginulina cornucopiae* TERQUEM, p. 72; pl. 2; fig. 19-20

1947 - *Pseudocitharina cornucopiae* (TERQUEM) : PAYARD, p. 126; pl. III; fig. 13

1982 - *Citharina cornucopiae* (TERQUEM) : RUGET, p. 56; pl. 1; fig. 7

1990 - *Citharina cornucopiae* (TERQUEM) : BOUTAKIOUT, p. 143; pl. 13; fig. 13-14

Par sa forme générale, cette espèce est très proche de *Citharina colleezi*, elle ne s'en distingue que par son ornementation de côtes plus ou moins fines, continues sur toute la surface des flancs et au passage des sutures.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : zones à Bifrons et Thouarsense
- bibliographie : Toarcien-Bathonien

Citharina charollensis RUGET & SIGAL, 1972

(pl. 7, fig. 9-14)

1972 - *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL, p. 148-149; pl. 1; fig. 9-15

1982 - *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL : RUGET, p. 56; pl. 1; fig. 16

1985 - *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL : RUGET, p. 79; pl. 45; fig. 7, 8 et 11

1990 - *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL : BOUTAKIOUT, p. 143; pl. 13; fig. 10-11

La principale caractéristique de cette espèce réside dans la forte inclinaison des loges vers la partie initiale. Ces loges forment un angle d'au moins 45° avec le bord dorsal. L'ornementation constituée par des costules est irrégulière. La coquille est munie de deux carènes tranchantes dont la conservation est variable selon les niveaux de prélèvement.

La longueur du bord ventral, distance entre le proloculus et l'extrémité ventrale de la dernière loge, constitue un caractère évolutif entre cette espèce et *Citharina colliezi*. On retrouve des formes de passage entre les deux espèces dont l'ornementation est celle de *charollensis* mais à bord ventral plus grand.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : zone à Thouarsense, rare dans la zone à Bifrons.
- bibliographie : Elle est définie dans le Toarcien supérieur, zone à Aalensis de Charolles (RUGET & SIGAL, 1972). Elle se rencontre dans le Toarcien inférieur - base de la zone à Bifrons des chaînes ibériques (Espagne) et dans le Toarcien moyen, zones à Bifrons et Gradata du Maroc du Nord.

Les premières Citharines à flancs plats et côtes fines et nombreuses qui apparaissent au Toarcien inférieur sont du type *Citharina colliezi* var. *parallela* de PAYARD. Les coquilles sont caractérisées par des bords subparallèles et des loges étroites (croissance en largeur limitée) et peu inclinées vers la partie initiale. Au Toarcien moyen, ces formes se diversifient et donnent naissance à :

- *Citharina cornucopiae* qui garde la forme générale de *Citharina colliezi* mais change d'ornementation;
- des formes annonçant *Citharina charollensis* par évasement des flancs et amplification de l'inclinaison des loges.

Il n'est donc pas impossible de penser qu'à partir de *Citharina colliezi*, apparue au Toarcien inférieur, se détachent au Toarcien moyen et supérieur *Citharina cornucopiae* et *Citharina charollensis*. Cette hypothèse paraît valable puisque on trouve des formes de passage entre *Citharina colliezi* et *Citharina charollensis* et entre *Citharina colliezi* et *Citharina cornucopiae*.

Citharina longuemari (TERQUEM), 1863

(pl. 8, fig. 7-11, 16)

1863 - *Marginulina longuemari* TERQUEM, p. 192; pl. 8; fig. 16-191866 - *Marginulina longuemari* TERQUEM, p. 4331947 - *Pseudocitharina longuemari* (TERQUEM) : PAYARD, p. 132-138; pl. IV, fig. 1-131982 - *Citharina longuemari* (TERQUEM) : RUGET, p. 59-60, pl. 1; fig. 3, 6, 9, 11-14 et 201985 - *Citharina longuemari* (TERQUEM) : RUGET, p. 80; pl. 46; fig. 11990 - *Citharina longuemari* (TERQUEM) : BOUTAKIOUT, p. 144; pl. 13; fig. 15-32

Cette espèce est caractérisée par l'évasement de ses flancs et son ornementation de côtes fortes et peu nombreuses, localisée sur une partie des flancs. Les loges obliques, séparées par des sutures légèrement déprimées, sont visibles dans la partie distale du test non ornée ou comportant seulement de fines stries.

La position et l'importance du faisceau de côtes sur les flancs de la coquille ont permis à TERQUEM et PAYARD de mettre en évidence une grande variabilité dans ce groupe :

1. des formes à ornementation étendue sur toute la largeur des flancs : la variété *aalense* chez laquelle les côtes sont d'égal relief et la var. *gradata* qui diffère de la précédente par ses costules du côté ventral.

2. des formes à ornementation localisée, soit sur la partie dorsale des flancs (variétés *clathrata*, *vagina* et *cordata*), soit sur la partie centrale des flancs (variété *angusta*).

Dans nos prélèvements les variétés les plus répandues sont :

- *gradata* : caractérisée par un faisceau de 4 à 5 côtes fortes, localisé sur la partie dorsale du flanc. Sur sa partie lisse où les loges sont visibles, se développent parfois de très fines costules . C'est la variété la plus répandue et dominante dans nos prélèvements.

- var. *aalense* : elle diffère de *gradata* par son ornementation de 5 à 6 côtes à égal relief (fort) occupant presque la totalité de la surface des flancs et par la croissance limitée des loges en largeur. C'est une forme proche de *Citharina fallax*, elle s'en distingue par ses côtes non parallèles au bord dorsal.

Chez les individus quercynois, ces deux variétés s'opposent aux autres par leur forme et leur ornementation et la distinction entre les deux est plus facile et concorde avec celle de PAYARD.

- var. *angusta* : forme allongée ou évasée, caractérisée essentiellement par un faisceau de 3 à 4 côtes, localisé dans la partie centrale du test. Elle ne diffère de la variété *cordata* que par l'existence chez celle-ci de 2 à 3 côtes, situées entre le faisceau central et la marge dorsale, qui partent à différents niveaux du test et atteignent la dernière loge. C'est pour cette raison que nous proposons le regroupement de ces deux variétés sous le nom de *Citharina longuemari* var. *angusta-cordata*.

***Citharina clathrata* (TERQUEM), 1863**

(pl. 8, fig. 12-14)

- 1863 - *Marginulina longuemari* var. *clathrata* TERQUEM, p. 193; pl. 8; fig. 16, 19ab
 1947 - *Pseudocitharina longuemari* var. *clathrata* (TERQUEM) : PAYARD, p. 134; pl. IV, fig. 1
 1971 - *Vaginulina clathrata* (TERQUEM) : WERNLI, p. 334; pl. 4; fig. 3-5
 1973 - *Vaginulina clathrata* (TERQUEM) : RUGET, p. 528, pl. 6; fig. 5-10 et 12
 1979 - *Citharina clathrata* (TERQUEM) : OULMACH, p. 72; pl. 25, fig. 3
 1982 - *Citharina clathrata* (TERQUEM) : RUGET, p. 59, pl. 1; fig. 9 et 20
 1990 - *Citharina clathrata* (TERQUEM) : BOUTAKIOUT, p. 146; pl. 14; fig. 4-5

Coquille triangulaire à bords légèrement courbés. Les loges à croissance rapide en largeur, sont inclinées vers le bord ventral. L'ornementation des flancs est composée de 2 à 3 côtes à fort relief partant du proloculus jusqu'à la dernière loge à proximité de l'ouverture et d'une ou deux côtes plus courtes du côté ventral.

La limite entre les formes voisines de *Citharina longuemari* et cette espèce est très difficile à définir. Nous considérons que le passage entre les deux espèces est continu.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien moyen
- bibliographie : Toarcien-Dogger

***Citharina fallax* (PAYARD), 1947**

(pl. 8, fig. 1-2, 15)

1947 - *Pseudocitharina fallax* PAYARD, p.129; pl. 5; fig. 1-41982 - *Citharina fallax* (PAYARD) : RUGET, p. 57; pl. 1; fig. 21985 - *Citharina fallax* (PAYARD) : RUGET, p. 80; pl. 45; fig. 1,121990 - *Citharina fallax* (PAYARD) : BOUTAKIOUT, p. 146, pl. 13; fig. 25-26

Coquille robuste, de grande taille et de forme allongée, à flancs plats et bords subparallèles. L'ornementation se compose de 6 à 10 côtes de fort relief, parallèles au bord dorsal, avec parfois une intercalation de petites costules irrégulières.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : sommet du Toarcien inférieur-Toarcien supérieur
- bibliographie : Toarcien moyen-Aalénien

***Citharina iberica* RUGET, 1982**

(pl. 8, fig. 3-6)

1982 - *Citharina iberica* RUGET, p. 58; pl. 2; fig. 6 et 111985 - *Citharina iberica* RUGET, p. 81; pl. 45; fig. 21986 - *Citharina iberica* RUGET : CUBAYNES, pl. 34; fig. 91990 - *Citharina iberica* RUGET : BOUTAKIOUT, p.144; pl. 13; fig. 15-16

Coquille robuste à flancs bombés. Le bord dorsal est rectiligne et légèrement recourbé dans sa partie initiale. Le proloculus elliptique est rejeté vers le bord ventral.

L'ornementation, constituée de 6 à 10 côtes à fort relief et obliques, est très caractéristique de cette espèce. Elle s'organise en deux parties : des côtes partent du proloculus et butent sur le bord dorsal; d'autres prennent naissance à différents niveaux sur le bord ventral et atteignent la dernière loge.

La variabilité au sein de cette espèce concerne le nombre des côtes et l'évasement des flancs.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien inférieur (sous-zone à *Falciferum*)
- bibliographie : généralement signalée au passage Toarcien inférieur-moyen, BOUTAKIOUT la raconte fréquemment dans le Toarcien moyen.

Citharina enigmatica (PAYARD), 1947

(pl. 9, fig. 1-2)

1947 - *Pseudocitharina enigmatica* PAYARD, p. 141; pl. V; fig. 61981 - *Citharina enigmatica* (PAYARD) : NICOLLIN, p. 12, pl. 1, fig. 8

Coquille allongée, carénée à flancs plats et étroite. Les loges nombreuses, peu inclinées ont une croissance en largeur stabilisée. Son ornementation la différencie des autres *Citharines*. Une côte centrale part du proloculus et atteint la dernière loge. Du côté ventral, les côtes partent à différents niveaux et arrivent toutes à la dernière loge, tandis que du côté dorsal, les côtes secondaires s'arrêtent à différentes hauteurs du test.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien inférieur (sous-zone à *Falciferum*)
- bibliographie : PAYARD la cite dans le Toarcien supérieur dans un seul gisement (Beaulieu-sous-Parthenay). Des formes proches munies de deux carènes ont été trouvées dans le Toarcien supérieur de Deux-Sèvres (NICOLLIN, 1981).

Citharina dorsoventrocarinata (PAYARD), 1947

(pl. 9, fig. 3)

1947 - *Pseudocitharina dorsoventrocarinata* PAYARD, p. 139, pl. V; fig. 7-81985 - *Citharina dorsoventrocarinata* (PAYARD) : RUGET, p. 79; pl. 45; fig. 6

Coquille à flancs plats et bord dorsal rétiligne. L'ornementation est composée de 5 à 6 côtes à fort relief. La principale caractéristique de l'espèce réside dans le décalage des côtes à mi-hauteur du test ou la présence d'une côte médiane en genou.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien inférieur-moyen
- bibliographie : Toarcien

***Citharina tricosta* (PAYARD), 1947**

(pl. 9, fig. 11)

1947 - *Pseudocitharina tricosta* PAYARD, p. 131, pl. III; fig. 181982 - *Citharina tricosta* (PAYARD) : RUGET, p. 61; pl. 1; fig. 10

Coquille de petite taille souvent étroite. L'ornementation typique est formée de 3 côtes parallèles, parcourant la partie médiane des flancs plats du proloculus jusqu'à la suture inférieure de la dernière loge.

Dans nos populations, à côté des individus typiques répondant à la description de PAYARD, nous avons rencontré des variants de cette espèce montrant une côte supplémentaire du côté ventral ou une continuité de l'ornementation sur la dernière loge.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien inférieur-moyen
- bibliographie : Toarcien-Aalénien

***Citharina cytharella* (TERQUEM), 1866**

(pl. 9, fig. 8-10)

1866 - *Marginulina cytharella* TERQUEM, p. 99; pl. 5; fig. 25-301947 - *Pseudocitharina cytharella* (TERQUEM) : PAYARD, p. 139; pl. IV; fig. 15-161985 - *Citharina cytharella* (TERQUEM) : RUGET, p. 79; pl. 45; fig. 3

Elle se distingue principalement par son côté dorsal cintré et son ornementation formée de 6 à 7 côtes, fortes, parallèles au bord dorsal. Les loges nombreuses (9 à 12), fortement inclinées et à croissance en largeur stabilisée, sont séparées par des sutures peu apparentes.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien inférieur-moyen
- bibliographie : Toarcien-Bathonien

Citharina proxima (TERQUEM), 1867

(pl. 9, fig. 5-6)

1867 - *Marginulina proxima* TERQUEM, p. 62, pl. 1, fig. 13-201936 - *Vaginulina proxima* (TERQUEM) : FRANKE, p. 85; pl. 8; fig. 341947 - *Pseudocitharina proxima* (TERQUEM) : PAYARD, p. 144; pl. 3; fig. 23-251990 - *Citharina proxima* (TERQUEM) : BOUTAKIOUT, 145; pl. 13; fig. 23-24

Coquille très étroite, faiblement carénée, à flancs bombés et à bords subparallèles. Les loges nombreuses ont une croissance limitée en largeur. Son ornementation caractéristique est composée de côtes (4 à 6) à fort relief, réparties sur toute la surface du test, dont 3 ou 4 partent du proloculus en un faisceau divergent.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien inférieur-moyen
- bibliographie : Toarcien-Dogger

Citharina subaequilateralis (TERQUEM), 1867

(pl. 9, fig. 15-17)

1867 - *Marginulina subaequilateralis* TERQUEM, p. 60; pl. 1; fig. 3-121947 - *Pseudocitharina subaequilateralis* (TERQUEM) : PAYARD, p. 140; pl. IV; fig. 18 et 201982 - *Citharina subaequilateralis* (TERQUEM) : RUGET, p. 61; pl. 2; fig. 4, 16, 18; pl. 1; fig. 171985 - *Citharina subaequilateralis* (TERQUEM) : RUGET, p. 80; pl. 46; fig. 3

Coquille de taille variable à flancs plats ou bombés, possédant une carène sur les deux bords. La marge dorsale est très arquée. Les côtes fortes et divergentes recouvrent presque la totalité de la surface des flancs.

Selon la forme du bord dorsal et la relation de l'ornementation avec les bords, PAYARD a distingué deux variétés que je retrouve dans mes prélèvements :

- var. *assymetrica* : l'ornementation est formée de côtes fortes issues du proloculus, s'estompant sur la marge proximale du côté dorsal et atteignant la dernière loge du côté ventral. Le bord dorsal est légèrement arqué et muni d'une faible carène.

- var. *typica* : elle diffère de la première variété par le bombement des flancs donnant à la coquille un aspect globuleux et par la disposition des côtes en deux faisceaux, l'un parallèle au bord dorsal, l'autre au bord ventral.

Répartition stratigraphique

- région étudiée : Toarcien moyen (zone à Bifrons)
- bibliographie : généralement citée depuis le sommet de la zone à Serpentinum jusqu'à la zone à Bifrons. Dans les Deux-Sevres, Nicollin (1981) la rencontre abondante dans le Toarcien supérieur.

Citharina inconstans (TERQUEM), 1867

(pl. 9, fig. 13)

1867 - *Marginulina inconstans* TERQUEM, p. 66; pl. 2; fig. 1-2

1947 - *Pseudocitharina inconstans* (TERQUEM): PAYARD, p. 148; pl. 4; fig. 17

1985 - *Citharina inconstans* (TERQUEM) : RUGET, p. 81; pl. 46; fig. 2

1990 - *Citharina inconstans* (TERQUEM) : BOUTAKIOUT, p. 146; pl. 14; fig. 4-5

Coquille de petite taille, évasée, à flancs bombés. L'ornementation est composée de 5 à 7 côtes à fort relief, parallèles entre elles et obliques par rapport au bord dorsal. Chez quelques specimens, les côtes (2 à 3) qui partent du proloculus sont parallèles au bord dorsal.

Remarque : Il est parfois difficile de faire une distinction (basée essentiellement sur la disposition des côtes sur les flancs) dans les populations de petites tailles entre *Citharina inconstans*, *Citharina subaequiliteralis* var. *typica* et *Citharina welschi*. Ces trois formes peuvent être regroupées en une seule espèce comme l'a suggéré BOUTAKIOUT (1990) pour les populations Sud-Rifaines (Maroc).

Répartition stratigraphique

- région étudiée : sommet de la zone à Serpentinum - zone à Bifrons
- bibliographie : Toarcien-Bathonien

b. Biostratigraphie du genre *Citharina*

Dans le Toarcien inférieur, le genre *Citharina* apparaît dès le sommet de la zone à *Serpentinus* (sous-zone à *Falciferum*) et s'épanouit au sommet de cette sous-zone et dans la zone à *Bifrons*.

Citharina colliezi (type *parallela* de PAYARD) et *Citharina iberica* constituent les premières populations de Citharines dans le Toarcien. Viennent s'ajouter progressivement à ces deux espèces dans la sous-zone à *Falciferum* des Citharines à coquille étroite : *Citharina proxima*, *Citharina fasciata*, *Citharina tricosta*, *Citharina dorsoventrocarinata* et *Citharina enigmatica*. *Citharina fallax* est représentée par des formes étroites à loges peu inclinées.

Dans la zone à *Bifrons* (séquences Toa3 et Toa4), les espèces étroites sont supplantées par des espèces à coquille évasée et à côtes moins nombreuses mais fortes et localisées sur une partie des flancs : *Citharina longuemari* var. *gradata*, *Citharina longuemari* var. *angusta-cordata*, *Citharina longuemari* var. *aalense* et *Citharina clathrata*.

Dans la zone à *Thouarsense* (marnes noires à *Pseudogrammoceras*), seules *Citharina colliezi*, *Citharina charollensis*, *Citharina cornucopiae* et *Citharina fallax* en nombre très faible représentent les Citharines quand le milieu de vie le permettait (oxygenation des milieux lors des phases transgressives).

Au Toarcien supérieur (zone à *Insigne*, *Pseudoradiosa* et *Aalensis*), les populations de Citharines sont représentées par quelques individus (2 à 3) de *Citharina fallax*, *Citharina colliezi*, *Citharina clathrata* et *Citharina cornucopiae*.

Certaines espèces présentent des liens phyllétiques et peuvent former des chaînes évolutives :

- groupe à flancs très plats et côtes nombreuses : c'est à partir de *Citharina colliezi* que se ramifient au Toarcien moyen puis supérieur *Citharina cornucopiae* et *Citharina charollensis*.

- *Citharina fallax* nous paraît représenter un phylum à partir duquel se détachent au Toarcien moyen toutes les variétés de *Citharina longuemari*.

L'évolution des Citharines au cours du Toarcien s'exprime essentiellement par l'évasement des flancs, l'inclinaison des loges vers la partie initiale et la localisation de l'ornementation sur une partie des flancs. Ainsi une population dominée par des formes étroites à ornementation généralisée caractérise le Toarcien inférieur (sous-zone à *Falciferum*) ; en revanche une population avec des formes évasées à ornementation réduite (*Citharina longuemari*) signale la zone à *Bifrons*.

2.2.3. Etude biométrique des Citharines

En utilisant des méthodes statistiques de population, nous avons tenté de vérifier la validité des espèces typologiques et d'étudier les variations de certains caractères d'un niveau stratigraphique à l'autre.

La seule étude biométrique du genre *Citharina* est celle réalisée par NICOLLIN (1981) sur des populations du Toarcien des "Deux-Sèvres". L'auteur réalisant un traitement de trois populations d'une trentaine d'individus provenant des zones à Variabilis, Thouarsense et Insigne, a distingué trois groupes homogènes qui ont été cités dans le chapitre "introduction" sur les Citharines.

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés au groupe des Citharines à flancs plats ou bombés et côtes peu nombreuses. Deux échantillons (coupe de la Cérède : CER14 et CER34) de 50 individus issus du sommet de la zone à Serpentinus (sous-zone à Falciferum) et de la zone à Bifrons (sous-zone à Bifrons), ont fait l'objet d'une étude biométrique.

L'étude biostratigraphique de ce genre a montré que le maximum de développement et de diversification des espèces de Citharines s'effectue durant l'intervalle sommet du Toarcien inférieur- Toarcien moyen (zone à Bifrons). Les populations du Toarcien supérieur, de faible effectif, ne se prêtent pas à une analyse statistique. C'est en se basant sur ces deux considérations que nous avons choisi nos deux populations.

Les paramètres étudiés sont de deux types :

- le périmètre, la surface et l'amplitude sont mesurés puis traités statistiquement grâce à l'utilisation de la méthode "Eigenshape Analysis". Cette méthode fait intervenir des moyens informatiques à la fois pour mesurer les paramètres (digitalisation) et calculer la forme moyenne de l'échantillon après avoir effectué les traitements statistiques appropriés.

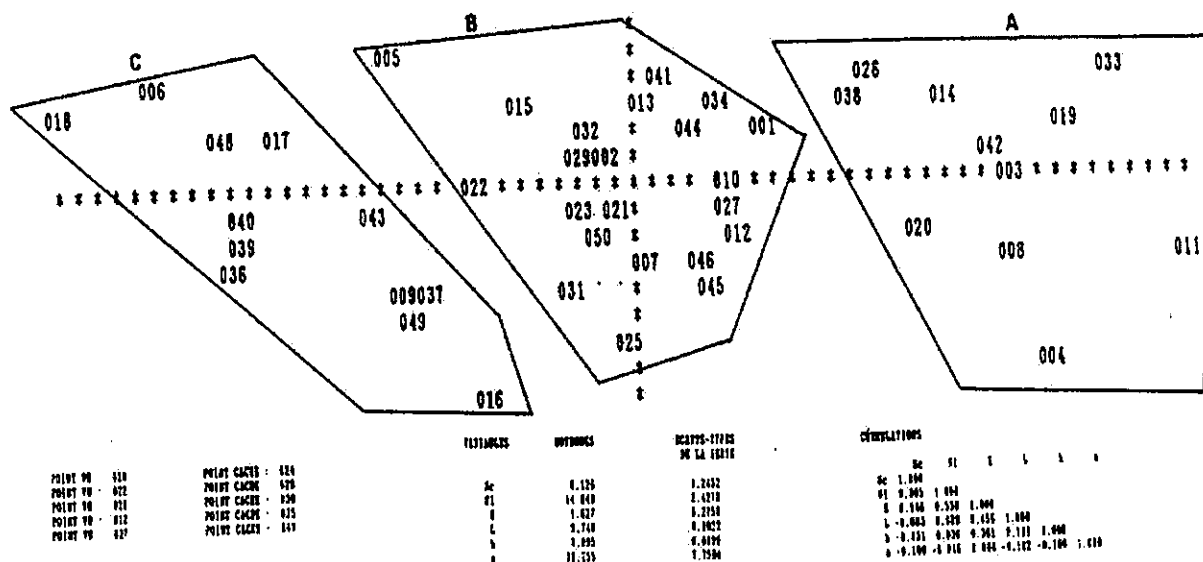
- les paramètres usuels (longueur, largeur, angle d'inclinaison des loges, nombre des loges, nombre des côtes) et les indices relatifs ont fait l'objet d'une analyse multivariée (Analyse en Composantes Principales), bivariée et univariée.

a. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'ACP a pour but de représenter un ensemble d'observations d'un certain nombre de variables appartenant à un espace de dimensions élevées dans un

POPULATION DE LA SOUS-ZONE A BIFRONS

REPRESENTATION PLAN 1 2 AXE 1 HORIZONTAL AXE 2 VERTICAL

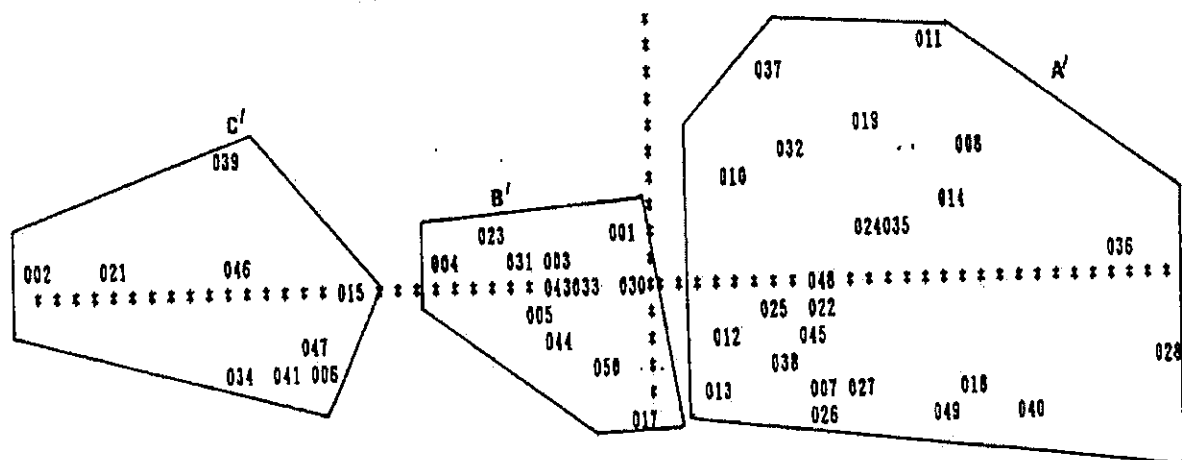


DIAGONALISATION

10 LIGNE - Valeurs propres (distances aux axes principaux)
 27 LIGNE - Contribution à la variation totale (pourcentages expliqués par les axes principaux)

10 LIGNE	1.000	1.000	1.000
27 LIGNE	1.000	1.000	1.000

POPULATION DE LA SOUS-ZONE A FALCIFORME



Variable	Mean	Std. Dev.	Max
001	1.000	1.000	1.000
002	1.000	1.000	1.000
003	1.000	1.000	1.000
004	1.000	1.000	1.000
005	1.000	1.000	1.000
006	1.000	1.000	1.000
007	1.000	1.000	1.000
008	1.000	1.000	1.000
009	1.000	1.000	1.000
010	1.000	1.000	1.000
011	1.000	1.000	1.000
012	1.000	1.000	1.000
013	1.000	1.000	1.000
014	1.000	1.000	1.000
015	1.000	1.000	1.000
016	1.000	1.000	1.000
017	1.000	1.000	1.000
018	1.000	1.000	1.000
019	1.000	1.000	1.000
020	1.000	1.000	1.000
021	1.000	1.000	1.000
022	1.000	1.000	1.000
023	1.000	1.000	1.000
024	1.000	1.000	1.000
025	1.000	1.000	1.000
026	1.000	1.000	1.000
027	1.000	1.000	1.000
028	1.000	1.000	1.000
029	1.000	1.000	1.000
030	1.000	1.000	1.000
031	1.000	1.000	1.000
032	1.000	1.000	1.000
033	1.000	1.000	1.000
034	1.000	1.000	1.000
035	1.000	1.000	1.000
036	1.000	1.000	1.000
037	1.000	1.000	1.000
038	1.000	1.000	1.000
039	1.000	1.000	1.000
040	1.000	1.000	1.000
041	1.000	1.000	1.000
042	1.000	1.000	1.000
043	1.000	1.000	1.000
044	1.000	1.000	1.000
045	1.000	1.000	1.000
046	1.000	1.000	1.000
047	1.000	1.000	1.000
048	1.000	1.000	1.000
049	1.000	1.000	1.000
050	1.000	1.000	1.000

DIAGONALISATION

10 LIGNE - Valeurs propres (distances aux axes principaux)
 27 LIGNE - Contribution à la variation totale (pourcentages expliqués par les axes principaux)

10 LIGNE	1.000	1.000	1.000
27 LIGNE	1.000	1.000	1.000

Fig. 59 : Analyse en Composantes principales (ACP) sur les données brutes (matrice de variances covariances) des deux populations de Citharines de 50 individus issues de la sous-zone à Falciforme (Toarcien inf.) et de la sous-zone à Bifrons (Toarcien moy.).

espace de dimensions plus faibles avec un minimum de perte de l'information. Elle constitue ainsi un remarquable outil permettant de visualiser de façon rigoureuse les structures contenues dans les données.

Les représentations pluridimensionnelles dans l'espace des facteurs (fortes inerties) permettent de mettre en évidence des noyaux d'affinité entre individus ou entre variables. La recherche de ces noyaux est facilitée par l'utilisation des classifications automatiques.

• Résultats

Le traitement des données issues de la mesures de 6 variables (H : hauteur maximale, L : largeur maximale, Nc : nombre de côtes, NI : nombre de loges, h : hauteur de l'avant dernière loge, a : angle d'inclinaison de l'avant dernière loge) chez les Citharines appartenant à deux populations de 50 individus (sous-zones à Falciferum et Bifrons) donne les résultats suivants (fig. 59) :

- population de la sous-zone à Falciferum : L'axe 1 représente le maximum d'information (85,7% d'inertie), suivant lequel trois groupes peuvent être distingués :

- le groupe C' est constitué de spécimens appartenant à la fois à l'espèce *Citharina fallax* et *Citharina subaequilateralis*;

- le groupe B' occupant la partie médiane (centrale du diagramme), rassemble les individus de petite taille à costulation réduite : *C. tricosta*, *C. inconstans* et *C. fallax* juvéniles;

- le groupe A' a une grande variabilité et associe des individus de deux espèces principales : *C. dorsoventrocarinata* et *C. proxima*.

- population de la sous-zone à Bifrons. Trois groupes s'individualisent dans cette population, mais il est très difficile d'attribuer les espèces issues de l'étude systématique à chaque groupe. Toutefois, on peut opposer le groupe C (*C. longuemari* var. *aalense* et var. *gradata*) au groupe A (*C. clathrata* et *C. longuemari* var. *angusta-cordata*). Le groupe B occupe une position intermédiaire et comprend des specimens appartenant à plusieurs espèces : *C. iberica*, *C. subaequilateralis* et *C. fallax*.

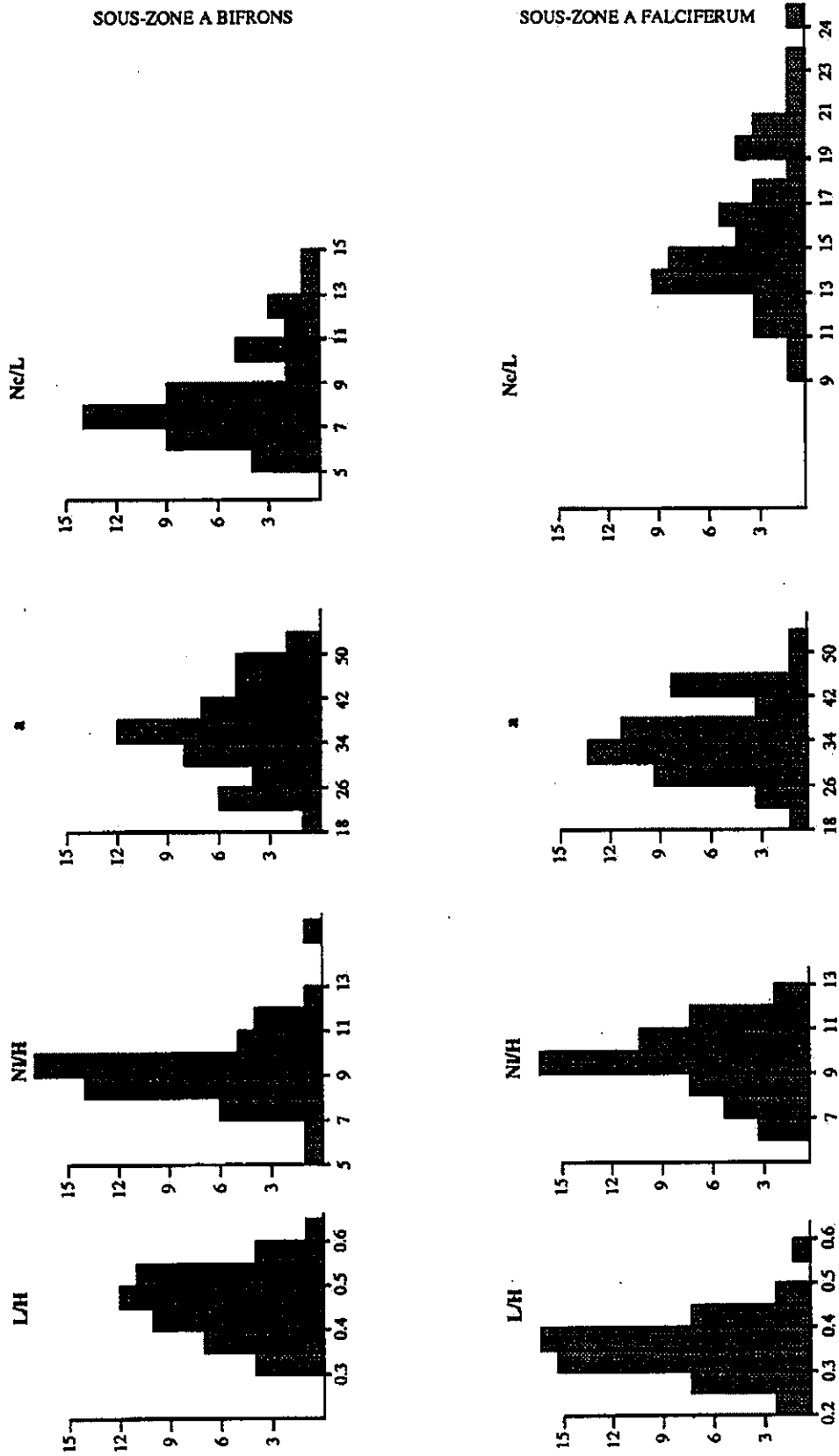


Fig. 60 : Histogrammes de fréquences. 1ère ligne : population de la sous-zone à Bifrons; 2ème ligne : population de la sous-zone à Falciferum.
H : hauteur max., L : largeur max., NVH : nombre de loges, Nc : nombre de côtes, a : angle d'inclinaison de l'avant dernière loge.

• Conclusions

Au terme de cette étude traitant 6 variables qui expriment l'ornementation, la dimension et l'inclinaison des loges chez les Citharines, nous remarquons que:

- les espèces : *C. fallax*, *C. subaequilateralis* forment un groupe homogène et s'opposent au groupe de *C. proxima* à grande variabilité dans la sous-zone à Falciferum (Toarcien inférieur);

- la population de la sous-zone à Bifrons est dominée par *C. longuemari*. Les groupes distingués par l'ACP et les classifications automatiques ne coïncident pas avec les espèces typologiques.

b. Analyses bivariées et univariées

• Paramètres dimensionnels ou morphologiques

La hauteur maximale (H) et la largeur maximale (L) constituent les deux principaux paramètres mesurables directement, pouvant apporter des informations sur la morphologie des Citharines. D'autres paramètres, comme la courbure du test ne sont pas mesurables.

D'après le diagramme $L = f(H)$ (fig. 61) la largeur maximale du test et la hauteur maximale sont fortement corrélables dans les deux populations étudiées (indices de corrélations $R = 0,46$ et $0,73$).

Afin d'éliminer l'effet de la croissance, nous avons étudié le rapport L/H . Les histogrammes de fréquences (fig. 60) de ce rapport s'ajustent à une distribution normale (test d'ajustement Khi 2 non significatif). Par conséquent, pour les paramètres dimensionnels, les deux populations sont statistiquement homogènes. En revanche la moyenne de ce rapport dans la population de la sous-zone à Falciferum est inférieure à celle de la population de la sous-zone à Bifrons. En effet la population du Toarcien inférieur est dominée par les formes étroites (*C. proxima*,...) et celle du Toarcien moyen par les formes à flancs évasés (*C. clathrata*, *C. longuemari*).

• Paramètres structuraux (nombre de loges : NI)

Le diagramme de dispersion (fig. 61) de ce paramètre en fonction de la taille (H) des individus une corrélation positive, avec des indices de corrélations

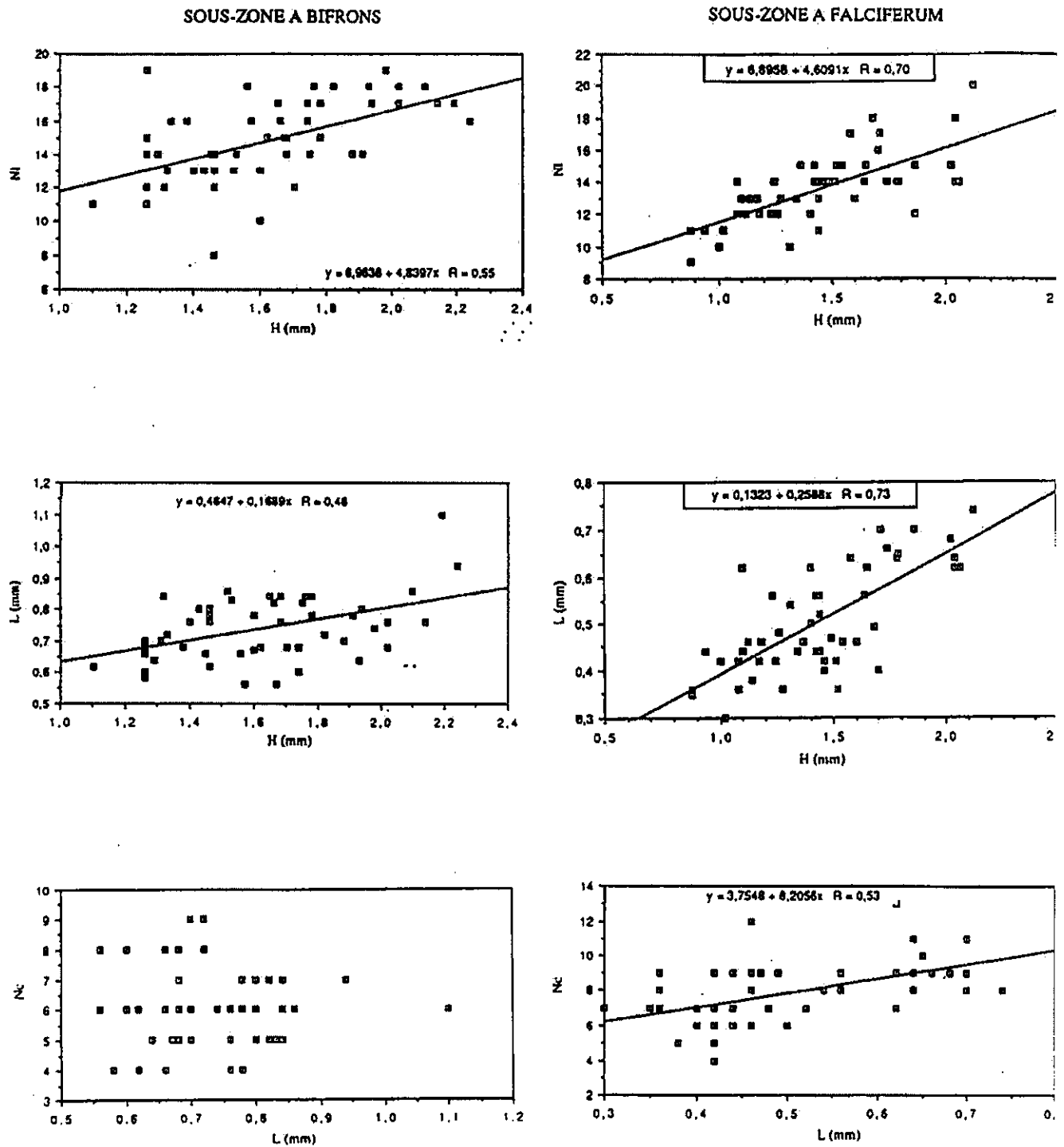


Fig. 61 : Diagrammes de dispersion $NI = f(H)$ et $L = f(Nc)$ des deux populations étudiées
(1ère colonne : sous-zone à Bifrons, 2ème colonne : sous-zone à Falciferum).

(R) supérieurs à 0,55. Nous remarquons aussi que la croissance des loges diminue fortement à partir de 1,5 mm. En effet chez les Citharines c'est aux alentours de cette taille que se situe une crise de croissance (NICOLLIN, 1981).

Les histogrammes de fréquence du rapport Nl/H (fig. 60) ne révèlent aucune hétérogénéité au sein des deux populations étudiées. Ils s'ajustent à une distribution normale de Gauss.

• Paramètres liés à l'ornementation

Chez les Citharines, l'ornementation de la coquille est constituée par des côtes longitudinales. Seule la densité de l'ornementation est étudiée, ici. Le style de l'ornementation (la position sur les flancs, courbure et le relief des côtes) est difficile à quantifier.

Le nombre de côtes et la largeur des coquilles sont corrélables dans la population de la sous-zone à *Falciferum* ($R = 0,53$), ce qui n'est pas le cas dans la sous-zone à *Bifrons*.

Les histogrammes de fréquence du paramètre Nc/H (densité de l'ornementation sur les flancs) montrent des bimodalités attestant de l'existence de deux types d'ornementation :

- des forts rapports Nc/L peuvent être attribués aux formes étroites à nombre de côtes élevé (*C. proxima*, *C. fallax* à flancs étroits);
- de faibles rapports Nc/L caractérisent les formes à flancs évasés dont l'ornementation est constituée par un nombre faible de côtes : *C. longuemari* var. *gradata*, var. *angusta-cordata*, *C. clathrata*.

c. Analyse du contour des Citharines

• Introduction

Cette méthode utilise les principes initialement décrits par LOHMAN en 1983 puis adaptés par GRANLUND et HERMELIN (1984) et GRANLUND (1986a). Son principe de base est de calculer la forme moyenne d'une population. L'analyse du contour de l'image d'un microfossile par cette technique se base sur l'application

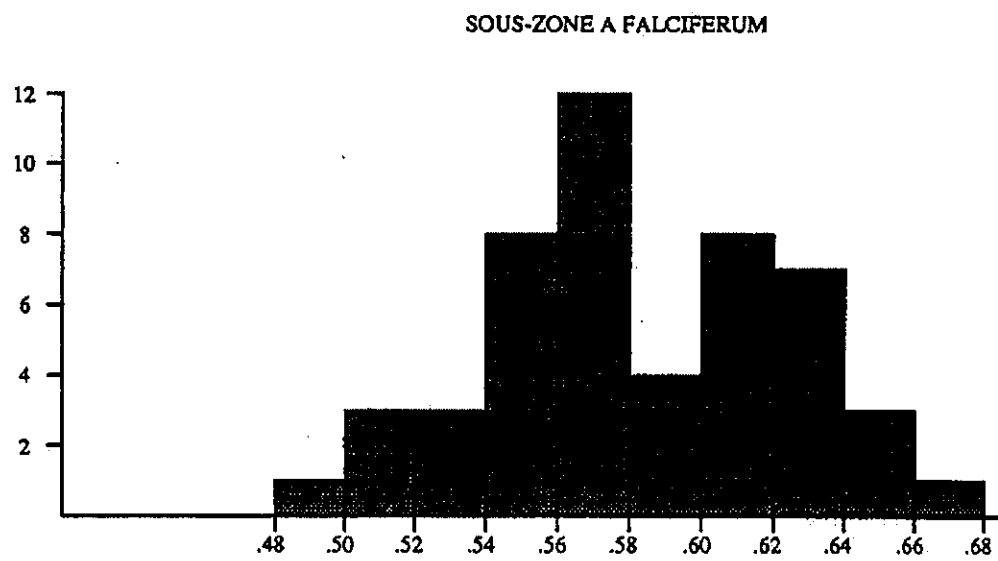
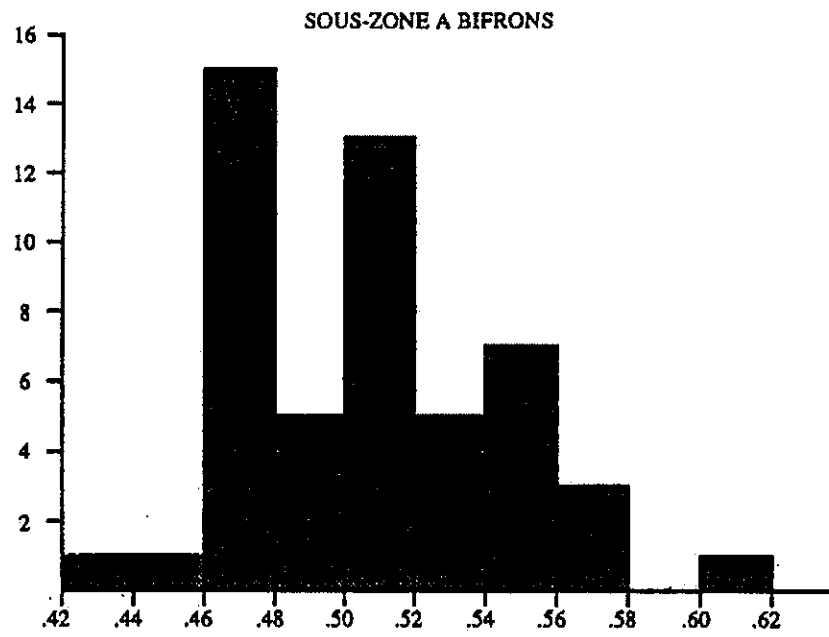


Fig. 62 : Histogrammes de fréquence de l'amplitude (A) chez les Citharines.

de l'algorithme de ZAHN et ROSKIES (1972) afin de produire des paires de coordonnées à intervalle régulier autour d'un contour débutant à un point homologue (l'ouverture chez les Citharines).

Pour étudier nos échantillons par cette méthode, nous avons procédé comme suit:

- photographie des spécimens à une même échelle;

- digitalisation du contour des images. Cette manipulation se fait par l'intermédiaire d'une table de digitalisation. On collecte des points du contour qui sont transmis dans un fichier sous forme de coordonnées cartésiennes (x,y). Le contour du microfossile est alors identifié par 100 segments et 100 angles nécessaires pour relier un point à un autre de la forme analysée. Trois paramètres sont obtenus : surface, périmètre et amplitude (angle en radians). La saisie et le traitement des données sont assurés par le programme informatique ICULE.

- interpréter les résultats statistiques.

• Résultats et interprétations

- population de la sous-zone à *Falciferum*

La forme des Citharines est exprimée par l'amplitude (A). L'histogramme de fréquence (fig. 62) de ce paramètre montre une bimodalité dans cette population. Ainsi nous pouvons distinguer les Citharines à flancs dorsaux arqués (forte amplitude) : *C. cytharella*, *C. tricosta* et les Citharines à flancs cintrés (faible amplitude) : *C. proxima*, *C. fallax*.

Les diagrammes E1/E2, E1/A et E1/% expliqué (fig. 63) montrent que la forme moyenne calculée (fig. 65) est proche des spécimens 45 (*Citharina proxima*) et 21 (*Citharina fallax* à test étroit).

- population de la sous-zone à *Bifrons*

Cette population est statistiquement homogène pour les trois paramètres étudiés (périmètre, surface et amplitude). La bimodalité timide dans l'histogramme de fréquence du paramètre A (fig. 62) est due certainement à l'existence d'individus juvéniles à tests plus arqués que ceux des adultes.

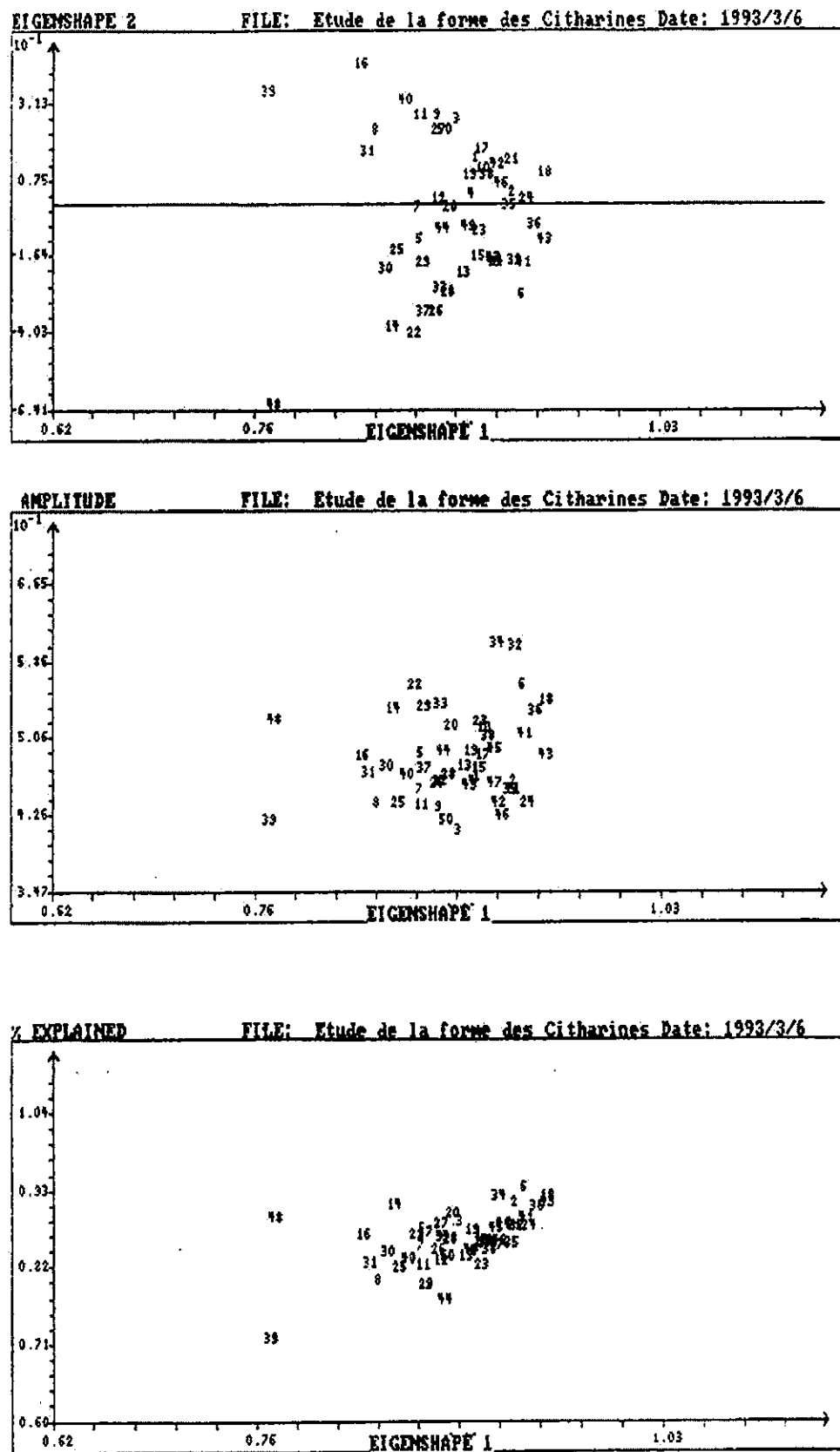


Fig. 63 : Divers diagrammes de report des données dans la population de la sous-zone à Bifrons E1 / E2 (axes 1 et 2 de l'ACP), E1/ amplitude et E1/% expliqué.

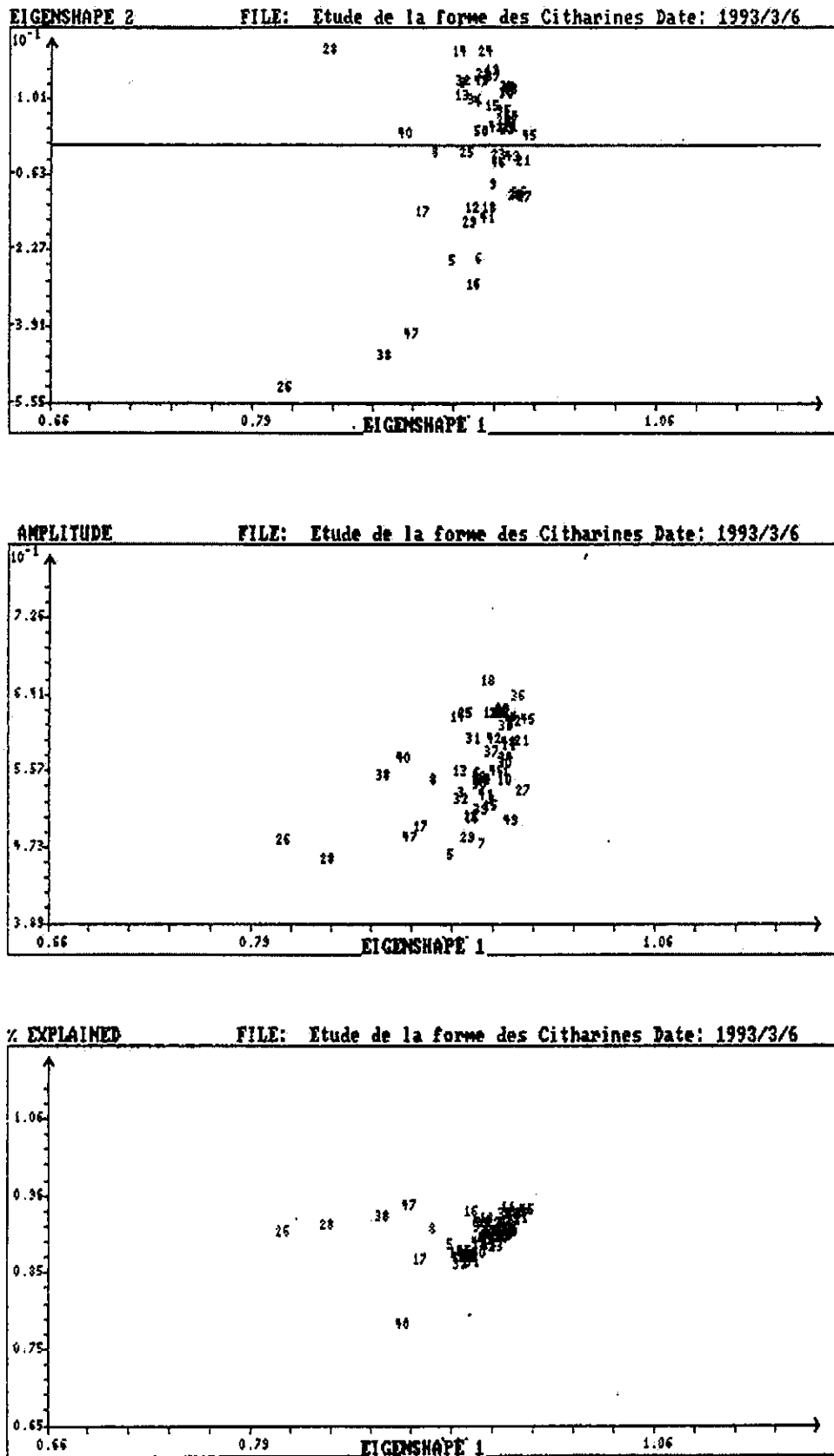


Fig. 64 : Divers diagrammes de report des données dans la population de la sous-zone à Faciferum. E1 / E2 (axes 1 et 2 de l'ACP), E1/ amplitude et E1/% expliqué.

Les diagrammes E1/E2, E1/A et E1/% expliqué (fig. 64) montrent que les spécimens 18 (*Citharina longuemari* var. *aalense*) et 43 (*Citharina longuemari* var. *gradata*) sont les plus représentatifs de la population et les plus proches de la forme moyenne calculée (fig. 70) de l'échantillon.

• Conclusions

Les résultats de cette étude biométrique confirment ceux que nous avons obtenus à partir de l'étude biostratigraphique, c'est à dire :

- Les populations du Toarcien inférieur sont dominées par les Citharines à test étroit (L/H faible) à costulation dense (Nc/L fort) généralisée sur toute la surface des flancs. Les morphotypes de ces populations peuvent être assimilés aux espèces *Citharina proxima* et *Citharina fallax* (groupe à test étroit).

- Les populations du Toarcien moyen sont dominées par les Citharines à flancs évasés (L/H fort), à ornementation moins dense (Nc/L faible) et localisée sur une partie des flancs. Les morphotypes représentatifs de ces populations appartiennent aux variétés du groupe *longuemari*.

2.2.4. Autres genres

Nous nous sommes limités à donner les déterminations et la répartition stratigraphique des autres genres (*Dentalina*, *Nodosaria*, *Pseudonodosaria*, *Lingulina* et *Marginulina*) appartenant à la famille des nodosariidés pour deux raisons principales :

- ces genres sont représentés par des populations de faible effectif, souvent un ou deux individus;
- leur description est très abondante dans la bibliographie.

Au Toarcien inférieur (zone à *Tenuicostatum*), *Marginulina prima* et *Lingulina* gr. *tenera*, espèces domériennes, se rencontrent accompagnées de *L. sublaevis* mg. *Saracenaria*.

Le genre *Dentalina* est représenté, dans le Toarcien, par des formes lisses :
- *Dentalina terquemi* et *Dentalina obscura*, espèces de Lias moyen, subsistent dans la zone à *Tenuicostatum* puis disparaissent.

- *Dentalina utriculata* a une extension verticale limitée à la sous-zone à Bifrons.

Nodosaria mutabilis et *Nodosaria fontinensis* sont les deux espèces les plus répandues au Toarcien quercynois. Leur présence est sporadique dans nos prélèvements.

Pseudonosaria multicostata se rencontre dans la zone à *Tenuicostatum* accompagnée de *Pseudonosaria tenuis* qui se prolonge jusqu'au Toarcien supérieur.

3. REPARTITION BIOSTRATIGRAPHIQUE DE LA MICROFAUNE

3.1. FORAMINIFERES

3.1.1. Ensembles (Associations) de foraminifères benthiques

L'extension verticale des espèces de nodosariidés (fig. 66) permet de regrouper la microfaune de foraminifères benthiques du Toarcien en trois ensembles distincts.

1er ensemble

Toarcien inférieur (zone à *Tenuicostatum*)
(séquence Toa1)

La zone à *Tenuicostatum* se distingue par sa microfaune des autres zones du Toarcien. Elle se caractérise par la persistance de nombreuses espèces d'affinité domérienne et qui disparaissent au sommet de cette zone : *Marginulina prima*, *Lingulina* gr. *tenera*, *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria* et *Dentalina terquemii*.

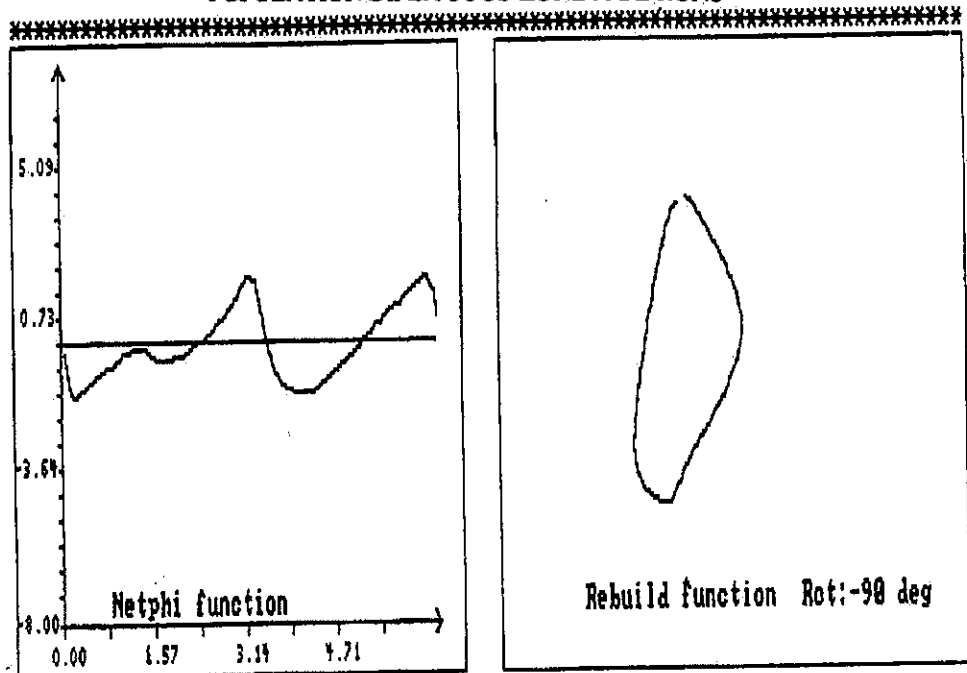
Lenticulina toarcense mg. *Lenticulina* est la seule espèce indice du Toarcien qui apparaît dans cette zone.

2ème ensemble

sommet du Toarcien inférieur - Toarcien moyen
(séquences Toa2 à Toa4)

La sous-zone à *Strangewaysi* (Schistes carton) est dépourvue de toute microfaune benthique à cause des conditions anoxiques régnant sur la presque totalité du Quercy. Ce n'est qu'à partir de la sous-zone à *Falciferum* (horizon à *Pseudoserpentinum*) que les foraminifères typiques du Toarcien apparaissent. L'extension verticale de *Citharina tricosta*, *C. cytharella*, *C. dorsoventrocarinata*, *C.*

POPULATION DE LA SOUS-ZONE A BIFRONS



POPULATION DE LA SOUS-ZONE A FALCIFORM

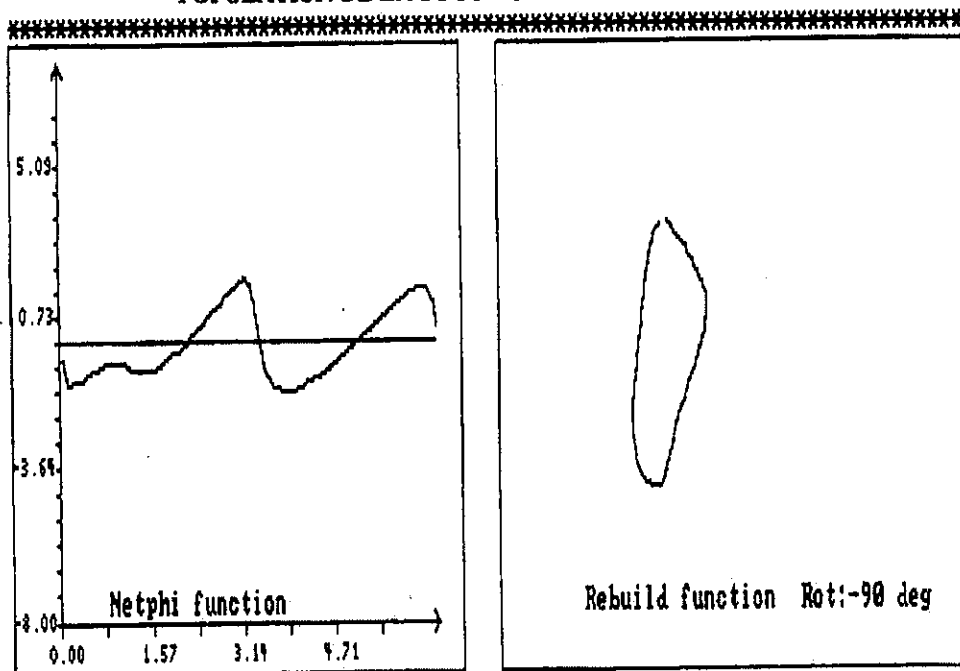


Fig. 65 : Les forme calculées (modèles) des deux populations de Citharines. La partie gauche représente la courbe de la fonction phi, la partie de droite la forme reconstituée.

subaequilateralis et *C. clathrata* définit la durée de cet intervalle. L'apparition des premiers Citharines : *C. colliezi*, *C. fallax* et des premiers éléments du spectre *Lenticulina chicheryi* à la base et la disparition de nombreux taxons (25) au sommet, constituent les événements majeurs de cet intervalle. L'analyse approfondie des associations de nodosariidés dans cette ensemble permet de distinguer :

- le sommet de la zone à Serpentinus (horizons à Pseudoserpentinum et Falciferum) : les populations de Citharines sont dominées par les formes étroites (*C. proxima*, *C. dorsoventrocarinata*,...);

- la zone à Bifrons : elle correspond à l'extension verticale de *Citharina longuemari* et de ses variétés (formes à flancs évasés et ornementation réduite) : *C. longuemari* var. *gradata*, *C. longuemari* var. *angusta-cordata* et *C. clathrata*. La sous-zone à Bifrons peut se définir par l'extension verticale du spectre *pretenuistriata*.

3ème ensemble

Toarcien supérieur (zones à Thouarsense, Insigne, Pseudoradosa et Aalensis)
(séquences Toa5 à Toa8)

Il est défini par l'extension verticale du spectre *Lenticulina d'orbignyi*. La microfaune de la zone à Thouarsense (Marnes noires à *Pseudogrammoceras*) se distingue par l'abondance des foraminifères agglutinants (*Ammobaculites fontinensis* et *Protonina difflugiformis*), liée principalement aux conditions du milieu de dépôt (fonds semi-réducteurs, riches en phase détritique et pauvres en carbonates).

Les spectres : *L. d'orbignyi*, *L. chicheryi* et les espèces : *L. toarcense* mg. *L.*, *C. fallax*, *C. colliezi*, *C. cornucopiae* et *Pseudonosaria tenuis* forment l'association de nodosariidés dans les zones à Insigne, Pseudoradosa et Aalensis.

3.1.2. Comparaison avec d'autres régions

D'une manière générale, la distribution verticale des foraminifères benthiques (nodosariidés en particulier) dans le Quercy est comparable à celle qui a été citée dans l'Europe occidentale et dans le Nord-Ouest africain (voir paléobiogéographie). La comparaison avec les associations biostratigraphiques issues des études micropaléontologiques dans ces différentes régions montre que :

- l'association de foraminifères benthiques du Toarcien inférieur est quasi constante sur toute la marge nord-ouest de la Téthys. La principale caractéristique de cette association est la persistance des espèces domériennes dans la zone à *Tenuicostatum*. *Lenticulina obonensis* mg. *Planularia*, est un excellent marqueur du Toarcien inférieur (sommet de la zone à *Tenuicostatum*-base de la zone à *Serpentinus*). Son absence dans le Quercy est plutôt liée aux conditions anoxiques (Schistes carton) de la base de la zone à *Serpentinus* (sous-zone à *Strangewaysi*), défavorables à la vie benthique.

- si la distinction entre le Toarcien inférieur, moyen et supérieur, basée sur les associations de foraminifères est possible dans les bassins de l'Europe occidentale et du Maroc (Rides sud-rifaines, Béni-Snassen, Moyen atlas), le détail des subdivisions est difficile et sa valeur reste locale. Suivant la situation paléogéographique de chaque région, le nombre et la composition des associations de foraminifères benthiques caractérisant chaque intervalle du Toarcien change.

Au Maroc et dans la Péninsule ibérique, le Toarcien inférieur mamocalcaire (milieux favorables à la vie benthique) voit l'apparition précoce des espèces toarciennes. L'évolution rapide de certains taxons permet de distinguer, outre l'association caractéristique de la base de la zone à *Polymorphum* (*Tenuicostatum*), une association où abonde *L. obonensis* mg. *Planularia* (sous-zone à *Strangewaysi*).

Dans l'Europe occidentale, on constate un décalage important dans l'apparition du genre *Citharina* du Sud au Nord. En Espagne et au Portugal, les Citharines apparaissent dès le sommet de la zone à *Tenuicostatum*-base de la zone à *Serpentinus*, tandis que dans le Quercy, les premières Citharines (*C. colliezi*, *C. fallax*) font leur apparition dans le sommet de la zone à *Serpentinus*. Dans le détroit poitevin, elles ne se développent qu'à partir de la zone à *Variabilis*. Nous concluons donc que l'apparition des Citharines est hétérochrone. L'espèce *C. longuemari* caractéristique de l'association du Toarcien moyen dans le Quercy, ne se rencontre qu'à partir de la zone à *Thouarsense* dans le détroit poitevin.

3.1.3. Conclusions

La distribution stratigraphique des espèces de nodosariidés dans le Toarcien quercynois nous a permis de distinguer trois grands ensembles :

- le premier ensemble (zone à *Tenuicostatum*), se caractérise par la persistance des espèces domériennes associées à *Lenticulina toarcense* mg. *L.*, espèce toarcienne.

- le deuxième ensemble voit d'abord l'apparition des premiers éléments du spectre *Lenticulina chicheryi* et des premières Citharines (sous-zone à Falciferum), puis le maximum de diversification des deux principaux genres (*Lenticulina* et *Citharina*) au cours du Toarcien moyen (zone à Bifrons).

- le troisième ensemble s'étale sur tout le Toarcien supérieur. Le changement des conditions du milieu de vie dans la zone à Thouarsense (faibles quantités de carbonates et d'oxygène) provoquent une réduction des effectifs de la microfaune et constituent une barrière infranchissable pour de nombreuses espèces du Toarcien moyen (*L. pennensis* mg. *M.*, *C. longuemari*,...).

Dans le Quercy, le renouvellement important des foraminifères dans le Toarcien ne s'effectue pas à la base de l'étage, mais au cours de la sous-zone à Strangewaysi. La crise dans la microfaune des foraminifères benthiques, traduite par la disparition des formes domériennes et par l'apparition des espèces typiquement toarciennes, trouve son origine dans la période anoxique de la sous-zone à Strangewaysi (Schistes carton).

Suivant leur répartition stratigraphique deux types extrêmes de taxons peuvent être mis en valeur chez les nodosariidés du Toarcien :

- taxons à courte durée de vie, considérés comme "marqueurs" de zones ou de sous-zone d'ammonites : *Citharina enigmatica* pour le sommet de la zone à Serpentinus (horizon à Falciferum), le spectre *Lenticulina pretenuistriata* pour la sous-zone à Bifrons, *Lenticulina pennensis* mg. *M.* pour la sous-zone à Bifrons et la zone à Variabilis. Le spectre *Lenticulina D'orbignyi* se répartit sur tout le Toarcien supérieur;

- taxons présents dans tout le Toarcien, certaines espèces dépassant la limite supérieure de cet étage. *Lenticulina chicheryi* avec ses cinq morphogenres apparaît progressivement dans le Toarcien inférieur (sous-zone à Falciferum), atteint son maximum de développement dans la zone à Bifrons et se prolonge dans le Toarcien supérieur avec des populations de faibles effectifs. C'est le cas aussi de *Citharina fallax* et *Citharina coliezi*. *Lenticulina toarcense* mg. *L.* est considérée comme une espèce ubiquiste, colonisant tous les environnements du Toarcien.

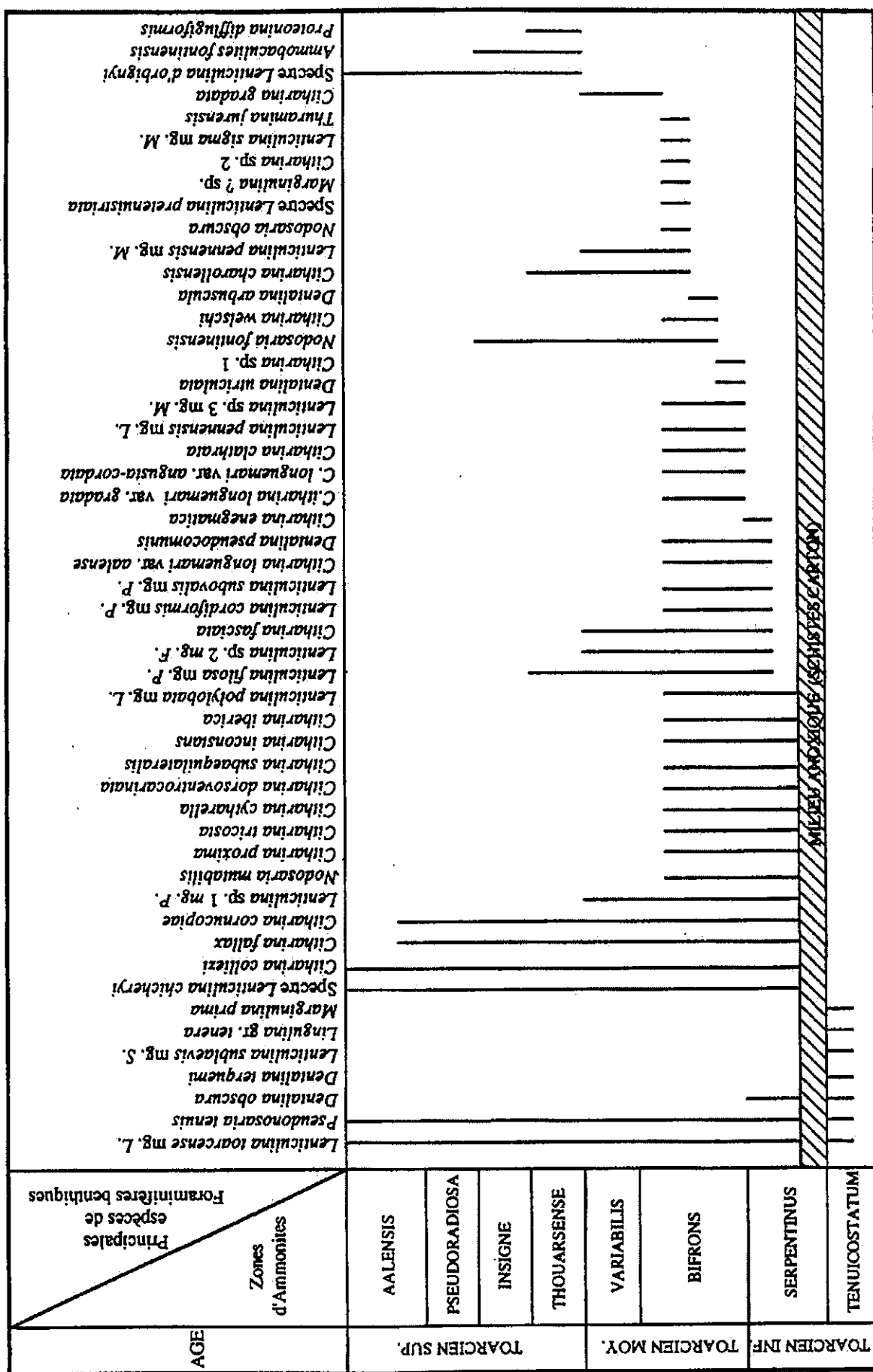


Fig. 66 : Répartition des principales espèces de foraminifères benthiques dans le Toarcien du Quercy septentrional

3.2. OSTRACODES

3.2.1. Associations d'ostracodes

Vingt espèces d'ostracodes ont été reconnues (détermination ANDREU) dans la série toarcienne du Quercy. Elles ont fait l'objet d'une étude systématique, biostratigraphique et paléogéographique dans une note en cours (ANDREU, QAJOUN et CUBAYNES, 1993). La répartition stratigraphique de ces espèces dans le Toarcien (fig. 67) permet de distinguer quatre associations biostratigraphiques.

Association 1

(zone à *Tenuicostatum*)

Elle est constituée par les espèces suivantes : *Ogmoconchella hagenowi*, *Ogmoconchella* sp., *Bairdia* cf. sp. Bate et al. 1975, *Cytherelloidea drexlerae* et *Kinkelinella* gr. *sermoisensis*.

Dans le bassin de Paris (BODERGAT et al. , 1985), cette zone s'individualise par une association d'ostracodes toarciens à durée de vie limitée : *Kinkelinella tenuicostati*, *Ektyphocythere* cf. *arcuacostatum*, *Ektyphocythere* sp. A, sp. B, et sp. C, *Ogmochoncha* sp. A, *Cytherelloidea* sp. A, et *Trachycythere* cf. *tubulosa seratina*. Aucune espèce domérienne n'a été rencontrée dans cette zone. D'après ces résultats, le changement dans l'ostracofaune paraît plus précoce que celui qui intervient dans les associations de foraminifères benthiques.

Par manque de données complémentaires sur le Domérien, on ne peut pas estimer véritablement la valeur biostratigraphique de cette association dans le Quercy.

Association 2

Toarcien inférieur (zone à *Serpentinus*)

Elle se compose des espèces suivantes : *Cytherelloidea drexlerae*, *Kinkelinella* gr. *sermoisensis*, *Trachycythere verrucosa*, *Kinkelinella* gr. *bucki-rugosa*, *Pontocyprrella* sp. 2 et *Cytheropterina alafastigata*. L'apparition des espèces *Trachycythere verrucosa* et *Kinkelinella* gr. *bucki-rugosa* à la base et de l'espèce *Cytheropterina alafastigata* au sommet de cet intervalle, représente les événements majeurs de cette association.

Association 3

Toarcien moyen (zone à Bifrons)

La zone à Bifrons est facilement indentifiable. Elle livre, certes, les espèces d'ostracodes précédemment citées dans la zone à Serpentinus, mais voit aussi l'apparition par vagues successives des espèces suivantes :

- *Pontocyprilla* ? sp. 1 et *Metacytheropteron* ? sp. ont une durée de vie limitée à la sous-zone à Sublevisoni. *Patellacythere vulosa* se prolonge jusqu'à la zone à Thouarsense.

- *Cytherella toarcensis*, *Pseudohealdia* sp. (sous-zone à Lusitanicum) et *Monoceratina striata* (sous-zones à Lusitanicum et Bifrons) constituent la deuxième vague des apparitions dans cette zone et semblent relayer les espèces caractérisant la sous-zone à Sublevisoni.

- *Paracypris* sp. CUBAYNES 1986, *Praeschuleridae* ? sp., *Nophrecythere* cf. *rimosa* (sous-zone à Bifrons) et *Polycopse* sp. (sous-zones à Bifrons et Semipolitum) forment la troisième vague des apparitions d'espèces dans la zone à Bifrons. Le sommet de la sous-zone à Bifrons voit la disparition massive de plusieurs espèces : *Pontocyprilla* sp. 2, *Cytheropteron alafastigata*, *Monoceratina striata*, *Paracypris* sp., *Praeschuleridae* ? sp. et *Nophrecythere* cf. *rimosa*.

Notons que l'association des espèces *Kinkelinella* gr. *sermoensis*, *Trachycythere verrucosa*, *Kinkelinella* gr. *bucki-rugosa* et *Cytherella toarcensis* est citée dans un intervalle de temps semblable, partie inférieure de la zone à Bifrons, en Angleterre dans le Rutland et le Huntingdonshire (BATE et COLEMAN, 1975). En outre, les espèces *Cytherella toarcensis*, *Kinkelinella* gr. *sermoensis*, *Cytheropteron alafastigatum* et *Ektiphocythere bucki* sont associées dans la zone à Bifrons du bassin de Paris (BODERGAT et al., 1985).

Association 4

Toarcien supérieur (zones à Thouarsense, Insigne, Pseudoradiosa et Aalensis)

Elle comprend les espèces suivantes : *Cytherelloidea drexlerae*, *Kinkelinella* gr. *sermoensis*, *Kinkelinella* gr. *bucki-rugosa*, *Patellacythere vulsa* et *Kinkelinella persica*. Outre l'apparition de cette dernière espèce dans la zone à Thouarsense, on assiste à un remplacement des morphes A, B, C, et D de l'espèce *Kinkelinella* gr. *bucki-rugosa* par les morphes E, puis F.

3.2.2. Conclusions

L'étude de l'ostracofaune (20 espèces) dans la série quercynoise fait apparaître quatre associations biostratigraphiques couvrant la totalité du Toarcien:

- la première se limite à la zone à *Tenuicostatum*;
- la deuxième caractérise la partie supérieure du Toarcien inférieur (zone à *Serpentinus*);
- la troisième se localise dans la zone à *Bifrons*;
- la quatrième s'étend sur tout le Toarcien supérieur (zones à *Thouarsense*, *Insigne*, *Pseudoradiosa* et *Aalensis*).

Le grand changement dans l'ostracofaune du Toarcien s'effectue dans la zone à *Bifrons*, avec l'apparition et l'épanouissement de la majeure partie des espèces rencontrées (16 espèces) et l'extinction de 12 espèces.

4. REPARTITION PALEOBIOGEOGRAPHIQUE

L'étude des associations de foraminifères benthiques (nodosariidés) et d'ostracodes nous a permis d'analyser les relations paléobiogéographiques qui existent d'une part entre le bassin d'Aquitaine et les autres régions françaises (bassin de Paris, le Jura et les Corbières) et les autres pays de la bordure nord de la Théthys et de l'Atlantique nord : Irlande, Angleterre, Allemagne, Europe centrale et du Nord-Ouest, Danemark, Espagne, Portugal, Terre-Neuve, les pays de la bordure sud, Maroc.

Dans l'analyse paléobiogéographique comparative des associations de foraminifères et d'ostracodes (fig. 68 et 69), nous donnerons le nombre et les noms des espèces communes avec une région proche en fonction des espèces rencontrées dans la région étudiée.

Les nodosariidés, foraminifères de plate-forme externe-bassin, s'incluent dans l'assemblage A de GORDON(1970). Ce groupe de foraminifères a une aire paléobiogéographique très étendue puisqu'il a conquis les provinces boréales, nord-ouest européennes, sud-ouest européennes, ouest-téthysiennes et sud-téthysiennes au sens large (BOUTAKIOUT, 1990).

AGE		Zones d'Ammonites		Principales espèces d'Ostracodes	
TOARCIEIN SUP.	AALENSIS				
	PSEUDORADIOSA				
	INSIGNE				
	THOUARSENSE				
TOARCIEIN MOY.	VARIABILIS				
	BIFRONS				
TOARCIEIN INF	SERPENTINUS				
	TENUICOSTATUM				

<i>Cytherelloidea dexterae</i>
<i>Kinkelina gr. sermoensis</i>
<i>Ogmoconchella hagenowi</i>
<i>Ogmoconchella</i> sp.
<i>Bairdia</i> cf. sp. Bate & al. 1975
<i>Kinkelina gr. bucki-rugosa</i>
<i>Trachycythere verrucosa</i>
<i>Pontocyprina</i> sp. 2
<i>Cytheroptychus alafastigata</i>
<i>Patellacythere vulsa</i>
<i>Pontocyprina</i> ? sp. 1
<i>Metacytheroptychus</i> ? sp.
<i>Monoceratina striata</i>
<i>Cytherella toarcensis</i>
<i>Pseudohentzia</i> sp.
<i>Polycopse</i> sp.
<i>Paracypris</i> sp. Cubaynes 1986
<i>Praeschuleridea</i> ? sp.
<i>Kinkelina persica</i>

Cytherelloidea dretlerae
Kinkelina gr. sermoensis
Ogmoconchella hagenowi
Ogmoconchella sp.
Bairdia cf. sp. Bauc & al. 1975
Kinkelina gr. bucki-rugosa
Trachycythere verrucosa
Pontocyprella sp. 2
Cytheropierina alafastigata
Patellacythere vulsa
Pontocyprella ? sp. 1
Metacytheropteron ? sp.
Monacratina striata
Cytherella toarcensis
Pseudohentzia sp.
Polycopa sp.
Paracypris sp. Cubaynes 1986
Praeschuleridea ? sp.
Kinkelina persica

Fig. 67 : Répartition stratigraphique des principales espèces d'ostracodes dans le Toarcien du Quercy septentrional.

REPARTITION GEOGRAPHIQUE ESPECES COMMUNES	FRANCE				ESPAGNE	PORTUGAL	MAROC			ANGLETERE	ALLEMAGNE
	QUERCY	BASSIN DE PARIS	CORBIERES	JURA			BENI-SNASSEN	RIDES SUD-RIFAINES	MOYEN ATLAS		
<i>Marginulina prima</i>	•	•				•	•	•		•	•
<i>Lingulina gr. tenera</i>	•	•				•	•	•		•	•
<i>Dentalina terquemii</i>	•	•				•	•	•			•
<i>Dentalina utriculata</i>	•	•					•	•			•
<i>Nodosaria mutabilis</i>	•			•				•	•		
<i>Nodosaria fontinensis</i>	•		•	•	•	•		•	•		•
<i>Nodosaria hortinensis</i>	•	•		•	•	•				•	
<i>Lenticulina sublaevis</i> mg. S.	•				•	•		•		•	
<i>Lenticulina toarcense</i> mg. L.	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
<i>Lenticulina cordiformis</i> mg. P.	•	•	•	•	•	•		•			•
<i>Lenticulina subovalis</i> mg. P.	•	•				•			•		
<i>Lenticulina filosa</i> mg. P.	•	•			•				•		
<i>Lenticulina pennensis</i> mg. M.	•	•	•	•			•	•	•		•
<i>Spœtre chicheryi</i>	•	•	•	•	•	•		•	•		•
<i>Spœtre d'orbigny</i>	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•
<i>Citharina collieri</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
<i>Citharina longuemari</i>	•	•	•	•	•		•	•	•		•
<i>Citharina iberica</i>	•		•	•	•		•	•			
<i>Citharina subaequilateralis</i>	•	•	•	•	•		•				
<i>Citharina fallax</i>	•	•	•	•	•		•	•	•		
<i>Citharina proxima</i>	•	•			•			•	•	•	
<i>Citharina cytharella</i>	•		•		•		•		•		
<i>Citharina inconstans</i>	•	•			•			•	•		
<i>Citharina tricola</i>	•	•			•						
<i>Citharina dorsoventrocarinata</i>	•	•									
<i>Citharina fasciata</i>	•	•									
<i>Citharina welschi</i>	•	•									
<i>Citharina clathrata</i>	•				•	•		•		•	•
<i>Citharina charollensis</i>	•		•	•	•		•	•			

Fig. 68 : Répartition paléogéographique des espèces de la famille des nodosariidés communes entre différents pays de la Téthys occidentale et de l'Atlantique nord au Toarcien.

REPARTITION GEOGRAPHIQUE ESPECES COMMUNES	QUERCY	FRANCE (A uires régions)	IRLANDE	ANGLETERRE	ALLEMAGNE	EUROPE occidentale et du N.O.	DANEMARK	ESPAGNE	PORTUGAL	MAROC	TERRE NEUVE
<i>Cytherella toarcensis</i>	•	•	•	•				•	•	•	•
<i>Bairdia</i> cf. sp. Bate & Coleman 1975	•			•							
<i>Monoceratina striata</i>	•	•	•	•	•			•			
<i>Patellacythere vulsa</i>	•			•						•	
<i>Trachycythere verrucosa</i>	•	•			•	•		•	•		
<i>Kinkelinella</i> gr. <i>sermoisensis</i>	•	•	•	•	•			•	•	•	•
<i>Kinkelinella persica</i>	•			•		•		•			
<i>Kinkelinella</i> gr. <i>bucki-rugosa</i>	•	•	•	•	•			•			
<i>Cytheropteria alafastigata</i>	•	•		•	•				•	•	

Fig. 69 : Répartition aléogéographique des espèces d'ostracodes communes entre différents pays de la Téthys occidentale et de l'Atlantique nord au Toarcien.

Parmi les 48 principales espèces de nodosariidés recueillies, 23 espèces (47%) sont communes entre le bassin d'Aquitaine et le bassin de Paris, 14 (29%) ont été citées dans les Corbières et dans le Jura. Dans la Péninsule ibérique, 21 espèces quercynaises (43%) ont été rencontrées dans le Toarcien espagnol (Obon) et 15 espèces (31%) au Portugal. En Angleterre, 10 espèces (20%) communes ont été trouvées dans les séries toarciennes. Au Maroc (Béni-Snassen, Rides sud-rifaines et moyen Atlas), on rencontre 25 espèces (52%) semblables à celles décrites dans le Quercy. 12 espèces (25%) communes ont été citées dans le Toarcien d'Allemagne.

Les espèces : *Marginulina prima*, *Lingulina* gr. *tenera*, *Nodosaria fontinensis*, *Lenticulina toarcense* mg. L., *L. cordiformis* mg. P., le spectre *L. chicheryi*, le spectre *L. d'orbigny*, *Citharina longuemari*, *C. fallax* et *C. coliezi*, ont une aire de répartition géographique très vaste puisqu'elles se retrouvent dans toutes les régions citées ci-dessus.

Pour les ostracodes (ANDREU et al. , 1993), parmi les 20 espèces récoltées, 12 (60%) se retrouvent dans l'un des bassins sédimentaires proches de notre région d'étude (fig. 69) : 9 (45%) sont communes entre le bassin d'Aquitaine et les différentes régions françaises, essentiellement le bassin de Paris. 11 espèces (55%) quercynaises ont été citées en Angleterre méridionale; 6 espèces (30%) sont connues en Allemagne, 2 (10%) en Europe centrale et du nord-ouest et 2 (10%) au Danemark. 7 espèces (35%) ont été rencontrées en Espagne, 6 (30%) au Portugal, 2 (10%) à Terre-neuve et 5 (25%) au Maroc.

D'après cette étude comparative, on peut conclure qu'au Toarcien et plus particulièrement au passage Toarcien inférieur-Toarcien moyen (zone à Bifrons), une province paléogéographique était installée sur les bassins d'Aquitaine et de Paris. Des communications marines franches (fig. 70) ont été établies avec les différents pays européens de la Thétys occidentale ou de l'Atlantique nord : vers le Nord-Ouest, entre les terres émergées armoricaines et du Brabant; vers le Nord-Est, entre la terre rhénane et la terre de Bohême; vers le Sud, entre les Meséta ibérique et marocaine; vers l'Ouest, jusqu'en Terre-neuve, contribuant ainsi à la dissémination des espèces benthiques de foraminifères et d'ostracodes. Les échanges de ces faunes sont facilités par leur abondance, leur dispersion par les courants marins et leur tolérance à des milieux variés peu profonds pourvu qu'ils soient ouverts. Par conséquent ils ne sont pas affectés par le provincialisme, de part et d'autre des blocs émergés, fort connu chez les ammonites (MOUTERDE et FAUGERE, 1979; DOMERGUES, 1982).

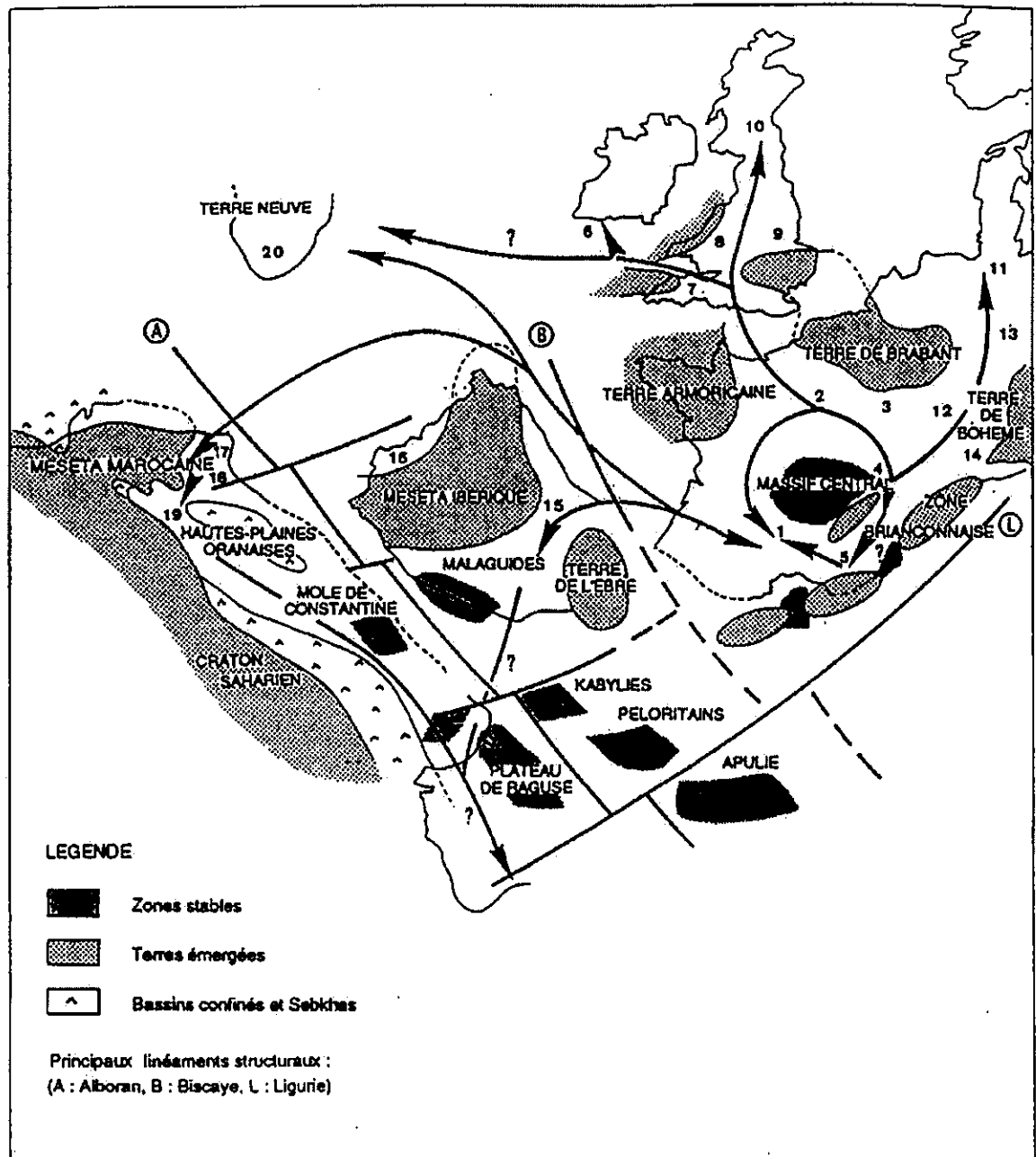


Fig. 70 : Localisation des régions et des pays montrant des relations faunistiques (flèches noires) avec le Quercy (France) au Toarcien. La reconstitution paléogéographique, au Toarcien supérieur, de la Téthys occidentale et de l'Europe centrale, d'après ELMI & RULLEAU, 1990, et DERCOURT & *al.*, 1985, est légèrement modifiée (1 - Quercy, 2 - Bassin de Paris (bordures du bassin, Calvados, Normandie, Deux-Sèvres), 3 - Vosges et Lorraine, 4 - Jura méridional, 5 - Hérault; Irlande, 6 - Bassin du Fasnét; Angleterre : 7 - Dorset et Somerset, 8 - nord du Pays de Galles, 9 - Rutland, Huntingdonshire, Lincolnshire, Yorkshire et Northamptonshire, 10 - Ecosse; Danemark : 11 ; Allemagne : 12; Europe centrale et du nord-ouest : 13; Autriche : 14; Espagne : 15 - Cordière Ibérique; Portugal : 16 - Bassin Lusitanien, Zambujal; Maroc : 17 - Rides sud-rifaines, 18 - Béni-Snassen orientaux, 19 - Moyen Atlas; 20 - Terre Neuve).

CHAPITRE VI

CONCLUSIONS GENERALES

Cette étude de la série toarcienne du Quercy septentrional de part et d'autre de la vallée de la Dordogne aboutit à des résultats d'ordre stratigraphique et micropaléontologique.

Résultats stratigraphiques

Nous avons reconnu dans la région de Gramat (Nord du Quercy) les unités lithostratigraphiques de la série toarcienne antérieurement décrites dans le Sud du Quercy (CUBAYNES, 1986), avec des résultats comparables :

- la Formation de Penne (Toarcien inférieur à supérieur : zones à *Tenuicostatum*, *Serpentinus*, *Bifrons*, *Variabilis* et la zone à *Insigne*, sous-zone à *Fallaciosum*) se compose de 3 membres dont les faciès témoignent de milieux évoluant sur une plate-forme du domaine infralittoral à circalittoral :

- membre des "Schistes carton" : faciès anoxique riche en matière organique (8% de carbone organique total) d'origine marine (type II), correspond à des milieux de dépôt confinés;

- membre des Marnes et calcaires à *Hildoceratidés* : milieux de dépôts relativement peu profonds du domaine infralittoral d'une plate-forme distale;

- membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras* : vasières circalittorales à fonds semi-réducteurs.

- la Formation de Lexos (Toarcien supérieur : zones à *Insigne*, *Pseudoradiosa* et *Aalensis*), qui intègre l'"Assise à Gryphées" (dépôts du domaine infralittoral).

L'identification des horizons d'ammonites nous a permis de dater avec précision ces unités lithostratigraphiques. Des différences avec le Sud du Quercy concernent essentiellement la zone à *Tenuicostatum* (sous-zone à *Semicelatum*) bien mieux développée dans les régions de Gramat et de Turenne que dans la région de la Grésigne.

L'application des concepts de la stratigraphie séquentielle montre que les emplacements sédimentaires dans le Toarcien quercynois sont principalement contrôlés par les variations du niveau marin. L'utilisation de critères sédimentologiques, stratigraphiques et géométriques (corrélations) nous a permis de découper la série étudiée en huit séquences génétiques de dépôt de 3ème ordre.

composée chacune de trois cortèges sédimentaires (prisme de bordure de plate-forme, intervalle transgressif et prisme de haut-niveau marin).

- Le membre des "Schistes carton" correspond à la séquence Toa1 (sous-zones à *Semicelatum* et *Strangewaysi* pro-parte.

- Le membre des Marnes et calcaires à *Hildoceratidés* comprend 3 séquences:

- Toa2 : sous-zones à *Pseudoserpentinum*, *Falciferum* et *Sublevisoni*;
- Toa3 : sous-zone à *Lusitanicum* et la base de la sous-zone à *Bifrons*;
- Toa4 : sous-zones à *Bifrons*, *Semipolitum* et zone à *Variabilis*.

Ces quatre premières séquences indiquent une tendance à l'approfondissement dans un ensemble compartimenté par la phase tectonique distensive de la base du Toarcien.

- Le membre des Marnes noires à *Pseudogrammoceras* se compose de deux séquences, Toa5 (sous-zones à *Illustris*, *Bingmanni* et *Thouarsense*) et Toa6 (sommet de la sous-zone à *Thouarsense*, sous-zones à *Fascigerum* et *Fallaciosum*). Ces deux séquences traduisent une homogénéisation de la sédimentation sur tout le Bassin quercynois.

- La Formation de Lexos comprend deux séquences, Toa7 (sous-zones à *Insigne*, *Pseudoradiosa* et *Mactra*) et Toa8 (sous-zones à *Celtica*, *Aalensis* et *Buckmani*) qui expriment le retour des conditions de plate-forme proximale dans le Quercy.

Au niveau de deuxième ordre, la succession des séquences de dépôt dans le Toarcien quercynois traduit un approfondissement (Toarcien inférieur, moyen et la base du Toarcien supérieur) puis une diminution de la tranche d'eau (Toarcien supérieur).

Les variations des épaisseurs des cortèges sédimentaires et plus particulièrement des prismes de bordure de plate-forme, obtenues à partir des corrélations, permettent d'aboutir à une interprétation paléotopographique des régions étudiées. La région de Turenne serait plus profonde que la région de Gramat. L'absence de ces cortèges de bas niveau dans la région de Thémines signale la proximité des hauts-fonds.

Résultats micropaléontologiques

L'étude descriptive de la microfaune toarcienne a exclusivement porté sur les foraminifères benthiques (nodosariidés et lituolidés). Seules 27 espèces représentant un intérêt taxonomique et biostratigraphique, appartenant à 4 genres différents (*Citharina*, *Lenticulina*, *Ammobaculites* et *Proteonina*) ont été décrites. Toutes les espèces ont été citées dans les tableaux de répartition stratigraphique. 20 espèces d'ostracodes ont été citées. Leur description fait l'objet d'une note soumise (ANDREU, QAJOUN et CUBAYNES, 1993, Géobios).

Le genre *Citharina* a fait l'objet d'une étude statistique. Outre les paramètres issus de morphométrie manuelle (longueur, largeur...), l'utilisation de l'analyse d'image informatisée dans l'étude de deux populations de *Citharines* a permis de déterminer le périmètre, la surface et l'amplitude de ces microfossiles. La population du Toarcien inférieur est dominée par les formes étroites à costulation généralisée sur tout le test (forme moyenne proche de *Citharina proxima*) tandis que celle du Toarcien moyen se caractérise par le développement des formes évasées à costulation localisée sur une partie du test (forme moyenne proche de *Citharina longuemari*). La valeur biostratigraphique de cette observation, et son interprétation devront être recherchées par l'analyse des peuplements d'autres régions.

L'étude de la répartition stratigraphique des microfaunes dans le Toarcien quercynois permet de définir :

- 3 ensembles de foraminifères caractérisant successivement : la base du Toarcien inférieur, le Toarcien inférieur-moyen et le Toarcien supérieur;
- 4 associations d'ostracodes dont les répartitions stratigraphiques semblent typiques des intervalles : base du Toarcien inférieur, Toarcien inférieur non basal, fin du Toarcien inférieur- Toarcien moyen et Toarcien supérieur.

Ces données biostratigraphiques obtenues sur les microfaunes du Toarcien quercynois sont dans l'ensemble en accord avec les distributions verticales observées ailleurs en France, dans l'Europe occidentale et dans le Nord-Ouest africain : notamment l'important renouvellement d'espèces (ostracodes, foraminifères) qui se produit à la base de la sous-zone à *Falciferum* et les affinités domériennes des populations du Toarcien basal (zone à *Tenuicostatum*).

La répartition paléogéographique des taxons appartenant à ces deux groupes micropaléontologiques permet d'estimer qu'au Toarcien et plus particulièrement au passage Toarcien inférieur-Toarcien moyen, les bassins d'Aquitaine et de Paris appartenaient à la même province paléogéographique. Des communications marines existaient avec les pays européens de la Téthys occidentale et de l'Atlantique nord.

Les associations de foraminifères benthiques (nodosariidés) et certains indices biocénotiques (nombre des taxons, taux de renouvellement, diversité factorielle d'habitat et amplitude factorielle des taxons) issus d'Analyses Factorielles Multivariées contribuent :

- à l'identification des limites de paraséquences, des cortèges sédimentaires et des séquences de dépôt dans les séquences à lithologie homogène du Toarcien inférieur et moyen. Les niveaux de prélèvement relevant de cortège de bordure de plate-forme se distinguent très nettement de ceux de haut-niveau et transgressif. Le facteur principal qui contrôle la composition des communautés serait constitué par le niveau marin absolu, le deuxième facteur pouvant être relié, au moins partiellement, à l'oxygénation.

- à l'interprétation de l'évolution dans le temps et des variations dans l'espace des écosystèmes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDREU B., QAJOUN A. & CUBAYNES R. (1993). - Associations d'Ostracodes du Toarcien du Quercy (Bassin d'Aquitaine, France) : biostratigraphie, paléocéologie et paléobiogéographie. *Géobios*, Lyon. (soumise)
- APOSTOLESCU V. (1967). - Etude des argiles du Lias du Bassin de Paris. conditions de sédimentation et milieu de dépôt du Toarcien. *Inst. Fran. Pétrole, Rapport n°14527* (inédit).
- BARNARD T. (1950 b). - Foraminifera from the Upper Lias of Byfield, Northamptonshire. *Q. Jl. Geol. Soc.*, London, 106 (1), p. 1-36.
- BARSTENSTEIN H. (1948). - Entwicklung der Gattung *Lenticulina* (L.) Lamark mit ihrem Unter-Gattungen (For.). *Senckenbergiana*, Frankfurt, vol. 29, n° 1-6, p. 41-65.
- BARSTENSTEIN H. (1952). - Taxonomische Bemerkung zur den *Ammobaculites*, *Haplophragmium*, *Lituola* und verwandten Gattungen (For.). *Senckenbergiana*, Frankfurt, vol. 33, n° 4/6, p. 313-341, pl. 1-7.
- BARSTENSTEIN H. & BRAND E. (1937). - Mikro-paläontologische Untersuchungen zur Stratigraphie der nord west deutschen Lias und Dogger. *Abh. Senckenb. Natur. Ges.*, Frankfurt, vol. 439, pl. 1-224, 20 fig., 20 pl.
- BASSOULLET J. P., LACHADAR G., BAUDIN F., BENSILI K., BOUTAKIOUT M., DEPECHE F., ELMI S. & RUGET Ch. (1991). - Stratigraphie intégrée dans le Toarcien du Maroc (Rides sud-rifaines et Moyen Atlas). *Bull. Soc. géol. France*, Paris, 162, 5, 825-839.
- BAUDIN F. & al. (1991). - Distribution of organic matter during the Toarcian in the Mediterranean Tethys and Middle East in Deposition of organic facies, edited by A. Y. HUC, *APPC studies in Geology* # 30, p. 73-90.
- BENZECRI J. P. & coll. (1973); - L'analyse des Données, II, *édit. Dunod*, Paris, 619 p.
- BIZON G. (1960). - Révision de quelques espèces types de Foraminifères du Lias du Bassin parisien de la collection Terquem. *Rev. Micropal.*, Paris, vol. 3, n° 1, p. 3-18, tabl. 1-4.
- BLANC-VERNET L., PUJOS M. et ROSSET-MOULINIER M. (1984). - Les biocénoses de Foraminifères benthiques des plateaux continentaux français (manche, Sud-Gascogne, Ouest-Provence). *In Benthos' 83, 2° Int. Symp. Benthic Foraminifera* (Pau), 71-79, 1 fig., 5 tabl.
- BODERGAT A. M., DONZE P., NICOLLIN J. P. & RUGET Ch. (1985). - Répartition biostratigraphique des microfaunes toarciennes (Foraminifères et Ostracodes) en bordures du Bassin de Paris. *Cahiers Inst. Cath. Lyon*, n° 14, p. 103-123, 3 fig., 3 pl.
- BODERGAT A.M., CUBAYNES R., COURTINAT B. et RUGET Ch. (1991). - Stratégies adaptatives K, r et A dans l'évolution des Ostracodes du Toarcien quercynois (France). *C. R. Acad. sci. Paris*, t. 312, sér. II, p. 1177-1182.
- BONNET L., CUBAYNES R., QAJOUN A., REY J. et RUGET Ch. (1991). Analyse statistique des biocénoses de Foraminifères dans les cortèges sédimentaires du Toarcien du Quercy. *C. R. Acad. sci. Paris*, t. 313, sér. II, p. 1587-1593.
- BONNET L., BODERGAT A. M., CUBAYNES R., REY J. & RUGET Ch. (1992 a). - Fluctuations des biocoenoses d'Ostracodes dans le Toarcien du Quercy. Relation entre les cycles eustatiques. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 314, p. 953-960.
- BONNET L., CUBAYNES R., REY J. et RUGET Ch. (1992 b). - Cycles et rythmes dans les biocénoses de Foraminifères du Toarcien du Quercy. Relation avec les cycles eustatiques et les changements climatiques. *C. R. Acad. sci. Paris*, t.314, sér. II, p. 77-83.
- BONNET L., CUBAYNES R., QAJOUN A., REY J. et RUGET Ch. (1993). - Indices biocoenitiques, cortèges sédimentaires et séquences de dépôt, *Géobios*, Lyon. (acceptée).
- BOUDCHICHE L. (1986). - Etude micropaléontologique du Domérien, Toarcien et Bajocien du Massif des Beni-Snassen orientaux. *Thèse de 3ème cycle Univ. Claude-Bernard Lyon*, inédite, 190 p., 28 fig., 9 tabl., 11 pl.
- BOUDCHICHE L. & RUGET Ch. (1993). - Une réponse morphologique à un problème écologique : l'exemple des foraminifères du Toarcien inférieur des Beni-Snassen (Maroc nord-oriental). *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 316, sér. II, p. 815-821.
- BOUTET C. (1981). - Etude palynoloplanctologique du Trias et du Jurassique inférieur et moyen de Grésigne, Sud Quercy. *Thèse de 3ème cycle Univ. Toulouse*, 161 p., 14 fig., 23 tabl.

- BOUTAKIOUT M.** (1980). - Contribution à l'étude micropaléontologique du Lias du Dehar en Nsour (Rides sud-rifaines, Maroc). *Thèse de 3ème cycle, Univ. Cl. Bernard Lyon*, inédit 140p, 47 fig., 10pl.
- BOUTAKIOUT M.** (1982). - Les Foraminifères du Domérien-Toarcien inférieur du Jbel Dhar En Nsour (Rides sud-rifaines, Maroc). Un-essai de zonation locale. *9ème R.S.T., Soc. géol. France*, Paris, p. 89.
- BOUTAKIOUT M.** (1987). - Les Foraminifères benthiques du passage Lias moyen-supérieur dans les Rides sud-rifaines (Maroc). *10ème Cong. Intern. Micropal. Africain*, Rabat.
- BOUTAKIOUT M.** (1990). - Les Foraminifères du Jurassique des Rides sud-rifaines et des régions voisines (Maroc). *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 119, 246 p., 50 fig., 15 pl.
- BOURELLEC J. et DELOFFRE R.** (1969). - Interpretation sédimentologique et paléogéog-raphique des microfaciès jurassiques du Sud-Ouest aquitain. *Bull. centre Rech. Pau-SNP A*, 3, 2, p. 287-328, 13 fig., 12 tabl.
- BROUWER J.** (1969). - Foraminiferal assemblages from the Lias of North-Western Europe. *Verh. Kon. Ned. Akad. Wet; Natur.*, vol. 25, n°1, 48p., 8pl.
- BRUNET M. F.** (1983). - La subsidence du Bassin d'Aquitaine au Mésozoïque et au Cénozoïque. *C. R. Acad. Sci. Paris*, II, 297, 599-602.
- CARAVEN-CACHIN A.** (1898). - Description géographique, géologique, minéralogique, paléontologique, palethnologique et agronomique des départements du Tarn et de Tarn-et-Garonne. Toulouse (*édi. Privat*) et Paris (*éd. Masson*), 684 p.
- CHAMPEAU H.** (1961). - Contribution à l'étude micropaléontologique du Lias du Bassin de Paris (Foraminifères et Ostracodes) IIIe partie : Etude de la microfaune des niveaux marneux du Lias dans le Sud-Est du Bassin de Paris. *Colloque sur le Lias Français, Chambéry 1960 et Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, vol. 4, p. 437-443, 1tabl.
- CHASSEL D., LEBRETON J. D. & PRODON R.** (1982). - Mesures symétriques d'amplitude d'habitat et de diversité intra-échantillon dans un tableau espèces-relevés : cas d'un gradient simple. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 295, ser III, p. 83-88.
- COPESTAKE P. & JOHNSON B.** (1981). - Lower Jurassic (Hettangian-Toarcian) Foraminifera from the Mochras Borehole, North Wales. *Rep. Inst. geol. Sci.* (in press).
- COPESTAKE P. & JOHNSON B.** (1984). - Lower Jurassic (Hettangian-Toarcian) Foraminifera from the Mochras Borehole, North Wales (UK) and their application to a worldwide biozonation. *2ème symposium international sur les foraminifères benthiques*, Pau, p. 183-184, 1 fig.
- CORNA M. & NICOLLIN J. P.** (1989). - Présence du Toarcien inférieur dans le Jura méridional : biostratigraphie et microfaune. *Géologie de la France*, 4, 31-38.
- COUSIN N., ESPITALIE J. & SIGAL J.** (1961). - Contribution à l'étude micropaléon-tologique du Lias du Bassin de Paris (Foraminifères et Ostracodes). Ie partie : Ardennes, région de Mézières(Département des Ardennes). *Colloque sur le Lias Français Chambéry 1960 et Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, vol. 4, p. 423-431, 2 fig., 3tabl.
- COUSIN N., ESPITALIE J. & SIGAL J.** (1961). - Contribution à l'étude micropaléon-tologique du Lias du Bassin de Paris (Foraminifères et Ostracodes). IVe partie : Sud du Bassin, Région d'Agenton sur Creuse et la Châtre (Département de Cher et de l'Indre). *Colloque sur le Lias Français, Chambéry 1960 et Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, vol.4 p. 45-449, 1tabl.
- CRAMEZ C.** (1990). - Glossaire de stratigraphie séquentielle. Anglais-Français. *Revue de l'I.F.P.*, vol. 45, n°3, p. 435-453.
- CUBAYNES R. & FAURE Ph.** (1981). - Première analyse biostratigraphique du Lias supérieur du Sud-Quercy (bordure Nord-Est - Aquitaine). *C. R. Acad. Sci. Paris*, (2), 292, 1031-1034.
- CUBAYNES R. & RUGET Ch.** (1983). - *Lenticulina (Marginulinopsis) pennensis*, Foraminifère nouveau du Toarcien de l'Europe occidentale. *Géobios*, Lyon, 16, 375-379, 1 fig., 1 pl.

- CUBAYNES R., FAURE Ph., BOUTET C. & DELFAUD J. (1984). - La mégaséquence d'ouverture du Lias quercynois (bordure Sud-Ouest du Massif central français): rapport entre environnements sédimentaires et palynofaciès, contexte climatique. *C. R. Acad. Sci. Paris*, (2), 298, 83-88.
- CUBAYNES R., BOUTET C., DELFAUD J. & FAURE Ph. (1984). - La mégaséquence du Lias quercynois (bordure Sud-Ouest du Massif central français). *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 8, 2, 3330-3370, 18 fig., 5 pl.
- CUBAYNES R. & DELOFFRE R. (1984). - *Tersella quercyensis* nov. sp., Algue dasycladacée du Toarcien du Quercy (France). *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine*, 8, 2, 371-384.
- CUBAYNES R. & RUGET Ch. (1985). - Les écoséquences de Nodosariidés et d'Ostracodes et leur signification dans les marnes toarciennes du Sud-Quercy, 1er Coll. C.I.E.L., Lyon, *Cah. Inst. Cath. Lyon*, 14, 125-134, 4 fig.
- CUBAYNES R. (1986). - Le Lias du Quercy méridional. Etude lithologique, biostratigraphique, paléontologique et sédimentologique. *Strata*, sér. II, vol. 6, 574p.
- CUBAYNES R., FAURE Ph., HANTZPERGUE P., PELISSIE Th. & REY J. (1989). Le Jurassique du Quercy: unités lithostratigraphiques, stratigraphie et organisation séquentielle. Evolution sédimentaire. *Géologie de la France*, Orléans, 3, p. 33-62.
- CUBAYNES R., RUGET Ch. & REY J. (1989). - Essai de caractérisation des prismes d'origine eustatique par les associations de foraminifères benthiques: exemple du Lias moyen et supérieur sur la bordure Est du Bassin Aquitain. *C. R. Acad. Sci. Paris*, (2), 308, p. 1517- 1522.
- CUBAYNES R., REY J., RUGET Ch., COURTINAT B. & BODERGAT A. M. (1990). - Relation between systems tracs and micropaleontological assemblages on a Toarcian carbonate shelf (Quercy, South-West France). *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, 8, VI, 6, p. 989-993.
- CUBAYNES R., REY J. & RUGET Ch. (1990). - Renouveau des espèces de foraminifères benthiques et variation du niveau des mers : exemples du Lias du Quercy et de l'Eocène de Corbières. *Rev. de micropal.*, Paris, vol. 33, p. 233-240, 3fig.
- CUBAYNES R., QAJOUN A., REY J., RUGET Ch. & BONNET L. (1991). - Eustatisme et associations de Foraminifères benthiques dans le Toarcien d'Aquitaine. *3rd Internat. Symposium on Jurassic stratigraphy*, Poitiers, thème 3, p. 30.
- CURNELLE R., DUBOIS P. & SEGUIN J. C. (1980). - Le Bassin d'Aquitaine: substratum anté-tertiaire et bordures mésozoïques. 26e Congr. géol. int.: *Bull. centre Rech. Pau SNP A*, Mém. 3, 47-58, 12 fig.
- CURNELLE R., DUBOIS P. & SEGUIN J. C. (1982). - The Mesozoic-Tertiary evolution of d' Aquitaine Bassin. *Phil. Trans. R. Soc. London*, A 305, 63-83, 15 fig.
- CURNELLE R. & DUBOIS P. (1986). - Evolution mésozoïque des grands bassins sédimentaires français; Bassins de Paris, d'Aquitaine et du Sud-Est. *Bull. Centre Rech. Pau SNP A*, 7, 1, 69-99, 16 fig.
- DEPECHE F. (1967). - Etude stratigraphique et micropaléontologique du Jurassique inférieur et moyen des Causses du Quercy. Région de Cajarc (Lot). *Thèse 3ème cycle Paris*.
- DERCOURT J., ZONENSHAIN L. P., RICOU L. E., KASMIN V. G., LE PICHON X., KNIPPER A.L., GRANDJACQUET C., SBORSHCHIKOV I. M., BOULIN J., SOROKHTIN O., GEYSSANT J., LEPVRIER C., BIJU-DUVAL B., SIBUET J. C., SAVOSTIN L. A., WESTPHAL M. & LAUER J. P. (1985). - Présentation de 9 cartes paléogéographiques au 1/20 000 000 s'étendant de l'Atlantique au Pamir pour la période du Lias à l'actuel. *Bull. Sco. Géol. France*, 8, 1, 5, 637-652 et supplément Atlas.
- DEUSER W. G. (1974). - Evolution of anoxic conditions in Black Sea during Holocene. In "The Black Sea-Geology, Chemistry and Biology", *Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 20, 133-136.
- DE WEVER P., GRANLUND A. H. et CORDEY F. (1989). - Icule, un système d'analyse de contour d'image pour la micropaléontologie, une étape vers un système paléontologique intégré. *Rev. Micropal.*, Paris, vol. 32, n° 3, p. 215-225.
- DIDAY E., LEMAIRE J., POUGET J. et TESTU F. (1982). - Eléments d'Analyse des Données, *Dunod*, Paris, 426 p.

- DONZE P., FRANIATTE M., LAUGIER R., LUCAS J., MILLOT G., MOUTERDE R., PAQUET H., RUGER-PERROT Ch. & SIGAL J. (1964).** - Etudes stratigraphique et micropaléontologique d'un sondage du Lias inférieur et moyen de Lorraine. Contribution à l'étude du Lotharingien. *Colloque du Jurassique*, Luxembourg 1962, Volume des Comptes Rendus et Mémoires, *Institut grand-ducal*, Section des Sciences naturelles, physiques et mathématiques, 609-617.
- DREXLER E. (1958).** - Foraminiferen und Ostracoden aus dem Lias alpha von Siebeldingen/Pfalz. *Geol. Jb.*, 75, 475-554.
- DURAND-DELGA M. (1943).** - Etude géologique de la partie méridionale du Quercy. *D.E.S. Géol., Fac. Sci. Université de Toulouse*, 81 p. (inédit).
- ELLENBERGER F. (1937).** - Recherches tectoniques sur le massif de la Grésigne. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 71, 195-246.
- ELMI S. & RULLEAU L. (1990).** - Le genre *Pseudololita* (Ammonitina, Grammo-ceratinae) dans le Toarcien supérieur (France, Espagne, Portugal, Maroc). *Atti II Conv. Inst. F. E. A. Pergola*, 1987, Pallini & alii cur., 291-315.
- ENAY R. & al. (1980).** - Synthèse paléogéographique du Jurassique français (groupe français d'étude du Jurassique). *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, H. S. 5, 210p., 1 fig., 3 tabl., 42 cartes.
- ESPITALIE J. & MADEC M. (1981).** - Les schistes bitumineux du Toarcien de la bordure orientale du Bassin de Paris. *Bull. Centres Rech. SNP A, Pau*, 5, 2, p. 461-472, 4 fig., 3 tabl.
- ESPITALIE J., DEROO G. & MARQUIS F. (1985).** - La pyrolyse et ses applications. *Rev. de l'I.F.P.*, vol. 40, n° 1, 5, 6, p. 563-784, p. 73.
- ESPITALIE J., MARQUIS F., SAGE L. et BARSONY I. (1987).** - Géochimie organique du Bassin de Paris. *Rev. de l'I.F.P.*, vol. 42, n° 3, p. 271-302.
- EXTON J. (1979).** - Pliensbachian and Toarcian Microfauna of Zambujal, Portugal : Systematic Paleontology. *Carleton University Geological Paper*, 79-1, 104 p.
- EXTON J. & GRADSTEIN F. M. (1984).** - Early jurassic stratigraphy and Micropaleontology of the Grands Banks and Portugal. In *Jurassic-Cretaceous Biochronology and Paleogeography of north America*, G.E.G. Westermann Edit., p. 13-30, 5 fig., 2 pl.
- FAURE Ph. & CUBAYNES R. (1983).** - La sous zone à *Pleydellia celtica* nov. sp. (*Dumortier-rinae*, *Ammonitina*), nouvel élément biostratigraphique de la zone à *Aalensis* dans le Toarcien du Sud du Quercy (bordure est du Bassin d'Aquitaine). *C. R. Acad. Sci. Paris* (2), 297, 681-686.
- FRANKE A. (1936).** - Die Foraminiferen des deutschen Lias. *Abh. Press. Geol. Landesanst., Berlin*, n° 169, p. 1-138, pl. 1-12.
- GABILLY J. (1961).** - Le Toarcien de Thouars. Etude stratigraphique du stratotype. *Mém. BRGM, Colloque sur le Lias Français. C. R. Congr. Soc. savantes*, Chambéry, 1960, 345-355, 2 fig., 3 tabl.
- GABILLY J. (1961).** - Stratigraphie et paléogéographie du Lias dans le détroit poitevin. *Mém. BRGM, Colloque sur le Lias Français. C. R. Congr. Soc. savantes*, Chambéry, 1960, 475-486, 3 fig.
- GABILLY J. (1976).** - Le Toarcien à Thouars et dans le centre-ouest de la France. Biostratigraphie. Evolution de la faune (*Harpoceratinae*, *Hildoceratinae*). *Edition du CNRS, Les stratotypes français*, vol. 3, 217 p., 29 pl., 52 fig.
- GABILLY J., CARIOU E. et HANTZPERGUE P. (1985).** - Les grandes discontinuités stratigraphiques du Jurassique: témoins d'événements eustatiques, biologiques et sédimentaires. *Bull. Soc. géol. France*, (8), t. 1, n° 3, 391-401.
- GEZE B., DURAND-DELGA M. & CAVAILLE A. (1947).** - Cycles sédimentaires et épisodes tectoniques d'âge secondaire dans les Causses méridionaux du Quercy. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 224, p. 133-135.
- GORDON W. A. (1970).** - Biogeography of Jurassic Foraminifera. *Geol. Soc. America. Bull.*, Boulder Colorado, vol. 81, n° 6, p. 1689-1704.

- GOY G. (1979). - Les "Schiste carton" (Toarcien inférieur) du Bassin de Paris, en affleurements et en sondages. Etude par diagraphie, pétrographie, nannoflore calcaire, conditions de sédimentation. *Thèse de 3ème cycle, Paris VI*, 187 p., 48 fig., 5 tabl., 54 pl.
- GRANLUND A.H., (1986a). - Quantitative analysis of microfossils. A methodological study with applications to Radiolaria. *Meddelanden f. Stockholms Univ. Geol. Inst.*, n° 268, 99p.
- GRANLUND A. H. & HERMELIN J. (1984). - MIAS a microcomputer-based image analysis system for micropaleontology. *Stockholm Contrib. Geol.*, vol. 39/4, p. 127-137.
- GUEX J. (1973). - Aperçu biostratigraphique sur le Toarcien inférieur du Moyen Atlas marocain et discussion sur la zonation de ce sous-étage dans les séries méditerranéennes. *Ecl. Geol. Helv.*, Bale, 66, p. 493-523.
- HALLAM A. (1967). - The depth significance of shales with bituminous laminae. *Marine geology*, 5/6, 329-332.
- HALLAM A. (1967). - An environmental study of the upper Domerian and Lower Toarcian in Britain *Phil. trans. Roy. Soc. London*, 778 (252), 393-445, 17 fig., 1 pl., 4 tab.
- HANZO M. (1978). - A propos de nodules carbonatés du Toarcien inférieur de la région de Bettembourg (Grand-Duché de Luxembourg). *103ème, Congr. nat. Soc. sav. Sci.*, Nancy, IV, 343-349.
- HANZO M. (1979). - Milieu de dépôt et évolution diagénétique des argilites toarciennes d'après l'étude des nodules carbonatés des "Schistes carton" de Bettembourg (Grand-Duché de Luxembourg), *Sciences de la Terre*, Nancy, XIII, 1, 45-59, 2 fig. 1 tabl., 2 pl.
- HAQ B., HARDENBOL J. and VAIL P. R. (1988). - Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and sea-level change. In "Sea-level: an integrated approach" *Soc. Econ. Paleont. Mineral.*, Tulsa, Publ. Sp., n° 42, P. 71-108.
- HERBIN J. P. et DEROO G. (1982). - Sédimentologie de la matière organique dans les formations du Mésozoïque de l'Atlantique Nord. *Bull. Soc. géol. France* (7), t. XXIV, n° 3, p. 497-510.
- HORTON A. & BRENDA E. COLEMAN (1977). - The lithostratigraphy and micropaleontology of the Upper Lias at Empingham Rutland. *Bull. Geol. Surv. G.B.*, London, n° 62, 12 pl., 4 fig., 4 pl.
- JACQUIN Th., GARCIA J. P., PONSOT C., THIERRY J. et VAIL P. R. (1992). - Séquences de dépôt et cycles régressifs/transgressifs en domaine marin carbonaté : exemple du Dogger du Bassin de Paris. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 315, ser. II, p. 353-362.
- JAMBU E. (1978). - Classification automatique pour l'analyse des Données, *édit. Dunod*, Paris, 310p.
- JARVINEN O. (1979). - Geographical gradients of stability in European land bird communities. *Oecologia*, 38, p. 51-69.
- JOHNSON B. (1975). - Upper Domerian and Toarcian Foraminifera from the Llanbedr (Mochras Farm) Borehole, N. Wales. Unpublished. *Ph. D thesis, Univ. College of Wales, Aberystwyth*.
- JOHNSON Th. (1976). Ecological Ranges of selected Toarcian and Domerian (Jurassic) foraminiferal species from Wales. *Spe. Publ. Marit. Sediments*, London, 1B, p. 545-556.
- KINDWELL S. M. (1991). - Condensed deposits in siliclastic sequences : expected and observed features. In EINSELE G., RICKEN W. and SEILACHER A., ed., *cycles and events in stratigraphy*, Springer-Verlag, p. 682-695.
- LEBART L., MORINEAU A. & TABARD N. (1977). - Techniques de la description statistique, Dunod, Paris, 351 p.
- LECANTE G. & MAINNEMARE C. (1992). - Stratigraphie séquentielle et pyrolyse Rock-Eval dans le Lias supérieur du Quercy et des Grands Causses. *Rap. réf. 39 475*, E.N.S.P.M., IFP, 77 p., 26 fig. et annexes.
- LEFAVRAIS-RAYMOND A. & LE CALVEZ Y. (1964). - Sondage de Théminettes. *Rapport BRGM*, DS 64-A-94. (inédit).
- LOEBLICH A. R. & TAPPAN H. (1964). - Treatise on Invertebrate Paleontology directed by R. C. MOORE, part C, Protista 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 foraminifera I, *Acad. Press. London*, p. 1-54.
- LOEBLICH A. R. & TAPPAN H. (1981). - Suprageneric revision of some calcareous foraminifera. *Journ. Foram. Res.*, Washington, vol. 11, n°2, p. 159-164.
- LOHMAN P. (1983). - Eigenshape analysis of microfossils : A general morphometric procedure for describing changes in shape. *Journ. Inter. Ass. Mathem. Geol.*, 15, p. 659-672.
- MAGNAN P. (1869). - Etude des formations secondaires des bords sud-ouest du Plateau central de la France entre les vallées de la Vère et du Lot. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 3, 1-83.
- MAGNIEZ-JANIN F. & JACQIN T. (1990); - Validité du découpage séquentiel sensu Vail en domaine de bassin : arguments fournis par les Foraminifères dans le Crétacé inférieur du Sud-Est de la France. *C. R. acad. sci. Paris*, (2), 310, p. 263-269.
- MAGNE J., MALMOUSTIER G. et SERONIE-VIVIEN R. M. (1961). - Microfaciès du Lias d'Aquitaine, Etude de subsurface. *Rev. Micropal.*, Paris., 4, 2, 108-118, 3fig., 4pl.
- MAGNE J., MALMOUSTIER G. et SERONIE-VIVIEN R. M. (1961). - Le Lias des bordures septentrionale et orientale du Bassin Aquitain. *Coll. sur le Lias français, Chambéry 1960, Mém B.R.G.M.*, n° 4, 757-775, 6 fig.
- MAGNE J., MALMOUSTIER G. et SERONIE-VIVIEN R. M. (1961). - Le Toarcien de Thouars (Deux-Sèvres). *Coll. sur le Lias français, Chambéry 1960, Mém B.R.G.M.*, 4, 357-395.
- MAMONTOVA E. V. (1957). - Foraminifères du Toarcien du versant Nord du Grand Caucase (Kouban-Laba, Russe). *Uch. Zapiski L. G. U., Leningrad, Serv. Sc. Géol.*, n° 9, p. 160-213, 5 tabl., 4 pl.
- MICHELSSEN O. (1975). - Lower Jurassic Biostratigraphy and ostracods of the Danish Embayment. *Danmarks Geol. Unders.*, 104, 2, 1-289.
- MOUSTERDE R. & RUGET Ch. (1977). - Relais hétérochrones de faunes vers la limite Domérien-Toarcien. *5ème Réun. An. Sc. Terre, Rennes*, p. 346.
- MOUSTERDE R. & RUGET Ch. (1982). - Les "Couches de passage" : un problème d'échelle. *9ème Réun. An. Sc. Terre, Paris*.
- NICOLLIN J. P. (1981). - Les Foraminifères du Toarcien de Saint-Denis (Deux-Sèvres) : étude systématique et biométrique du genre *Citharina*. *DEA Univ. Claude Bernard Lyon*, 31p, 9 fig. 1 pl. (inédit).
- NICOLLIN J. P. (1983). - Foraminifères du Lias moyen et supérieur du Bugey (Jura méridional). *Thèse 3ème cycle, Univ. Cl. Bernard Lyon I*, inédite, 147p., 40 fig., 12 pl., 5 tabl.
- OULMACH F. (1979). - Etude stratigraphique et micropaléontologique du Jurassique du Jbel Dhar en Nsour (Rides sud-rifaines, Maroc). *Thèse de 3ème cycle Fac. Sci. Paris*, inédite, 190 p., 33 fig., 25 pl.
- OLSSON R. K. (1988). - Foraminiferal modeling of sea-level change in the late Cretaceous of New-Jersey. In "Sea-level change : an integrated approach". *Soc. Econ. Paleont., Tulsa, sp. Publ.*, n° 42, p. 289-297.
- ORBIGNY A.(d') (1849-1850). - Prodrôme de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés. *Masson édit.*, Paris, vol. 1, IX, 392 p.
- PAYARD J. M. (1947). - La faune de Foraminifères du Lias supérieur du détroit Poitevin *Thèse Fac. Sci. Univ. Paris*, 236p., 7 pl.
- PETTITT A. N. (1979). - A non-parametric approach to the change-point problem. *Appl. Statist.*, 28, p. 126-135.
- POSAMENTIER H. W. & CHAMBERLAIN C. J. (1990). - Joarcam Field, Alberta : a lowstand shoreline in a sequence stratigraphic Framework. *13 th Intern. Sediment. Congress, Abstracts* : 433.
- POSAMENTIER H. W., JERVEY M. T. and VAIL P. R. (1988). - Eustatic controls on clastic deposition. I- Conceptual Framework. II- Sequence and systems tracts models. In "Sea-level changes : an integrated approach". *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Tulsa, publ. sp. n° 42*, p. 109-154.

- QAJOUN A. (1989). - Etude micropaléontologique du Toarcien moyen du Quercy : application pour la reconnaissance des prismes de dépôt d'origine eustatique. *DEA Toulouse. (inédit)*.
- QAJOUN A., CUBAYNES R., RUGET Ch. & REY J. (1990). - L'utilisation des Foraminifères pour l'identification des cortèges sédimentaires du Toarcien quercynois. "3ème Col. C.I.E.S", *Cah. Inst. Cath.*, Lyon, série Sci. n°5, p. 51-62, 5 fig.
- QAJOUN A. (1991). - Inventaire de la matière organique dans le Toarcien du nord du Quercy (France). Rapport de stage SNEA (P), référence EP/S/Exp./Lab. 91/110 RS, Pau.
- QAJOUN A. (1992). - Apport des méthodes d'Analyses en Composantes Principales et de contours d'images à la biostratigraphie : application au genre *Citharina*. 14ème R.S.T., Toulouse III, *Soc. Géol. France*, édité Paris, p. 129.
- QAJOUN A., REY J. & CUBAYNES R. (1993). - Séquences de dépôt dans le Toarcien du Quercy (Sud-Ouest de la France). 14th I.A.S. *Regional Meeting of Sedimentology*, Marrakech, p. 269-270.
- REY J. (1983). - Biostratigraphie et lithostratigraphie : principes fondamentaux, méthodes et applications. *IFP, Edit. Technip*, 177 p., 10 tabl., 107 fig.
- REY J., CUBAYNES R., FAURE Ph., HANTZPERGUE P. & PELISSIE Th. (1988). - Stratigraphie séquentielle et évolution d'une plate-forme carbonatée : le Jurassique du Quercy (Sud-Ouest de la France). *C.R. Acad. Sc. Paris*, (II), 306, p. 1009-1015.
- REY J. (1992). - La stratigraphie séquentielle : concepts, problèmes, perspectives. *Mém. sp. "3rd Intern. Symp. Jur. Strat.", Géobios.* (sous presse)
- REY J., CUBAYNES R., QAJOUN A. & RUGET Ch. (1992). - Foraminiferal indicators of systems tracts and global unconformities. In "Sequence stratigraphy and facies associations". I.A.S. sp., Publ; n° 18, *Blackwell Sc. Pub. Edit.*, p. 109-124.
- RIEGRAF W. (1985). - Microfaune, biostratigraphie und fazies im untere Toarcium sud west Deutschland und Vergleiche mit Benachbarten Gebieten. *Tubinger Micropal. Mitteilungen*, n° 3, 232 p., 33 fig., 12 pl.
- RIOULT M., DUGUE O., JEAN DU CHENE R., PONSOT C. M., FILY G., MORON J. M. & VAIL P. R. (1991). - Outcrop sequence stratigraphy of the Anglo-Paris Basin, middle to upper Jurassic. *Bull. Centre Rech. SNP A, Pau*, Vol. 15, n° 1, p. 101-194.
- ROMEDER J. M. (1973). - Méthodes et Programmes d'Analyse Discriminate, *édité. Dunod*, Paris, 274 p.
- RUGET Ch. & SIGAL J. (1972). - Description de quelques Foraminifères (Lagenidae) du Lias supérieur de la région de Charolles (Saône-et-Loire). *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, 50, p. 143-161, 5 pl.
- RUGET Ch. (1973). - Inventaire des microfaunes du Bajocien moyen de l'Algarve (Portugal). *Rev. Fac. Ciencias Lisboa*, 2ème série, C, vol. 17, fasc. 2, p. 515-542, 8 pl.
- RUGET Ch. (1976). - Révision des Foraminifères de la collection Terquem : Dentalina, Marginulina, Nodosaria. *Cah. Micropal. CNRS*, Paris n°4, 118p., 15 pl.
- RUGET Ch. (1980). - Evolution et biostratigraphie des lagenidés (Foraminifères) dans le Lias de l'Europe occidentale. *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, vol. 7, n°4, p. 623-626.
- RUGET Ch. (1982). - Foraminifères du Lias moyen et supérieur d'Obon (Chânes ibériques province de Teruel, Espagne), *Géobios*, Lyon, n°15, fasc. 1, p. 53-91, 2 fig., 1 tabl., 6 pl.
- RUGET Ch. (1985). - Les Foraminifères (Nodosariidés) du Lias de l'Europe occidentale. *Doc. Lab. Géol. Lyon*, n° 94, 273 p.
- RUGET Ch., CUBAYNES R., NICOLLIN J. P. & ROQUET A. M. (1989). - Une méthode de traitement (prélèvement, lavage et tri) pour l'analyse paléocéologique appliquée aux Nodosariidés du Toarcien des coupes de Penne et de Caylus (Quercy, France). *Rev. Micropal.*, Paris, vol. 32, n°1, p. 45-52.
- SARG J. F. (1988). - Carbonate sequence stratigraphy. In "Sea-level changes : an integrated approach". *Soc. econ. paleont. Mineral.*, Tulsa, publ. sp. n° 42, p. 155-181.

- SIGAL J.** (1966). - Le concept taxonomique de spectre. Exemples d'application chez les Foraminifères. Propositions de règles de nomenclature. *Mém. Soc. Géol. France*, Paris, h. s., n° 3, 126 p., 7 fig., 10 pl., 1 tabl.
- SNEYERS R.** (1975). - Sur l'analyse statistiques des séries d'observation. *Note technique* n° 143, O.M.M., 415, Genève.
- SPRINGER G. D., MAC DONALD W. D. and CROCKFORD M. B. B.** (1964). - Jurassic, chapter 10. In "Geological history of Western Canada". Alberta. *Soc. of Petrol. Geol. Calgary*, Alberta, Canada. Ed. Mac Grossan and Nelson.
- TERQUEM M. O.** (1863). - Troisième mémoire sur les Foraminifères du Lias des départements de la Moselle, de la côte-d'Or, du Rhône, de la Vienne et du Calvados. *Mém. Acad. Impér. Metz*, p. 151-228, pl. 7-10.
- TERQUEM M. O.** (1866). - Cinquième mémoire sur les Foraminifères du Lias des départements de la Moselle, de la côte-d'Or et de l'Indre. *Mém. Acad. Impér. Metz*, p. 313-354, pl. 15-18.
- TERQUEM M. O.** (1868). - Sixième mémoire sur les Foraminifères du Lias des départements de l'Indre et de la Moselle. *Mém. Acad. Impér. Metz*, p. 459-532, pl. 19-22.
- TINTANT H.** (1972). - La conception biologique de l'espèce et son application en stratigraphie. In Coll. Méthodes et tendances en stratigraphie. Orsay, 1970, *Mém. B.R.G.M.*, Paris, 77, p. 77-87.
- VAIL P. R., MITCHUM R. M., TODD R. G., WIDMERI J. V., THOMPSON S., SANGREE J. B., BUBB J. N. & HATELID W. G.** (1977). - Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In *PAYTON C.E.* (éd.) : Seismic stratigraphy. Application to hydrocarbon exploration. *Mem. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 26, 49-212.
- VAIL P. R., COLIN J. P., DU CHENE R. J., KUCHLY J., MEDIAVILLA F. and TRIFILIEFF V.** (1987). - La stratigraphie séquentielle et son application aux corrélations chronostratigraphiques dans le Jurassique du Bassin de Paris. *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, (8), t.III, n° 7, p. 1301-1321.
- VAIL P. R., HARDENBOL J. and TODD R. G.** (1984). - Jurassic unconformities, chronostratigraphy, sea-level changes from seismic stratigraphy and biostratigraphy. *Mem. Am. assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, mém. 36, p. 129-144.
- VAN WAGONER J. C., POSAMENTIER H. W., MITCHUM R. M., VAIL P. R., SARG J. F., LOUTIT T. S. and HARDENBOL J.** (1988). - An overview of the Fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In "Sea-level changes : an intergred approach". *Soc. Econ. Paleont. Mineral.*, publ. sp. n° 2, p. 39-45.
- WEILZEL E.** (1968). - Foraminiferen und fazies des frankischen Domeriums. *Erl. Geol. Abhandl.*, Erlangen, vol. 69, p. 1-79, 14 fig.
- WERNLI R.** (1971). - Les Foraminifères du Dogger du Jura méridional (France). *Arch. Sc. Genève*, vol. 24, fasc. 2, p. 305-364, 10 pl.
- YACOUBI A. N.** (1984). - Etude micropaléontologique (Ostracodes et Foraminifères) des marnes de Boulmane (Dogger du Moyen Atlas marocain). *Thèse de 3ème cycle Univ. Claude Bernard*, Lyon, inédite, 131 p., 28 fig., 14 pl.
- ZAHN C. T. & ROSKIES R. Z.** (1972). - Fourier descriptors for plane closed curves. *IEEE Trans. on Computers*, C, 21-269-281.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS.....	3
RESUME.....	5
ABSTRACT.....	7

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

1. CADRE GEOGRAPHIQUE	11
2. CADRE GEOLOGIQUE	11
3. CADRE PALEOGEOGRAPHIQUE	13
4. CADRE STRATIGRAPHIQUE	13
5. TRAVAUX ANTERIEURS	15
6. METHODES ET BUTS DE L'ETUDE	18

CHAPITRE II : DESCRIPTION DES UNITES LITHOSTRATIGRAPHIQUES

Lithologie, biostratigraphie, géochimie, datations et corrélations

1. INTRODUCTION.....	23
1.1. Formation de Penne.....	23
1. 2. Formation de Lexos.....	23
2. SITUATION DES COUPES.....	24
3. FORMATION DE PENNE.....	29
3.1. Membre des Schistes carton	
3.1.1. Description des coupes	
a. coupe de la Barrie/le Caille.....	29
b. coupe de la Cérède.....	31
c. coupe de Turenne.....	31
3.1.2. Conclusions.....	34
3.2. Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés	
3.2.1. coupe de la Cérède.....	37
3.2.2. coupe de Darnis.....	41
3.2.3. coupe d'Autoire.....	45
3.2.4. coupe de Turenne.....	45
3.2.5. conclusions.....	49
3.3. Membre des Marnes noire à <i>Pseudogrammoceras</i>	
3.3.1. coupe de Gramat.....	53
3.3.2. coupe de Turenne.....	55
3.3.3. conclusions.....	56
3.4. Minéralogie et géochimie organique de la Formation de Penne	
3.4.1. composants minéraux non organiques.....	59
3.4.2. composants organiques.....	61
3.4.3. essai de caractérisation de la matière organique.....	63
3.4.4. conclusions.....	69
3.5. Synthèse.....	70

4. FORMATION DE LEXOS

4.1. Formation de Lexos dans la région de Gramat

4.1.1. Description.....	73
4.1.2. Biostratigraphie.....	77
4.1.3. Microfaunes.....	78
4.1.4. Environements.....	78

4.2. Evolution latérale de la Formation de Lexos au sud et au nord de la région de Gramat

4.2.1. coupe de Thémines.....	79
4.2.2. coupe de Puy d'Issolud.....	83

4.3. Conclusions.....	85
-----------------------	----

CHAPITRE III : STRATIGRAPHIE SEQUENTIELLE

1. INTRODUCTION.....	89
----------------------	----

1.1. Séquences de dépôt, cortèges sédimentaires et discontinuités.....	89
--	----

1.2. Le diagramme des cycles eustatiques.....	94
---	----

2. SEQUENCES DE DEPOT, CORTEGES SEDIMENTAIRES ET DISCONTINUITES DANS LA SERIE TOARCIEENNE DU QUERCY.....	94
---	----

3. CONCLUSIONS.....	111
---------------------	-----

CHAPITRE IV : ANALYSES DES BIOCEONOSSES DES FORAMINIFERES DANS LES CORTEGES SEDIMENTAIRES

1. INTRODUCTION.....	115
----------------------	-----

1.1. Buts.....	115
----------------	-----

1.2. Principes.....	115
---------------------	-----

1.3. coupes étudiées.....	116
---------------------------	-----

1.4. Matériel étudié.....	117
---------------------------	-----

1.5. Paramètres utilisés.....	117
-------------------------------	-----

2. PEUPLEMENTS DE FORAMINIFERES BENTHIQUES DANS LES CORTEGES SEDIMENTAIRES.....	119
---	-----

2.1. Coupe de la Cérède.....	119
------------------------------	-----

2.1.1. répartition verticale des taxons.....	119
--	-----

2.1.2. morphologie des nodosariidés dans les cortèges sédimentaires.....	121
--	-----

2.2. Coupe de Turenne.....	123
----------------------------	-----

2.2.1. répartition verticale des taxons.....	123
--	-----

2.2.2. morphologie des nodosariidés dans les cortèges sédimentaires.....	125
--	-----

2.3. Conclusions.....	127
-----------------------	-----

3. ANALYSES STATISTIQUES DES BIOCEONOSSES DE FORAMINIFERES DANS LES CORTEGES SEDIMENTAIRES.....	129
3.1. Analyse de Correspondances Multiples, Classification automatique et Analyse Factorielle Discriminante	129
3.1.1. généralités.....	129
3.1.2. méthodologie.....	131
3.1.3. résultats.....	133
3.1.4. conclusions.....	137
3.1.5. interprétations.....	137
3.2. Indices bioceonotiques des populations des Foraminifères benthiques dans les cortèges sédimentaires.....	141
3.2.1. nombre des taxons.....	141
3.2.2. taux de renouvellement.....	141
3.2.3. diversité et amplitude factorielles d'habitat.....	145
3.2.4. conclusions.....	155

CHAPITRE V : MICROPALÉONTOLOGIE

1. INTRODUCTION.....	157
2. SYSTEMATIQUE.....	157
2.1. Foraminifères agglutinants.....	157
2.2. Foraminifères à test hyalin.....	159
2.2.1. genre <i>Lenticulina</i>	159
2.2.2. genres <i>Citharina</i>	170
2.2.3. Etude biométrique des Citharines.....	183
a. Analyse en Composantes Principales (ACP).....	183
b. Analyses bivariées et univariées.....	187
c. Analyse de contour des Citharines.....	189
2.2.4. autres genres.....	194
3. REPARTITION BIOSTRATIGRAPHIQUE DE LA MICROFAUNE.....	195
3.1. Foraminifères.....	195
3.1.1. ensembles (associations) de foraminifères benthiques.....	195
3.1.2. comparaison avec d'autres régions.....	197
3.1.3. conclusions.....	198
3.2. Ostracodes.....	201
3.2.1. associations d'ostracodes.....	201
3.2.2. conclusions.....	203
4. REPARTITION PALEOGEOGRAPHIQUE.....	203

CHAPITRE VI : CONCLUSIONS GENERALES

Résultats stratigraphiques.....	211
Résultats micropaléontologiques.....	212
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	217
TABLE DES MATIERES.....	227
LISTES DES FIGURES.....	233
PLANCHES PHOTOS.....	239

LISTES DES FIGURES

Fig. 1 : - Esquisse géologique du Quercy. Sa place dans le bassin d'Aquitaine.....	10
Fig. 2 : - Evolution des grands Bassins français : A. Lias inférieur, B. Lias supérieur (d'après CURNELLE & BUBOIS, 1986).....	12
Fig. 3 : - Tableau synoptique du Toarcien du Quercy. (d'après CUBAYNES & al., 1984, modifié).....	14
Fig. 4 : - Succession lithologique, séquences majeures et superséquences du Jurassique du Quercy. Comparaison avec les cycles eustatiques de HAQ & al., 1987. (d'après REY & al., 1988).....	16
Fig. 5 : - Découpage stratigraphique de la série toarcienne du Quercy. (d'après CUBAYNES & al., 1981 et 1983).....	22
Fig. 6 : - Carte topographique de Figeac au 1/100 000 : localisation des coupes.....	24
Fig. 7,8 : - Carte topographique de BRIVE-LA-GAILLARDE au 1/100 000 : localisation des coupes.....	25
Fig. 9 : - Membre des Schistes carton dans les coupes de le Caille et de la Barrie.....	28
Fig. 10 : - Membre des Schistes carton dans la coupe de la Cérède.....	30
Fig. 11 : - Membre des Schistes carton dans la coupe de Turenne.....	32
Fig. 12 : - Membre des Schistes carton : évolution latérale du Sud-Est au Nord-Ouest.....	33
Fig. 13 : - Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés ; répartition stratigraphique des ammonites et des ostracodes dans la coupe de la Cérède.....	36
Fig. 14 : - Répartition stratigraphique des foraminifères dans la coupe de la Cérède Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés.....	38
Fig. 15 : - Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés ; répartition stratigraphique des ammonites et des ostracodes dans la coupe de Darnis.....	40
Fig. 16 : - Répartition stratigraphique des foraminifères dans la coupe de Darnis Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés.....	42
Fig. 17 : - Fig. 13 : - Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés ; répartition stratigraphique des ammonites et des foraminifères dans la coupe d'Autoire.....	44
Fig. 18 : - Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés ; répartition stratigraphique des ammonites et des ostracodes dans la coupe de Turenne.....	46
Fig. 19 : - Répartition stratigraphique des foraminifères dans la coupe de Turenne Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés.....	48
Fig. 20 : - Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés : évolution latérale du Sud-Est au Nord-Ouest.....	50
Fig. 21 : - Membre des Marnes et calcaires à <i>Pseudogrammoceras</i> dans la coupe de Gramat.....	52
Fig. 22 : - Membre des Marnes et calcaires à <i>Pseudogrammoceras</i> dans la coupe de Turenne.....	54
Fig. 23 : - Membre des Schistes carton : compositions minéralogique et organique; coupe de la Barrie.....	58
Fig. 24 : - Membre des Marnes et calcaires à Hildoceratidés : compositions minéralogique et organique; coupe de la Cérède.....	60
Fig. 25 : - Membres des Marnes noires à <i>Pseudogrammoceras</i> : compositions minéralogique et organique; coupe de Gramat.....	62
Fig. 26 : - Analyse thermique Rock-Eval, diagramme $IH = f(T_{max})$	64
Fig. 27 : - Analyse thermique Rock-Eval, diagramme $IH = f(I0)$	66

Fig. 28 : - Analyse thermique Rock-Eval, diagramme $IH = f(COT)$	68
Fig. 29 : - Formation de Lexos dans la région de Gramat : lithostratigraphie et distributions stratigraphiques des ammonites et des foraminifères.....	72
Fig. 30 : - Formation de Lexos dans la région de Gramat : évolution latérale du Sud-Ouest au Nord-Est.....	74
Fig. 31 : - Formation de Lexos dans la coupe de Thémines.....	80
Fig. 32 : - Formation de lexos dans la coupe de Puy d'Issolud.....	82
Fig. 33 : - Evolution latérale de la Formation de Lexos au sud et au nord de la région de Gramat.....	84
Fig. 34 : - Stratigraphie séquentielle : séquence théorique de dépôt avec ses cortèges sédimentaires, surfaces de discontinuités et lithofaciès dans un domaine carbonaté dominant (d'après SARG, 1988).....	90
Fig. 35 : - Les séquences de dépôt et cortèges sédimentaires en dispositif de rampe, sans bordure marquée. Morphologie du bassin et organisation verticale des dépôts. (d'après REY & al., 1992).....	92
Fig.36 : - Le Toarcien inférieur et moyen du Quercy. Séquences de dépôt (3ème ordre) et cortèges sédimentaires.....	96
Fig. 37 : - Evolution latérale des séquences de dépôt et cortèges sédimentaires dans le Toarcien inférieur et moyen du Quercy méridional (d'après REY & al., 1993).....	98
Fig. 38 : - Evolution latérale des séquences de dépôt et cortèges sédimentaires dans le Toarcien inférieur et moyen du Quercy septentrional.....	100
Fig. 39 : - Séquences de dépôt (3ème ordre) et cortèges sédimentaires dans le Membre des Marnes noires à <i>Pseudogrammoceras</i>	104
Fig. 40 : - Séquences de dépôt (3ème ordre) et cortèges sédimentaires dans la Formation de Lexos.....	106
Fig. 41 : - Evolution latérale des séquences de dépôt et cortèges sédimentaires dans le Toarcien supérieur (Formation de Lexos) du Quercy.....	108
Fig. 42 : - Stratigraphie, séquences de dépôt et cortèges sédimentaires dans la série toarcienne du Quercy.....	110
Fig. 43 : - Répartition des espèces de foraminifères dans les cortèges sédimentaires du Toarcien inférieur et moyen (coupe de la Cérède).....	118
Fig. 44 : - Répartition et proportions relatives des principales formes de nodosariidés dans les séquences de dépôt et cortèges sédimentaires du Toarcien inférieur et moyen (coupe de la Cérède).....	120
Fig. 45 : - Répartition des espèces de foraminifères dans les cortèges sédimentaires du Toarcien inférieur et moyen (coupe de la Turenne).....	122
Fig. 46 : - Répartition et proportions relatives des principales formes de nodosariidés dans les séquences de dépôt et cortèges sédimentaires du Toarcien inférieur et moyen (coupe de Turenne).....	124
Fig. 47 : - 1. Analyse des correspondances Multiples (ACM) du tableau de répartition des foraminifères dans la coupe de la Cérède. Figuration des gisements dans le plan factoriel F1-F2. - 2. Analyse Discriminante Multiple (AFD) sur les 6 premiers axes de l'ACM. Intervalle de confiance à 95% autour des centres de 3 groupes constitués à partir des méthodes de la stratigraphie séquentielle.....	128

Fig. 48 : Classification automatique hiérarchique du moment d'ordre 2 avec pour données les 6 premiers axes de l'ACM; A. coupe de la Cérède, B. coupe de Turenne.....	130
Fig. 49 : - 1. Analyse des correspondances Multiples (ACM) du tableau de répartition des foraminifères dans la coupe de la Turenne. Figuration des gisements dans le plan factoriel F1-F2. - 2. Analyse Discriminante Multiple (AFD) sur les 6 premiers axes de l'ACM. Intervalle de confiance à 95% autour des centres de 3 groupes constitués à partir des méthodes de la stratigraphie séquentielle.....	132
Fig. 50 : - Variations de la F1 dans les niveaux de prélèvements (coupe de la Cérède). A. lissage exponentiel; B. ajustement par régression polynomiale de degré 5; C. résidus de la régression.....	134
Fig. 51 : - Variations de la F1 dans les niveaux de prélèvements (coupe de Turenne). A. lissage exponentiel; B. ajustement par régression polynomiale de degré 5; C. résidus de la régression.....	134
Fig. 52 : - L'ACM du tableau de présence de foraminifères dans 19 niveaux de prélèvement de la coupe de Turenne. Figuration des échantillons dans le plan factoriel F1-F3. Les trajectoires de 3 variables illustratives en 4 classes.....	138
Fig. 53 : - Courbes des variations de la F2 et du nombre des taxons dans les coupes de la Cérède et de Turenne.....	140
Fig. 54 : - Courbes du taux de renouvellement des taxons dans les coupes de la Cérède et de Turenne.....	142
Fig. 55 : - F1 - diversité des niveaux de prélèvements dans les coupes de la Cérède et de Turenne.....	144
Fig. 56 : - Amplitude factorielle d'habitat des taxons (coupe de la Cérède) ordonnés suivant leur position sur le gradient représenté par l'axe F1 de l'ACM.....	148
Fig. 57 : - Amplitude factorielle d'habitat des taxons (coupe de Turenne) ordonnés suivant leur position sur le gradient représenté par l'axe F1 de l'ACM.....	148
Fig. 58 : - Relations morphologiques chez les différents morphogènes du genre <i>Lenticulina</i> (d'après RUGET, 1985; BOUTAKIOUT, 1990, modifiée).....	159
Fig. 59 : - Analyse en Composante Principales (ACP) sur les données brutes (matrice de variances-covariances) des deux populations de Citharines de 50 individus issues de la sous-zone à <i>Falciferum</i> (Toa. inf.) et de la sous-zone à <i>Bifrons</i> (Toa. moy.).....	184
Fig. 60 : - Histogrammes de fréquences.....	186
Fig. 61 : - Diagrammes de dispersion $Nl = f(H)$, $L = f(L)$ et $L = f(Nc)$ des deux populations étudiées.....	188
Fig. 62 : - Histogrammes de fréquence de l'amplitude (A) chez les Citharines.....	190
Fig. 63 : - Divers diagrammes de rapport des données dans la population de la sous-zone à <i>Falciferum</i> ; E1/E2, E1/amplitude et E1/% expliqué.....	192
Fig. 64 : - Divers diagrammes de rapport des données dans la population de la sous-zone à <i>Bifrons</i> ; E1/E2, E1/amplitude et E1/% expliqué.....	193
Fig. 65 : - Les formes calculées (modèles) des deux populations de Citharines.....	196
Fig. 66 : - Répartition stratigraphique des principales espèces de foraminifères benthiques dans le Toarcien du Quercy septentrional.....	200
Fig. 67 : - Répartition stratigraphique des principales espèces d'ostracodes dans le Toarcien du Quercy septentrional.....	204

Fig. 68 : - Répartition paléogéographique des espèces de la famille des nodosariidés communes entre différents pays de la Téthys occidentale et de l'Atlantique nord au Toarcien.....	205
Fig. 69 : - Répartition paléogéographique des espèces d'ostracodes communes entre différents pays de la Téthys occidentale et de l'Atlantique nord au Toarcien.....	206
Fig. 70 : - Localisation des régions et des pays montrant des relations faunistiques (flèches noires) avec le Quercy (France) au Toarcien.....	208

PLANCHES PHOTOS

PLANCHE 1

- Fig. 1 *Protonina difflugiformis* (BRADY), x 250, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 2 *Protonina difflugiformis* (BRADY), x 250, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 3 *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM), x 150, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 4 *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM), x 95, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Gramat.
- Fig. 5 *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM), x 100, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 6 *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM), x 125, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 7 *Ammobaculites* sp. , x 75, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 8 *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM), x 250, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Gramat.
- Fig. 9 *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM), x 250, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 10 *Ammobaculites fontinensis* (TERQUEM), x 100, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Gramat.
- Fig. 11 *Thuramina jurensis* FRANKE, x 225, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 12 *Spirillina infima* (STRICLAND), x 250, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.

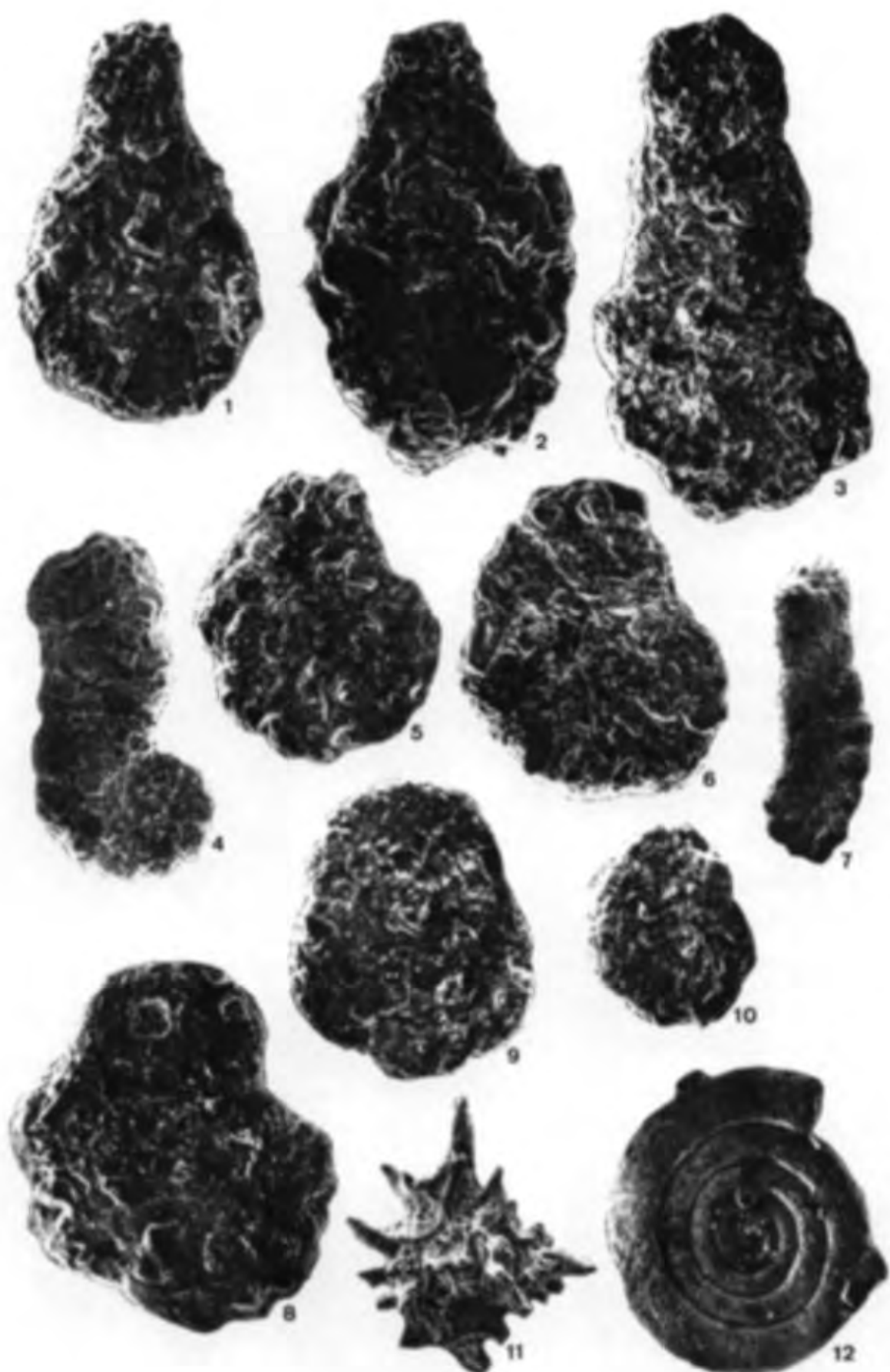


PLANCHE 2

- Fig. 1 *Lenticulina sublaevis* (FRANKE) mg *Saracenaria*, x 112, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 2 *Lenticulina sublaevis* (FRANKE) mg *Saracenaria*, x 112, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 3 *Lenticulina sublaevis* (FRANKE) mg *Saracenaria*, x 112, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 4 *Marginulina prima* d'ORBIGNY, x 150, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 5 *Marginulina prima* d'ORBIGNY, x 150, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 6 *Marginulina prima* d'ORBIGNY, x 150, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 7 *Lingulina* gr. *tenera* (BORNEMANN), x 150, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 8 *Lingulina* gr. *tenera* (BORNEMANN), x 150, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 9 *Lingulina* gr. *tenera* (BORNEMANN), x 112, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 10 *Lingulina* gr. *tenera* (BORNEMANN), x 112, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 11 *Nodosaria mutabilis* TERQUEM, x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis.
- Fig. 12 *Pseudonosaria multicostata* (BORNEMANN), x 112, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 13 *Pseudonosaria multicostata* (BORNEMANN), x 112, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 14 *Lingulina* gr. *tenera* (BORNEMANN), x 112, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 15 *Dentalina terquemi* d'ORBIGNY, x 75, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 16 *Nodosaria* sp., x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 17 *Nodosaria fontinensis* TERQUEM, x 125, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Turenne.
- Fig. 18 *Nodosaria mutabilis* TERQUEM, x 125, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède.
- Fig. 19 *Nodosaria fontinensis* TERQUEM, x 125, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède.
- Fig. 20 *Dentalina utriculata* TERQUEM, x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 21 *Pseudonosaria tenuis* (BORNEMANN), x 150, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.
- Fig. 22 *Dentalina pseudocommunis* FRANKE, x 95, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 23 *Dentalina arbuscula* TERQUEM, x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.

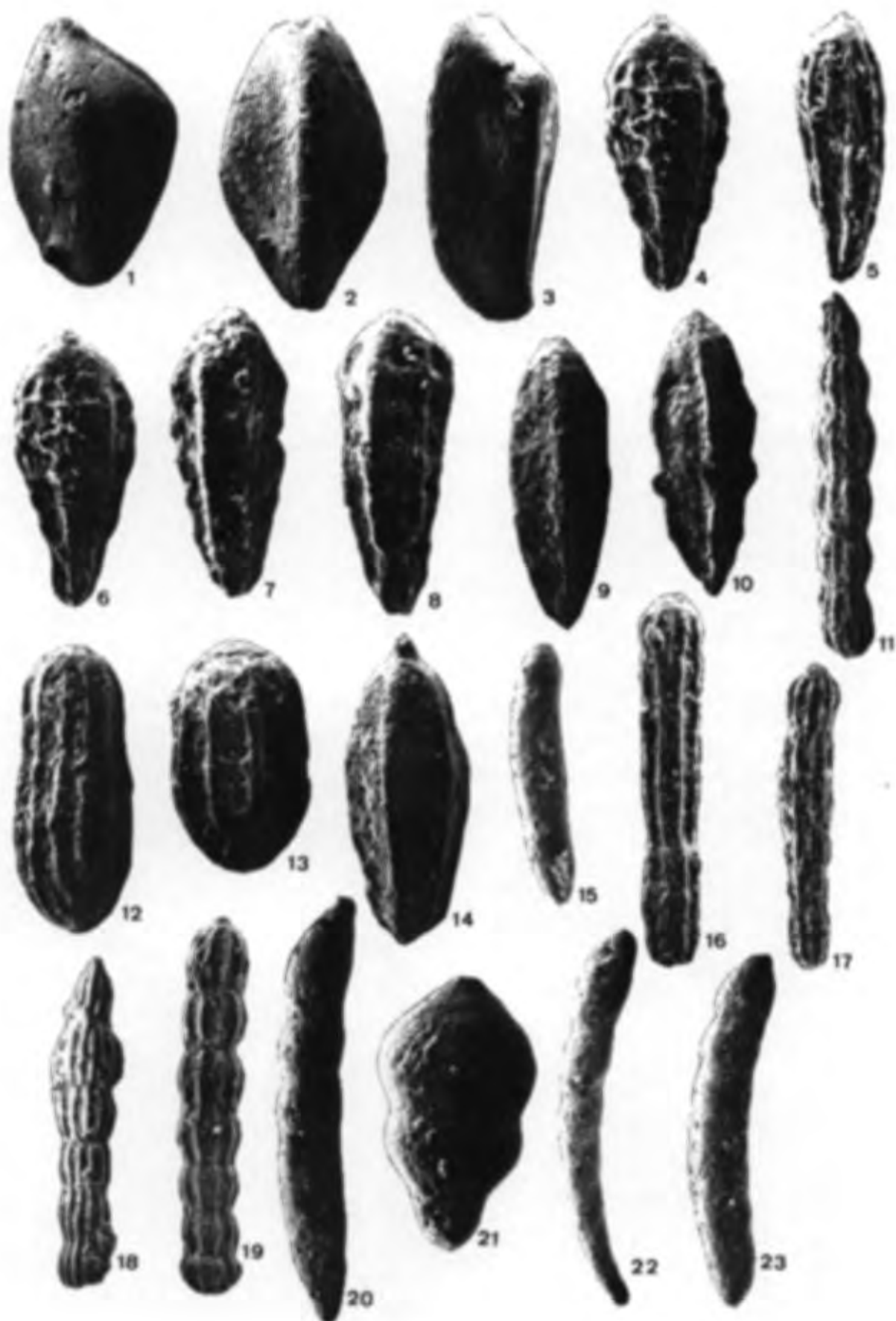


PLANCHE 3

Spectre chicheryi

- Fig. 1 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Falsopalmula*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 2 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Falsopalmula*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 3 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Marginulinopsis*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 4 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Falsopalmula*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 5 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Falsopalmula*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 6 *Lenticulina chicheryi* PAYARD (passage de *Planularia* à *Falsopalmula*), x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 7 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Falsopalmula*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 8 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Lenticulina*, x 250, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 9 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Lenticulina*, x 200, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 10 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Planularia*, x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 11 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Planularia*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 12 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Marginulinopsis*, x 150, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 13 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Astacolus*, x 250, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 14 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Lenticulina*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 15 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Planularia*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.



PLANCHE 4

Spectre pretenuistriata

- Fig. 1 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Falsopalmula* RUGET, x 112, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 2 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Falsopalmula* RUGET, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 3 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Falsopalmula* RUGET, x 112, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 4 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Falsopalmula* RUGET, x 112, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 5 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Planularia* RUGET, x 225, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 6 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Astacolus* RUGET, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 7 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Falsopalmula* RUGET, x 112, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 8 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Falsopalmula* RUGET, x 112, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 9 *Lenticulina pretenuistriata* (passage de *Planularia* à *Falsopalmula*) RUGET, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 10 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Planularia* RUGET, x 190, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 11 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Falsopalmula* RUGET, x 300, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 12 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Falsopalmula* RUGET, x 300, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.



PLANCHE 5

- Fig. 1 *Lenticulina d'orbignyi* (ROEMER) mg *Marginulinopsis*, x 225, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 2 *Lenticulina d'orbignyi* (ROEMER) mg *Planularia*, x 150, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 3 *Lenticulina d'orbignyi* (ROEMER) mg *Marginulinopsis*, x 150, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 4 *Lenticulina d'orbignyi* (ROEMER) mg *Lenticulina*, x 150, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 5 *Lenticulina chicheryi* PAYARD (passage de *Planularia* à *Fasopalmula*), x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 6 *Lenticulina pretenuistriata* mg *Falsopalmula* RUGET (juvénile), x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 7 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Astacolus*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 8 *Lenticulina* sp. 2 mg *Falsopalmula*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 9 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Fasopalmula*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 10 *Lenticulina* sp. 1 mg *Planularia*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 11 *Lenticulina cordiformis* (TERQUEM) mg *Planularia*, x 200, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 12 *Lenticulina subovalis* MAMONTOVA mg *Planularia*, x 225, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 13 *Lenticulina subovalis* MAMONTOVA mg *Planularia*, x 200, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 14 *Lenticulina filosa* (TERQUEM) mg *Planularia*, x 200, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 15 *Lenticulina toarcense* PAYARD mg *Lenticulina*, x 112, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 16 *Lenticulina* aff. *prima* (d'ORBIGNY) mg *Lenticulina*, x 112, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 17 *Lenticulina chicheryi* PAYARD mg *Planularia*, x 190, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.



PLANCHE 6

- Fig. 1 *Lenticulina pennensis* CUBAYNES & RUGET mg *Marginulinopsis*, x 190, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 2 *Lenticulina pennensis* CUBAYNES & RUGET mg *Marginulinopsis*, x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 3 *Lenticulina pennensis* CUBAYNES & RUGET mg *Lenticulina*, x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 4 *Lenticulina sigma* (TERQUEM) mg *Marginulinopsis*, x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 5 *Lenticulina sigma* (TERQUEM) mg *Marginulinopsis*, x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 6 *Marginulina* ? nov. sp., x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 7 *Marginulina* ? nov. sp., x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 8 *Lenticulina filosa* (TERQUEM) mg *Planularia*, x 190, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 9 *Lenticulina* sp. 2 mg *Falsopalmula*, x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 10 *Lenticulina deslongchampsii* (TERQUEM) mg *Falsopalmula*, x 225, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 11 *Lenticulina pennensis* CUBAYNES & RUGET mg *Lenticulina*, x 150, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 12 *Lenticulina* sp. 2 mg *Falsopalmula*, x 250, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 13 *Lenticulina* sp. mg *Planularia*, x 190, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 14 *Nodosaria obscura* REUSS, x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.



PLANCHE 7

- Fig. 1 *Citharina colleezi* (TERQUEM), x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 2 *Citharina colleezi* (TERQUEM), x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 3 *Citharina colleezi* (TERQUEM), x 190, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 4 *Citharina colleezi* (TERQUEM), x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis.
- Fig. 5 *Citharina cornucopiae* (TERQUEM), x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 6 *Citharina cornucopiae* (TERQUEM), x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 7 *Citharina cornucopiae* (TERQUEM), x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 8 *Citharina cornucopiae* (TERQUEM), x 95, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 9 *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL, x 190, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 10 *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL, x 125, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 11 *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL, x 125, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 12 *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL (juvénile), x 125, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 13 *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL, x 220, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.
- Fig. 14 *Citharina charollensis* RUGET & SIGAL, x 220, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.



PLANCHE 8

- Fig. 1 *Citharina fallax* (PAYARD), x 60, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 2 *Citharina fallax* (PAYARD), x 60, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 3 *Citharina iberica* RUGET, x 100, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 4 *Citharina iberica* RUGET (juvénile), x 125, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 5 *Citharina iberica* RUGET, x 60, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 6 *Citharina iberica* RUGET (juvénile), x 125, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 7 *Citharina longuemari* var. *gradata* (TERQUEM), x 100, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 8 *Citharina longuemari* var. *gradata* (TERQUEM), x 60, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 9 *Citharina longuemari* var. *angusta-cordata* (TERQUEM), x 60, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 10 *Citharina longuemari* var. *angusta-cordata* (TERQUEM), x 60, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 11 *Citharina longuemari* var. *aalense* (TERQUEM), x 100, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 12 *Citharina clathrata* (TERQUEM), x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 13 *Citharina clathrata* (TERQUEM), x 125, Toarcien moyen, zone à Variabilis, la Cérède.
- Fig. 14 *Citharina clathrata* (TERQUEM), x 200, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis.
- Fig. 15 *Citharina fallax* (PAYARD), x 75, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis.
- Fig. 16 *Citharina longuemari* var. *gradata* (TERQUEM), x 75, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.



PLANCHE 9

- Fig. 1 *Citharina enigmatica* (PAYARD), x 95, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 2 *Citharina enigmatica* (PAYARD), x 95, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 3 *Citharina dorsoventrocarinata* (PAYARD), x 95, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 4 *Citharina fasciata* (PAYARD), x 60, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 5 *Citharina proxima* (TERQUEM), x 95, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède.
- Fig. 6 *Citharina proxima* (TERQUEM), x 125, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède.
- Fig. 7 *Citharina gradata* (PAYARD), x 60, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 8 *Citharina cytharella* (TERQUEM), x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis.
- Fig. 9 *Citharina cytharella* (TERQUEM), x 95, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède.
- Fig. 10 *Citharina cytharella* (TERQUEM), x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis.
- Fig. 11 *Citharina tricosta* (PAYARD), x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 12 *Citharina* sp., x 60, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Turenne.
- Fig. 13 *Citharina inconstans* (TERQUEM), x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 14 *Citharina welschi* (PAYARD), x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 15 *Citharina subaequilateralis* (TERQUEM) var. *typica* (PAYARD), x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.
- Fig. 16 *Citharina subaequilateralis* (TERQUEM) var. *typica* (PAYARD), x 95, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis.
- Fig. 17 *Citharina subaequilateralis* (TERQUEM) var. *assymetrica* (PAYARD), x 95, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Autoire.
- Fig. 18 *Citharina* sp. 1, x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.
- Fig. 19 *Citharina* sp., x 125, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.



PLANCHE 10

Fig. 1 à 3 *Polycops* sp., Toarcien moyen, zones à Bifrons et Variabilis, la Cérède.

- 1- C vue latérale (x 100)
- 2- C vue latérale (x 100)
- 3- vue latérale sur la commissure des valves (x 100)

Fig. 4 à 8 *Cytherella toarcensis* BIZON, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Turenne.

- 4- C vue latérale droite (x 75)
- 5- C vue latérale gauche (x 75)
- 6- VG vue latérale (x 75)
- 7- C vue latérale droite, stade juvénile (x 75)
- 8- C vue latérale gauche, stade juvénile (x 75)

Fig. 9 à 13 *Cytherelloidea drexlerae* FIELD, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède (10, 11, 13), Darnis (9, 12)

- 9- C vue latérale gauche, femelle (x 75)
- 10- C vue latérale droite, femelle (x 75)
- 11- C vue latérale gauche, mâle (x 75)
- 12- C vue latérale droite, mâle (x 75)
- 13- C vue dorsale (x 75)

Fig. 14 à 17 *Ogmoconcha hagenowi* DREXLER, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.

- 14- C vue latérale droite (x 75)
- 15- C vue latérale gauche (x 75)
- 16- C vue latérale droite (x 75)
- 17- C vue dorsale (x 75)

Fig. 18 à 20 *Ogmoconchella* sp., Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.

- 18- C vue latérale gauche (x 75)
- 19- C vue latérale droite (x 75)
- 20- C vue dorsale (x 75)

Fig. 21 et 22 *Praeschuleridea* ? sp., Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède.

- 21- VG vue latérale (x 100)
- 22- VG vue latérale (x 100)

C : Carapace
VG : Valve gauche
VD : Valve droite



PLANCHE 11

Fig. 1 *Pseudohealdia* sp., Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis.

1- C vue latérale (x 100)

Fig. 2 *Bairdia* cf. sp. BATE & COLEMAN, Toarcien inférieur, zone à Tenuicostatum, le Caille.

2- C vue latérale (x 100)

Fig 3 et 4 *Pontocyprella* ? sp. 1, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis.

3- C vue latérale gauche (x 100)

4- C vue latérale droite (x 100)

Fig. 5 à 8 *Pontocyprella* sp. 2

5- C vue latérale gauche (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis

6- C vue latérale droite (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis

7- C vue dorsale (x 100), Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Turenne

8- C vue ventrale (x 100), Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, Darnis

Fig. 9 à 11 *Paracypris* sp. CUBAYNES, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède

9- C vue latérale gauche (x 75)

10- C vue latérale droite (x 75)

11- C vue dorsale (x 75)

Fig. 12 à 14 *Monoceratina striata* TRIEBEL & BARTENSTEIN

12- C vue latérale gauche (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne

13- C vue latérale gauche (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis

14- C vue dorsale (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède

Fig. 15 à 17 *Patellacythere vulsa* (JONES & SHERBORN)

15- C vue latérale gauche (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède

16- C vue latérale gauche (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis

17- C vue dorsale (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne

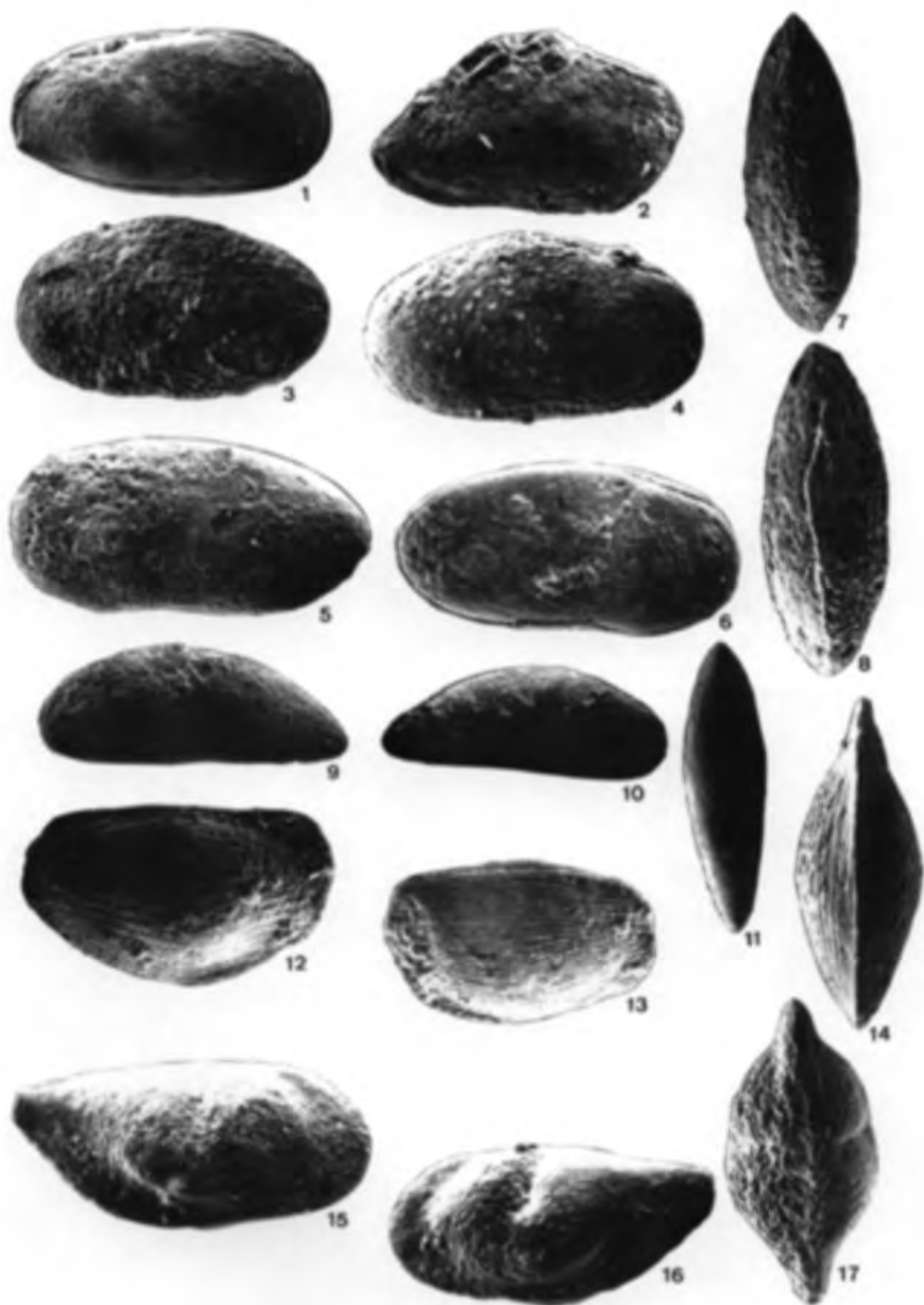


PLANCHE 12

Fig. 1 à 4 *Pontellacythere vulsa* (JONES & SHERBORN), Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.

- 1- C vue latérale gauche, stade juvénile (x 100)
- 2- C vue latérale droite, stade juvénile (x 100)
- 3- C vue latérale gauche, stade juvénile (x 100)
- 4- C vue latérale droite, stade juvénile (x 100)

Fig. 5 *Nophrecythere cf. rimosa* DEPECHE, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.

- 5- C vue latérale gauche (x 125)

Fig. 6 à 8 *Trachycythere verrucosa* TRIEBEL & KLINGER

- 6- VD vue latérale (x 100), Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède
- 7- VG vue latérale (x 100), Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède
- 8- C vue dorsale (x 100), Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède

Fig. 9 à 12 *Cytheroapterina alafastigata* FISCHER

- 9- C vue latérale gauche, morphe réticulée (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède
- 10- VG vue latérale, morphe réticulée (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne
- 11- VG vue latérale, morphe lisse (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis
- 12- VD vue latérale, morphe réticulé (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne

Fig. 13 *Metacytheroapteron* ? sp., Toarcien moyen, zone à Bifrons, Turenne.

- 13- C vue latérale droite (x 100)

Fig. 14 à 18 *Kinkelinella persica* BATE & COLEMAN, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.

- 14- C vue latérale gauche, mâle (x 100)
- 15- VD vue latérale, mâle (x 100)
- 16- C vue latérale gauche, femelle (x 100)
- 17- C vue latérale droite, femelle (x 100)
- 18- C vue dorsale (x 100)



PLANCHE 13

Fig. 1 à 20 *Kinkelinella* gr. *bucki-rugosa* BIZON, Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède (2, 4, 14, 18, 19), Turenne (1, 3, 6, 7, 8, 9, 13), , Darnis (5, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 20)

- 1- VD vue latérale, femelle, morphe A (x 100)
- 2- VD vue latérale, mâle, morphe A (x 100)
- 3- VG vue latérale, femelle, morphe A (x 100)
- 4- C vue dorsale, femelle, morphe A (x 100)
- 5- C vue ventrale, femelle, morphe A (x 100)
- 6- VD vue latérale, mâle, morphe B (x 100)
- 7- VG vue latérale, femelle, morphe B (x 100)
- 8- C vue dorsale, femelle, morphe B (x 100)
- 9- C vue dorsale, mâle, morphe B (x 100)
- 10- C vue dorsale, morphe C (x 100)
- 11- C vue latérale droite, morphe C (x 100)
- 12- VG vue latérale, morphe C (x 100)
- 13- VG vue latérale, mâle probable, morphe C (x 100)
- 14- C vue latérale gauche, femelle probable, morphe C (x 100)
- 15- C vue latérale gauche, morphe D (x 75)
- 16- VD vue latérale, morphe D (x 75)
- 17- C vue latérale gauche, mâle, morphe D (x 100)
- 18- VD vue latérale, morphe D (x 100)
- 19- C vue latérale droite, femelle probable, morphe D (x 100)
- 20- C vue latérale droite, morphe B (x 75)



PLANCHE 14

Fig. 1 à 12 *Kinkelinella* gr. *bucki-rugosa* BIZON, Toarcien supérieur, zone à Thouarsense, Turenne.

- 1- C vue latérale gauche, mâle, morphe E (x 75)
- 2- C vue latérale droite, mâle, morphe E (x 75)
- 3- C vue latérale gauche, femelle, morphe E (x 75)
- 4- VG vue latérale, femelle, morphe E (x 75)
- 5- C vue dorsale, femelle, morphe E (x 75)
- 6- C vue dorsale, mâle, morphe E (x 75)
- 7- C vue latérale droite, femelle, morphe E (x 75)
- 8- C vue latérale droite, femelle, morphe F (x 100)
- 9- VG vue latérale, mâle, morphe F (x 100)
- 10- VD vue latérale, mâle, morphe F (x 100)
- 11- VG vue latérale, stade juvénile mâle probable, morphe F (x 100)
- 12- VG vue latérale, femelle, morphe F (x 100)

Fig. 13 à 19 *Kinkelinella* gr. *sermoisensis* APOSTOLESCU

- 13- VG vue latérale, morphe A (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède
- 14- VD vue latérale, morphe A (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède
- 15- C vue dorsale, morphe A (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède
- 16- C vue latérale gauche, morphe A (x 100), Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède
- 17- VD vue latérale, morphe A (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, Darnis
- 18- VG vue latérale, morphe A agradée (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède
- 19- VG vue latérale, morphe A agradée (x 100), Toarcien moyen, zone à Bifrons, la Cérède

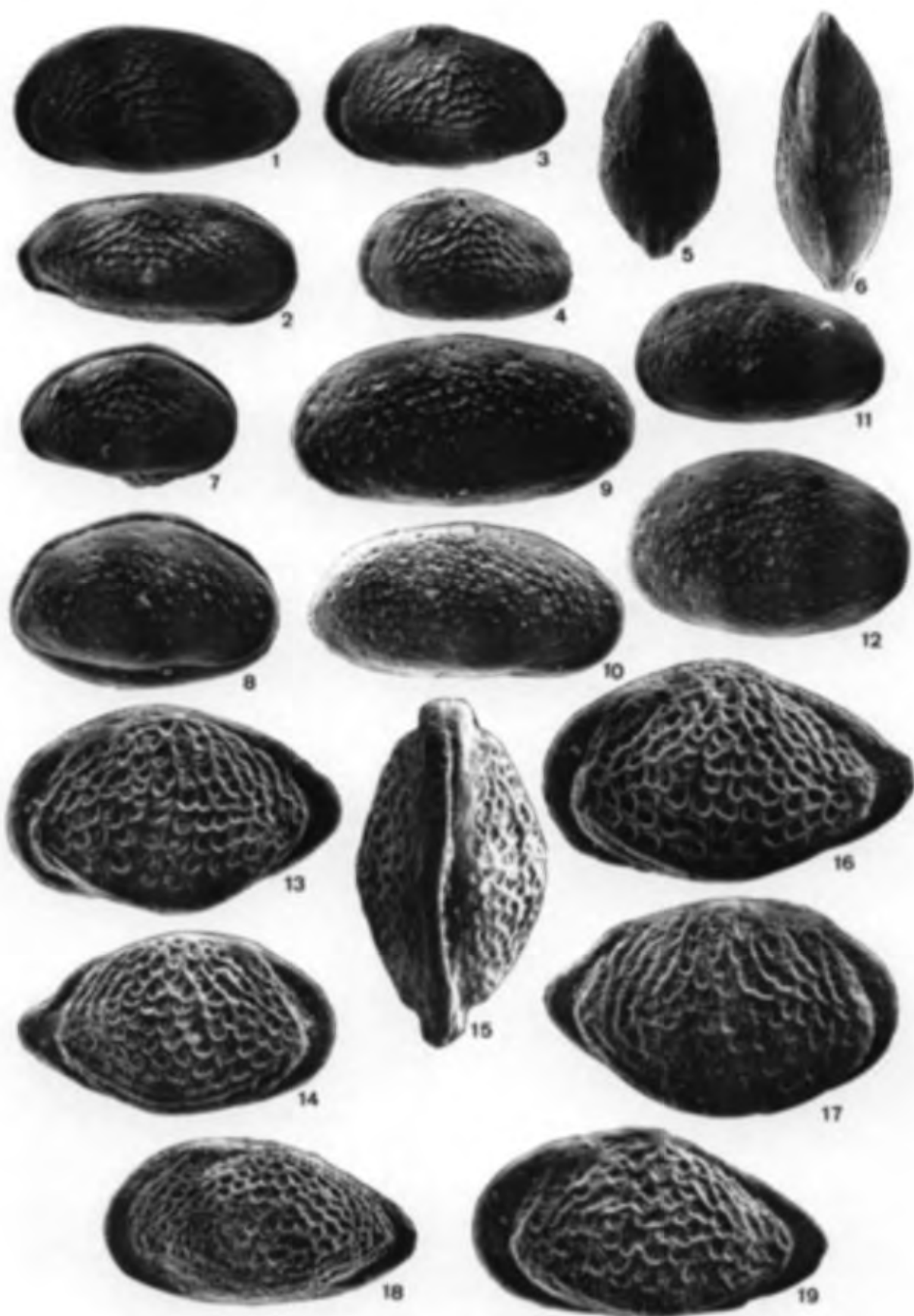


PLANCHE 15

Fig. 1 à 6 *Kinkelinella gr. sermoisensis* APOSTOLESCU, Toarcien moyen, zone à Bifrons, Damis

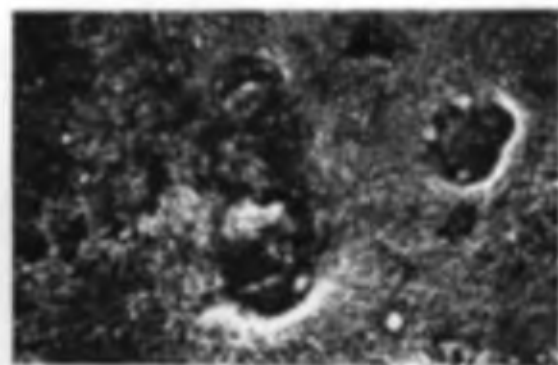
- 1- C vue latérale gauche, morphe B (x 100)
- 2- C vue latérale droite, morphe B (x 100)
- 3- C vue latérale gauche, morphe B agradée (x 100)
- 4- C vue latérale gauche, morphe C (x 100)
- 5- C vue latérale gauche, morphe C (x 100)
- 6- C vue latérale gauche, morphe C (x 100)

Fig. 7 à 10 *Kinkelinella gr. sermoisensis* APOSTOLESCU, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède

- 7- VD vue latérale, morphe B probable agradée (x 100)
- 8- VG vue latérale, morphe B probable agradée (x 100)
- 9- C vue latérale gauche, morphe C probable agradée (x 100)
- 10- C vue latérale droite, morphe C probable agradée (x 100)

Fig. 11 à 13 *Kinkelinella gr. sermoisensis* APOSTOLESCU, Toarcien inférieur, zone à Serpentinus, la Cérède

- 11- VD vue interne (x 100)
- 12- VG vue interne montrant les empreintes musculaires centrales (x 450)
- 12- VD vue interne montrant les empreintes musculaires centrales, détail de la photo. 11 (x 450)



12



13