

Société
Géologique du
Nord

ANNALES

Tome 9 (2^{ème} série), Fascicule 3
parution 2002

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

ISSN 0767-7367

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

Extraits des Statuts

Article 2

- Cette Société a pour objet de concourir à l'avancement de la géologie en général, et particulièrement de la géologie de la région du Nord de la France.

- La Société se réunit de droit une fois par mois, sauf pendant la période des vacances. Elle peut tenir des séances extraordinaires décidées par le Conseil d'Administration.

- La Société publie des Annales et des Mémoires. Ces publications sont mises en vente selon un tarif établi par le Conseil. Les Sociétaires bénéficient d'un tarif préférentiel (1).

Article 5

Le nombre des membres de la Société est illimité. Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans l'une des séances par deux membres de la Société qui auront signé la présentation, et avoir été proclamé membre au cours de la séance suivante.

Extraits du Règlement Intérieur

§ 7. - Les Annales et leur supplément constituent le compte rendu des séances.

§ 13. - Seuls les membres ayant acquitté leurs cotisations et abonnement de l'année peuvent publier dans les Annales. L'ensemble des notes présentées au cours d'une même année, par un auteur, ne peut dépasser le total de 8 pages, 1 planche simili étant comptée pour 2 p. 1/2 de texte.

Le Conseil peut, par décision spéciale, autoriser la publication de notes plus longues.

§ 17. - Les notes et mémoires originaux (texte et illustration) communiqués à la Société et destinés aux Annales doivent être remis au Secrétariat le jour même de leur présentation. A défaut de remise dans ce délai, ces communications prennent rang dans une publication postérieure.

§ 18. - Les Mémoires sont publiés par fascicule après décision du Conseil.

Avertissement

La Société Géologique du Nord ne peut en aucun cas être tenue pour responsable des actes ou des opinions de ses membres.

Tirages à part

Conformément au paragraphe 14 du Règlement Intérieur (Tome LXXXI, p. 12), les tirages à part sont à la charge des auteurs qui doivent en faire par écrit la déclaration expresse du bon à tirer.

Cotisations et Abonnements (à la date du 1/1/2001)

	QUALITÉ	COTISATION	ABONNEMENT aux Annales	TOTAL
FRANCE et C.E.E.	Personnes physiques (2) (3)	7,62 €	25,92 € T.T.C.	33,54 €
AUTRES PAYS	Personnes physiques	7,62 €	28,98 € T.T.C.	36,60 €

Abonnement des non-membres : FRANCE et C.E.E. : 55,60 € H.T. — ÉTRANGER : 64,00 €

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

La vente des Annales s'effectue par tomes entières aux prix suivants. Exceptionnellement, et jusqu'à épuisement du stock, certains fascicules sont en vente séparément.

Tomes I à LXXIX (manquent I, II, V à IX, XVI, XXII, XXXIV à XXXVI, XXXIX à XLIII, XLV, XLVII à LVIII)	30,50 € H.T.
Tomes LXXX à XCV (manque XC)	41,20 € H.T.
Tomes XCVI à CV	50,30 € H.T.
Tome CVI	58,70 € H.T.

TABLES GÉNÉRALES DES ANNALES

Table 1 (Tomes I à XX) - Table 2 (Tomes XX à XXX) - Table 3 (Tomes XXXI à XL) - Table 4 (Tomes XLI à LXXIX)	7,65 € H.T.
Table 5 (Tomes LXXX à CIX)	par table

Esquisse géologique du Nord de la France, par J. GOSSELET, Fascicule IV (Terrains quaternaires)	4,40 € H.T.
Ecorché géologique infra mésozoïque (extrait de " Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France", présentée par C.F.P. (M), COPESEP et S.N.P.A.)	7,65 € H.T.

FASCICULES SPÉCIAUX

" Géologie du Nord de la France " (T. LXXXIX, fasc. 1)	13,00 € H.T.
" Rupture des roches et massifs rocheux " (T. XCV, fasc. 3)	10,65 € H.T.
" Données nouvelles sur le Paléozoïque de l'Europe occidentale " (T. XCVI, fasc. 4 et T. XCVII, fasc. 1)	30,50 € H.T.
" Apports récents à la Géologie du Gondwana " (T. XCVII, fasc. 4)	23,00 € H.T.
" Géologie de l'Europe, du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens " (T. XCIX, fasc. 1)	23,00 € H.T.
" Géologie appliquée aux problèmes d'énergie et de matières premières " (T. CII, fasc. 2)	23,00 € H.T.
" Tectonique cassante en distension et coulissement " (T. CIII, fasc. 2-3)	38,10 € H.T.
" Aspect de la Géologie de l'Ardenne, hommage au Professeur Beugnies " (T. CV, fasc. 2)	19,00 € H.T.
" Paléozoïque supérieur continental " (T. CVI, fasc. 2)	45,75 € H.T.
" Actualisation de quelques thèmes géologiques " (T. CVI, fasc. 4)	19,00 € H.T.
" Géologie et aménagement régional " (T. CIX, fasc. 2)	38,10 € T.T.C.
" Le Nord et son environnement géologique. " (T. 2, 2 ^{me} série, fasc. 1)	26,70 € H.T.

(1) Modification adoptée lors de l'Assemblée Générale du 10 janvier 1974.

(2) Les étudiants qui en font la demande annuelle peuvent, par décision du Conseil, bénéficier d'un tarif préférentiel sur l'abonnement (12,20 €), soit un total de 19,85 €.

(3) Les membres de l'APBG peuvent bénéficier d'un tarif préférentiel sur l'abonnement (18,30 €), soit un total de 25,95 €.

Société
Géologique du
Nord

ANNALES

Tome 9 (2^{ème} série), Fascicule 3
parution 2002

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

ISSN 0767-7367

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 2001 —

<i>Président</i>	M. J-L. MANSY
<i>Premier Vice-Président</i>	(*)
<i>Seconds Vice-Présidents</i>	M. N. TRIBOVILLARD M. J. SOMMÉ
<i>Conseillers</i>	M ^{me} Ch. VINCHON M. A. BLIECK M ^{lle} D. BRICE M. J.F. DECONINCK M. O. AVERBUCH M. F. ROBAZYNSKI
<i>Secrétaire</i>	(*)
<i>Secrétaire Adjoint</i>	M. F. LACQUEMENT
<i>Trésorier</i>	M. J.M. DÉGARDIN
<i>Déléguée aux Publications</i>	M ^{me} Paule CORSIN
<i>Bibliothécaire</i>	M. A. TRENTESAUX

CONSEIL SCIENTIFIQUE

— 2001 —

MM. W. CHRISTENSEN (Copenhague), A. DELMER (Bruxelles), W. KUNHT (Kiel),
B. PEYBERNES (Toulouse), M. PRICE (Reading) et H. ZIJLSTRA (Utrecht).

CONSEIL ÉDITORIAL

— 2001 —

MM. M^{me} J. MANIA, R. MARTINI, M. F. PERRET, D. VACHARD.

(*) Par suite des démissions du Président et du Secrétaire, le Conseil d'Administration ne sera complet qu'après les élections qui auront lieu courant Octobre. M. J-L. MANSY, Premier Vice-Président en 2000, a été élu Président en remplacement de M. J.P. LEPRETRE

L'APPLICATION DE LA GEOSTATISTIQUE A LA COMPREHENSION STRUCTURALE ET HYDROGEOLOGIQUE DE L'AQUIFERE DE LA MAMORA (MAROC).

The geostatistical application on the structural and hydrogeological understanding of the Mamora aquifer (Morocco).

par L.ZOUHRI (*), E.CARLIER (**)

Résumé. — Les données de forages, de la géophysique et de la sismique, nous ont permis de déterminer la géométrie du réservoir souterrain de la Mamora. L'utilisation de la géostatistique, qui a prouvé l'influence tectonique sur l'individualisation de l'aquifère, a montré, à partir de deux variogrammes (gaussien et gigogne), la variabilité spatiale des deux paramètres hydrogéologiques que sont l'épaisseur de l'aquifère et la profondeur de la nappe. Le modèle gigogne traduit une distribution spatiale organisée selon deux directions NW-SE et NE-SW. L'identification des zones aquifères à forte épaisseur devrait servir de base à l'élaboration d'une politique de prospection hydrogéologique.

Abstract. — Based on data of drillings, geophysics and seismic lines, the geometry of the Mamora aquifer is determined. The use of the geostatistical method : (1) that indicates the influence of the tectonics on the aquifer individualization ; (2) shows from two variograms (gaussian and multi-stage), the variability in the space of the aquifer thickness and the of groundwater depth. The multi-stage model corresponds to the spatial distribution depending of two directions NW-SE and NE-SW. The application of geostatistical method on the Mamora aquifer functioning allows to detect the favourable areas for the hydrogeological exploration.

I. — PRESENTATION DU SECTEUR ET DES METHODES D'ANALYSE

Le secteur de la Mamora est limité par deux zones à comportement différent : la Meseta affectée par l'orogénèse hercynienne (fig. 1) et le Rif à structure complexe soumis à l'orogénèse alpine. L'aquifère de la Mamora est constitué principalement de formations plio-quaternaires (grès, calcaires, conglomérats et sables) reposant sur un imperméable mio-pliocène (marnes bleues). Les travaux de recherches les plus récents réalisés dans ce secteur (Zouhri *et al.*, 2000a) ont permis de montrer un approfondissement de l'aquifère plio-quaternaire vers le Nord et vers l'Océan Atlantique. L'étude lithostratigraphique et les valeurs de résistivités électriques (Zouhri *et al.*, 2000b) ont montré une variation de faciès. Ces deux phénomènes s'avèrent contrôlés par deux structures tectoniques NW-SE et NE-SW. L'analyse sismique et son interprétation (Zouhri *et al.*, 2001) démontrent l'existence d'une autre faille **K2S** (Kénitra-Sidi Slimane) hercynienne qui est analogue à la faille **RT** (Rabat-Tiflète) (Laville et Piqué, 1991). Cette faille sépare la Mamora en deux secteurs : septentrional à structure complexe, et méridional dont la géométrie est découpée en horsts et grabens.

La structure de l'aquifère de la Mamora a été longtemps considérée comme homogène, avec quelques ondulations locales. Les méthodes de la géologie appliquée (Sismique-réflexion) ont permis de détecter des fossés qui pourraient piéger des ressources souterraines non négligeables. Ils se situent dans des compartiments plio-quaternaires dont l'épaisseur varie d'une zone à l'autre. Le produit épaisseur et perméabilité [$e(m) \cdot K(ms^{-1})$] aura une influence sur la variabilité des valeurs de transmissivité, d'où la nécessité de proposer une politique de gestion de la nappe de la Mamora.

Dans cette note, nous proposons d'exposer les résultats de la variabilité de deux paramètres hydrodynamiques, afin de localiser les zones susceptibles de contenir une réserve d'eau importante. Ce sont l'épaisseur de l'aquifère et la profondeur du toit de sa nappe. Ces épaisseurs vont nous servir dans de prochains travaux, à déduire la distribution des transmissivités, qui, actuellement, ne sont accessibles que par quelques valeurs bibliographiques (DGH, 1995).

L'analyse géostatistique, fondée sur une approche probabiliste, initialement développée par (Matheron, 1970, 1973) a été appliquée avec succès en hydrochimie (Droz, 1985), en cartographie (Delay *et al.*, 1992 ; Bracq et Delay, 1997), à la caractérisation des aquifères crayeux (Razack,

(*) Centre de Calcul et de Modélisation de Lens. Faculté des Sciences Jean Perrin, Université d'Artois, rue Jean Souvras, B.P. 18, 62307 Lens Cedex. Email : Lahcen.Zouhri@univ-artois.fr.

(**) Laboratoire d'Hydrogéologie, LAMH, Equipe HSE. Faculté des Sciences Jean Perrin, Université d'Artois, rue Jean Souvras, B.P. 18, 62307 Lens Cedex. Email : Carlier@univ-artois.fr.

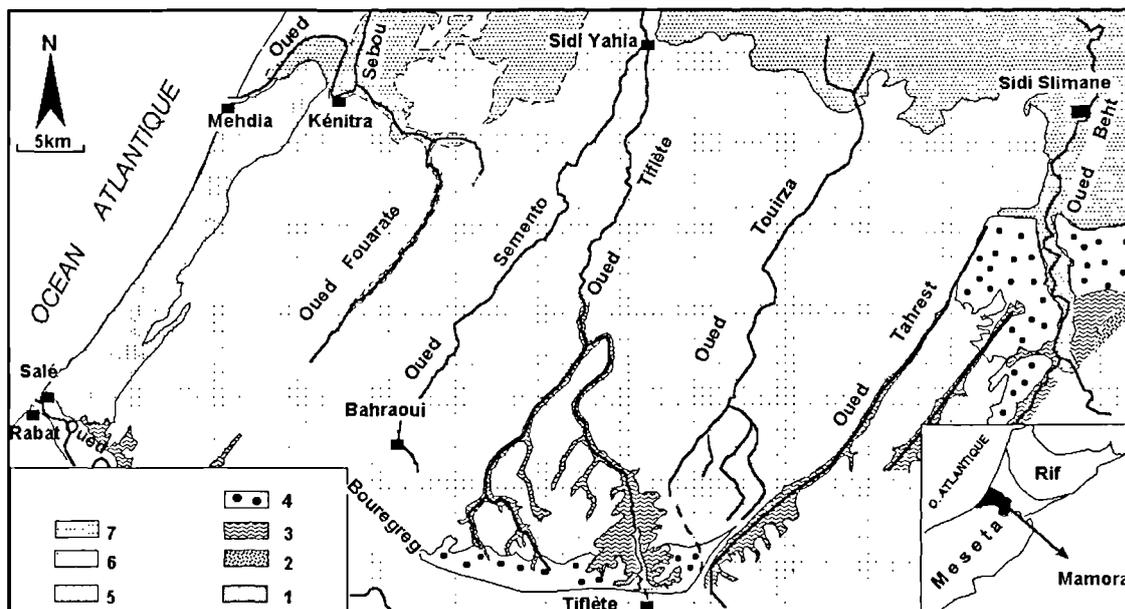


Fig. 1. — Localisation de la Mamora et les grands traits structuraux du Maroc.

[1. Paléozoïque, 2. Formations pré-rifaines, 3. Marnes (Mio-pliocène), 4. Cailloutis (Villafranchien), 5. Formations marines et dunaires (Quaternaire moyen et récent), 6. Sables de la Mamora (Quaternaire récent), 7. Alluvions (Quaternaire récent)].

Fig. 1. — Mamora Location and structural domains of Morocco [1. Paleozoic, 2. Prerifan Formations, 3. Marls (Mio-Pliocene), 4. Gravels (Villafranchian), 5. Marine and beach dune Formation (Middle to Upper Quaternary), 6. Mamora Sandstone (Upper Quaternary), 7. Alluvial deposits (Upper Quaternary)].

1984), et à la structure des formations crétacées du Nord de la France (Louche *et al.*, 1997).

La variabilité spatiale de ces deux paramètres se traduit par un variogramme dont l'expression mathématique est :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i+h) - Z(x_i)]^2$$

Où, $N(h)$ est le nombre de points distants de h ; $Z(x)$: valeur numérique du phénomène au point x , d'indice i .

II. — EPAISSEUR DE L'AQUIFERE DE LA MAMORA

L'estimation de ce paramètre est quantifiée par un variogramme de type gaussien dont la formulation mathématique est : $\gamma(h) = c + w(1 - \exp(-h/a))^2$. Avec, c , w et a des paramètres d'ajustement.

Ce dernier (fig. 2) montre une stabilisation du variogramme qui se traduit par un palier à partir d'une distance de 6 km.

L'analyse et l'interprétation de la carte krigée (fig. 2) ont montré un découpage de l'aquifère de la Mamora en quatre bandes principales. Les épaisseurs augmentent vers le Nord et vers l'Océan Atlantique.

Les deux premières bandes méridionales présentent des épaisseurs faibles et moyennes, qui varient généralement entre 0 et 55 mètres. C'est le cas du Sud de la Mamora, du secteur de Sidi Bouqnadel et des alentours de Kénitra.

La troisième bande se suit à partir de la zone de Mehdiya, et passe par le Nord de Kénitra pour rejoindre l'Est de la Mamora. Cette bande est caractérisée par des épaisseurs variant de 60 à 90 mètres. Il s'agit d'une bande de transition entre le Sud et le Nord.

Au Nord de Kénitra et de Sidi Yahia, la quatrième bande se signale par des valeurs plus élevées, généralement supérieures à 90 mètres. On passe d'une bande de transition à une bande où l'épaisseur est très importante. La carte krigée, souligne l'enfoncement progressif de la formation vers le Nord, la plaine du Rharb, et vers l'Océan Atlantique.

La présence d'une bande de transition au voisinage des villes de Kénitra et Sidi Slimane, qui explique le passage à de fortes épaisseurs, est étroitement liée aux rejeux de la faille **K2S** dont le comportement est analogue à la faille **RT**.

III. — PROFONDEUR DU TOIT DE LA NAPPE

Afin de localiser les endroits qui peuvent être considérés comme des aires riches en ressources souterraines, il est nécessaire de déterminer le toit de la nappe de la Mamora. Sa

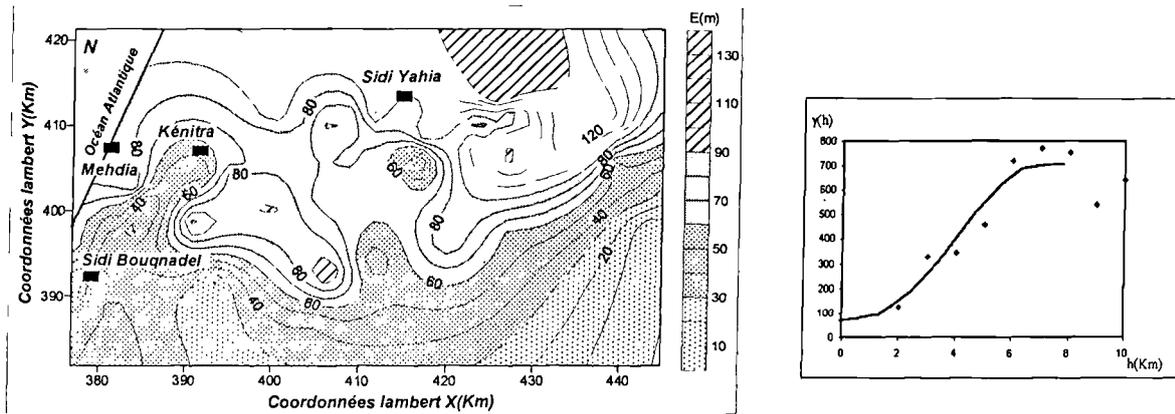


Fig. 2. — Carte et variogramme de l'épaisseur de l'aquifère de la Mamora.

Fig. 2. — Map and variogram of the Mamora aquifer thickness.

connaissance en plusieurs points distribués dans tout le secteur d'étude, nous a permis d'adopter un variogramme particulier qui emboîte deux modèles sphériques, sans fluctuation artificielle ni effet de trou.

Le premier modèle sphérique entre $h=0$ et $h=10$ km, reflète l'ajustement suivant :

$$\gamma(h) = 1,2 + 22 \left[\frac{3}{2} * \frac{h}{8} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{8} \right)^3 \right]$$

A partir de $h=10$ km, un deuxième modèle de même nature sphérique prend le relais :

$$\gamma(h) = 130 \left[\frac{3}{2} * \frac{h}{28} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{28} \right)^3 \right]$$

$\gamma(h)$, n'est pas constante, la première structure spatiale, comme le montre le variogramme (fig. 3) est accompagnée d'une autre qui ne fait qu'accroître $\gamma(h)$. Il s'agit d'une structure gigogne (Razack, 1984) qui traduit une régionalisation du phénomène. Entre deux points dont la distance est faible, l'effet pépité $C=1,2$ (10^{-6} m) correspond à une variabilité de la profondeur du toit de la nappe. Au fur et à mesure que $\gamma(h)$ croît, les corrélations entre les valeurs localisées en X et $X+h$ s'affaiblissent. La distance à partir de laquelle les valeurs ne sont plus corrélées est de 8,4 km environ.

La même structure décrite dans l'aquifère crayeux du littoral Nord-Pas de-Calais (Louche *et al.*, 1997), a mis en évidence la variation des valeurs de perméabilité.

L'analyse et l'interprétation du variogramme montrent deux structures : l'une de grande ampleur qui maintient les corrélations jusqu'à 22km, l'autre, à priori mineure, ne les conserve que jusqu'à 4km. Nous traduisons ces résultats, par un diagramme tridimensionnel (fig. 3) montrant à la fois la position du toit de la nappe et les structures contrôlant sa distribution spatiale. Ces structures de direction NE-SW et NW-SE, déduites des corrélations entre sondages électriques (Zouhri, 2000c), découpent la Mamora en blocs soulevés et affaissés, dont les profondeurs sont très hétérogènes.

Au Sud-Est de la Mamora, le bloc de coordonnées Lambert X (422-448 km) et Y (380-400 km) se situe à une profondeur qui varie entre 30 à 50 m. Entre les coordonnées X (417-422 km) et X (448-450 km), le passage de faibles à de fortes valeurs de profondeur, est notable. Il se fait selon deux directions antagonistes NW-SE et NE-SW. Dans la zone centrale, la chute rapide de la profondeur se fait essentiellement selon la direction NE-SW.

Afin de renforcer l'analyse et l'interprétation déduites du variogramme et de la représentation tridimensionnelle du toit de la nappe, nous avons utilisé un autre argument, direct, qui se fonde sur la comparaison entre les piézomètres situés d'une part entre 1026/14 et 2713/14, et d'autre part, entre 2628/14 et 2627/14.

La profondeur du toit de la nappe est de l'ordre de 19,05 m au niveau du piézomètre 1026/14, et de 42,81 m au niveau de 2713/14, soit une différence de 23,76 m. En revanche, la comparaison effectuée entre 2628/14 et 2627/14 révèle que la profondeur du toit de la nappe se place respectivement à 50,05 m et à 2,02 m, soit un écart de 48,03 m.

La détermination de ces deux paramètres, à partir de variogrammes différents, montre que l'aquifère vu son épaisseur, pourrait posséder des potentialités non négligeables, notamment dans la partie septentrionale et occidentale. Les compartiments défavorables, sont ceux dont la profondeur du toit de la nappe varie entre 30 et 50 m (Sud-Est de la Mamora). Les aires où la nappe est facilement accessible correspondent à des profondeurs inférieures à 20 m, c'est le cas de la région de Kénitra, Sidi Yahia, des alentours de Sidi Bouqnadel et au Nord-Est de la Mamora, où les conditions d'exploitation seraient particulièrement favorables.

IV. — CONCLUSION

De cette étude, il ressort que l'approche géostatistique associée aux indispensables analyses stratigraphiques, géophysiques et hydrogéologiques permet de mettre à jour des hétérogénéités et des structures liées à une tectonique

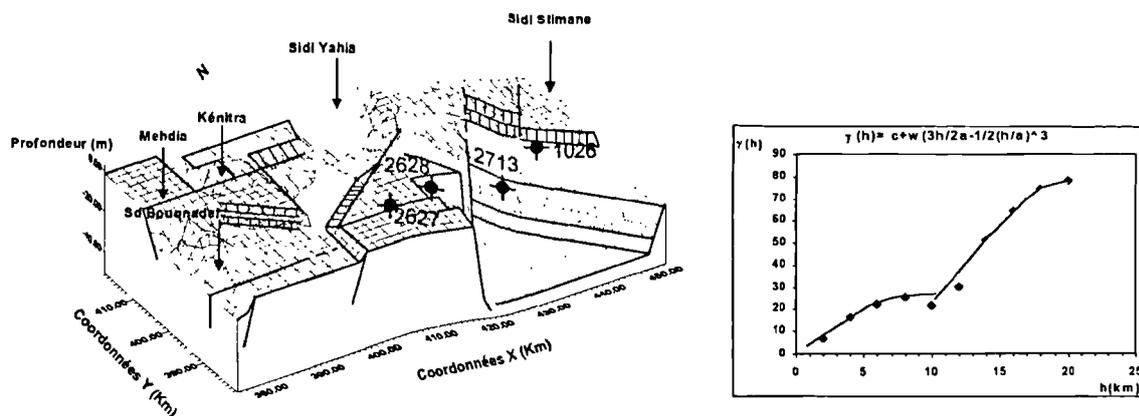


Fig. 3. — Toit de la nappe de la Mamora. Variogramme et représentation tridimensionnelle.

Fig. 3. — Mamora groundwater top. Variogram and three-dimensional representation.

cassante, contrôlant ainsi la distribution de certains paramètres hydrogéologiques. Outre l'intérêt structural, il convient de bien souligner l'importance de ce mode d'analyse

comme une phase préliminaire à toute prospection hydrogéologique.

BIBLIOGRAPHY

- BRACQ P. & DELAY F. (1997). — Transmissivity and morphological features in a chalk aquifer : a geostatistical approach of their relationship, *Journal of Hydrology*, 191, 139-160.
- DEALY F. BRACQ P., COLBEAUX J.P. (1992). — Cartographie numérique de linéaments morphostructuraux ; exemple d'application à l'hydrogéologie de la craie du Nord de la France, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 163(3) 345-352.
- DGH. (1995). — Documents inédits et forages hydrogéologiques. Direction Générale de l'Hydraulique, Rabat.
- DROZ B. (1985). — Influence de la structure et de la nature des terrains du Valenciennois sur la qualité de la nappe de la craie (Nord de la France). Apport du Krigeage à l'hydrochimie régionale, Gestion qualitative des eaux souterraines, Thèse Doct. 3ème cycle, géologie appliquée (Hydrogéologie), Univ. Sc. Tech. Lille, 205 p.
- LAVILLE E. & PIQUE A. (1991). — La distension crustale atlasique au Maroc au début du Mésozoïque : le rejeu des structures hercyniennes, *Bull. Soc. Géol. France*, t. 162, 6, 1161-1171.
- LOUCHE B., DELAY F., CARLIER E. (1997). — Comparaison des caractéristiques hydrodynamiques et structurales de l'aquifère crayeux du littoral Nord Pas-de-Calais, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. 168. 4. 451-461.
- MATHERON G. (1970). — Structure aléatoire et géologie mathématique. Centre de morphologie mathématique de Fontainebleau, *Rev. Inst. Stat.*, 38(1), 58pp.
- MATHERON G. (1973). — The intrinsic random functions and their applications. *Adv. Appl. Probab.*, 5 : 439-468.
- RAZACK M. (1984). — Application de méthodes numériques et statistiques à l'identification des réservoirs fissurés carbonatés en hydrogéologie, Thèse Doc. d'Etat. Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, p384.
- ZOUHRI L., LAMOUREUX C., VACHARD D., PIQUE A. (2001). — Les corps perméables plio-quatérnaires de la Mamora (Maroc). Géométrie et influence structurale. La Mamora (Maroc). C. R. Acad. Sci. Paris, série II 332, 1-4.
- ZOUHRI L., CARLIER E., CRAMPON N., COLBEAUX JP. (2000a). — Aquifère de la Mamora (Maroc). Géométrie et écoulements souterrains, *Journal of African Earth Sciences*, (à paraître).
- ZOUHRI L. (2000b). — Structure et modélisation hydrodynamique de l'aquifère de la Mamora (Maroc). Thèse, Univ. Lille I, 218p.

Les Collections du Musée d'Histoire Naturelle de Lille

IV. — POISSONS MESOZOÏQUES ET CENOZOÏQUES (types et figures)

Collections of the Natural History Museum of Lille IV. — *Types and figured Mesozoic and Cenozoic fishes*

par T. MALVESY (*), H. CAPPETTA (**), D. B. DUTHEIL (***), O. OTERO (****), T. OUDOIRE (*****)

Résumé. Après la publication des trois premiers catalogues concernant les Trilobites types et figurés (et cités), les Vertébrés paléozoïques et les Mollusques Bivalves types et figurés (et cités), le Musée d'Histoire Naturelle de Lille propose l'inventaire des 112 poissons mésozoïques et cénozoïques figurés et cités dont 7 holotypes [*Carcharocles debrayi* (Leriche, 1906) ; *Coelodus latus* Leriche, 1901 ; *Egertonia gosseleti* Leriche, 1900 ; *Sarda palaeocena* (Leriche, 1908) ; *Pristis wateleti* Leriche, 1932 ; *Ptychodus multiplicatus* Leriche, 1902 ; *Pygaeus concinnus* Leriche, 1906] et 5 syntypes⁽¹⁾.

Abstract. — *After the publication of the three first listing about Trilobita Types and Figured (and cited) collection, Paleozoic vertebrate collection and Bivalvia Types and Figured (and cited) collection, the Natural History Museum of Lille realizes the inventory of 112 Mesozoic and Cenozoic Fishes : 7 holotypes [Carcharocles debrayi (Leriche, 1906) ; Coelodus latus Leriche, 1901 ; Egertonia gosseleti Leriche, 1900 ; Sarda palaeocena (Leriche, 1908) ; Pristis wateleti Leriche, 1932 ; Ptychodus multiplicatus Leriche, 1902 ; Pygaeus concinnus Leriche, 1906] and 5 syntypes¹.*

I. — INTRODUCTION

Le premier catalogue publié⁽²⁾ portait sur les 74 Trilobites types & figurés dont 6 paratypes, 3 lectotypes, 3 syntypes et 1 holotype ; le second⁽³⁾ concernait 1374 vertébrés paléozoïques dont 143 figurés, 4 holotypes, 2 lectotypes, 8 paratypes, 17 syntypes et 17 cités ; le troisième⁽⁴⁾ traitait de 249 Mollusques Bivalves types & figurés dont 5 séries-types, 14 holotypes, 14 syntypes, 5 lectotypes, 2 paralectotypes, 6 cotypes, 9 paratypes, 1 néotype et 1 topotype.

Ce catalogue comprend 112 poissons dont 76 Chondrichthyens (67 mésozoïques et 9 cénozoïques) et 38 Osteichthyens (12 mésozoïques et 26 cénozoïques). 7 sont des holotypes [*Carcharocles debrayi* (Leriche, 1906) ; *Coelodus latus* Leriche, 1901 ; *Egertonia gosseleti* Leriche, 1900 ; *Sarda palaeocena* (Leriche, 1908) ; *Pristis wateleti* Leriche, 1932 ; *Ptychodus multiplicatus* Leriche, 1902 ; *Pygaeus concinnus* Leriche, 1906] et 5 des syntypes ("*Pappichthys*" *barroisi* Leriche, 1900).

La quasi totalité des travaux effectués sur nos collections est due à Leriche (1900 ; 1901a ; 1901b ; 1901c ; 1902 ;

(*) Muséum Cuvier, Musée du Château, BP 95287, 25205 Montbéliard cedex. E-mail : tmalvesy@montbeliard.com

(**) Laboratoire de Paléontologie, UMR 5554 "Institut des Sciences de l'Evolution", Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Cc 064, place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier cedex 5, France.

(***) Laboratoire de Paléontologie, EPHE, UMR 8569, Muséum national d'Histoire naturelle, 8, rue Buffon, 75005 Paris. E-mail : dutheil@mnhn.fr

(****) Centre de Paléontologie stratigraphique et Paléoécologie, UFR des Sciences de la Terre, Université C. Bernard Lyon 1, 43 bd. du 11 novembre, 69622 Villeurbanne cedex. E-mail : otero@cimsun.univ-lyon1.fr

(*****) Musée d'Histoire Naturelle, 19 rue de Bruxelles, 59000 Lille

⁽¹⁾ Remarque : tous les échantillons sont désignés sous le sigle MGL (Musée Géologie Lille), vient ensuite le numéro d'inventaire (ex : MGL 2021) d'un ensemble d'exemplaires recueillis au même point, suivi du numéro de chacun de ces échantillons [ex. : MGL 2021 (1 à 44)] et éventuellement de A et B (empreinte contre empreinte).

⁽²⁾ Malvesy *et al.* (1999) – Collections du Musée d'Histoire Naturelle de Lille. I. – Les Trilobites (types & figurés). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t.6, (2^e série), p.157-162, mars 1999.

⁽³⁾ Blicek *et al.* (1999) – Les collections du Musée d'Histoire Naturelle de Lille. II – vertébrés paléozoïques. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t., (2^e série), p., 1999.

⁽⁴⁾ Malvesy *et al.* (2000) – Collections du Musée d'Histoire Naturelle de Lille. III. – Les Bivalves (types & figurés). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t.8, (2^e série), p.3-18, septembre 2000.

1906 ; 1908 ; 1932). Ses études portent sur le Nord de la France, le Bassin de Paris et la Champagne (plus un spécimen de Monte Bolca, Italie). Les autres travaux sont l'œuvre de Gosselet (1870-74) sur la découverte dans le Nord d'une mâchoire presque complète de *Ptychodus latissimus* Agassiz, 1843, Dubois (1920) sur le Nord et Priem (1898) sur le Bassin de Paris. Les deux dernières publications concernent des pièces déjà décrites : Woodward (1902-12) pour la mâchoire de *Ptychodus latissimus* Agassiz, 1843 et Grande & Bemis (1998) pour les Amiïdés.

Les références bibliographiques utilisées pour la redétermination des spécimens et pour l'homogénéisation de la systématique sont les suivantes :

CHALIFA Y. (1996) – New species of *Enchodus* (Aulopiformes: Enchodontidae) from the Northern Negev, Israel, with comments on evolutionary trends in the Enchodontidae. In: G. Arratia and G. Viohl (eds.), *Mesozoic Fishes – Systematics and Paleocology*. Verlag DR. Friedrich Pfeil, München, pp.349-367.

CAPPETTA H. (1987) – Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii, Chondrichthyes II in *Handbook of Paleoichthyology*, H.-P. SCULTZE edit., 3B : 193 p., 148 fig.

CAPPETTA H., DUFFIN C.J. & ZIDEK J. (1993) – Chondrichthyes in *The Fossil Record* 2, M.J. BENTON edit., 34 : 593-609.

ESTES R. (1969) – Studies on Fossil Phylloodont fishes: Interrelationships and Evolution in the Phylloodontidae (Albuloidae). *Copeia*, 1969 (2) : 317-331.

GARDINER B.G. (1993) – Osteichthyes: Basal Actinopterygians. In *The fossil record* 2. M.J. BENTON (ed.), 35 : 611-619.

HERMAN J. (1977) – Les Sélaciens des terrains néocrétacés et paléocènes de Belgique et des contrées limitrophes. Élément d'une biostratigraphie intercontinentale. *Mémoire Expl. Carte Géologique et Minière de Belgique*, 15 : 1-450, 25 fig., 21 pl., Bruxelles.

PATTERSON C. (1993) – Osteichthyes: Teleostei. In *The fossil record* 2. M.J. BENTON (ed.), 36 : 621- 656.

WILEY B.O. (1976) – The phylogeny and biogeography of fossil and recent gars (Actinopterygii : Lepidosteidae). *Univ. Of Kansas, Laurence*.

II. — CATALOGUE SYSTEMATIQUE

Classe CHONDRICHTHYES Huxley, 1880
Sous-classe ELASMOBRANCHII Bonaparte, 1838

Cohorte EUSELACHII Hay, 1902

Super-famille HYBODONTOIDEA Owen, 1846
Famille PTYCHODONTIDAE Jaekel, 1898

Genre PTYCHODUS Agassiz, 1838
Ptychodus concentricus Agassiz, 1839

MGL 6266 : dent de la rangée médiane de la mâchoire inférieure (Leriche 1902, pl.II, fig.25).

Localité : Bousois (Nord, France).

Age : Cénomaniens supérieur, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax plenus* (sensu Gosselet).

Ptychodus decurrens Agassiz, 1839

MGL 6262 : dent (Leriche 1902, pl.II, fig.19).

Localité : Autreppe (Nord, France).

Age & horizon : idem MGL 6266.

Ptychodus latissimus Agassiz, 1843

Localité : Condé sur Escaut (Nord, France).

Age : Turonien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Terebratulina gracilis* (sensu Gosselet).

MGL 2021 (1 à 44) : Face orale. Denture de la mâchoire supérieure (reconstituée) ; médiane (M) : 1 dent, latérale 1(L1) : 1 et 3 dents, L2 : 5 et 6, L3 : 8 et 8, L4 : 4 et 4, L5 : 2 et 2 (Gosselet 1870-74, p.12 ; Leriche 1902, pl.II, fig.2, 2a [MGL 2021 (25)], 3(26), 6(6) ; Woodward 1902-12, txt-fig.75, p.237 ; Leriche 1906, pl.V, fig.2 ; *Traité de Géologie* (date inc.), p.2052, fig.1445.

MGL 2022 (1 à 40) : Face orale. Denture de la mâchoire inférieure (reconstituée) ; M : 3 dents, L1 : 2 et 1 dents, L2 : 4 et 6, L3 : 3 et 7, L4 : 2 et 3, L5 : 3 et 4, L6 : 1 et 1 (Gosselet 1870-74, p.12 ; Leriche 1902, pl.II, fig.1 [MGL 2021 (23)], 4(38), 5(11), 7(24) ; Woodward 1902-12, txt-fig.74, p.236 ; Leriche 1906, pl.V, fig.1).

Notes : Gosselet mentionne 42 dents ; ce qui signifierait qu'au moment de la publication, une seule mâchoire avait été découverte : soit l'inférieure qui ne comprend plus aujourd'hui que 40 dents, soit la supérieure avec la découverte postérieure de deux autres dents.

Leriche parle, lui, de 85 dents (après que les plus grandes aient été vendues par des ouvriers), alors que les figurations de Woodward en montrent déjà 84 (ce qui correspond à ce que nous possédons).

Ptychodus mammillaris Agassiz, 1839

MGL 6254 à MGL 6258 : dents (Leriche 1902, pl.II, respectivement fig.8, 9, 10, 11 et 12).

Localité : Chercq (Hainaut, Belgique).

Age & horizon : idem MGL 6266.

Ptychodus multiplicatus Leriche, 1902

MGL 6263 : dent de la rangée médiane de la mâchoire inférieure (holotype de *Ptychodus decurrens* nov. var. *multiplicatus* Leriche, 1902 in Leriche 1902, pl.II, fig.20, 20a).

Localité : Autreppe (Nord, France).

Age & horizon : idem MGL 6266.

Note : le taxon *Ptychodus multiplicatus* Leriche, 1902 est mal défini d'après Herman (1977).

Ptychodus multistriatus Woodward, 1889

MGL 6302 : dent de l'une des premières rangées latérales (Leriche 1902, pl.II, fig.24).

Localité : Côte Sainte Catherine, Rouen (Seine maritime, France).

Age : Cénoomanien, Crétacé supérieur.

Ptychodus polygyrus Agassiz, 1839

Localité : Hellemmes-lez-Lille (Nord, France).

Age : Coniacien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Micraster cortestudinarium* (sensu Gosselet).

MGL 6264 : dent de la rangée médiane de la mâchoire inférieure (Leriche 1902, pl.II, fig.21).

MGL 6265 : dent de la première rangée latérale de la mâchoire supérieure ou de la mâchoire inférieure (Leriche 1902, pl.II, fig.22).

Ptychodus rugosus Dixon, 1850

Age & horizon : idem MGL 6264.

MGL 6259 (1 & 3) : dent de l'une des premières rangées latérales (1) ; dent (3) [Leriche 1902, pl.II, fig.13, 13a (1) et 18(3)].

Localité : Lezennes (Nord, France).

MGL 6260 (1 & 15) : dent de la rangée médiane de la mâchoire inférieure, ou de l'une des premières rangées latérales (1) ; dent de l'une des dernières rangées latérales (15) [Leriche 1902, pl.II, fig.14, 14a (1), 15(15)].

Localité : Etaples (Pas de Calais, France).

MGL 6261 : dent (Leriche, 1902, pl.II, fig.16).

Localité : Ames (Pas de Calais, France).

Subcohorte NEOSELACHII Compagno, 1977

Super-ordre SQUALOMORPHII Compagno, 1977

Ordre HEXANCHIFORMES Buen, 1926

Sous-ordre HEXANCHOIDEI Garman, 1913

Famille HEXANCHIDAE Gray, 1851

Genre HEXANCHUS Rafinesque, 1810a

Hexanchus microdon (Agassiz, 1843)

MGL 6267 (1-2) : dents (*Notidanus microdon* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.1, 2).

Localité : Lezennes (Nord, France).

Age : Coniacien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Micraster cortestudinarium* (sensu Gosselet).

Super-ordre GALEOMORPHII Compagno, 1973
Ordre LAMNIFORMES Berg, 1958

Famille OTODONTIDAE Glückman, 1964

Genre CARCHAROCLES Jordan & Hannibal, 1923a

Carcharocles debrayi (Leriche, 1906)

MGL 4038 : dent antérieure droite de la mâchoire inférieure (holotype de *Carcharodon debrayi* Leriche, 1906 in Leriche 1906, pl.XVI, fig.7, 7a, 7b).

Localité : Mont des Recollets, Cassel (Nord, France).

Age : Lédien, Lutétien moyen, Eocène moyen.

Horizon : niveau à *Nummulites variolaria* (sensu Gosselet).

Famille MITSUKURINIDAE Jordan, 1898

Genre STRIATOLAMIA Glückman, 1964b

Striatolamia macrotia (Agassiz, 1843)

MGL 4092 : dents antérieures (fig.13 & 14), dent latérale-antérieure (fig.15) (*Odontaspis macrotia* Agassiz, 1843 in Leriche 1901, pl.V, fig.13 [14 & 15 absents])

Localité : Mont Aimé, Vertus (Marne, France).

Age : Danien, Paléocène moyen.

Horizon : Formation du Mont Aimé (ex. Calcaire à *Lithothamnium*).

Genre SCAPANORHYNCHUS Woodward, 1889d

Scapanorhynchus rhapsiodon (Agassiz, 1844)

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (sensu Gosselet).

MGL 6269 : dent latérale (*S. (Odontaspis) rhapsiodon* Agassiz, 1844 in Leriche 1902, pl.III, fig.9).

Localité : Hargicourt (Aisne, France).

MGL 6270 : dent latérale-antérieure (*S. (Odontaspis) rhapsiodon* Agassiz, 1844 in Leriche 1902, pl.III, fig.10).

Localité : Ribemont (Aisne, France).

MGL 6271 : dent latérale (*S. (Odontaspis) rhapsiodon* Agassiz, 1844 in Leriche 1902, pl.III, fig.13).

Localité : Beauval (Somme, France).

Famille CRETOXYRHINIDAE Glückman, 1958

Genre PROTOLAMNA Cappetta, 1980

Protolamna sp.

MGL 6275 (1-2) : dent antérieure (2) et dent (1) [*Odontaspis macrorhiza* Cope, 1875 in Leriche 1902, pl.III, fig.18(2), 22(1)].

Localité : Terramesnil (Somme, France).

MGL 6276 (1-2) : dent antérieure (2) et dent latérale (1) [*Odontaspis macrorhiza* Cope, 1875 in Leriche 1902, pl.III, fig.21, 21a(2), 23(1)].

Localité : Fresnoy-le-Grand (Aisne, France).

Note : le (2) n'est peut-être pas un *Protolamna*.

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (sensu Gosselet).

MGL 6301 (1 à 3) : dent antérieure (1), dent latérale-antérieure (2), dent latérale (3) [*Odontaspis macrorhiza* Cope, 1875 in Leriche 1902, pl.III, fig.25(1), 26(2), 27(3)].

Localité : Assevent (Nord, France).

Age : Cénomaniens, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Chlamys (Merklina) aspera* (cx. *Pecten asper*) (sensu Gosselet).

Genre *CRETODUS* Sokolov, 1965

Cretodus semiplicatus (Agassiz, 1844)

MGL 6284 : dent latérale (*Otodus semiplicatus* Agassiz, 1844 in Leriche 1902, pl.III, fig.48).

Localité : Bouvines (Nord, France).

Age : Turonien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Terebratulina gracilis* (sensu Gosselet).

Genre *CRETOLAMNA* Glückman, 1958

Cretolamna appendiculata (Agassiz, 1843)

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (sensu Gosselet).

MGL 6277 (1-2) : dent antérieure (2), dent latérale-postérieure (1) [*Lamna appendiculata* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.28(2), 38(1)].

Localité : Fresnoy-le-Grand (Aisne, France).

MGL 6278 : dent latérale (*Lamna appendiculata* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.30).

Localité : Lezennes (Nord, France).

MGL 6279 (1-2) : dents latérale-postérieures [*Lamna appendiculata* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.33(2), 34(1)].

Localité : Terramesnil (Somme, France).

MGL 6280 : dent (*Lamna appendiculata* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.36).

Localité : Ribemont (Aisne, France).

MGL 6281 : dent latérale (*Lamna appendiculata* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.37).

Localité : Ribemont (Aisne, France).

Genre *CRETOXYRHINA* Glückman, 1958

Cretoxyrhina mantelli (Agassiz, 1843)

MGL 6285 (2) : dent latérale (*Oxyrhina mantelli* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.49).

Localité : Chercq (Hainaut, Belgique).

Age : Cénomaniens supérieur, crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax plenus* (sensu Gosselet).

MGL 6286 : 4^e dent de la mâchoire inférieure (*Oxyrhina mantelli* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.50, 50a).

Localité : Etaves (Aisne, France).

MGL 6287 : dent antérieure de la mâchoire inférieure (*Oxyrhina mantelli* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.51).

Localité : Hargicourt (Aisne, France).

MGL 6288 : dent latérale-postérieure (*Oxyrhina mantelli* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.52).

Localité : Montbrehain (Aisne, France).

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (sensu Gosselet).

Famille *SERRATOLAMNIDAE* Landemaine, 1991

Genre *SERRATOLAMNA* Landemaine, 1991

Serratolamna serrata (Agassiz, 1843)

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (sensu Gosselet).

MGL 6282 (1-2) : dent latérale (2), dent latérale-antérieure (1) [*Lamna serrata* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.40(2), 39(1)].

Localité : Terramesnil (Somme, France).

MGL 6283 (1-2) : dents latérales [*Lamna serrata* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.45(2), 43(1)].

Localité : Fresnoy-le-Grand (Aisne, France).

? Famille *ALOPIIDAE* Bonaparte, 1838

Genre *PARANOMOTODON* Herman in Cappetta & Case, 1975a

Paranomotodon angustidens (Reuss, 1845)

MGL 6289 (1-2) : dent latérale (2), dent latérale-antérieure (1) [*Oxyrhina angustidens* Reuss, 1845 in Leriche 1902, pl.III, fig.61, 61a (2), 59, 59a (1)].

Localité : Terramesnil (Somme, France).

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (sensu Gosselet).

Famille *ANACORACIDAE* Casier, 1947

Genre *SQUALICORAX* Whitley, 1939

Squalicorax falcatus (Agassiz, 1843)

MGL 6293 : dent latérale (*Corax falcatus* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.77).

Localité : Quiévy (Nord, France).

Age : Turonien supérieur, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Micraster breviporus* (sensu Gosselet).

Squalicorax pristodontus (Agassiz, 1843)

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (sensu Gosselet).

MGL 6290 : dent latérale (*Corax pristodontus* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.67).

Localité : Fresnoy-le-Grand (Aisne, France).

MGL 6291 : dent latérale (*Corax pristodontus* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.68).

Localité : Ribemont (Aisne, France).

MGL 6292 (1-2) : dent latérale-antérieure (2), dent symphysaire (1) [*Corax pristodontus* Agassiz, 1843 in Leriche 1902, pl.III, fig.70(2), 71, 71a (1)].

Localité : Terramesnil (Somme, France).

Genre *PSEUDOCORAX* Priem, 1897a

Pseudocorax affinis (Agassiz, 1843)

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (sensu Gosselet).

MGL 6294 (1 à 4) : dent latérale-antérieure (1), dents latérales de plus en plus postérieures (2 à 4) [Leriche 1902, pl.III, fig.79(1), 81(2), 82(3), 83(4)].

Localité : Fresnoy-le-Grand (Aisne, France).

MGL 6295 : dent latérale (Leriche 1902, pl.III, fig.85).

Localité : Templeux-le-Guéard (Somme, France).

Lamniformes indet.

MGL 6268 (1-2) : dents [*Scapanorhynchus* ? (*Odontaspis*) *subulatus* (Agassiz, 1843) in Leriche 1902, pl.III, fig.5(1), 6, 6a (2)].

Localité : Fresnoy-le-Grand (Aisne, France).

MGL 6272 : dent (*Scapanorhynchus* ? (*Odontaspis*) *gigas* Woodward, 1889 in Leriche 1902, pl.III, fig.15).

Localité : Fresnoy-le-Grand (Aisne, France).

MGL 6273 (2) : dent (*Scapanorhynchus* ? (*Odontaspis*) *gigas* Woodward, 1889 in Leriche 1902, pl.III, fig.16).

Localité : Etaves (Aisne, France).

MGL 6274 : dent (*Scapanorhynchus* ? (*Odontaspis*) *gigas* Woodward, 1889 in Leriche 1902, pl.III, fig.17).

Localité : Lezennes (Nord, France).

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (sensu Gosselet).

MGL 4086 : dent de la partie la plus antérieure de la mâchoire (*Oxyrhina* ? sp. in Priem 1898, pl.II, fig.7).

Localité : Mont Aimé, Vertus (Marne, France).

MGL 4091 : dent antérieure (*Scapanorhynchus* ? (*Odontaspis*) *subulatus* (Agassiz 1843) in Priem 1898, pl.II, fig.14).

Localité : Mont Aimé, Vertus (Marne, France).

MGL 4093 (1-2) : dent antérieure (6) et dent latérale (8) (*Oxyrhina* ? sp. in Priem 1898, pl.II, fig.6 et 8).

Localité : Mont Aimé, Vertus (Marne, France).

Age : Danien, Paléocène moyen.

Horizon : Formation du Mont Aimé (ex. Calcaire à *Lithothamnium*).

Super-ordre BATOMORPHII Cappetta, 1980
Ordre MYLIOBATIFORMES Compagno, 1973

Famille MYLIOBATIDAE Bonaparte, 1838

Genre MYLIOBATIS Cuvier, 1817

Myliobatis striatus (Buckland, 1837)

MGL 4013 : plaque dentaire de la mâchoire supérieure d'un individu jeune (Leriche 1906, pl.XVI, fig.2).

Localité : Mont des Recollets, Cassel (Nord, France).

Age : Lutétien, Eocène moyen.

Ordre RAJIFORMES Berg, 1940

Famille PRISTIDAE Bonaparte, 1838

Genre PRISTIS Linck, 1790

Pristis wateleti Leriche, 1932

MGL 4160 : dent rostrale gauche (holotype in Leriche 1932, pl. XXIII, fig.2 ; *Pristis* sp. in Leriche 1906, p.367).

Localité : Soissons (Aisne, France).

Age : Yprésien ou Lutétien, Eocène.

Horizon : Sable de Cuise (Yprésien) ou Calcaire grossier (Lutétien).

Notes : Leriche pense que la seconde datation est plus probable.

Sous-classe HOLOCEPHALI Bonaparte, 1832-42

Ordre CHIMAERIFORMES Berg, 1940
Sous-ordre CHIMAEROIDEI Patterson, 1945

Famille CHIMAERIDAE Thienemann, 1828

Genre ELASMODUS Egerton, 1843

Elasmodus hunteri Egerton, 1843

MGL 6314 : dent mandibulaire gauche (Leriche 1908, pl.V, fig.6, 6a).

Localité : Châlons sur Vesle (Marne, France).

Age : Thanétien, Paléocène supérieur.

Horizon : Sables de Châlons sur Vesle.

Famille *EDAPHODONTIDAE* Owen, 1846

Genre *EDAPHODON* Buckland, 1838

Edaphodon sedgwicki (Agassiz, 1843)

MGL 4080 : dent mandibulaire gauche (Leriche 1902, txt-fig. n°2, p.128).

Localité : Grandpré (Ardenne, France).

Age : Albien, Crétacé inférieur.

Horizon : niveau à *Acanthoceras mamillare* (*sensu* Gosselet).

Edaphodon sp.

MGL 6253 : piquant de la nageoire dorsale (Leriche 1902, txt-fig. n°3, p.129).

Localité : Lezennes (Nord, France).

Age : Coniacien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Micraster cortestudinarium* (*sensu* Gosselet).

Genre *ISCHYODUS* Egerton, 1843

Ischyodus thurmanni Pictet & Campiche, 1858

MGL 4081 (1-2) : dent mandibulaire gauche et dent palatine gauche (Leriche 1902, pl.IV, fig.1, 2).

Localité : Grandpré (Ardenne, France).

Age : Albien, Crétacé inférieur.

Horizon : niveau à *A. mamillare* (*sensu* Gosselet).

Classe OSTEICHTHYES Huxley, 1880

Sous-classe ACTINOPTERYGII Cope, 1887 (*sensu* Rosen *et al.*, 1981)

Super-division NEOPTERYGII Regan, 1923

Division GINGLYMODI Cope, 1871

Famille *LEPISOSTEIDAE* Cuvier, 1825

Genre *LEPISOSTEUS* Lacépède, 1803

Lepisosteus fimbriatus Wood, 1846

Localité : Cuis (Marne, France).

Age : Yprésien, Eocène inférieur.

Horizon : Sables à *Unios* et *Térédines*.

MGL 6310 : vertèbre abdominale d'un individu âgé (*L. suessionensis* Gervais, 1848-1852 *in* Leriche 1900, pl.II, fig.42, 42a).

MGL 6311 : vertèbre abdominale antérieure (*L. suessionensis* Gervais, 1848-1852 *in* Leriche 1900, pl.II, fig.43).

MGL 6312 : vertèbre abdominale plus antérieure que la précédente (*L. suessionensis* Gervais, 1848-1852 *in* Leriche 1900, pl.II, fig.44, 44a).

Division HALECOSTOMI Regan, 1923

Sous-division HALECOMORPHI Regan, 1923

Ordre AMIIFORMES Huxley, 1861

Famille AMIIDAE Bonaparte, 1837

Nomen dubium Taxon "*Pappichthys*"

"*Pappichthys*" *barroisi* Leriche, 1900
(selon Grande & Bemis 1998)

Syntypes de *Pappichthys barroisi* Leriche, 1900

Localité : Cuis et Monthelon (Marne, France).

Age : Yprésien, Eocène inférieur.

Horizon : niveau des Sables à *Unios* et *Térédines*.

MGL 6307 : dentaire gauche (Leriche 1900, pl.II, fig.8 ; Grande & Bemis 1998, p.320, txt-fig. 213, n°8).

MGL 6308 : dentaire gauche (Leriche 1900, pl.II, fig.9 ; Grande & Bemis 1998, p.320, txt-fig. 213, n°9).

MGL 6309 : dentaire (Leriche 1900, pl.II, fig.10 ; Grande & Bemis 1998, p.320, txt-fig. 213, n°10).

MGL 6318 : maxillaire gauche (Leriche 1900, pl.II, fig.7 ; Grande & Bemis 1998, p.320, txt-fig. 213, n°7).

MGL 6319 : dentaire gauche (Leriche 1900, pl.II, fig.11 ; Grande & Bemis 1998, p.320, txt-fig. 213, n°11).

Ordre PYCNODONTIFORMES Lehman, 1966

Famille *PYCNODONTIDAE* Agassiz, 1833

Pycnodontidae indet.

MGL 4087 à MGL 4090 (1-6), MGL 4094 : dents isolées (Leriche 1901a, pl.V, respectivement fig.2, 3, 4, 5 et 6, 7 à 12).

Localité : Mont Aimé, Vertus (Marne, France).

Age : Danien, Paléocène moyen.

Horizon : Formation du Mont Aimé (ex. Calcaire à *Lithothamnium*).

Genre *COELODUS* Heckel, 1856

Coelodus latus Leriche, 1901

MGL 6305 : splénial droit (holotype *in* Leriche 1901a, pl.V, fig.1).

Localité : Mont Aimé, Vertus (Marne, France).

Age : Danien, Paléocène moyen.

Horizon : Formation du Mont Aimé (ex. Calcaire à *Lithothamnium*).

Coelodus parallelus (Dixon, 1850)

MGL 6296 : dent de la rangée médiane d'un splénial (Leriche 1902, pl.IV, fig.3).

Localité : Terramesnil (Somme, France).

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (*sensu* Gosselet).

Famille *GYRODONTIDAE* Berg, 1940

Genre *GYRODUS* Agassiz, 1833

Gyrodus larteti (Sauvage, 1867)

MGL 4034 : denture spléniale droite à quatre rangées (Leriche 1901, pl.V, fig.17).

Localité : Boulonnais (Pas de Calais, France).

Age : Portlandien, Jurassique supérieur.

Sous-division TELEOSTEI Müller, 1846

Famille *PACHYCORMIDAE* Woodward, 1895

Genre *PROTOSPHYRAENA* Leidy, 1857

Protosphyraena ferox Leidy, 1856

MGL 6297 (2) : dent (Leriche 1902, pl.IV, fig.4).

Localité : Fresnoy-le-Grand (Aisne, France).

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (*sensu* Gosselet).

Famille *ASPIDORHYNCHIDAE* Blecker, 1859

? Genre *BELONOSTOMUS* Agassiz, 1834

Belonostomus cinctus Agassiz, 1844

MGL 6300 : mâchoire (Leriche 1902, pl.IV, fig.14, 14a, 14b).

Localité : Lezennes (Nord, France).

Age : Coniacien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Micraster cortestudinarium* (*sensu* Gosselet).

Ordre AULOPIFORMES Rosen, 1973

Sous-ordre ENCHODONTOIDEI Bery, 1940

Famille *ENCHODONTIDAE* Lydekker, 1889

Genre *ENCHODUS* Agassiz, 1834

Enchodus lewesiensis (Mantell, 1822)

MGL 6304 (1) : dentaire droit (Leriche 1902, pl.IV, fig.13).

Localité : Lezennes (Nord, France).

Age : Coniacien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Micraster cortestudinarium* (*sensu* Gosselet).

Famille *CIMOLICHTHYIDAE* Goody, 1969

Genre *CIMOLICHTHYS* Leidy, 1857

Cimolichthys marginatus (Reuss, 1845)

MGL 6298 : dent (Leriche 1902, pl.IV, fig.10).

Localité : Fresnoy-le-Grand (Aisne, France).

MGL 6299 (1-2) : dents isolées [Leriche 1902, pl.IV, fig.11(1), 12(2)].

Localité : Terramesnil (Somme, France).

Age : Campanien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Actinocamax quadratus* (*sensu* Gosselet).

MGL 6303 (3-4) : dents isolées [Leriche 1902, pl.IV, fig.9(4), 8(3)].

MGL 6313 (1-2) : ectoptérygoïdiens gauche et droit [Leriche 1902, pl.IV, fig.6(1), 7(2)].

Localité : Lezennes (Nord, France).

Age : Coniacien, Crétacé supérieur.

Horizon : niveau à *Micraster cortestudinarium* (*sensu* Gosselet).

Ordre ANGUILLIFORMES Regan, 1909

Famille *PHYLLODONTIDAE* Jordan, 1923

Genre *PHYLLODUS* Agassiz, 1843

Phyllodus cf. planus Agassiz, 1839-1844

MGL 6316 : pharyngien (Leriche 1908, pl.VI, fig.1, la).

Localité : Bouilly (Marne, France).

Age : Thanétien, Paléocène supérieur.

Horizon : niveau des Argiles à lignites.

Phyllodus toliapicus Agassiz, 1843

MGL 6317 : pharyngien (Leriche 1908, pl.VI, fig.2).

Localité : Pourcy (Marne, France).

Age : Yprésien, Eocène inférieur.

Horizon : Sables de Pourcy.

Genre *EGERTONIA* Cocchi, 1864

Egertonia gosseleti Leriche, 1900

MGL 6306 : plaque pharyngienne supérieure (holotype *in* Leriche 1900, pl.1, fig.1 et 1a, txt-fig.1, p.175 ; Leriche 1906, p.347).

Localité : Cuis (Marne, France).

Age : Yprésien, Eocène inférieur.

Horizon : Sables à *Unios* et *Térédines*.

OSTARIOPHYSI Sagemchl, 1885

ordre GONORHYNCHIFORMES Regan, 1909

Famille *HALECOPSIDAE* Casier, 1946

Genre *HALECOPSIS* Delvaux & Ortlieb, 1887

Halecopsis insignis (Delvaux & Ortlieb, 1887)

MGL 4966 : écaille (Dubois, 1920, p.75).

Localité : carrière des Tuileries du Nord, Watten (Nord, France).

Age : Yprésien, Eocène.

Horizon : Argile des Flandres.

Donateur : G. Dubois

Note : Curieusement, Dubois mentionne qu'il n'a pas pu ramener une seule écaille tant le matériel était fragile.

Ordre SILURIFORMES Cuvier, 1817

Sous-ordre SILUROIDEI Cuvier, 1817

Famille *ARIIDAE* Gunther, 1864

Genre *ARIUS* Cuvier & Valenciennes, 1864

Arius sp.

MGL 4039 : premier rayon de la nageoire dorsale (Leriche 1901c, pl.V, fig.21).

Localité : Vauxbuin (Aisne, France).

Age : Lutétien (ex. Parisien), Eocène moyen.

Horizon : Calcaire grossier.

Donateur : collection Watelet.

NEOGNATHI Rosen, 1973

Super-ordre ACANTHOPTERYGII Gouan, 1770
Série PERCOMORPHA Rosen, 1973

Ordre PERCIFORMES Bleeker, 1859

Sous-ordre ACANTHUROIDEI Berg, 1937

Famille *CHAETODONTIDAE* Bonaparte, 1832

Genre *PYGAEUS* Agassiz, 1838

Pygaeus concinnus Leriche, 1906

MGL 4018 (A-B) : profil droit (empreinte) et profil gauche (contre-empreinte) (holotype *in* Leriche 1906, pl.XVII, fig.1, 2).

Localité : Monte Bolca (environ de Vérone, Italie).

Age : Lutétien, Eocène moyen.

Sous-ordre SCOMBROIDEI Bleeker, 1859

Famille *SCOMBRIDAE* Rafinesque, 1815

Genre *SARDA* Cuvier, 1829

Sarda palaeocaena (Leriche, 1908)

MGL 6315 : dentaire gauche (holotype de *Pelamys ? palaeocaena* Leriche, 1908 *in* Leriche 1908, pl.V, fig.8, 8a, 8b).

Localité : Châlons sur Vesle (Marne, France).

Age : Thanétien, Paléocène supérieur.

Horizon : Sables de Châlons sur Vesle.

III. — REPARTITION GEOGRAPHIQUE & STRATIGRAPHIQUE

Sur les 112 poissons recensés dans ce mémoire, 29 viennent de la Marne (Vertus, Châlons sur Vesle, Bouilly, Cuis, Monthelon, Pourcy), 28 du Nord (Autreppes, Boussois, Assevent, Condé sur Escaut, Bouvines, Quievry, Lezennes, Hellemes, Cassel et Watten), 27 de l'Aisne (Hargicourt, Ribemont, Fresnoy-le-Grand, Etaves, Montbrehain, Soissons, Vauxbuin), 13 de la Somme (Beauval, Terramesnil, Templeux-le-Grand), 4 du Pas-de-Calais (Etaples, Ames, Boulonnais), 3 des Ardennes (Grandpré), 1 de Seine-Maritime (Rouen), 6 de Belgique (Chercq) et 1 d'Italie (Monte-Bolca).

BIBLIOGRAPHIE

?. — Agnathes et Poissons. *Traité de Géologie*, t. XIII, fasc. III. (publication non retrouvée).

DUBOIS G. (1920). — Etude géographique, géologique et agronomique du Mont de Watten. *Annales de la Société Géologique du Nord*, t. XLV, p. 56-103.

GOSSELET J. (1870-74). — M. Gosselet annonce la découverte à Condé d'une mâchoire à peu près complète de *Ptychodus latissimus* (42 dents). *Annales de la Société Géologique du Nord*, t. I, p. 12.

GRANDE L. & BEMIS W.E. (1998). — A comprehensive phylogenetic study of amiid fishes (Amiidae) based on comparative skeletal anatomy. An empirical search for interconnected patterns of natural history. *Society of Vertebrate Paleontology*, Memoir 4 i-x, 1-690, supplement to Journal of Vertebrate Paleontology, 18(1):

LERICHE M. (1900). — Faune ichthyologique des sables à Unios et Térédines des environs d'Épernay (Marne). *Annales de la Société Géologique du Nord*, t. XXIX, p. 173-196, pl. I & II.

LERICHE M. (1901a). — Sur quelques éléments nouveaux pour la faune ichthyologique du Danien du Bassin de Paris. *Annales de la Société Géologique du Nord*, t. XXX, p. 153-161.

LERICHE M. (1901b). — Sur deux Pycnodontidés des terrains secondaires du Boulonnais. *Annales de la Société Géologique du Nord*, t. XXX, p. 161-165.

LERICHE M. (1901c). — Contribution à l'Étude des Siluridés fossiles. *Annales de la Société Géologique du Nord*, t. XXX, p. 165-169.

LERICHE M. (1902). — Révision de la Faune ichthyologique des Terrains crétacés du Nord de la France. *Annales de la Société Géologique du Nord*, t. XXXI, p. 87-155, pl. II-IV.

- LERICHE M. (1906). — Contribution à l'étude des poissons fossiles du Nord de la France et des régions voisines. *Mémoire de la Société Géologique du Nord*, Lille, t. V.
- LERICHE M. (1908). — Note sur des Poissons paléocènes et éocènes des environs de Reims (Marne). *Annales de la Société Géologique du Nord*, t. XXXVII, p. 229-263.
- LERICHE M. (1932). — Les Poissons éocènes du Bassin de Paris (deuxième note additionnelle). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 5e série, t. II.
- PRIEM F. (1898). — Sur des Pycnodontides et des Squales du Crétacé supérieur du Bassin de Paris (Turonien Crétacé supérieur, Danien). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 3e série, t. XXVI, p. 229-243.
- WOODWARD A. S. (1902-12). The Fossil Fishes of the English Chalk. *Palaeontographical Society*.
- Remerciements.* Nous remercions vivement le Dr. Alain Blicck pour son aide et ses conseils de tous les instants ; Anne-Marie Candiller pour sa disponibilité et sa quête incessante de la bibliographie nécessaire ; Mme Josiane Merlier et Murielle Duthilleul pour l'aide indispensable à l'entretien et à la numérotation des collections géologiques du Musée ; enfin, tous les bénévoles, étudiants stagiaires et vacataires d'été, sans qui ce travail n'aurait jamais été réalisé (ou dans 125 ans...).

Index

- | | | | |
|--|-------|--|-------|
| <i>Arius</i> Cuvier & Valenciennes, 1864 | p.154 | <i>Otodus semiplicatus</i> Agassiz, 1844 | p.150 |
| <i>Arius</i> sp. | p.154 | <i>Oxyrhina angustidens</i> Reuss, 1845 | p.150 |
| <i>Belonostomus</i> Agassiz, 1834 | p.153 | <i>Oxyrhina mantelli</i> Agassiz 1843 | p.150 |
| <i>Belonostomus cinctus</i> Agassiz, 1844 | p.153 | <i>Oxyrhina</i> ? sp. | p.151 |
| <i>Carcharocles</i> Jordan & Hannibal, 1923 | p.149 | " <i>Pappichthys</i> " <i>barroisi</i> Leriche, 1900 | p.152 |
| <i>Carcharocles debrayi</i> (Leriche, 1906) | p.149 | <i>Paranomotodon</i> Herman in Capetta & Case, 1975a | p.150 |
| <i>Carcharodon debrayi</i> Leriche, 1906 | p.149 | <i>Paranomotodon angustidens</i> (Reuss, 1845) | p.150 |
| <i>Cimolichthys</i> Leidy, 1857 | p.153 | <i>Pelamys</i> ? <i>palaeocuma</i> Leriche, 1908 | p.153 |
| <i>Cimolichthys marginatus</i> (Reuss, 1845) | p.153 | <i>Phyllodus</i> Agassiz, 1843 | p.153 |
| <i>Coelodus</i> Heckel, 1856 | p.152 | <i>Phyllodus</i> cf <i>planus</i> Agassiz, 1839-1844 | p.153 |
| <i>Coelodus parallelus</i> (Dixon, 1850) | p.153 | <i>Phyllodus toliapicus</i> Agassiz, 1843 | p.153 |
| <i>Coelodus latus</i> Leriche, 1901 | p.152 | <i>Pristis</i> Linck, 1790 | p.151 |
| <i>Corax falcatus</i> Agassiz, 1843 | p.151 | <i>Pristis wateleti</i> Leriche, 1932 | p.151 |
| <i>Corax pristodontus</i> Agassiz, 1843 | p.151 | <i>Pristis</i> sp. | p.151 |
| <i>Cretodus</i> Sokolov, 1965 | p.150 | <i>Protolamna</i> Cappetta, 1980 | p.149 |
| <i>Cretodus semiplicatus</i> (Agassiz, 1844) | p.150 | <i>Protolamna</i> sp. | p.150 |
| <i>Cretolamna</i> Glückman, 1958 | p.150 | <i>Protosphyraena</i> Leidy, 1857 | p.153 |
| <i>Cretolamna appendiculata</i> (Agassiz, 1843) | p.150 | <i>Protosphyraena ferox</i> Leidy, 1856 | p.153 |
| <i>Cretoxyrhina</i> Glückman, 1958 | p.150 | <i>Pseudocorax</i> Priem, 1897a | p.151 |
| <i>Cretoxyrhina mantelli</i> (Agassiz, 1843) | p.150 | <i>Pseudocorax affinis</i> (Agassiz, 1843) | p.151 |
| <i>Edaphodon</i> Buckland, 1838 | p.152 | <i>Ptychodus</i> Agassiz, 1838 | p.148 |
| <i>Edaphodon sedgwicki</i> (Agassiz, 1843) | p.152 | <i>Ptychodus concentricus</i> Agassiz, 1839 | p.148 |
| <i>Edaphodon</i> sp. | p.152 | <i>Ptychodus decurrens</i> Agassiz, 1839 | p.148 |
| <i>Egertonia</i> Cocchi, 1864 | p.153 | <i>Ptychodus decurrens</i> var. <i>multiplicatus</i> Leriche, 1902 | p.148 |
| <i>Egertonia gosseleti</i> Leriche, 1900 | p.153 | <i>Ptychodus latissimus</i> Agassiz, 1843 | p.148 |
| <i>Elasmodus</i> Egerton, 1843 | p.151 | <i>Ptychodus mammillaris</i> Agassiz, 1839 | p.148 |
| <i>Elasmodus hunteri</i> Egerton, 1843 | p.152 | <i>Ptychodus multiplicatus</i> Leriche, 1902 | p.148 |
| <i>Enchodus</i> Agassiz, 1834 | p.153 | <i>Ptychodus multistriatus</i> Woodward, 1889 | p.149 |
| <i>Enchodus lewesiensis</i> (Mantell, 1822) | p.153 | <i>Ptychodus polygynus</i> Agassiz, 1839 | p.149 |
| <i>Gyrodus</i> Agassiz, 1833 | p.153 | <i>Ptychodus rugosus</i> Dixon, 1850 | p.149 |
| <i>Gyrodus larteti</i> (Sauvage, 1867) | p.153 | <i>Pycnodontidae</i> indet. | p.151 |
| <i>Halecopsis</i> (Delvaux & Ortlieb, 1887) | p.155 | <i>Pygaeus</i> Agassiz, 1838 | p.153 |
| <i>Halecopsis insignis</i> (Delvaux & Ortlieb, 1887) | p.155 | <i>Pygaeus concinnus</i> Leriche, 1906 | p.153 |
| <i>Hexanchus</i> Rafinesque, 1810a | p.149 | <i>Sarda</i> Cuvier, 1829 | p.153 |
| <i>Hexanchus microdon</i> (Agassiz, 1843) | p.149 | <i>Sarda palaeocaena</i> (Leriche, 1908) | p.153 |
| <i>Ischyodus</i> Egerton, 1843 | p.152 | <i>Scapanorhynchus</i> Woodward, 1889d | p.149 |
| <i>Ischyodus thurmanni</i> Pictet & Campiche, 1858 | p.152 | <i>S. ?(Odontaspis) gigas</i> Woodward, 1889 | p.151 |
| <i>Lamna appendiculata</i> Agassiz, 1843 | p.150 | <i>S. (Odontaspis) raphiodon</i> Agassiz, 1844 | p.149 |
| <i>Lamna serrata</i> Agassiz, 1843 | p.150 | <i>S. ?(Odontaspis) subulatus</i> (Agassiz, 1843) | p.151 |
| <i>Lamniformes</i> indet. | p.151 | <i>Scapanorhynchus raphiodon</i> (Agassiz, 1844) | p.149 |
| <i>Lepisosteus</i> Lacépède 1803 | p.152 | <i>Serratolamna</i> Landemaine, 1991 | p.150 |
| <i>Lepisosteus fimbriatus</i> Wood, 1846 | p.152 | <i>Serratolamna serrata</i> (Agassiz, 1843) | p.150 |
| <i>Lepisosteus suessionensis</i> Gervais, 1848-1852 | p.152 | <i>Squalicorax</i> Whitley, 1939 | p.150 |
| <i>Myliobatis</i> Cuvier, 1817 | p.151 | <i>Squalicorax falcatus</i> (Agassiz, 1843) | p.151 |
| <i>Myliobatis striatus</i> (Buckland, 1837) | p.151 | <i>Squalicorax pristodontus</i> (Agassiz, 1843) | p.151 |
| <i>Notidanus microdon</i> Agassiz, 1843 | p.149 | <i>Striatolamia</i> Glückman, 1964 | p.149 |
| <i>Odontaspis macrorhiza</i> Cope, 1875 | p.150 | <i>Striatolamia macrota</i> (Agassiz, 1843) | p.149 |
| <i>Odontaspis macrota</i> Agassiz, 1843 | p.149 | | |

Localités citées dans ce catalogue :

Ames	Pas de Calais, France	Hargicourt	Aisne, France
Assevent	Nord, France	Hellemmes-lez-Lille	Nord, France
Autreppes	Nord, France	Lezennes	Nord, France
Beauval	Somme, France	Mont Aimé, Vertus	Marne, France
Bouilly	Marne, France	Montbrehain	Aisne, France
Boulonnais	Pas de Calais, France	Mont des Recollets, Cassel	Nord, France
Bousois	Nord, France	Monte Bolca	environ de Vérone, Italie
Bouvines	Nord, France	Monthelon	Marne, France
Châlons sur Vesle	Marne, France	Pourcy	Marne, France
Chercq	Hainaut, Belgique	Quiévy	Nord, France
Condé sur Escaut	Nord, France	Ribemont	Aisne, France
Côte Ste Catherine, Rouen	Seine maritime	Soissons	Aisne, France
Cuis	Marne, France	Templeux-le-Guérard	Somme, France
Etaples	Pas de Calais, France	Terramesnil	Somme, France
Etaves	Aisne, France	Vauxbuin	Aisne, France
Fresnoy-le-Grand	Aisne, France	Watten	Nord, France
Grandpré	Ardenne, France		

LES CARTES DE NIVEAU GÉOLOGIQUE : UNE CONTRIBUTION À L'INTERPRÉTATION DES FORMATIONS HYDROGÉOLOGIQUES DU MAROC.

Geological level maps : a contribution to interpretation of the hydrogeological formations from Morocco.

par Lahcen ZOUHRI (*)

Résumé. — Afin de comprendre la répartition des faciès perméables et imperméables de l'aquifère du bassin Rharb-Mamora, des cartes de niveau ont été réalisées à différentes altitudes (-40, -20, 0, +20, et +40 mètres). Quatre unités hydrogéologiques ont été identifiées : i) marnes bleues mio-pliocènes ; ii) calcaires grésosableux ; iii) grésos-conglomérats jaunes ; iv) argiles-sablées. L'interprétation des cartes établies montre un approfondissement du substratum vers le Nord (Rharb) et vers l'Ouest (Océan Atlantique).

Abstract. — In order to understand the distribution of the permeable and impermeable deposits of the Rharb-Mamora aquifer, level maps were realized at various altitude (-40, -20, 0, +20, et +40 meters). Four hydrogeological units were identified : i) Mio-pliocene blue marls; ii) sandy limestones ; iii) yellow sandy-conglomerates ; iv) sandy clays. The map interpretation shows a deepening of the basement northwards and towards the Atlantic Ocean.

I. — INTRODUCTION

Le sillon Sud-rifain (fig 1) présente un grand intérêt géographique et paléogéographique au Maroc. Il correspond à une zone d'effondrement qui se trouve entre deux domaines structuraux à comportement différent :

- La marge sud constituée par la Méséta, à socle paléozoïque rigide et stable ;
- La marge nord caractérisée par des formations Rifaines à grande instabilité structurale.

L'aquifère du Bassin Rharb-Mamora possède des potentialités hydrauliques très importantes à l'échelle du Maroc côtier. L'objectif de ce travail est de cartographier les formations perméables et imperméables en utilisant essentiellement les données de forages destinés à l'exploitation hydrogéologique.

II. — METHODOLOGIE

La réalisation des cartes de niveau géologique (fig. 2) permet de suivre l'allure des formations perméables et imperméables. Elle comporte plusieurs étapes :

- i) L'analyse et l'interprétation des forages profonds et peu profonds ;

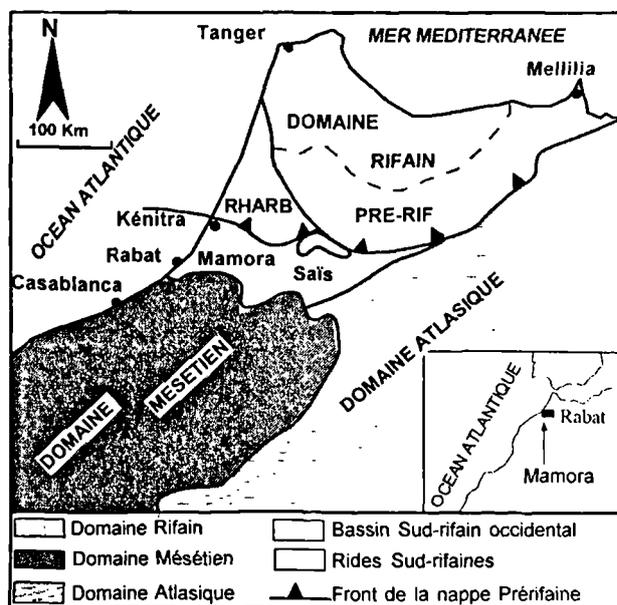


Fig.1. — Les domaines structuraux du Maroc.

Fig. 1. — Structural domains of Morocco.

(*) Centre de Calcul et de Modélisation de Lens. Faculté des Sciences Jean Perrin, Université d'Artois, Rue Jean Souvras, BP 18, 62307 Lens cedex (France). ☐Lahcen.Zouhri@univ-artois.fr

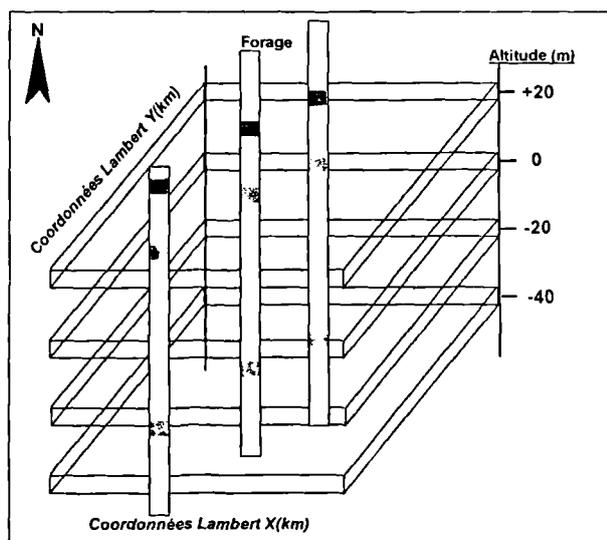


Fig.2. — Principe des cartes de niveau.

Fig.2. — Principle of level maps.

ii) Le report des points de forages en respectant leurs coordonnées Lambert [X, Y] ;

iii) L'identification sur les cartes et autour de chaque forage de la formation géologique correspondant au niveau d'altitude fixé pour la carte.

La géométrie de l'ensemble des faciès permet des interprétations sédimentologiques, tectoniques ou hydrogéologiques. Leurs combinaisons contribuent à une meilleure compréhension de l'aquifère du bassin Rharb-Mamora.

III. — GEOLOGIE DE LA REGION

Les travaux synthétiques réalisés dans le Bassin Rharb-Mamora (Cirac, 1987 ; Wernli, 1979, 1987 ; Faugères, 1981 ; Feinberg, 1978), ont permis d'établir la chronostratigraphie de la région. La coupe synthétique réalisée dans ce bassin, montre la série du Néogène supérieur de la marge Atlantique (fig. 3). Trois séries principales ont été identifiées. Elles sont séparées par deux discontinuités sédimentaires. De la base vers le sommet, les lithofaciès se présentent comme indiqué sur le Tableau I.

Séquence I	Séquence II	Séquence III
Marnes grises	Calcaires bioclastiques	Calcaires bioclastiques
Sables beiges à matrice carbonatée	Sables gris à matrice carbonatée	Sables et calcaires sableux
	Sables jaunes à lentilles de cailloutis	

Tab. I. — Lithologies des différentes séries rencontrées sur la marge du bassin sud-rifain.

Tab. I. —

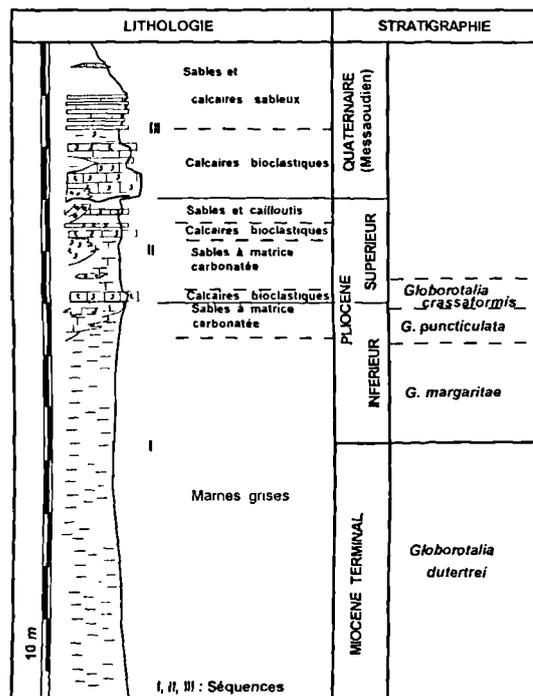


Fig.3. — Coupe synthétique de la série du Néogène supérieur de la marge atlantique du bassin Sud-Rifain occidental (d'après Cirac, 1987).

Fig.3. — Synthetical section of the Late Neogene series of the Atlantic margin of the Western South-Rifain Basin (After Cirac, 1987).

Les marnes grises appartiennent, en partie au Miocène terminal (équivalent du "Messinien" marocain de Wernli). C'est la biozone à *Globorotalia dutertrei*. Le passage au Pliocène inférieur est marqué par l'apparition de *G. margaritae*. La transition vers la sédimentation des sables beiges à matrice carbonatée correspond à la sous-biozone à *G. puncticulata*.

Le Pliocène moyen est caractérisé par la biozone à *G. crassaformis*, qui est en continuité de sédimentation avec les marnes du Pliocène inférieur. Elle est constituée par 100 à 300 m de marnes grises se chargeant progressivement en éléments sableux et bioclastiques vers le sommet. Des restes de Mammifères (*Anancus osiris*, *Elephas africanus* et *Stylohipparion libycum*) permettent d'attribuer les sables et cailloutis au Villafranchien inférieur et moyen (Arambourg et Choubert, 1965).

En 1970, Biberson, en se basant sur la malacofaune (présence d'*Acanthina plessisi* et *TrochateLLa trochiformis*) a attribué les calcaires bioclastiques, par lesquels commencent la troisième séquence, au Messoudien équivalent du Calabrien. Les sables et calcaires sableux sont corrélables avec la "formation de la Mamora" attribuée au Moulouyen (Villafranchien supérieur).

IV. — CARTES OBTENUES

Sur la base de plus de 200 forages, cinq cartes de niveau à différentes altitudes ont été réalisées : -40, -20, 0, +20, et +40

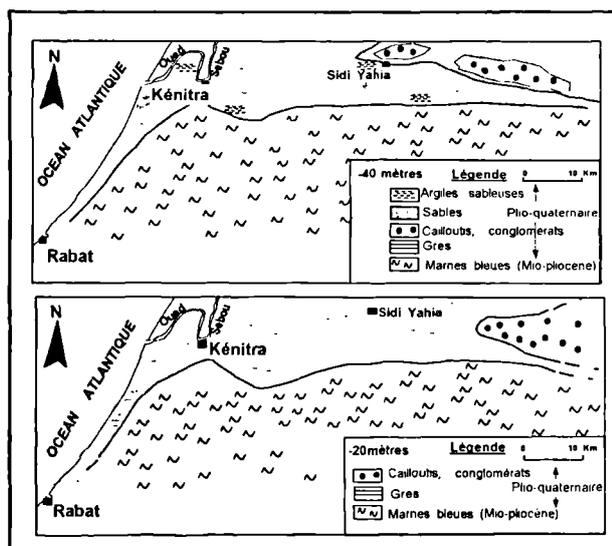


Fig.4. — Carte de niveau (altitudes -20 et -40 m).

Fig.4. — Level map (altitudes -20 and -40 m).

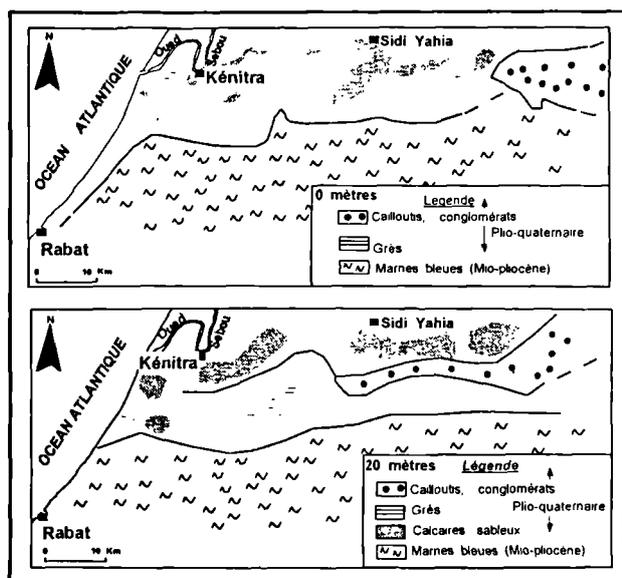


Fig.5. — Carte de niveau (altitudes 0 et 20 m).

Fig.5. — Level map (altitudes 0 and +20 m).

mètres (fig. 4, 5 et 6). Ces cartes permettent de reconstituer l'allure du substratum hydrogéologique et de définir les formations perméables. Nous pouvons distinguer les formations suivantes :

a) *Les marnes bleues*

Elles représentent le substratum hydrogéologique de la région. Cette formation mio-pliocène affleure dans les vallées de la Mamora et dans la région de Tiflète. Les sondages pétroliers ont montré que ces marnes atteignent 2000 mètres d'épaisseur sur les bordures de la plaine du Rharb. L'analyse et l'interprétation des cinq cartes montrent, en fonction de la

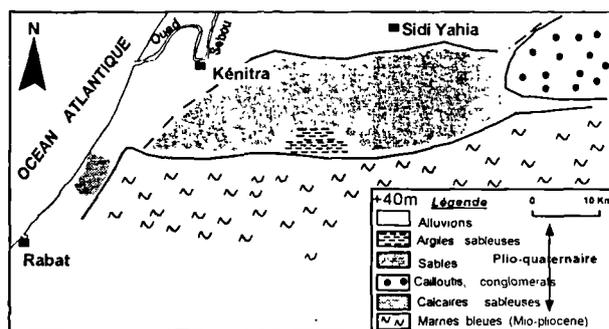


Fig.6. — Carte de niveau (altitude +40m)

Fig.6. — Level map (altitude +40m)

profondeur, la progression de la limite cartographique de cette formation vers le nord (fig. 4, 5 et 6). Des études géophysiques (Zouhri *et al.*, 2001) ont montré un approfondissement de l'imperméable vers le Rharb et vers l'Océan Atlantique.

b) *Les calcaires sableux*

Les calcaires sableux représentant l'une des formations perméables (fig. 5, carte à +20m). Ils surmontent le substratum, notamment dans la zone occidentale, où ils sont vacuolaires, conglomératiques, parfois fins, friables, avec des passées sableuses ocres à galets. Cette formation de calcaires sableux possède une épaisseur variant selon les endroits de 1 à 28 mètres.

c) *Les conglomérats*

Ils sont cantonnés dans le nord-est du bassin de la Mamora et viennent directement reposer sur les marnes bleues (fig. 4, 5 et 6). Ils forment l'essentiel des séquences perméables qui constituent l'aquifère de la région.

d) *Les grès et sables jaunes*

Les grès et sables jaunes rencontrés par plusieurs forages de reconnaissance. Ces formations sont caractérisées par des épaisseurs pouvant dépasser 30 m. Les sables jaunes sont souvent indurés, plus ou moins argileux. On trouve aussi des passées de lumachelles ou de grès lumachelliques.

e) *Les argiles sableuses*

Elles sont localisées notamment dans la zone de contact Rharb-Mamora. Les études géophysiques (Zouhri *et al.*, 2001) ont montré le caractère lenticulaire de ces formations. Cette particularité ne fait pas obstacle à la communication entre les différentes unités hydrogéologiques et ne constitue pas une barrière hydrogéologique contre l'écoulement vers le nord.

L'étude des cartes de niveau permet de conclure à une répartition latérale des faciès perméables et à une variation de leurs épaisseurs. Elle traduit quatre principales unités hydrogéologiques plio-quaternaires :

- Unité des calcaires grés-sableux,
- Unité des conglomérats,
- Unité grés-sableuse jaune,
- Unité argilo-sableuse.

L'ensemble repose sur un substratum mio-pliocène constitué par des marnes bleues.

V. — CONCLUSION

Les unités hydrogéologiques, déduites de l'étude des cartes de niveau, forment un aquifère monocouche. Cette méthode

permet d'apporter un complément efficace et peu onéreux aux études géophysiques. L'amélioration des cartes proposées sera fonction des nouvelles données des forages profonds et moins profonds. Ces cartes feront l'objet, dans notre prochain travail, d'une caractérisation géométrique des formations aquifères et de déterminer les mécanismes qui gèrent leurs répartitions spatiales.

BIBLIOGRAPHY

- ARAMBOURG, C., CHOUBERT, G. (1965). — Les faunes de mammifères de l'étage Moghrébien du Maroc Occidental. *Notes Serv. Géol. Maroc*, t. 25, n° 185, pp. 29-33.
- BIBERSON P. (1970). — Le cadre paléogéographique de la préhistoire du Maroc atlantique. *Pub. Serv. Antiquités Maroc*, fasc. 16, 1961, 235 p.
- CIRAC P. (1987). — Le bassin sud-rifain occidental au Néogène supérieur. Evolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement. *Mém. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 21, 287 p. Bordeaux.
- FAUGERES J.C. (1981). — Evolution structurale d'un bassin atlantico-mésogéen de la marge africaine : les rides sud-rifaines (Maroc). *Bull. Sc. Géol. Fr.*, 3, 229-244.
- FEINBERG H. (1978). — Les séries tertiaires du Préif et des dépendances post-tectoniques du Rif (Maroc). Biostratigraphie, Paléogéographie et aperçu tectonique. Thèse Doct. Etat, Univ. Paul sabatier Toulouse, n° 798, 211 p.
- WERNLI R. (1979). — Le Pliocène de la Mamora (Maroc) : stratigraphie et foraminifères planctoniques. *Eclogae. geol. Helv.*, 72/11, 119-143, Bâle.
- WERNLI R. (1987). — Micropaléontologie du Néogène post nappes du Maroc septentrional et description systématique des foraminifères planctoniques. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, 331, 265 p, Rabat.
- ZOUHRI, L., CARLIER, E., CRAMPON, N., COLBEAUX, J.P. (2001). — L'aquifère de la Mamora. Forme géométrique et écoulement souterrains. *Journal of African Earth Sciences*. *In press*.

LES EOPOLYDIEXODINA GEANTES (FORAMINIFERIDA, FUSULININA) DU PERMIEN MOYEN D'AFGHANISTAN, REMARQUES PRELIMINAIRES

The giant *Eopolydiexodina* (fusulinid foraminifers) from the middle Permian of Afghanistan, preliminary remarks

par Daniel VACHARD (*) et Emmanuel BOUYX (**)

(Planches IX et X)

Résumé. — Le Permien moyen d'Afghanistan est riche en fusulines géantes. Ce travail préliminaire résume nos connaissances et les questions posées. L'un des principaux problèmes est la séparation des genres *Eopolydiexodina* et *Polydiexodina*. Un autre est l'interprétation des différentes espèces de ces genres et des dimorphismes qu'elles peuvent présenter. Des reconstitutions paléogéographiques et biosédimentologiques, à l'échelle mondiale, sont tentées à partir des données d'Afghanistan. Les causes et les conséquences du gigantisme sont discutées.

Abstract. — *The middle Permian of Afghanistan is rich in giant fusulinids. Their study is complex, and they are only preliminarily investigated herein. The comparison of the genera Eopolydiexodina and Polydiexodina is a striking problem. Another is to separate or to link the true species and the dimorphic generations. Palaeogeographic and biostratigraphic reconstructions are attempted at a world scale, owing to the Afghanistan data and the compilation of the literature. The causes and consequences of gigantism are discussed.*

I. — INTRODUCTION

Au cours d'une exploration géologique de l'extrémité occidentale de l'Hindou Kouch, quelques fusulines d'une taille exceptionnelle, dépassant parfois la dizaine de centimètres, avaient été recueillies par A.F. de Lapparent et l'un de nous (E.B.) dans plusieurs affleurements permien des massifs du Sang-e Caspan et de Khwaja Ghar, au nord de la vallée de Bamian (fig. 1).

Les faunes identifiées à l'époque avaient permis de préciser la stratigraphie des "calcaires à fusulines", qui étaient connus sur le versant méridional de l'Hindou Kouch depuis les travaux d'Hayden (1909, 1911) et de Furon (1924, 1927), et d'y reconnaître (Bouyx *et al.*, 1970 ; Bordet *et al.*, 1971 ; Lys et de Lapparent, 1971), sous les assises à dominante carbonatée et à grandes fusulines du Murgabien, des calcaires à goniatites de l'Artinskien et à microfaunes du Kubergandien, précédés de puissantes assises détritiques attribuées par la suite au Carbonifère (fig. 2).

Ces formes géantes avaient été provisoirement rapportées à "*Polydiexodina gr. afghanensis* Thompson", et illustrées par

une photographie grandeur nature du plus grand exemplaire (14 cm) alors identifié (Lys et de Lapparent, 1971, pl. 8, fig. 3). Pour diverses raisons leur étude approfondie fut différée. La révision, que nous entreprenons, a d'ores et déjà permis de retrouver, dans les collections, un exemplaire dont le test doit atteindre une longueur de 16 cm (Pl. IX, fig. 1). Ce serait, à notre connaissance, la plus grande fusuline qui ait été signalée à ce jour. Peut-être s'agit-il même du plus grand foraminifère à test calcaire actuellement connu.

II. — HISTORIQUE

Les fusulines d'Afghanistan furent découvertes par Hayden (1909) dans deux célèbres localités de l'Hindou Kouch : les "gorges de Bulola" et le "ravin de Khwaja Ghar". La première se situe dans le défilé où passe la piste qui, après avoir longé le versant méridional de l'Hindou Kouch, franchit le massif de Bulola. L'autre se trouve à environ 25 km plus à l'ouest, au nord de la vallée de Bamian, dans un ravin qui entaille le massif de Khwaja Ghar (fig. 1). Dans ces deux affleurements, certains bancs apparaissent littéralement

(*) Université des Sciences et Technologies de Lille, UFR des Sciences de la Terre, UPRESA 8014 du CNRS, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex. E mail : Daniel.Vachard@univ-lille1.fr

(**) Université Michel de Montaigne, Bordeaux 3, Institut EGID, 1 allée Daguin 33607 Pessac Cedex. E mail : bouyx@egid.u-bordeaux.fr

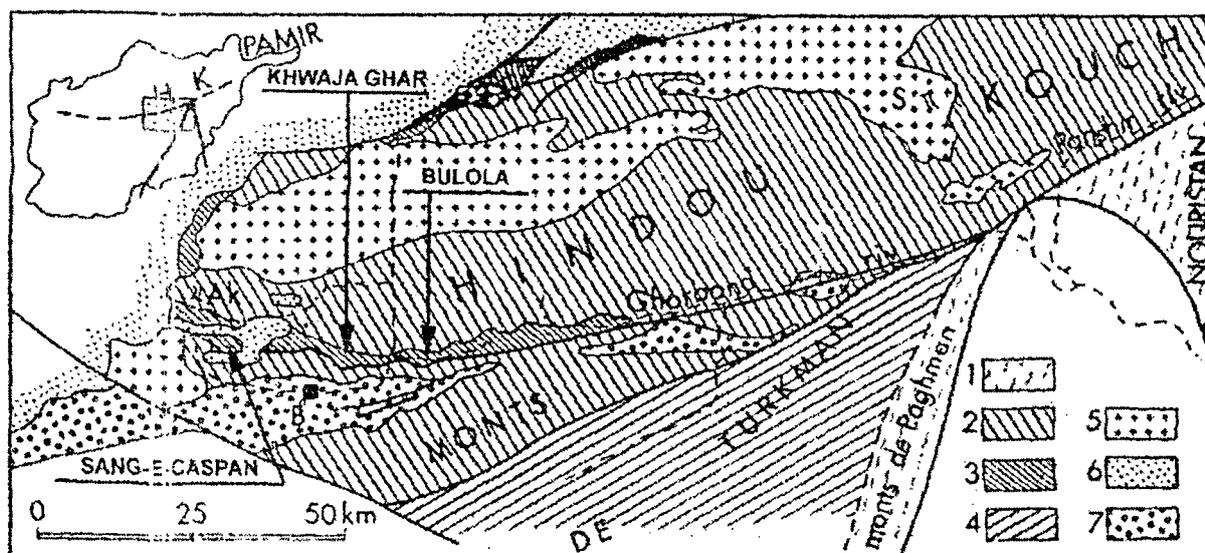


Fig. 1. — Croquis de situation géographique et géologique (d'après Boulin et Bouyx, 1977, modifié), montrant la distribution des principaux affleurements de la "série des calcaires à fusulines" et la localisation du massif de Bulola, de Khwaja Ghar et du Sang-e Caspan, sur le versant méridional de l'Hindou Kouch. 1 : Précambrien probable ; 2 : socle antécarbonifère ; 3 : "série des calcaires à fusulines" (Carbonifère et Permien) ; 4 : Paléozoïque et Trias de la partie sud des Monts de Turkman ; 5 : granitoïdes de l'Hindou Kouch (en majorité triasiques) ; 6 : Mésozoïque ; 7 : bassins cénozoïques. Ak : col d'Ak-Robat ; B : Bamian ; S : col du Salang.

Fig. 1. — Geographical and geological schematic map (according to Boulin et Bouyx, 1977, modified), showing the distribution of the main outcrops of "Fusuline Limestones", and the location of Bulola massif, of Khwaja Ghar gully and of Sang-e Caspan, on the southern slope of Hindu Kush. 1: Questionable Precambrian; 2: Pre-Carboniferous basement; 3: "Fusuline Limestone" Group (Carboniferous and Permian); 4: Paleozoic and Triassic of the southern area of Turkman Ranges; 5: Hindu Kush granitoids (essentially Triassic in age); 6: Mesozoic; 7: Cenozoic basins. Ak: Ak-Robat Pass; B: Bamian; S: Salang Pass.

pétris de grandes fusulines. Hayden (1909) avait reconnu parmi elles les espèces-index des trois zones que Douvillé (1906) venait de distinguer dans les calcaires de l'Indochine [*Schwagerina princeps* Ehrenberg pour l'"Ouralien", *Neoschwagerina craticulifera* (Schwager) pour le "Permien inférieur" et *Sumatrina annae* Volz pour le "Permien supérieur"], ainsi que *Fusulina elongata*, une espèce qui n'était alors signalée que dans les Guadalupe Mountains du Texas. Il avait donc considéré que les "Calcaires de Bamian" (ou "Fusulina Limestone Series") s'étendaient du Carbonifère au Permien supérieur (Hayden, 1911). Par la suite, Furon (1924, 1927) attribua la série à l'Ouralien (= Carbonifère supérieur) et au Permien, autrement dit à l'Anthracolithique selon la nomenclature en usage à l'époque. Cowper Reed (1931) préféra dater du seul Carbonifère supérieur une collection de brachiopodes récoltée par Hayden dans les couches à fusulines du ravin de Khwaja Ghar. Cet âge fut mis en doute par Thompson (1946), à partir de l'étude de fusulines prélevées dans le secteur de Bulola par les membres d'une expédition pétrolière. Cet auteur renforça, au contraire, la corrélation esquissée par Hayden entre les calcaires de l'Hindou Kouch et le Guadalupien d'Amérique du Nord. Dans l'abondant matériel dont il disposait, Thompson reconnut en effet diverses formes du Permien de la Téthys associées à une espèce nouvelle de *Polydiexodina*, un genre caractéristique de la partie supérieure des "Guadalupean series" des USA et du Mexique, qui avait aussi été rencontré en Iran par Kahler (1933). Par la redécouverte des niveaux d'Hayden dans le ravin de Khwaja Ghar et l'identification, jusque dans les bancs à brachiopodes, des associations de

fusulines identiques à celles de Bulola, avec en particulier *Polydiexodina afghanensis*, de Lapparent et Lys (1965, 1966) ont ensuite démontré l'âge permien de tous les affleurements concernés. Les recherches ultérieures ont permis d'établir que si l'ensemble des niveaux carbonatés à fusulines de la région appartiennent bien au seul Permien, ils ne représentent que la partie supérieure de la "série des calcaires à fusulines" et succèdent à de puissantes formations à dominante détritique (Vachard et Bouyx, 2001).

III. — CADRE GEOLOGIQUE DE LA SERIE DES "CALCAIRES A FUSULINES"

Cette série affleure sur le versant méridional de l'Hindou Kouch depuis le Moyen Ghorband jusqu'au col d'Ak Robot, à l'extrémité occidentale de la chaîne (fig. 1). Elle est affectée de déformations multiples, dont les principales résultent de l'orogénèse néo-cimmérienne et de violents écaillages pontopliocènes (Boulin et Bouyx, 1977). A cause de ces complications tectoniques, aucun affleurement n'expose la série en totalité, et rares sont ceux qui montrent la discordance sur le socle métamorphique de l'Hindou Kouch mise en évidence par Furon (1924).

La base de la série des "calcaires à fusulines" n'est qu'exceptionnellement visible. Elle se compose, là où nous avons pu la dater, de conglomérats serpoukhoviens discordants (Boulin *et al.*, 1973 ; Vachard, 1980). Sa partie

ECHELLE OFFICIELLE		RUSSIE	TETHYS	USA	SCHWAGERINOIDES	Ma	
LOPINGIEN	CHANGHSINGIEN	TATARIEN	PAMIRIEN	DORASHAMIEN	OCHOIEN	"postkeriotheca phase"	250
	WUCHIAPINGIEN			DJULFIEN			
GUADALUPIEN	CAPITANIEN	KAZANIEN	MIDIEN	CAPITANIEN	Polydiexodina	253	
	WORDIEN		MURGABIEN		Eopolydiexodina		
	ROADIEN		KUBERGANDIEN	WORDIEN	Bidexodina	255	
		UFIMIEN	ROADIEN	Skinnerina			
CISURALIEN	KUNGURIEN	KUNGURIEN	BOLORIEN	LEONARD WOLFCAMP	CATHEDRALIEN	"Parafusulina" primitives = Paraskinnerella	254
	ARTINSKIEN	ARTINSKIEN	YAKHTASHIEN		HESSIEN	Skinnerella	263
	SAKMARIEN	SAKMARIEN	SAKMARIEN	LENOXIEN		Cuniculinella	260
	ASSELIEN	ASSELIEN	ASSELIEN	NEALIEN		Pseudochusenella Rugosochusenella	280 286

Tabl. I. — Subdivisions stratigraphiques du Permien. Astérisques noirs : *Eopolydiexodina* géantes.

Tabl. I. — Permian stratigraphic subdivisions. Black asterisks: giant *Eopolydiexodina*.

Les fusulines géantes, étudiées ici, proviennent de calcaires sableux appartenant à cet épisode calcaréodétritique. La plupart ont été collectées, vers 3500 m d'altitude, dans la partie haute du ravin de Soghdar, sur le versant méridional du massif du Sang-e Caspan (Bouyx, 1972), d'autres dans le massif du Khwaja Ghar. Nos prédécesseurs s'étaient aperçus de l'intérêt de ces faunes ; ainsi que le prouvent certaines citations : "Signalons en outre à ce niveau la taille exceptionnelle de *Polydiexodina* gr. *afghanensis* (140 mm de longueur), trouvée à Bulola et à Bamian (...) : il s'agit probablement d'une nouvelle espèce que nous pensons dédier à notre regretté A.F. de Lapparent" (Lys, 1977); "*Polydiexodina* gr. *afghanensis*, espèce géante (140 mm de longueur) n. sp.? que je dois décrire" (Lys, 1988a).

L'iconographie des *Eopolydiexodina* d'Afghanistan est plutôt pauvre, comparée à leur grande abondance (Hayden, 1909 ; Thompson, 1946 ; Lys et de Lapparent, 1971 ; Lys *et al.*, 1973 ; Vachard, 1980 ; Leven, 1997). Au commencement, Hayden (1909) et Thompson (1946) ne signalaient, que l'espèce *Fusulina elongata* qui devait donc devenir *Eopolydiexodina afghanensis*. Lys et de Lapparent (1971) passèrent à trois taxons avérés : *E. afghanensis*, *E. megasphaerica* (Leven), *E. zulumartensis* (Leven) et deux douteux : *E. aff. afghanensis* et *E. gr. afghanensis*. Leven (1997), enfin, en identifia cinq : *E. darvasica* (Dutkevich), *E. afghanensis*, *E. zulumartensis*, *E. bithynica* (Erk) et *E. megasphaerica* ; dont quatre pour le seul affleurement de "Khojagor" (err. cit. pro Khwaja Ghar). Deux tableaux résumant les dimensions, mentionnées dans la littérature ou mesurées, des différents taxons d'Afghanistan (Tabl. II et III).

V. — BIOSTRATIGRAPHIE ET BIOSEDIMENTOLOGIE DES POLYDIEXODINAE D'AFGHANISTAN

Les premières *Eopolydiexodina* de l'Hindou Kouch se rencontrent dans le Murgabien inférieur (Vachard et Bouyx, 2001 ; fig. 2). Elles se raréfient ensuite dans les autres niveaux du Murgabien, puis pullulent dans des couches qui correspondent très vraisemblablement au passage du Murgabien au Midien (Vachard et Bouyx, 2001 ; fig. 2 ; Tabl. I). Le sommet du Murgabien ne contiendrait que des *Eopolydiexodina*, parfois associées à des *Afghanella* ex gr. *schencki* Leven, tandis que les niveaux basaux du Midien se caractériseraient par un assemblage à *Eopolydiexodina* et "*Codonofusiella paradoxa*" (en fait une espèce très primitive intermédiaire entre *Dunbarula* et *Codonofusiella*) déjà illustrée par Lys et de Lapparent (1971 : pl. 22, fig. 3-4), ou une autre association à *Eopolydiexodina*, *Sumatrina annae brevis* Leven, et *Neohemigordius reicheli* (Lys in Lys et de Lapparent) (ibidem : pl. 14, fig. 2 ; pl. 21, fig. 1-4). En Turquie aussi, où elles sont associées à *Sumatrina*, *Codonofusiella* et *Reichelina* (Erk, 1942 ; Skinner, 1971), les *Eopolydiexodina* atteignent les premiers niveaux du Midien. Une autre association midienne, avec des *Neohemigordius* et des accumulations d'algues *Permocalculus* (Vachard, 1980), montre qu'à cette époque de rares *Eopolydiexodina* vivaient ou étaient transportées dans des milieux très littoraux. La composition détaillée des niveaux de plate-forme du Midien inférieur de l'Hindou Kouch a été donnée par Lys et de Lapparent (1971), Vachard (1980), Leven (1997), Vachard et Bouyx (2001).

	L (mm)	D (mm)	L/D	Proloculus (microns)	Tours	Paroi (microns)	Références
<i>Eopolydiexodina afghanensis</i>	21	4	5,2	[900x400]	10	-	Thompson, 1946
	14,5-15,5	3,2-4,2	3,5-4,5	640-2000	9,5-10	55	
	38	5	7,6	-	> 10	-	
	12-20 (---> 100)	2,8-4,5	3,5-7	500-700	8-9	-	Leven, 1967
	12-20	2,2-2,8	4,4-7	-	-	-	Lys & de Lapparent, 1971
	[13]	[3,5]	[3,7]	[600]	[8]	-	[Leven, 1997]
	12-18	3-3,3	3,7-4,6	670-1000	6	-	Cette étude
<i>Fusulina elongata</i>	[67,0]	[5]	[13,7]	[700-800]	[4-9]	-	[Hayden, 1909]
<i>Eopolydiexodina gr. afghanensis</i>	22-30	2-2,5	11-12	-	-	-	Lys & de Lapparent, 1971
	15-65	1,5-3,6	10-18	-	-	-	
	90-140	5-10	14-18	-	-	-	
	44-83	2,8-5,7	17,4-19,4	-	10	-	Cette étude

Tabl. II. — Dimensions des *Eopolydiexodina* afghanes. L : largeur ; D : diamètre

Tabl. II. — Afghan *Eopolydiexodina* measurement table. L: width ; D: diameter ; L/D: form ratio.

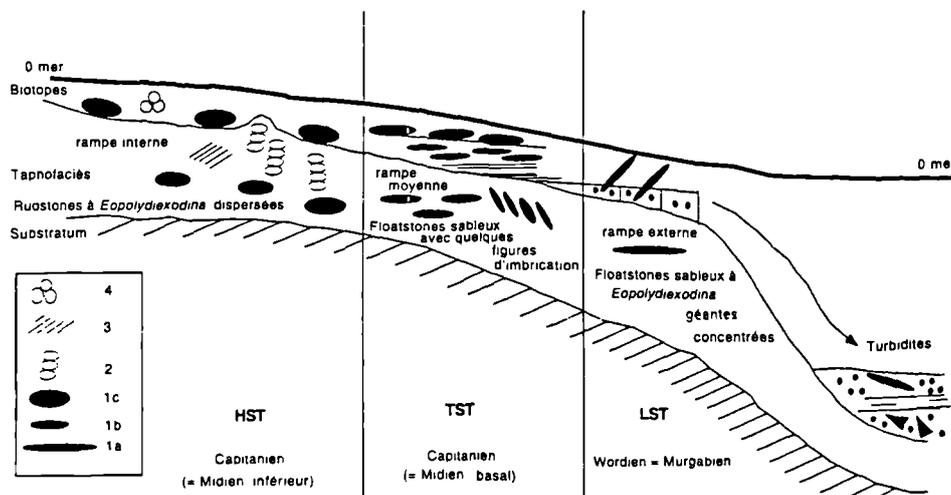


Fig. 3. — Biosédimentologie des *Eopolydiexodina* dans les séquences et les environnements de dépôt des plates-formes carbonatées dans l'Hindou Kouch. 1a : *Eopolydiexodina* géantes ; 1b : grandes *Eopolydiexodina* allongées ; 1c : *Eopolydiexodina* fusiformes ; 2 : calcisponges des bioconstructions ; 3 : *Archaeolithoporella* des mêmes biotopes ; 4 : petits foraminifères diversifiés.

Fig. 3. — Some biosedimentological data of the *Polydiexodinids* from Aghanistan. 1a: giant *Eopolydiexodina*; 1b: large and elongate *Eopolydiexodina*; 1c: fusiform *Eopolydiexodina*; 2: building calcisponges; 3: *Archaeolithoporella* from the same biotopes; 4: diversified smaller foraminifera.

En analyse séquentielle, les associations du passage Murgabien/Midien de l'Hindou Kouch correspondent à des cortèges de LST, et éventuellement à des mfs de TST (fig. 2 et 3 ; Pl. IX, fig. 6). Différents taphofaciès, au sens de Brett (1995, 1998), avaient déjà été soupçonnés par Vachard

(1980) ; en particulier, ceux des prismes de bordure de plate-forme du ravin de Soghdar, et ceux des cônes turbiditiques du massif de Bulola. Dans les calcaires du Murgabien inférieur et du Midien inférieur de l'Hindou Kouch, les associations se placent dans des niveaux de HST. La disparition

d'*Eopolydiexodina* a donc lieu au cours d'un *HST* et non d'un *LST*, à l'inverse de ce que Seiglie (1987) avait présenté comme un cas général pour les grands foraminifères.

Le comportement biosédimentologique des géantes d'Afghanistan rappelle celui des nummulites resédimentées (Vachard, 1980). Contrairement aux nummulites décrites par Aigner (1983), les *Eopolydiexodina* ne sont cependant jamais encroûtées par une épiflore ou épifaune (serpulidés, bryozoaires, bivalves), ni même perforées intérieurement. Les taphofaciès d'Afghanistan présentent des biofabriques identiques à celles des formes A et B des nummulites (Aigner, 1985 ; Racey, 1994) : (a) paraautochtones, c'est-à-dire presque pas modifiées (Pl. IX, fig. 1, 5-6, Pl. X, fig. 1 ; Lys et de Lapparent, 1971 : pl. 8, fig. 2) ; (b) allochtones non bioturbées (Lys et de Lapparent, 1971 : pl. 8, fig. 1) ; (c) enrichies en formes B (Pl. IX, fig. 2-3 ; Lys et de Lapparent, 1971 : pl. 8, fig. 3) ; ou (d) allochtones à texture désordonnée (Pl. IX, fig. 3-4 ; Lys et de Lapparent, 1971 : pl. 7, fig. 1, pl. 18, fig. 1). On n'observe peu ou pas d'imbrication des tests (Pl. IX, fig. 3, 6), ce qui indique des courants de fond assez faibles (Racey, 1994).

VI. — DUALITE POLYDIEXODINA-EOPOLYDIEXODINA

Le genre *Polydiexodina*, créé voici soixante-dix ans aux Etats-Unis (Dunbar et Skinner, 1931), est considéré depuis lors comme le modèle du test de grande taille dans tous les traités consacrés aux fusulines (Ciry, 1952 ; Thompson, 1964 ; Pasini, 1965 ; Rozovskaya, 1975, Rauzer *et al.*, 1996). Le nom d'*Eopolydiexodina* ne fut appliqué que beaucoup plus tard aux formes comparables du Vieux-Monde. En l'érigeant, Wilde (1975) a fini par rendre disponible le nomen nudum plusieurs fois mentionné par Lee *in* Douglas (1950), Lloyd (1963) ou Kahler et Kahler (1966, 1969), et a fourni une désignation formelle au "*third group*" de *Polydiexodina* préalablement érigé par Skinner (1971). *Eopolydiexodina* et *Polydiexodina* sont deux fusulines géantes à peu près contemporaines (Davydov, 1996 ; Vachard et Bouyx, 2001), qui partagent le même plissement septal puissant et régulier, des cuniculi développés et alignés, et de nombreux tunnels additionnels (*Polydiexodina* signifie étymologiquement : "qui possède plusieurs tunnels"). Seule l'existence d'un tunnel médian chez *Polydiexodina*, dont *Eopolydiexodina* est dépourvu, sépare les deux genres. Ces tunnels, médians et additionnels, ont, malgré leur importance évolutive primordiale, une signification paléobiologique et donc une interprétation objective encore mal élucidée. La possession d'un véritable tunnel médian chez *Polydiexodina* est d'ailleurs discutable. D'après les figurations disponibles, sa présence ne semble pas s'étendre à tous les tests, ni à tous les stades de développement de ceux-ci (voir par exemple *Polydiexodina capitansensis* Dunbar et Skinner, 1931 : pl. 3, fig. 10-11). Leven et Grabchak (1986) ne dessinent chez *Polydiexodina* qu'un alignement de plusieurs tunnels secondaires latéraux, sans figurer spécialement de tunnel médian. Les deux tunnels de *Bidiexodina*, que présentent ces derniers auteurs sur le même schéma, nous paraissent tout aussi subjectifs. Par contre, toutes les *Eopolydiexodina* que nous avons observées sont bien dépourvues de tunnel médian et ne possèdent que des tunnels secondaires discontinus et disposés de façon aléatoire, tandis que les formes

microsphériques géantes en sont presque dépourvues, et ne devaient communiquer avec l'extérieur que par les cuniculi.

On peut aussi s'interroger sur les véritables différences de *Skinnerina* Ross, 1964 et d'*Eopolydiexodina*, surtout sur celles de leurs espèces-types : *E. afghanensis* et *S. typicalis* Ross, 1964. Les seules distinctions seraient une nette différence d'âge et des tests mégasphériques plus courts et plus renflés chez *Skinnerina*, ce qui est plutôt un caractère spécifique que générique.

Wilde (1975) supposait qu'*Eopolydiexodina* était, comme son nom l'indique, l'ancêtre de *Polydiexodina*, et plaçait le genre *Skinnerina* à la base de la lignée (A, Tabl. V). Ross (1995) schématisait de son côté une succession presque synchronisée des trois genres : l'un disparaissant juste au moment où l'autre apparaît.

Leven et Grabchak (1986), s'inspirant plus ou moins librement de Ross (1967) et de Skinner (1971), reconstituent une autre phylogénie : *Skinnerina* reste sans descendance ; *Eopolydiexodina* dérive de *Bidiexodina*, lui-même dépourvu d'ancêtre identifié ; *Polydiexodina* évolue indépendamment à partir de *Parafusulina maleyi* Dunbar et Skinner (B, Tabl. V).

Nous nous rallierons au diphylétisme, au cours du chapitre VIII, mais en combinant les deux hypothèses précédentes : *Eopolydiexodina* provient de *Skinnerina*, tandis que *Polydiexodina* est indépendante malgré son homéomorphie (C, Tabl. V).

VII. — BIOGEOGRAPHIE DES POLYDIEXODININAE

Le genre ancestral *Skinnerina* (espèce-type : *Skinnerina typicalis* Ross, 1964 = ? *Polydiexodina? rotundata* Dunbar et Skinner, 1937 emend. Skinner, 1971) n'est connu que dans le Roadien du Texas (Ross, 1964 ; Skinner, 1971), du Guatemala (Vachard *et al.*, 1997b), du Venezuela (Thompson et Miller, 1949 avec *Parafusulina? sp. D* emend. Vachard *et al.*, 1997b), et les niveaux équivalents de Chine du Nord (Han, 1980) et probablement de Chine du Sud avec les espèces *Polydiexodina chekiangensis* Sheng, 1962 ; *P. chekiangensis* var. *lengwuensis* Sheng, 1962 et, avec davantage de doute, *P. tungluensis* Sheng, 1962. Ces espèces chinoises avaient déjà été exclues des *Polydiexodina* par Skinner (1971) et Lin (1981).

La répartition de *Skinnerina* se limite donc aux deux bords du Paléopacifique. Le fractionnement de l'aire de répartition étant incompatible avec les données de la géodynamique, il faut admettre qu'il y a eu colonisation, mais s'est-elle faite de l'Est vers l'Ouest, comme on l'admet généralement, ou dans l'autre sens ? Bien que toutes les preuves biostratigraphiques ne soient pas encore réunies, il paraît plus logique de supposer que la migration s'effectue de la Chine vers l'Amérique, étant donné (a) la rareté des *Skinnerina* au Texas (Skinner, 1971), (b) la morphologie assez primitive de certaines espèces de Chine du Nord, *Skinnerina conicocylindrica*, *S. minima*, *S. qaganqulcutensis*, *S. rotundata brevisca* et *S. xilinica* (toutes créées par Han, 1980), proches de *Rugosohusenella*, *Pseudohusenella* ou *Cuniculinella* ; ce qui fait supposer que la phylogénie est plus complète à l'Est qu'à l'Ouest.

	L (mm)	D (mm)	L/D	Proloculus (microns)	Tours	Paroi (microns)	Références
<i>Eopolydiexodina megasphaerica</i>	13-16	3-4,7	2,8-4,7	1200-1500	7-8	45	Leven, 1967
	12-14	3-4,3	3,25-4,7	-	-	-	Lys & de Lapparent, 1971
<i>E. bithynica</i>	20-26	3,2-5,6	4	610-1320	6-9	20-60	Erk, 1942
	44	5,2	8,3	30	17	50	
	(incomplète)	[3,5]	-	[500]	[8]	-	[Leven, 1997]
<i>P. zulumartensis</i>	20-21	4,5-5,3	3,5-4,4	600	9,5-10	120	Leven, 1967
	18-24	3,5-6	3,6-5	-	9	-	Lys & de Lapparent, 1971
	[12-18]	[2,8-4,4]	[4,2-4,8]	[300-1000]	[8-9]	-	[Leven, 1997]
<i>P. darvasica</i>	[18]	[3,8]	[4,7]	500	[8]	-	[Dutkevich, 1939]
	[13-18,8]	[2,5-3]	[5,2-6,2]	[400-500]	[8-9]	[10]	[Leven, 1997]

Tabl. III. — Dimensions de différentes espèces d'*Eopolydiexodina*. L : largeur ; D : diamètre.

Tabl. III. — Dimensions of several species of *Eopolydiexodina*. L : width ; D : diameter ; L/D : form ratio.

Les arguments suivants pourraient s'opposer à cette hypothèse : (a) *S. rotundata brevica* Han ressemble fortement à *Parafusulina biturbinata* Knight du Guatemala, et à certaines *Cuniculinella*, genre surtout répandu en Amérique du Nord (Skinner et Wilde, 1965) ; (b) on peut douter de l'attribution des espèces de Chine du Nord au genre *Skinnerina*, et supposer qu'il s'agit en fait de banales *Pseudochusenella*, voire *Chusenella* ; ce que proposait Skinner (1971) pour les espèces de Chine du Sud, au moins pour *Polydiexodina tungluensis*.

Le genre *Skinnerina* pose donc un premier problème avec ces deux populations allopatriques, développées de chaque côté du Paléopacifique. Si l'on admet que les spécimens de Chine ont pu précéder ceux d'Amérique du Nord, on s'évite une double traversée océanique, car la suite du scénario phylogénique se déroule à nouveau dans la Téthys ; d'abord au Nord du Pamir avec l'entrée en scène des *Bidiexodina* endémiques, suivies des véritables *Eopolydiexodina* qui ne vont pas tarder à envahir tout l'Ouest de la Paléotéthys (fig. 4). Par contre, hormis quelques localités des Kun Lun Mountains, du Qinghai et du Baoshan, en Chine, les gisements d'Asie du Sud-est à *Eopolydiexodina* sont rares et souvent douteux. La faible représentation du groupe sur le Sibumasu, son manque probable sur le Bloc Indochine, et son absence maintes fois remarquée au Japon, sont les preuves de l'interruption des communications avec le reste de la Paléotéthys.

Il en résulte que les *Eopolydiexodina* sont de bons indicateurs biogéographiques des deux bords de la Paléotéthys occidentale (Ueno, 1999 ; Vachard et Bouyx, 2000 ; Wang *et al.*, 2001 ; notre fig. 4), et pas seulement du bord sud de celle-ci (Altiner *et al.*, 2000). L'individualité de cette sous-province a déjà été soulignée (Ozawa, 1987 ; Ross, 1995), et sa valeur biogéographique théorisée avec les

notions de l'*Eopolydiexodina*-line de Sengör *et al.* (1988) ou celle de la Province A à fusulines de Kobayashi (1997a, 1999).

Les *Eopolydiexodina* sont parfois accompagnées par *Rugososchwagerina*, autre fusuline schwagérinoïde intéressante (Ross, 1967 ; Skinner, 1971 ; Sengör *et al.*, 1988 ; Köylüoğlu et Altiner, 1989). L'association se rencontre au moins en cinq points de la bordure paléotéthysienne : les deux premiers se situent dans le *Southern Biofacies belt* de Turquie (Altiner *et al.*, 2000) : l'un à Hakkari (Köylüoğlu et Altiner, 1989), l'autre près de Bursa (Erk, 1942, corrigé par Skinner, 1971, avec le rattachement de *Paraschwagerina sera* Erk à *Rugososchwagerina*) ; un troisième existe en Irak, selon Lloyd (1963) avec une fausse *Pseudoschwagerina* rectifiée par Skinner (1971) ; et les deux derniers en Afghanistan : a) dans le Bloc de Kaboul (échantillon Mennessier M-68 ; observation inédite), b) dans l'Hindou Kouch (échantillon ML 7988 ; observation inédite ; localisation in Lys et de Lapparent, 1971, p. 63). Ueno (1999, 2000), avec un doute sur *Rugososchwagerina*, signale aussi cette présence conjointe sur les Blocs de Baoshan (Yunnan) et de Sibumasu (avec l'exemple de la Formation Ratburi à Khao Khao en Thaïlande).

Dans l'état actuel de nos connaissances, ni *Eopolydiexodina*, ni *Rugososchwagerina*, n'ont été découverts dans des territoires franchement néotéthysiens : Oman, Salt Range, Tibet, etc. Il n'y aurait peut-être donc pas de connection entre Paléotéthys et Néotéthys (Vachard, 1980 ; Stampfli et Pillevuit, 1993). Celle-ci est cependant inférée par Jenny et Stampfli (2000, p. 28).

La série du Sosio en Sicile n'a jamais livré d'*Eopolydiexodina* ; elle est cependant paléotéthysienne, puisqu'elle renferme *Rugososchwagerina yabei* (von Staff)

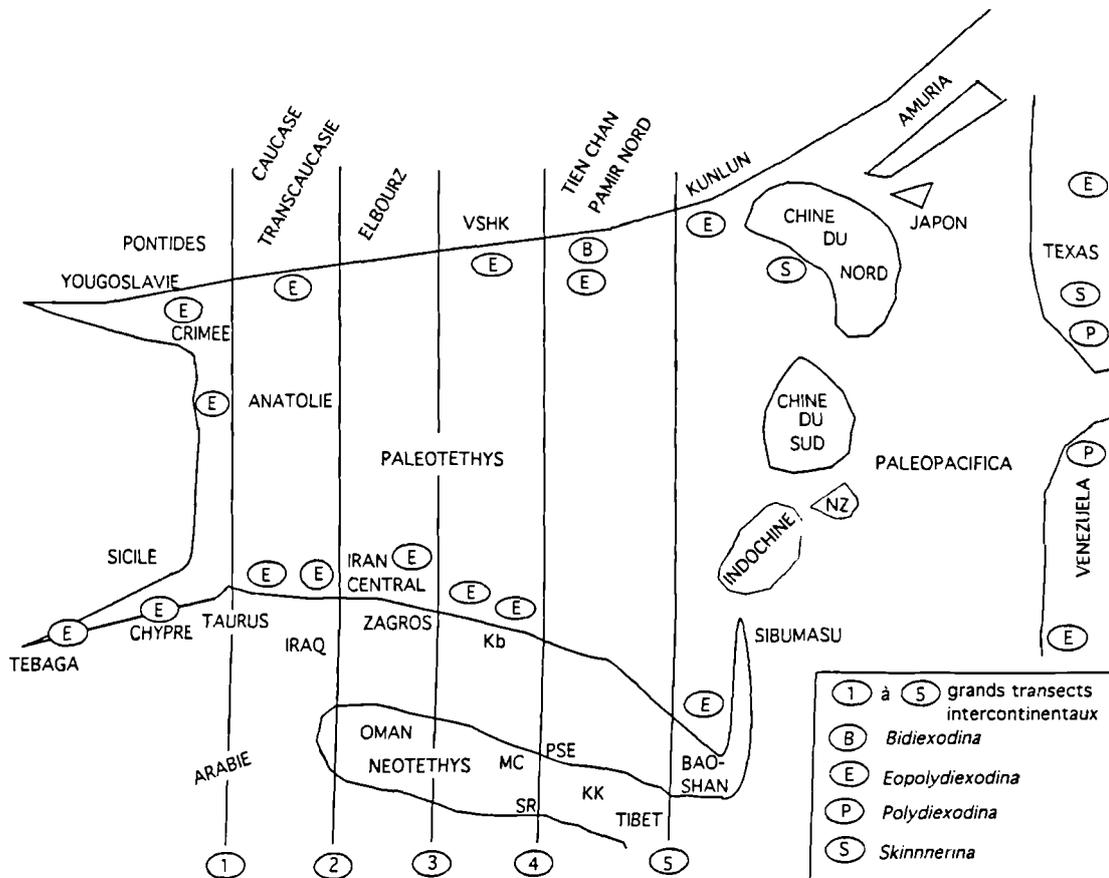


Fig. 4. — Paléogéographie simplifiée des "Polydiexodinae" sensu lato.

Kb : bloc de Kaboul, KK: Karakorum, MC : Montagnes Centrales d'Afghanistan, NZ : Nouvelle-Zélande, PSE : Pamir du Sud-Est, SR : Salt Range, VSHK : versant sud de l'Hindou Kouch.

Fig. 4. Simplified paleogeography of "Polydiexodinae" sensu lato

Kb: Kabul Block, KK: Karakoram, MC: Afghanistan Central Mountains, NZ: New-Zealand, PSE: Southeastern Pamir, SR: Salt Range, VSHK: southern slope of Hindu Kush.

emend. Skinner et Wilde, 1966. Inversement, seules des *Eopolydiexodina* ont été signalées au Tebaga en Tunisie (Glantzboeckel et Rabaté, 1964 ; Skinner et Wilde, 1967 ; Lys, 1988b ; Vachard et Razgallah, 1993). Celles-ci manquent d'ailleurs à l'affleurement, et ne sont présentes, si l'on en juge par la redescription de Skinner et Wilde (1967), que dans le sondage du Tebaga. L'affleurement du Djebel Tebaga serait donc midien dans sa totalité.

Pour conclure, nous présentons un inventaire critique, afin d'établir une répartition détaillée du genre *Eopolydiexodina* (fig. 4). La reconstitution s'avère assez voisine de celle de Gobbett (1973), bien que cet auteur ait eu une conception large et erronée de *Polydiexodina*.

1. - Absence au Japon soulignée par Kanmera (1963, p. 126) ; présence douteuse au Sikhote-Alin, Extrême-Orient sibérien (Miklukho-Maclay, 1954), non confirmée par la suite. Apparemment jamais citée en Indochine.

2. - Existence avérée dans le centre de la Chine : Qinghai (Sheng et Sun, 1975 ; Huang, 1989) ; plus discutable à l'Est :

Nord Jiangsu (Sheng, 1962), Sud Jiangsu et Anhui (Jin, 1994).

3. - Présence certaine dans l'Ouest de la Chine, au Xinjiang, notamment dans les Monts d'Alge et de Kun Lun (Sun et Zhang, 1985 ; Da, 1985 ; Sun, 1993), et dans le Sud de la Chine, dans le Bloc de Baoshan au Yunnan occidental (Ueno, 1999, 2000 ; Wang *et al.*, 2001).

4. - Présence possible, mais sporadique, en Malaisie (Pahang, : Alexander, 1956), en Thaïlande occidentale (calcaires de Ratburi : Baird *et al.*, 1993 ; calcaires de Kanchanaburi : Ingavat, 1984), Thaïlande centrale (Ingavat, 1984) et Birmanie (Etats Shan) où l'ancienne détermination de Diener (1911) serait une "*Polydiexodina*" selon Thompson (1946) et Gobbett *in* Waterhouse (1976), ou bien une *Skinnerina* selon Skinner (1971), et non une *Skinnerella* (crr. cit. : Waterhouse, 1973, p. 195, 199).

5. - Assez habituelle au Proche-Orient et au Moyen-Orient :

— Nord du Caucase (Miklukho-Maclay, 1954) ;

— Transcaucasie (Miklukho-Maclay, 1954 ; Kotlyar *et al.*, 1984 ; Shcherbovich *in* Akopian, 1974 ; Rozovskaya, 1975 dans l'horizon de Gnishik à Ogbin, Seranos-Vedi et Abish) ;

— Darvaz et Nord-Pamir (Dutkevich *in* Licharev, 1939 ; Miklukho-Maclay, 1954 ; Leven, 1965 et 1967 ; jamais signalée dans le Pamir du Sud-Est, malgré l'étude exhaustive de Leven (1967) ;

— Bloc de Kaboul (Siehl, 1967 ; Vachard, 1980 ; Leven, 1997) ;

— Versant sud de l'Hindou Kouch (Thompson, 1946 ; Lys et de Lapparent, 1971) (très rare dans les Montagnes Centrales d'Afghanistan selon Lys et de Lapparent, 1971, mais totalement absente du matériel de Vachard, 1980) ;

— Nord de l'Irak, Formation Zinnar (Lloyd, 1963), Geli Sinat (Kahler et Kahler, 1969) ;

— Iran : Zagros (Baghbani, 1997 ; Sartorio et Venturini, 1988) ; Iran central : Abadch (Kahler, 1933 ; Nakazawa et Kapoor, 1977 ; Baghbani, 1993, 1997 ; Iranian-Japanese Research Group, 1976 ; Iranian-Chinese Research Group, 1995) ; Iran oriental (Douglas, 1950) ;

— Turquie : région de Bursa (Erk, 1942) ; région d'Ankara (Okan, 1978) ; Anatolie (Lys, 1972 ; Kahler et Kahler, 1979) ; NW de la Turquie (Leven et Okay, 1996) ; Aegean Trough (Güvenç, 1992) ; Autochthonous Taurus Units (Güvenç, 1992) ; Taurus, région d'Antalya (Altiner, 1984) ; Gondwan Platform (Agva Dere) (Güvenç, 1992) ; Hakkari, près de la frontière avec l'Irak (Altiner, 1984 ; Köylüoğlu et Altiner, 1989).

6. Sporadique en Europe et en Afrique du Nord :

— Crimée (Tumanskaya, 1952 ; Kotlyar *et al.*, 1999) ;

— Chypre (Renz et Reichel, 1945) ;

— Grèce, île de Katakupho, S.E. des Cyclades (Ozawa et Tobler, 1929, pl. 5, fig. 4a ; Renz et Reichel, 1945, p. 252) ; mais absente à Hydra (Jenny et Stampfli, 2000) ;

— Ex-Yougoslavie (Istrie en sondage, Medvednica, Sud du Montenegro ; Kochansky-Devidé, 1975) ;

— Italie (Istrie), une forme douteuse est signalée (voir notamment Pasini, 1994) ;

— Tunisie, Tebaga (Glantzboeckel et Rabaté, 1964 ; Lys, 1988b), uniquement dans les assises sommitales du sondage du Tebaga, dans du Murgabien terminal ou du Midien basal, mais absentes de l'affleurement du Djebel Tebaga, entièrement d'âge midien inférieur, comme nous venons d'en discuter.

7. Probable en Amérique : *Parafusulina antimonioensis* Dunbar, 1959 (pl. 2, fig. 2, 4-5, pl. 3, fig. 2) ; *P. californica* (von Staff) sensu Coogan, 1960 et Skinner et Wilde, 1965 ; *P. deliciosensis* Dunbar *et al.*, 1936 (pl. 1, fig. 4, 8) et sensu Vachard *et al.*, 1997a (fig. 2 : 7) ; *P. klamathensis* Skinner et Wilde, 1965 (pl. 63, fig. 1-2) ; *P. maleyi* Dunbar et Skinner, 1937 (pl. 77, fig. 2-3, 6) [faussement citée, comme "*Parafusulina deliciosensis*" et comme fig. 61, par Stevens (1995, fig. 5.5)] ; *P. virga* Thompson et Wheeler sensu Coogan, 1960 (pl. 22, fig. 4, pl. 23, fig. 5) et sensu Skinner et Wilde, 1965 (pl. 61, fig. 7) ; *P. (?) spp.* (Stevens, 1995, fig. 2 : 3-4, 4 : 6, 5 : 1-4) ; *P. (?) sp. C et D* du Venezuela (Thompson et Miller, 1949, pl. 6, fig. 3-9 ; pl. 7, fig. 16) ; *Polydiexodina*

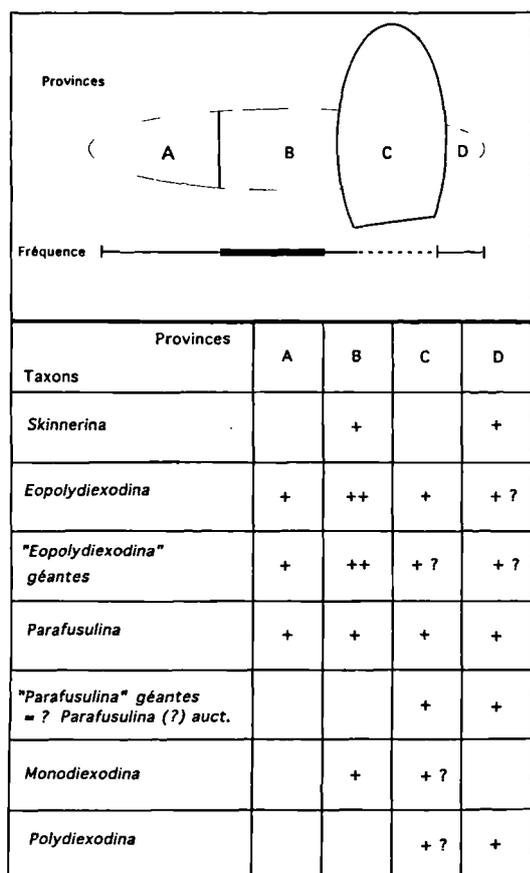
capitanensis Dunbar et Skinner, 1937 (pl. 80, fig. 10-11) ; *P. oregonensis* Bostwick et Nestell, 1965 emend. Kobayashi, 1997b ; *P. sp. de Tellez Giron et Nestell*, 1983 (pl. 10, fig. 7).

Certains de ces taxons, notamment ceux de Stevens (1995), rappellent beaucoup les formes géantes d'Afghanistan. Cette ressemblance morphologique étroite, méconnue des auteurs précédents, pourrait redonner une légitimité à la corrélation de Thompson (1946), entre Hindou Kouch et Guadalupe Mountains, mais cela compliquerait encore les échanges de part et d'autre du Paleopacifica (Vachard *et al.* 1997b et 2000), et reposerait le problème des "faunes téthysiennes" aux Etats-Unis (Bostwick et Nestell, 1967 ; Thompson, 1967 ; Gobbett, 1973), dans les *terranes* ou terrains suspects tectonosédimentaires de la bordure pacifique (Alaska, Orégon, Californie) d'une part, mais aussi sur le craton nord-américain au Texas et au Nord et au Centre-Sud du Mexique (Vachard *et al.*, 1997a), au coeur de la province grandienne (Yancey, 1975). Cet échange (Tabl. IV) serait suivi d'un autre dans la Formation Lamar du Texas, qui contient divers genres téthysiens : *Neoschwagerina* et *Lantschichites* notamment (Skinner et Wilde, 1955).

Une répartition détaillée et complète d'*Eopolydiexodina* aux Etats-Unis, et dans les Etats voisins du Mexique et du Canada, n'a pas encore été fournie de façon précise. Wilde (1990) a soupçonné sa présence au Texas occidental ; Kobayashi (1997b) l'a intégrée à la faune de l'Orégon en modifiant l'attribution générique de *Polydiexodina oregonensis* ; Ross (1995) l'a signalée nommément dans le *terrane* des Klamaths orientales (ou Mac Cloud Province de Stevens *et al.*, 1990). D'autre part, le voyage transpaleopacifique d'*Eopolydiexodina* avait déjà été envisagé par Wilde (1975, p. 76) et Ross (1995, p. 179), sans entrer dans les détails, ni fournir la moindre tentative d'explication. Wilde (1975) y voyait seulement : "*an interesting area for speculation and future research*"...

Comment *Skinnerina*, qu'il soit apparu en Chine ou au Texas, et *Eopolydiexodina*, dans le même sens ou en sens inverse, ont-ils été capables de traverser le Paléopacifique ? Grâce à des radeaux d'algues portés par des courants ou contre-courants équatoriaux avait-il été suggéré (Lethiers et Crasquin-Soleau, 1995 ; Vachard *et al.*, 1997b), en s'inspirant des épiphytes des *Thalassia*, herbes marines de Floride (Bock, 1969 ; Lévy, 1991 ; Murray, 1991). Cependant, le modèle de Bock ne peut s'appliquer aux nombreux autres types de supports d'épiphytes de Floride (Fujita et Hallock, 1999) ; et de tels radeaux, même s'ils pouvaient à la rigueur emporter des *Skinnerina* de taille relativement modeste, sembleraient bien incapables de piéger post-mortem et de transporter des *Eopolydiexodina* microsphériques géantes qui paraissent avoir vécu libres sur le fond (voir chapitre XI). Il faut alors admettre que le Paléopacifique était un océan étroit et que notre planète était bien plus petite, ou considérer que le fond de ce large océan, tel qu'on nous le décrit d'ordinaire, était accidenté d'une multitude d'îles, isthmes, ponts continentaux, *sea-mounts*, guyots, microplaques et *terranes*, qui permettaient, par cabotage, la migration sur de grandes distances de faunes inféodées à des plates-formes peu profondes.

Peut-être faudra-t-il avoir recours à une autre méthode de reconstitution, pourquoi pas à base de cladistique, puisque cette philosophie semble mieux s'appliquer à la



Tabl. IV. — Provinces paléogéographiques A, B, C et D de Kobayashi et présence des genres de "Polydiexodininae" sensu lato.

Tabl. IV. — Kobayashi's A, B, C and D paleogeographic provinces and presence of the genera of "Polydiexodininae" sensu lato.

paléogéographie qu'à la paléozoologie (voir les deux travaux de référence de Young, 1995 a et b).

VIII. — COMBIEN DE LIGNÉES DE GEANTS ?

D'abord il semble impossible de dissocier phylogénétiquement *Skinnerina* et *Eopolydiexodina*, qui sont les seules Schwagérinoïdes à tunnels secondaires et sans tunnel médian. Par contre il est vrai que *Polydiexodina* reste davantage voisin de *Parafusulina* avec son tunnel médian. Ces prémisses acceptées, force est d'adopter l'hypothèse diphylétiq ue de Leven et Grabchak (1986) (C, Tabl. V), et d'admettre une évolution assez complexe des "Polydiexodininae" (en fait deux sous-familles distinctes) selon le scénario suivant : (a) *Skinnerina*, le genre roadien ancestral, serait passé de la Chine au Texas où il se serait éteint rapidement ; (b) *Skinnerina* aurait fait souche du côté téthysien, au Wordien (=Kubergandien supérieur-Murgabien), en engendrant *Bidiexodina*, puis *Eopolydiexodina* ; (c) des *Parafusulina* américaines du Wordien auraient évolué indépendamment, en acquérant des tunnels additionnels, et auraient donné naissance à *Polydiexodina*, ce marqueur du Capitanien inférieur (Wilde,

1990) et/ou moyen (Ross et Ross, 1994) ; (d) à une époque encore mal déterminée avec précision, mais probablement au Capitanien basal ou Wordien terminal, les deux lignées se seraient retrouvées en Amérique du Nord, avec de nombreuses *Parafusulina* et/ou *Polydiexodina* indigènes mêlés à de rares *Eopolydiexodina*, grandes ou géantes, migrantes, beaucoup plus rares. En raison de cette pénurie, ces dernières auraient été classiquement interprétées comme des individus microsphériques (donc "naturellement" rares). La séparation des *Eopolydiexodina* téthysiennes (ou de la province A) et des *Polydiexodina* grandiciennes (ou de la Province D) (pour reprendre les noms de provinces permien nes de Yancey, 1975 et de Kobayashi, 1997a, 1999) n'est pas totale. Au contraire, notre hypothèse phylogénétique (C, Tabl. V) tient compte des similitudes morphologiques indéniables qui existent entre les individus microsphériques d'*Eopolydiexodina afghanensis* d'Afghanistan (Thompson, 1946, pl. 26, fig. 1) et les individus microsphériques des U.S.A., identifiés comme *Polydiexodina capitanensis* (Dunbar et Skinner, 1937, pl. 80, fig. 10-11), ou *Parafusulina antimonioensis* Dunbar in Cooper et al., 1959 (pl. 2, fig. 2, 4-5 ; pl. 3, fig. 2), ou encore *Parafusulina*? sp. A (Stevens, 1995, fig. 5: 2-4); non obstant la présence d'*Eopolydiexodina oregonensis* aux USA. (Tabl. IV).

L'existence d'une seule lignée phylogénétique est toutefois supposée par tous les systématiseurs qui admettent la sous-famille Polydiexodininae, notamment Rozovskaya (1975, p. 109-110) et Rauzer-Chernousova et al. (1996, p. 145-146), quelle que soit la composition que ces auteurs lui donnent : *Skinnerina* et *Polydiexodina* pour la première ; *Skinnerina*, *Eopolydiexodina* (E.), E. (*Bidiexodina*), *Polydiexodina* pour les seconds.

Dans le cadre d'une révision rapide des genres et des espèces des deux lignées, nous avons déjà envisagé, qu'à côté des *Skinnerina* typiques du Texas, il pourrait exister des *Skinnerina*? en Chine. Le taxon *Bidiexodina*, qui a pour espèce-type *Eopolydiexodina (Bidiexodina) primaria* Leven et Grabchak, 1986 nous paraît être un genre plutôt qu'un sous-genre. Il se caractérise par sa paroi relativement épaisse, par ses loges assez basses, par ses remplissages axiaux bien développés, et peut-être aussi, au moins dans l'esprit de ses créateurs, par son âge kubergandien supérieur. Par contre les doubles tunnels ne semblent pas toujours observables sur le propre matériel de Leven (1965, 1967), chez *Polydiexodina pantilovae* Leven, *P. shabalkini* Leven, ni *Eopolydiexodina (Bidiexodina) primaria*. D'autre part, *P. zulumartensis* holotypique (Leven, 1967) nous semble être plutôt une *Bidiexodina* (comme *P. sp. A* de Leven, 1965), alors que l'*E. zulumartensis* sensu Leven, 1997 correspond davantage à une vraie *Eopolydiexodina*.

Le Tableau VII est consacré à une révision nominale des espèces d'*Eopolydiexodina* et de *Polydiexodina* (espèce-type: *P. capitanensis* Dunbar et Skinner, 1937), genre qui n'est peut-être que monospécifique, car, des quatre espèces qu'il était censé réunir, *P. shumardi* Needham est probablement synonyme de *P. capitanensis* (voir Skinner, 1971), *P. mexicana* Dunbar évoque fortement certains individus de *P. antimonioensis*, quant à *P. oregonensis*, Kobayashi (1997b) l'a rangée avec juste raison dans *Eopolydiexodina*. Les *Parafusulina* ou *P.?* ancestrales sont *P. deliciosensis* (pars), *P. maleyi* (pars), *P. antimonioensis*, *P. klamathensis*, *P. virga*, *P. californica*, *Fusulina elongata* (pars), etc.

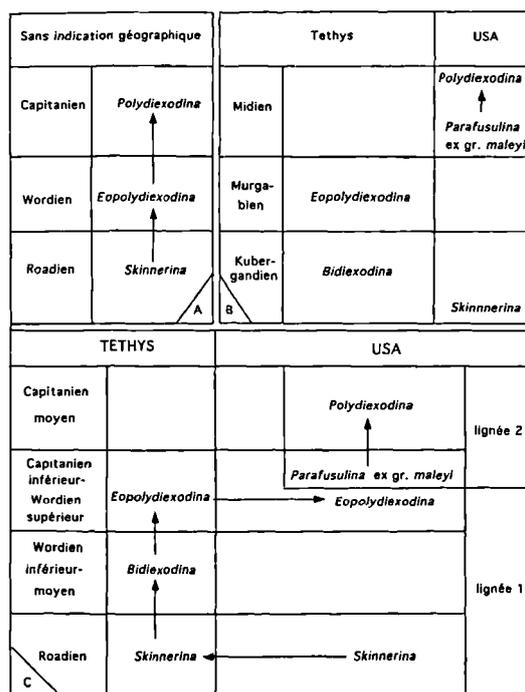
Reste la question de *Monodiexodina* (étymologiquement : un genre n'ayant qu'un seul tunnel, sous-entendu contrairement à *Polydiexodina*). Sa place dans la ou les lignées de "Polydiexodinae" n'est pas claire pour deux raisons : (1) il a plus de rapports morphologiques avec *Parafusulina* qu'avec *Eopolydiexodina* ou *Polydiexodina* (absence de tunnels additionnels) ; (2) *Monodiexodina* est probablement polyphylétique et composé de différents homéomorphes : les formes du Midien supérieur dérivant peut-être des *Eopolydiexodina*, dont elles occuperaient la niche écologique en Néotéthys, comme la *M. kattaensis* (Schwager) réétudiée par Douglass (1970) ; celles du reste du Permien moyen issues des *Parafusulina* ; et la dernière partie, qui groupe les espèces du Permien inférieur, provenant sans doute de différents genres primitifs : *Ruzhencevites*, diverses "*Pseudofusulina*" (dont *Tastubella*), *Pseudofusulinoides* ou *Eoparafusulina*.

Enfin, nous n'avons trouvé aucun fait nouveau susceptible de justifier la filiation de *Quasifusulina* avec *Eopolydiexodina* ; celle-ci avait été proposée par Kahler et Kahler (1966, alors que le second taxon s'appelait encore *Polydiexodina*), mais fut aussitôt critiquée par Reichel (1967). Il n'y a, selon nous, entre les lignées *Quasifusulinae* et "Polydiexodinae", que des rapports de convergence, qui portent sur la forme du test, la déformation du proloculus, et la régularité des arches septales.

En résumé les vraies Polydiexodinae, amendées ici, se réduisent à *Parafusulina* au sens strict, *P.?* et *Polydiexodina*, tandis qu'une autre sous-famille devrait réunir *Skinnerina* au sens strict, *Skinnerina?* au sens de Han (1980), *Bidixodina*, *Eopolydiexodina* au sens strict, *Eopolydiexodina?* représentées par les "microsphériques géantes" de la littérature. La répartition des deux lignées correspond presque exactement au Permien moyen, l'âge d'or des formes à kériothèques. Au Permien supérieur, aucun descendant ne franchit la *post-keriotheca phase* (Sheng, 1992). Les ancêtres du Permien inférieur sont mal connus, il semble s'agir de *Cuniculinella* ou de *Chusenella* d'une part, de *Grozdilovia* ou de *Paraskinnerella* d'autre part ; aucun lien avec les *Quasifusulina* ne paraît devoir être retenu.

IX. — LES PRINCIPAUX PROBLEMES POSES PAR LES FORAMINIFERES DE TAILLE EXCEPTIONNELLE.

Les plus grands foraminifères : les *Loftusia* maastrichtiennes et les alvéolinidés ou nummulitidés tertiaires, atteignent parfois une taille de 100 à 120 mm (Sigal, 1952 ; Hottinger, 1960 ; Loeblich et Tappan, 1964 ; Ross, 1967 ; Tappan et Loeblich, 1969 ; Hallock, 1985 ; Ross, 1995), soit de 3 à plus de 500 mm³ (Ross, 1977, 1979a, 1979b ; Hallock, 1985 ; Hallock *et al.*, 1991 ; Stevens, 1995). Les diamètres les plus importants (160 mm) ont été mesurés chez les *Nummulites millecaput* Boubée (Racey, 1992). Seiglie (1987) a retracé l'historique de la notion de grands foraminifères ou *larger foraminifera*, et a montré son imprécision. La définition récente de Lee *et al.* (1997, p. 254) : "*larger foraminifera : foraminifera mostly about 10 times the size of their ancestors*". n'a pas plus clarifié les choses.



Tabl. V. — Tableau évolutif des Polydiexodinae. 5A : d'après Wilde, 1975 ; 5B : d'après Leven et Grabchak, 1986 ; 5C : ce travail.

Tabl. V. — Evolutionary trends of the Polydiexodinae. 5A: Wilde, 1975; 5B: Leven et Grabchak, 1986; 5C: this work.

Depuis le travail pionnier d'Haynes (1965), on associe souvent trois concepts chez les foraminifères : grande taille, présence de symbiontes algaires et modifications pariétales. Les Porcelanés/Miliolina Soritidés et diverses familles de Hyalins/Rotaliina Nummulitidés offrent de nombreux exemples (Murray, 1991 ; Langer et Hottinger, 2000). Suite à l'une de ces modifications pariétales, les pores des kériothèques des fusulines schwagérinoïdes ont pu servir à ensiler les algues symbiontes au plafond de la loge (Ross, 1972, 1982, 1992 ; Vachard, 1996 ; Vachard *et al.*, 1999 et étude en cours), parce que : (a) ces kériothèques ont des pores d'une dizaine de microns de largeur, alors que les symbiontes algaires mesurent de 4 à 10 microns de diamètre (Hallock *et al.*, 1991 ; Lee *et al.*, 1997) ; (b) les symbiontes dans un test d'*Alveolinella* actuelle sont situés sous la muraille et tout autour du test (Leutenegger, 1984). La kériothèque simple des *Eopolydiexodina* géantes d'Afghanistan semble dépourvue de particularités ; à l'inverse, dans les mêmes échantillons une espèce accompagnatrice, de taille moindre, à tunnel médian et sans cuniculi : *Pravitoschwagerina? furoni* (Thompson), a une kériothèque bien plus complexe.

Les relations entre grands foraminifères actuels et symbiontes algaires ont été étudiées par de nombreux auteurs, notamment dans les années 80 : Ross (1977), Hottinger (1982, 1983, 1984, 1997), Leutenegger (1983, 1984), Duguay (1983), Zimmermann *et al.* (1983), Hallock (1985), Hallock *et al.* (1991), Murray (1991), Lee *et al.* (1997). Il en ressort que l'association est plutôt étroite, que les groupes algaires impliqués sont assez nombreux, et qu'il y a une exclusivité de l'hôte envers ses associées (Leutenegger, 1984) ; certains

vont même jusqu'à parler de co-évolution, ce que critiquent Lee *et al.* (1997). D'après Ross (1972, 1977, 1979a, 1979 b, 1982), les grandes fusulines, bien que de morphologie très différente, auraient eu une symbiose algale assez comparable à celle des Soritidés annulaires actuels. Les deux posséderaient des dinophycées de type zooxanthelles. Celles-ci se retrouvent également chez les coraux coloniaux, et sont sans doute à l'origine des convergences écologiques de ces différents groupes (Ross, 1977, 1979a, 1979b, 1995 ; Belasky, 1992, 1996). Lee *et al.* (1997), bien qu'ils aient montré que les dinophycées en question étaient beaucoup plus diversifiées qu'on ne l'avait admis jusqu'ici, concluent que : *the evidence suggests that the linkage between these dissimilar groups may have an intriguing biological twist*. Par contre les Alvéolinidés actuels, *Alveolinella* et *Borelis*, respectivement fusiformes et sphériques, donc constituant à eux deux un équivalent morphologique complet de l'ensemble des fusulines, et de ce fait souvent comparés à elles (Tappan, 1971b ; Brasier, 1984 ; Severin et Lipps, 1989 ; Leppig, 1992), ont pour symbiotes des diatomées (Hallock, 1988 ; Murray, 1991), groupe qui n'apparaît qu'au Crétacé. La forme du test et le gigantisme exceptés, les fusulines et les alvéolines, *Alveolinella* y compris, pourraient avoir des biologies assez dissemblables (Ross, 1979a). Les modèles à dinophycées symbiotes sont eux-mêmes à préciser, car *Amphisorus* et *Sorites* conviennent peut-être mieux que *Marginopora vertebralis*, chez lequel Ross a puisé l'essentiel de ses comparaisons avec les fusulines. En effet, cette espèce a des symbiotes relativement grands (jusqu'à 20 microns de diamètre), dispersés dans le cytoplasme, allant jusqu'à lui conférer une couleur inhabituelle pour le groupe (Lee *et al.*, 1997). D'autre part, hormis quelques formes douteuses au Silurien et au Permien, les dinophycées n'apparaissent vraiment qu'au Trias (Tappan, 1971a) et s'épanouissent surtout au Crétacé (Tappan, 1979).

D'autres éléments de comparaison non intuitifs, concernant les fusulines, sont les textures analogues de paroi qui existeraient chez des Hyalins (Debenay *et al.*, 1996).

On a supposé que l'évolution des grands foraminifères était liée à l'adaptation à la symbiose algale (Ross, 1974 ; Ross et Ross, 1978 ; Lee *et al.*, 1979 ; Hallock, 1985 ; Seiglie, 1987). Ross (1977, p. 223) affirme même que : *the symbiotes are the key to understanding gigantism in forams* ; l'idée, souvent reprise par Hottinger (1982, 1983, 1984), est aujourd'hui remise en question (Lee *et al.*, 1997). Hallock (1985, 1988) a ajouté une troisième composante à cette co-évolution : des environnements oligotrophes. En effet, si la nourriture est rare, la symbiose algale semble tout indiquée pour procurer aux foraminifères l'importante source d'énergie nécessaire (Severin et Lipps, 1989 ; Hallock *et al.*, 1991), mais il doit y avoir d'autres explications, puisqu'il y a des foraminifères géants bathaux avantagés par les environnements profonds, aphotiques et oligotrophes (Gooday *et al.*, 1997). Les algues symbiotes influencent aussi la fixation du carbonate de calcium dans la coquille (Ross et Ross, 1978 ; Hottinger, 1983 ; Duguay, 1983). Que ce soit pour la résistance à l'oligotrophie ou le fort taux de calcification, l'efficacité des algues symbiotes d'*Eopolydiexodina* a été maximale.

D'autre part, les notions de stratégies K et r, qui ont toutefois tendance à disparaître de la littérature écologique actuelle (Gooday *et al.*, 1997), nous paraissent encore utiles

pour expliquer certaines particularités des *Eopolydiexodina*. C'est surtout Hottinger (1982, 1983, 1984, 1997) qui a répandu l'idée que les foraminifères de grande taille sont des stratèges K extrêmes, qu'ils partagent la même architecture de base et qu'ils réoccupent plusieurs fois les mêmes biotopes au cours des temps géologiques. Chaque fois, la diversification est rapide et les extinctions brutales (Hallock, 1985). Lee *et al.* (1997) ont dénombré 40 épisodes semblables. L'exemple le mieux étudié paraît être celui des alvéolines paléocènes (Hottinger, 1960 ; Hottinger et Drobne, 1988), mais les fusulines géantes du Permien moyen en constituent un autre, sans doute aussi important. Selon Brasier (1984), la tendance à l'augmentation de la taille et à la réduction de la distance des communications internes (du proloculus à l'ouverture terminale ou à l'intérieur d'une même loge) sont de bons exemples de sélection K, et la conséquence de faibles taux de reproduction et d'une maturité retardée. Cela concerne évidemment *Eopolydiexodina*. Hallock (1985) a également montré que la maturité retardée et l'obtention de grandes tailles sont plus avantageuses quand les conditions environnementales sont relativement stables et les ressources nutritives restreintes. En cas d'instabilité environnementale ou de ressources nutritives abondantes, la réussite va aux opportunistes à maturité rapide. Chez les fusulines, le premier cas s'applique bien aux *Eopolydiexodina*, qui seraient de parfaits stratèges K, tandis que le second intéresse plutôt les fusulines Staffelloïdes (stratèges r typiques).

Hallock (1985) a décrit et quantifié les relations qui pouvaient exister entre taille, longévité et fécondité chez les grands foraminifères actuels. L'enchaînement le plus favorable est : faible mortalité des jeunes et des adultes, maturité retardée, croissance continue et mortalité massive des individus âgés (Hallock *et al.*, 1991 ; Murray et Bowser, 2000). C'est bien ce que suggère l'accumulation des tests d'*Eopolydiexodina* dans nos niveaux.

Enfin sur les indications paléogéographiques et les migrations des grands foraminifères, peu étudiées chez les fusulines, mais qui vont poser problème avec les *Eopolydiexodina*, des analogies sont à rechercher parmi les formes plus récentes analysées notamment par Hottinger (1983), Bassoullet *et al.* (1985), Fourcade et Michaud (1987) ou Ly et Butterlin (1996).

X. — LE DIMORPHISME DES POLYDIEXODININAE

Le dimorphisme, assez commun chez les grands foraminifères actuels (Tappan, 1971b ; Hallock, 1985 ; Morariu et Hottinger, 1988 ; Lee, 1990 ; Pawlowski et Zaninetti, 1991 ; Harney *et al.*, 1998), est peu signalé chez les fusulines Schwagérinoïdes du Permien (Dunbar *et al.*, 1936 ; Dunbar et Skinner, 1937 ; Ciry, 1942, 1952 ; Pasini, 1965 ; Cutbill et Forbes, 1967 ; Ross, 1982 ; Stevens, 1995 ; Forke, 1997) sauf chez une dizaine de genres, dont trois sont des Polydiexodinae sensu lato : *Skinnerina*, *Eopolydiexodina* et *Polydiexodina*. Et encore l'opinion des auteurs n'est-elle pas unanime, puisque Thompson (1964, p. C369) déclare : *"It is not certain that the fusulinaceans display dimorphism"*.

On sait qu'en cas de dimorphisme chez les foraminifères, les formes A ou gamontes, produites par divisions multiples (autrement dits clonées), sexuées, haploïdes, uninucléées,

sont mégalosphériques, donc à proloculus volumineux, mais restent de taille modeste ; alors que les formes microsphériques B, ou agamontes (autrefois schizontes sensu lato), résultant de la fécondation des gamètes des précédents, diploïdes et multinucléées, ont des petits proloculus mais ont une taille nettement supérieure à celle des formes A (Sigal, 1952 ; Loeblich et Tappan, 1964 ; Neumann, 1967 ; Tappan, 1971b ; Blondeau, 1972 ; Tappan et Loeblich, 1979 ; Hallock, 1985 ; Bignot, 1988 ; Lee, 1990). Hottinger (1997) préconise l'emploi d'un "taux de clonage" pour rendre compte de la dynamique des populations de foraminifères, car, dans les espèces actuelles, les individus mégalosphériques sont toujours beaucoup plus nombreux (Neumann, 1967 ; Blondeau, 1972 ; Ross, 1972, 1979b, 1982 ; Hallock, 1985 ; Bignot, 1988 ; Lee, 1990 ; Stevens, 1995 ; Ross, 1995). Bignot (1988) explique cette supériorité par le caractère occasionnel de la reproduction sexuée et par la destruction des tests microsphériques lors de l'émission des embryons. On peut supposer que les modalités de la reproduction ont peu varié durant la longue histoire des foraminifères ; comme paraît le confirmer le genre *Eopolydiexodina*, tellement éloigné morphologiquement des espèces modernes, mais si semblables à elles, apparemment, par son cycle de vie.

On envisage même parfois un trimorphisme, avec deux générations A 1 et A 2 en plus de la génération B (Le Calvez, 1938 ; Sigal, 1959 ; Hottinger, 1967 ; Zohary *et al.*, 1980 ; Hottinger, 1983 ; Röttger *et al.*, 1986, 1990 ; Lee *et al.*, 1997 ; Harny *et al.*, 1998 ; Stouff *et al.*, 1999). Les proloculus de la génération A 2 sont encore plus grands que ceux de la génération A 1. Des exemples actuels de trimorphisme, parfois discutés, ont été signalés chez *Amphisorus*, *Amphistegina* et *Heterostegina*, chez laquelle le cycle de vie comporterait des agamontes microsphériques, puis des schizontes mégalosphériques et enfin des gamontes mégalosphériques (Röttger *et al.*, 1990). Le trimorphisme serait même la stratégie de vie dominante chez les grands foraminifères (Harny *et al.*, 1998).

Gubler (1935) avait signalé qu'un trimorphisme pouvait se rencontrer chez des "*Doliolina*" et des *Neoschwagerina*, mais ses successeurs, notamment japonais, ont préféré y voir plusieurs espèces et même plusieurs genres, donnant ainsi raison avant la lettre à Hottinger (1982, p. 370) : "*most fossil species described as trimorphic (...) are in reality two neighboring dimorphic species where one of the microspheric generations had not been found*", ou à Röttger *et al.* (1986) qui ont scindé en deux espèces une *Heterostegina* prétendument trimorphique.

Ce dimorphisme, voire trimorphisme, existe indubitablement chez les *Polydiexodinae* ; mais on a mal identifié ou mal rassemblé les générations. D'après nos premières observations (Pl. IX-X), les formes mégalosphériques et microsphériques d'*Eopolydiexodina afghanensis* ne se présentent pas exactement comme Thompson (1946) les a appariées. *E. afghanensis* et *E. megasphaerica* semblent être plutôt les deux formes mégalosphériques d'un taxon microsphérique qui correspondrait soit à *E. bithynica* ou à *E. persica* (Kahler), soit aux deux qui pourraient être synonymes. En cas d'éventuels trimorphismes, la génération A 1 pourrait être identifiée à *E. afghanensis*, la génération A 2 à *E.*

megasphaerica, et la génération B à *E. bithynica-persica*. Les formes géantes, autrefois attribuées à *E. gr. afghanensis*, pourraient dans ce cas être réinterprétées de trois façons possibles : (1) elles constitueraient la génération microsphérique très polymorphe d'une forme mégalosphérique différente d'*E. afghanensis*, telle qu'elle vient d'être redéfinie ; forme mégalosphérique à rechercher alors du côté des tests des autres taxons cités en Afghanistan, soit *E. zulumartensis*, soit *E. darvasica*, tout en remarquant que l'*E. darvasica* sensu Leven 1997 paraît présenter un plissement septal assez éloigné du taxon éponyme et plus proche de celui d'*E. praecursor* (Lloyd), en bref les géantes seraient des microsphériques d'*E. praecursor* ; (2) ces formes géantes pourraient à l'inverse représenter deux générations dimorphiques de longueur distincte, même si la taille du proloculus ne pouvait les séparer ; auquel cas elles constitueraient une espèce nouvelle, différente d'*E. afghanensis* ; (3) ce pourrait être aussi deux espèces différentes, proches l'une de l'autre, mais suffisamment distinctes d'*E. afghanensis*, par la nature des tunnels ou du proloculus, pour justifier un nouveau genre. En résumé le problème posé par Lys et de Lapparent (1971, p. 221), avec les trois groupes de mesures d'*E. gr. afghanensis* (Tabl. II), a quatre solutions : (a) celle de Thompson : des micro- et mégalosphériques d'*E. afghanensis* ; (b) des microsphériques d'*E. praecursor* ou d'une espèce similaire ; (c) une espèce distincte d'*E. afghanensis*, solution de rechange déjà admise par Thompson, 1946 ; (d) un nouveau genre entièrement constitué d'individus microsphériques, avec une ou deux espèces nouvelles, selon l'importance réelle que montreront les différences de taille et d'indice d'allongement (paramètres L et L/D des Tabl. 2-3, 6), et selon les comparaisons avec *Polydiexodina ruoqiensis* Sun et Zhang, 1985, probablement très voisine.

D'autre part, les prétendues formes microsphériques de *Parafusulina deliciasensis* Dunbar *et al.* (1936) et de *P. maleyi* Dunbar et Skinner, 1937 (pl. 77, fig. 2-3, 8) ressemblent davantage à des individus d'*Eopolydiexodina* ; et les formes microsphériques de *Parafusulina?* signalées par Stevens (1995 ; fig. 5 : 1-4) sont en fait très comparables aux géantes d'Afghanistan. Ces constatations appellent deux explications contradictoires : (1) Les genres *Eopolydiexodina*, "*Parafusulina*" et *Polydiexodina*, à générations microsphériques différentes, ont des générations microsphériques identiques entre elles et identiques à nos géants, *E. ex gr. afghanensis*, d'Afghanistan. Dans ce premier cas, un genre nouveau doit remplacer les fausses *Parafusulina* ou *P.?* de la littérature ; (2) Quatre genres distincts sont présents aux USA : tout d'abord, les *Parafusulina* et les *Polydiexodina* nombreuses et bien connues (qui ne présentent en fait que des formes mégalosphériques, ou dont les vrais microsphériques sont inconnues), et ensuite un ou deux autres genres distincts, indûment interprétés comme les formes microsphériques des précédentes, et qui sont en fait des *Eopolydiexodina* et des *Eopolydiexodina?* géantes.

Comme nous manquons d'une preuve directe pour justifier la première proposition, et que la littérature des foraminifères n'en fournit pas non plus, et comme la seconde entraînerait une multiplication inconsidérée des formes microsphériques, nous pensons que des différences spécifiques et génériques s'imposent.

	L (mm)	D (mm)	L/D	Proloculus (microns)	Tours	Paroi (microns)	Références
<i>P. diskayensis</i>	32-33	2,1-2,25	14-16	840	8	40	Erk, 1942
	?	5,88-9,0	-	40	8-16	60	
<i>P. praecursor</i>	->21,34	->4,25	5,6-6,0	630x830	10-11	65	Lloyd, 1963
	15-25	2,5	5-7 (9)	-	7-8	-	Leven, 1965
	21,6-30	2-4	10-11,5	400-700	4-7	-	Cette étude
<i>P. ruoqiangensis</i>	19,5-24,2	2,5-4,1	7,5-9,5	750-1000	7-9	-	Sun & Zheng, 1985
<i>P. shumardi</i>	32-38,4	3	10,6-12,8	540x800	9	30-40	Erk, 1942 (non Dunbar & Skinner, 1931)
<i>P. oregonensis</i>	39,0-44,7	2,4-3,6	(4,3) 9,8-11 (12,2)	517	9-10 (12)	51-79	Bostwick & Nestell, 1965
<i>P. crimea</i>	20-22	3,25-4	[5]	350-400	6-9	-	Tumanskaya, 1952
<i>P. polae</i>	21-22	3,5-3,75	6	290-300	8-9	-	
<i>P. vediensis</i>	21-24	3-4	5,5-7	300-500	10-12 (12,5)	-	
<i>P. persica</i>	24	4,67	2-7	740	10-12	40-60	Kahler, 1933
<i>P. erki</i>	23,1-40,0	3,3-6,1	3,4-6,8	648-1376	7-9,5	86	Okan, 1978

Tabl. VI. — Dimensions des autres espèces d'*Eopolydiexodina* cités dans le texte. L : largeur ; D : diamètre.

Tabl. VI. Measurements of other species of *Eopolydiexodina* cited in the text. L: width; D: diameter; L/D: form ratio.

Actuellement nous aurions tendance à supposer que quatre taxons différents existent aux Etats-Unis :

1) Le genre *Parafusulina* sensu stricto représenté d'une part par les formes typiques de la littérature et par les mégalosphériques des "*Parafusulina?*", pour lesquelles pourraient exister des caractères vraiment distinctifs : amorce de tunnels supplémentaires, proloculus distendus, taille et form ratio dépassant respectivement 6 cm et 6.

2) *Eopolydiexodina* correspondant le plus souvent aux formes prétendument microsphériques des précédentes, ainsi qu'à quelques *Polydiexodina* plus ou moins atypiques (sans tunnel médian vraiment individualisé).

3) *Polydiexodina* sensu stricto, c'est-à-dire réduits aux seuls spécimens attribués autrefois aux formes mégalosphériques de ce genre.

4) Un nouveau genre correspondant à nos *Eopolydiexodina* géantes d'Afghanistan (Tabl. 2), donc aux individus mesurant plus de 22/30 cm (peut-être 15 pour les générations A), à rapport L/D supérieur ou égal à 7, et à tunnels additionnels très peu nombreux. Ce nouveau genre, épisodiquement abondant dans la Téthys, serait toujours resté très rare aux USA, et à cause de cela jusqu'ici ignoré et confondu avec des microsphériques de *Parafusulina?* *antimonioensis* ou de *Polydiexodina capitansensis*. On peut lui rattacher sans doute *P. diskayensis* Erk, 1942 ; la fig. 1 de la pl. 26 de Thompson (1946) ; *P. ruoqiangensis* de Chine ; *P. oregonensis* et *Parafusulina?* sp. A du Texas (Stevens, 1995, fig. 5: 1-4). Le nouveau genre en question pourrait avoir plusieurs générations ou espèces en Afghanistan : (a) n.

gen. sp. 1 (pl. 7, fig. 1, pl. 8, fig. 1, de Lys et de Lapparent, 1971) ; (b) n. gen. sp. 2 (ibidem, pl. 8, fig. 2) ; (c) n. gen. sp. 3 (ibidem : pl. 8, fig. 3), correspondant aux trois groupes de dimensions prêtés à *E. gr. afghanensis* (ibid. p. 221).

Il convient peut-être d'ajouter à ces espèces une possible génération macrosphérique qui correspondrait essentiellement aux *Eopolydiexodina* ou *Polydiexodina* de la littérature ayant des rapports L/D compris entre 5,5 et 7 (donc semblables par ce paramètre aux macrosphériques supposées d'espèces comme *Eopolydiexodina praecursor*) mais avec un proloculus beaucoup plus petit ; la question se pose notamment pour les trois espèces de Crimée de Tumanskaya (1952) : *P. crimea*, *P. polae* et *P. vediensis* (Tabl. VI).

Au total nous proposons de regrouper les différentes espèces d'*Eopolydiexodina* de la littérature en six catégories (Tabl. VII).

XI. — PALEOBIOLOGIE HYPOTHETIQUE

Les *Eopolydiexodina* du versant méridional de l'Hindou Kouch sont des foraminifères grands à géants, benthiques, sténothermes chauds, relativement eurybathes et eurytopes, porteurs d'algues symbiontes, stratèges K, qui ont prospéré dans des mers intertropicales et peu profondes. Ils sont capables de coloniser des bords de plates-formes où ils pullulent et atteignent leur taille maximale. Beaucoup de Schwagérinoïdes, dont certains *Ferganites* (Villa et Bahamonde, 2001) et de nombreuses "*Monodiexodina*" de la littérature) semblent s'adapter successivement à ce type de

<i>Parafusulina</i> vraies	<i>Polydiexodina</i> vraies	<i>Eopolydiexodina</i> vraies	<i>Eopolydiexodina</i> géantes microsphériques	<i>Eopolydiexodina</i> atypiques ou géantes mégalo-sphériques	Autres taxons
<i>Pa. deliciosensis</i> (pars) <i>Pa. maleyi</i> (pars)	<i>P. capitanensis</i> <i>P. guadalupensis</i> <i>P. mexicana</i> <i>P. shumardi</i> (pars)	<i>P. afghanensis</i> <i>P. megasphaerica</i> <i>P. compressa</i> <i>P. darvasica</i> <i>P. darvasica sogdiana</i> <i>P. zulumartensis</i> (pars) <i>P. persica</i> <i>P. bithynica</i> <i>Fusulina elongata</i> (pars) <i>P. douglasi</i> <i>P. praecursor</i> (pars)	<i>Fa. elongata</i> (pars) <i>P. diskayensis</i> <i>P. capitanensis</i> (pars) <i>Pa. (?) sp. A</i> <i>P. ruoqiangensis</i> <i>P. oregonensis</i> <i>P. erki</i>	<i>P. crimea</i> <i>P. polae</i> <i>P. vediensis</i> <i>P. praecursor</i> (pars ?) <i>P. shumardi</i> (pars)	<i>P. chekiangensis</i> (= <i>Skinnerina</i> ou <i>Chusenella</i> ou <i>Monodiexodina</i>) <i>P. chekiangensis</i> var. <i>lengwuensis</i> <i>P. tungluensis</i> <i>P. panfilovae</i> (= <i>Bidiexodina</i>) <i>P. zulumartensis</i> sensu stricto <i>Fa. elongata</i> var. <i>minoris</i>

Tabl. VII. — Réinterprétation générique des espèces attribuées à *Eopolydiexodina*/*Polydiexodina* dans la littérature.

Tabl. VII. — Generic re-interpretation of the species attributed to *Eopolydiexodina*/*Polydiexodina* in the literature.

niche écologique au cours du Carbonifère supérieur et du Permien. Cette localisation explique aussi leur facilité à être reprises dans des turbidites et calciturbidites (Vachard, 1980) : leurs biotopes se trouvent près des têtes de canyons ou sur le rebord des *aprons* carbonatés dont ils sont issus. Leur comportement hydrodynamique post-mortem devait être comparable à celui des nummulites et des *Alveolinella*, étudié notamment par Aigner (1985) ou Severin et Lipps (1989).

Au cours des *LST*, elles semblent se complaire dans les environnements oligotrophes, toujours au bord de ces plates-formes, y prospérer et y devenir géantes. Dès que le niveau trophique monte, elles reviennent à des tailles moins disproportionnées, mais toujours grandes.

Leurs relations avec l'extérieur sont très réduites (par les cuniculi et les tunnels additionnels), ce qui est un avantage si on les croit capables de rouler sur elles-mêmes (et d'avoir le *life-style as free-whelling rollers* dont parle Brasier, 1984, p. 11), tout en restant hermétiquement closes. Le mode de vie fiché dans le sédiment par l'une des pointes (Hottinger, 1984 ; Leppig, 1992) comme chez les *Alveolinella* actuelles paraît exclu. Le style de vie mobile des *Eopolydiexodina* et la sédimentation silto-calcaire du fond marin entraînent aussi une instabilité du substrat formé par l'accumulation des coquilles vivantes et mortes, néfaste aux encroûtants et même à tout autre type d'espèces vagiles, ce qui explique les

biofabriques paraautochtones d'Aigner (1985), très proches de vraies biocénoses, totalement dépourvues d'autres formes de vie et d'autres microfossiles que les *Eopolydiexodina*. Le mode de vie roulant permet aussi la meilleure exposition possible des symbiontes algaires à la lumière.

D'assez nombreux individus ensellés (ou en chapeau chinois) (Pl. IX, fig. 5, Pl. X, fig. 2, 4, 7; Hayden, 1909, pl. 20, fig. 12 ; Lys et de Lapparent, 1971, pl. 8, fig. 2) laissent supposer qu'une partie des tests subissaient des torsions sur des substrats particulièrement instables ou constitués de graviers disjoints. Cela veut dire aussi que malgré sa taille et sa solidité, la coquille conservait une certaine flexibilité au cours de la croissance. La faiblesse des ouvertures sur l'extérieur peut aussi faire penser à des habitats vasicoles, comme l'avait supposé Vachard (1980), ce qui met aussi à l'abri des encroûtements, mais il faut bien admettre que ce mode de vie est assez inhabituel chez les géantes actuelles.

La taille gigantesque paraît liée à une croissance continue et à une longévité exceptionnelle. La longévité des fusulines selon Ross (1982) serait de 2 ans pour les espèces moyennes et de 5-6 ans pour les grandes. Comme Ross (1977) précise que, dans les conditions optimales, les foraminifères forment une loge tous les 5 à 7 jours, et comme Thompson (1946) signale 271 loges chez un *E. afghanensis* de 10 à 20 mm, on voit que le temps de vie minimale d'une mégalo-sphérique

devait être de 5 ans. Les formes microsphériques géantes atteignant pour leur part des tailles moyennes de 65 mm et maximales de plus de 130 mm, leur durée de vie doit être triplée voire sextuplée, ce qui les ferait subsister pendant 15 ou 30 ans. Ce chiffre est peut-être surestimé car : (a) l'oligotrophie peut freiner la croissance ; b) selon Hottinger (1983, 1984) les *Marginopora* actuelles ne vivent que 2 ans ; c) Hallock (1985) estime que 10 ans est une durée maximale pour profiter des avantages d'une augmentation conjointe des paramètres de taille/longévité/fécondité ; au-delà ce modèle de développement devient défavorable ; d) la longévité/fécondité peut varier avec d'autres paramètres (Ross, 1972 ; Racey, 1992), notamment la profondeur (paramètre relativement variable chez *Eopolydiexodina*). Inversement, on peut objecter que le chiffre de 5 à 7 jours a été estimé chez des espèces de mers tempérées, alors que la croissance peut être deux fois plus rapide dans les mers tropicales (Ross, 1977). Toutes ces variables s'équilibrant probablement, nous concluons que notre exemplaire de la Pl. IX, fig. 1 a vécu une trentaine d'années, intervalle de temps pendant lequel l'environnement est resté étonnamment stable. Nous avons peut-être là un chronomètre et un thermomètre géologiques très performants.

D'après les données de Ross (1979a), d'Hottinger (1980, 1983, 1997), d'Hallock (1988), de Murray (1991) et de Racey (1994), on peut supposer qu'elles vivaient à des profondeurs de : (a) moins de 5 m sur les rampes internes périrécifales où le taux de clonage d'Hottinger (1997) devait être le plus élevé pour les *E. afghanensis* sensu stricto et *E. megasphaerica* ; (b) de 5 à 10 m en rampe moyenne pour les *E. persica*, *E. bithynica*, *E. zulumartensis* ; (c) de 10 à 50 m en rampe externe en bordure de la rupture de pente dans le cas des géantes microsphériques (*E. gr. afghanensis* des auteurs). La limite maximale actuelle de survie des organismes à algues symbiontes se situe à -130 m (Hottinger, 1983 ; Leutenegger, 1984), mais dans beaucoup de mers intertropicales actuelles, seul 1% de la lumière dépasse 50 m (Hallock, 1988), et les dinophycées dominent seulement vers 20-30 m (Hottinger, 1983). Il pourrait être tentant d'assimiler nos *Eopolydiexodina* géants, dans des rudstones sableux, aux *large elongate Alveolina in detrital carbonate shoals* (faciès C) de Racey (1994), mais notre zonation des plates-formes afghanes (Vachard, 1980) conduit à les comparer avec plus de vraisemblance au faciès F de Racey (ibid.) à *large inflated Nummulitina* situé entre 10 et 50 m.

L'abondance, la taille et les variations individuelles sont inhabituelles ; ce qui attire l'attention des systématiciens *splitters* et provoque la multiplication des taxons. Le nombre de formes tératogènes reste cependant faible. L'oxygénation du fond est généralement bonne : pas de pyrite, pas de décantation de minéraux argileux, mais les apports de quartz siliceux ne rebutent pas les *Eopolydiexodina* (conditions d'hydrodynamisme moyen). Salinité et pH semblent avoir été normaux et le climat tropical humide. Dans l'hypothèse de nombreuses algues symbiontes, la luminosité reçue devait être forte et bien partagée.

La paroi n'est pas spécialement épaisse comparée à celles des nummulites, ou à la flosculinisation des alvéolines. La désorganisation interne des tours rappelle celle des alvéolines, mais même dans ce cas, le remplissage axial reste faible (il correspond plutôt à la résorption des cuniculi et des tunnels additionnels). Rien de spécial ne s'observe au niveau

de la kériothèque, ce qui permet de confirmer l'assertion d'Hottinger (1984, p. 312) selon laquelle : "exosquelettes et alvéoles sont indépendants de la disposition des ouvertures".

Les stress environnementaux paraissent plus sensibles chez les jeunes, enroulement irrégulier et endosquelette moins épais jusqu'au quatrième tour, ce qui n'est pas sans rappeler des observations sur les *Amphistegina* juvéniles (Hallock, 1985) ou sur *Marginopora vertebralis*; chez lequel Ross et Ross (1978, p. 54 et fig. 12 p. 57) signalent et figurent des premières loges qui possèdent *an irregular surface of mounds and swales*.

Nous comptons réactualiser les méthodes de Cutbill et Forbes (1967), au cours de nos prochaines recherches, de façon à mieux caractériser les structures internes, notamment le proloculus, suivi de son éventuelle première loge atypique : capuchon (Gubler, 1935), première loge additive irrégulière (Tien, 1980), ou *phrygischen Mütze* (bonnet phrygien : Kahler, 1988 : fig. 21), et les 1 à 4 premiers tours qui semblent former une sorte de juvenarium (avec la surface en creux et en bosse de Ross et Ross, 1978, dont il vient d'être question) chez *E. afghanensis*, *E. megasphaerica*, *E. bithynica* et *E. persica*, ou même chez certains individus atypiques d'*E. douglasi* (Baghbani, 1993, pl. 3, fig. 1) ou d'*E. praecursor* (Altiner, 1984, pl. 3, fig. 10-11 ; Köylüoğlu et Altiner, 1989, pl. 3, fig. 1-9 ; pl. 4, fig. 1?-2?) qui paraissent les uns comme les autres très proches d'*E. afghanensis*. Nous pensons appliquer le facteur E (à l'exemple de Racey, 1992, fig. 2), pour caractériser le tout début du développement des macrosphériques d'*E. afghanensis* et de son groupe. Cependant si les Polydiexodinae sont connus depuis longtemps pour posséder les plus volumineux proloculus parmi les fusulines, plusieurs grands foraminifères mésozoïques et cénozoïques les surpassent largement (Schenck, 1944). Contrairement à ce que Tien (1980) a observé chez *Lepidolina*, aucun échantillon ne possède deux ouvertures proloculaires, ni de proloculus multiples, alors qu'ils semblent exister chez *Polydiexodina* (Wilde, 1965 : pl. 18, fig. 7 et D.V. inédit sur matériel mexicain d'Olinala, Guerrero).

Les tunnels additionnels, les cuniculi et autres figures de résorption (Ross, 1967 ; Leppig, 1972) seront un autre sujet de recherche. On testera aussi l'irrégularité des profils des tours comparée à la relative régularité du plissement septal. Malgré toutes ces irrégularités, le taux de variation spécifique semble faible chez *Eopolydiexodina*, indiquant des populations bien adaptées malgré les dimensions du test et sa complexité. Les tunnels additionnels ont pu jouer le rôle de couvoirs (Hottinger, 1984) ou de chambres reproductrices (Ross, 1972 ; Ross et Ross, 1978). Dans ce cas, il ne resterait aux *Eopolydiexodina* que les cuniculi pour assurer leurs contacts avec l'extérieur. L'importance de ces structures a été mise en doute par les spécialistes russes de fusulines, à la suite du travail de Rozovskaya (1975), qui les jugeait trop polyphylétiques. Elles gardent cependant à nos yeux toute leur importance systématique, quelle que soit la lignée où elles se manifestent (Vachard 1998).

XII. — CONCLUSIONS

Les *Eopolydiexodina* constituent un matériel paléobiologique de choix, en ce qui concerne la taille

exceptionnelle, le dimorphisme ou le trimorphisme, la symbiose algair, la réduction des ouvertures fonctionnelles, etc. Peu avant la fin du Permien moyen (Guadalupien), des conditions particulièrement favorables au gigantisme des fusulines ont régné sur l'ensemble du globe, en Téthys et en Amérique du Nord. Cette période fut brève, car les géants à kériothèques n'ont pu atteindre le Permien supérieur (Lopingien) souvent qualifié de *post-keriotheca phase*.

Nous rétablissons une double phylogénie, plus conforme aux idées de Leven et Grabchak (1986) qu'à celles de Wilde (1975). D'après l'exemple de l'Afghanistan, nous procédons à un réajustement biostratigraphique entre *Eopolydiexodina* (Kubergandien-Murgabien inférieur-Midien inférieur), *Eopolydiexodina* géantes (Murgabien terminal-Midien basal) et *Polydiexodina* (Capitanien = Midien supérieur).

Les *Eopolydiexodina* sont des guides paléobiogéographiques de premier ordre. Nous réemployons le concept d'*Eopolydiexodina-line*, mais celle-ci correspond aux limites de la Province A de Kobayashi. Nous confirmons que les populations téthysiennes, cordilléennes et

grandiennes de Polydiexodinae ne sont pas liées phylogénétiquement, mais par des migrations répétées.

Toute tentative de création de taxons nous semble prématurée, parce que : (a) elle se heurte à l'impossibilité actuelle de hiérarchiser les caractères et de savoir ce qui est génération, espèce ou genre, (b) elle nécessite une révision des formes permienues, plusieurs fois décrites dans la littérature nord-américaine, qui ont beaucoup de caractères communs avec les formes géantes afghanes ; le *giant Permian fusulinid* de Stevens (*op. cit.*) pourraient bien correspondre à de rares individus de ce genre téthysien ayant chichement migré vers l'Amérique.

Remerciements. — Nous avons bénéficié de l'aimable concours de P. Sémenoff-Tian-Chansky (Paris), J.P. Bassoullet, A. El-Albani (Poitiers), T. Vachard, J. Carpentier, J. Gaillot, P. Ricour (Villeneuve d'Ascq). En plus de nos propres récoltes, nous avons pu examiner une grande partie des collections Lys et de Lapparent grâce à la bienveillance de M.T. Venec-Peyré (MNHN, Paris) et C. Montenat (IGAL, Cergy-Pontoise), que nous remercions. La relecture attentive de Rossana Martini (Genève) a aidé à améliorer le manuscrit ; nous lui présentons nos hommages.

BIBLIOGRAPHIE

- AIGNER T. (1983). — Facies and origin of nummulitic buildings : an example from the Giza Pyramids Plateau (Middle Eocene, Egypt). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, v. 166, n° 3, p. 347-368.
- AIGNER T. (1985). — Biofabrics as dynamic indicators in nummulite accumulations. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 55, n° 1, p. 131-134.
- AKOPIAN V.T. (1974). — Atlas de la faune fossile de la RSS d'Arménie. *Akademiya Nauk Armenia SSR, Institut Geologicheskikh Nauk*, Erevan, p. 1-836 (en russe).
- ALEXANDER J.B. (1956). — La Malaisie. *Lexique Stratigraphique International*, v. 3, n° 6b, p. 1-31.
- ALTINER D. (1984). — Upper Permian foraminiferal biostratigraphy in some localities of the Taurus Belt. *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*, Ankara 1983, Reprint, p. 255-268.
- ALTINER D., ÖZCAN-ALTINER S. et KOCYIGIT A. (2000). — Late Permian foraminiferal biofacies belts in Turkey : paleogeographic and tectonic implications. *In* : Bozkurt, E., Winchester, J.A. et Piper J.D.A. (Eds.) - Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area. *Geological Society London, Special Publications*, v. 173, p. 83-96.
- BAGHBANI D. (1993). — The Permian sequence in the Abadeh region, Central Iran. *In* : *Contributions to Eurasian geology*, part II. Occasional Publications ESRI, new series, n° 9 A-B, p. 7-22.
- BAGHBANI D. (1997). — Correlation charts of selected Permian strata from Iran. *Permophiles*, v. 30, p. 24-25.
- BAIRD A., DAWSON O. et VACHARD D. (1993). — New data on biostratigraphy of the Permian Ratburi limestone from North Peninsular Thailand. *Proceedings International Symposium on Biostratigraphy of Mainland Southeast Asia. Facies and Paleontology*, Chiang Mai, v. 2, p. 243-259.
- BASSOULLET J.P., FOURCADE E. et PEYBERNES B. (1985). — Paléobiogéographie des grands foraminifères benthiques des marges néo-téthysiennes au Jurassique et au Crétacé inférieur. *Bull. Soc. Géol. France*, (8), v. 1, n° 5, p. 699-713.
- BELASKY P. (1992). — Assessment of sampling bias in biogeography by means of a probabilistic estimate of taxonomic diversity: application to modern Indo-Pacific reef corals. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 99, p. 243-270.
- BELASKY P. (1996). — Biogeography of Indo-Pacific larger foraminifera and scleractinian corals: a probabilistic approach to estimating taxonomic diversity, faunal similarity, and sampling bias. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 122, p. 119-141.
- BIGNOT G. (1988). — *Micropaléontologie*. Dunod Edit., Paris, 212 p.
- BLONDEAU A. (1972). — *Les Nummulites*. Vuibert Edit., Paris, 254 p.
- BOCK W. D. (1969). — *Thalassia testudinum*, a habitat and means of dispersal for shallow water benthonic foraminifera. *Transactions Gulf Coast Assoc. Geol. Societies*, v. 19, p. 337-340.
- BORDET P., BOUYX E. et LAPPARENT A.F. de (1971). — Reconnaissance géologique de la Montagne de Bamyan (Hindou Kouch occidental, Afghanistan). *C.R. Acad. Sci, Paris*, v. 272, p. 783-788.
- BOSTWICK D. A. et NESTELL M. K. (1965). — A new species of *Polydiexodina* from central Oregon. *J. Paleontol.*, v. 39, n° 4, p. 611-614.
- BOSTWICK D. A. et NESTELL M. K. (1967). — Permian Tethyan fusulinid faunas of the Northwestern United States. *In* : Adams, C.G. et Ager, D.V. (eds.) : Aspects of Tethyan biogeography. *Systematics Association Publication*, v. 7, p. 93-102.
- BOULIN J. et BOUYX E. (1977). — Introduction à la géologie de l'Hindou Kouch occidental. *Mém. h. sér. Soc. Géol. France*, v. 8, p. 87-105.
- BOULIN J., BOUYX E. et LYS M. (1973). — Découverte de Carbonifère inférieur marin (Viséen et Namurien A) à l'Est du col du Shebar, dans le versant méridional de l'Hindou Kouch en Afghanistan. *C.R. Acad. Sci., Paris, sér. D*, v. 277, p. 129-132.

- BOULIN J., BOUYX E. et LYS M. (1978). — Présence de Moscovien dans le versant méridional de l'Hindou Kouch en Afghanistan. *C.R. Acad. Sci, Paris, sér. D*, v. 287, p. 603-605.
- BOULIN J., BOUYX E., LYS M. et VACHARD D. (1977). — Découverte de Bashkirien dans le Paléozoïque supérieur du versant sud de l'Hindou Kouch occidental, en Afghanistan. *C.R. Acad. Sci, Paris, sér. D*, v. 284, p. 891-894.
- BOUYX E. (1972). — Problèmes stratigraphiques et structuraux dans l'Hindou Kouch occidental, au Nord du Bassin de Bamyan. *Rev. Géogr. Phys. Géol. dynam.*, (2), v. 14, n° 4, p. 383-396.
- BOUYX E., LAPPARENT A.F. de, TERMIER H. et TERMIER G. (1970). — Découvertes de goniatites dans le Permien inférieur de la montagne de Bamyan (Hindou Kouch occidental, Afghanistan). *C.R. Acad. Sci, Paris*, v. 270, p. 1441-1444.
- BRASIER M. (1984). — Some geometrical aspects of fusiform planispiral shape in larger foraminifera. *J. Micropal.*, v. 3, n° 1, p. 11-15.
- BRETT C. E. (1995). — Sequence stratigraphy, biostratigraphy, and taphonomy in shallow marine environments. *Palaios*, v. 10, p. 597-616.
- BRETT C. E. (1998). — Sequence stratigraphy, paleoecology, and evolution : biotic clues and responses to sea-level fluctuation. *Palaios*, v. 13, p. 241-262.
- CIRY R. (1942). — Les Fusulinidés de Turquie. *Annales de Paléontologie*, v. 29, p. 53-78.
- CIRY R. (1952). — Super-famille 4. Fusulinoidea. In : Piveteau, J. (coord.) : *Traité de Paléontologie*, Masson et Cie, Edit., Paris, p. 179-191.
- COOGAN A.H. (1960). — Stratigraphy and paleontology of the Permian Nosoni and Dekkas Formations (Bolliboka Group). *University of California Publications in Geological Sciences, Berkeley and Los Angeles*, v. 36, n° 5, p. 243-316, pl. 22-27.
- COWPER REED F.R. (1931). — Upper Carboniferous fossils from Afghanistan. *Paleont. Indica*, v. 19, p. 1-39.
- CUTBILL J. L. et FORBES C. L. (1967). — Graphical aids for the description and analysis of variation in fusuline foraminifera. *Palaeontology*, v. 10, n° 2, p. 322-337.
- DA Y.T. (1985). — An occurrence of *Eopolydiexodina* fauna (fusulinids) from Lower Permian of Mt. Kunlun-Altun. *Acta Micropaleont. Sinica*, v. 2, n° 4, p. 387-394 (en chinois).
- DAVYDOV V.I. (1996). — Fusulinid biostratigraphy and the correlation of Moscovian-Guadalupian North American, Tethyan and Boreal (Russian Platform/Uralian) standards. *Permophiles*, v. 29, p. 47-52.
- DEBENAY J.P., GUILLOU J.J. et LESOURD M. (1996). — Colloidal calcite in foraminiferal tests: crystallization and texture of the test. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 26, n° 4, p. 277-288.
- DIENER C. (1911). — Anthracolithic fossils of the Shan States. *Palaeontologia Indica*, n.s., v. 3, n° 4, p. 44.
- DOUGLAS J. A. (1950). — The Carboniferous and Permian faunas of South-Iran and Iranian Balutchistan. *Palaeontologia Indica*, v. 22, p. 1-57.
- DOUGLASS R.C. (1970). — Morphologic studies of fusulinids from the lower Permian of West Pakistan. *Geol. Survey Prof. Paper*, v. 643-G, p. G1-G11.
- DOUVILLE H. (1906). — Calcaires à Fusulines de l'Indo-chine ; évolution et enchaînements des foraminifères. *Bulletin de la Société Géologique de France, 4e série*, v. 6, p. 576-602.
- DUGUAY L.E. (1983). — Comparative laboratory and field studies on calcification and carbon fixation in foraminiferal-algal associations. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 13, n° 4, p. 252-261.
- DUNBAR C. O. (1959). — A giant Permian fusuline from Sonora. In : Cooper, G.A., Dunbar, C.O., Duncan, H., Miller, A.K. et Knight, J.K. : Permian fauna at El Antimonio, Western Sonora, Mexico. *Smithsonian Miscellanea Collections, Washington*, v. 119, n° 2, p. 15-19.
- DUNBAR C.O. et SKINNER J.W. (1931). — New fusulinid genera from the Permian of West Texas. *American Journal of Science, 5th series*, v. 22, p. 252-268.
- DUNBAR C.O., SKINNER J.W. et KING R.E. (1936). — Dimorphism in Permian fusulines. *Bull. Univ. Tex.*, v. 3501, p. 173-190.
- DUNBAR, C. O. et SKINNER, J. W. (1937). — Permian Fusulinidae of Texas. *Bull. Univ. Tex., scient. ser.*, v. 3701, p. 517-825.
- ERK A.S. (1942). — Etude géologique de la région entre Gemlik et Bursa (Turquie). *Publications de l'Institut supérieur d'Agriculture de Turquie, série B, n° 9* (publié 1944), p. 1-295.
- FORKE H.C. (1997). — Evidence of dimorphism in the genus *Robustoschwagerina* (Schwagerinidae ; Foraminiferida). *Geol. Bl. NO-Bayern*, v. 47, n° 1-4, p. 357-366.
- FOURCADE E. et MICHAUD F. (1987). — L'ouverture de l'Atlantique et son influence sur les peuplements des grands foraminifères des plates-formes périocéaniques au Mésozoïque. *Geodynamica Acta*, v. 1, n° 4/5, p. 247-262.
- FUJITA K. et HALLOCK P. (1999). — A comparison of phytal substrate preferences of *Archaias angulatus* and *Sorites orbiculus* in mixed macroalgal-seagrass beds in Florida Bay. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 29, n° 2, p. 143-151.
- FURON R. (1924). — Notes préliminaires sur la géologie de l'Est de l'Afghanistan. *Bull. Soc. Géol. France*, v. 24, n° 4, p. 1-12.
- FURON R. (1927). — L'Hindou Kouch et le Kaboulistan. Contribution à l'étude géologique et géomorphogénique de l'Afghanistan. *Thèse, Paris*, 169 p.
- GLINTZBOECKEL C. et RABATE J. (1964). — Microfaunes et microfaciès du Permo-Carbonifère du Sud-Tunisien. *International Sedim. Petro. Series*, v. 7, 45 p. (E.J. Brill Editeur, Leiden).
- GOBBETT D.J. (1973). — Permian Fusulinacea. In : Hallam, A. (ed.) : *Atlas of Palaeobiogeography*, Elsevier Editeur, p. 151-158.
- GOODAY A. J., SHIRES R. et JONES A. R. (1997). — Large deep-sea agglutinated foraminifera: two differing kinds of organization and their possible ecological significance. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 27, n° 4, p. 278-291.
- GUBLER J. (1935). — Les Fusulinidés du Permien de l'Indochine. *Mém. Soc. Géol. France*, v. 11, n° 4, p. 1-173.
- GÜVENÇ T. (1992). — Stratigraphy and paleontology of the Permian in Anatolia. *Occasional Publication ESRI, new ser. N° 8 A-B, part I*, p. 29-39.

- HALLOCK P. (1985). — Why are larger Foraminifera large ? *Paleobiology*, v. 11, n° 2, p. 195-208.
- HALLOCK P. (1988). — Diversification in algal symbiont-bearing foraminifera : a response to oligotrophy ? *Revue de Paléobiologie*, vol. spéc. n° 2, Benthos '86, p. 789-797.
- HALLOCK P., RÖTTGER R. et WETMORE K. (1991). — Hypotheses of form and function in foraminifera. In : Biology of the foraminifera. *Academic Press Limited*, v. 3, p. 41-72.
- HAN J.X. (1980). — Fusulinida. In : Palaeontological Atlas of Northeast China (edited by Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources) 1 (Paleozoic volume). *Geol. Publ. House, Beijing, China*, p. 18-95 (en chinois).
- HARNEY J.N., HALLOCK P. et TALGE H.K. (1998). — Observations on a trimorphic life cycle in *Amphistegina gibbosa* populations from the Florida keys. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 328, n° 2, p. 141-147.
- HAYDEN H. (1909). — Fusulinidae from Afghanistan. *Rec. Geol. Survey India*, v. 38, pt. 3, p. 230-256.
- HAYDEN H. (1911). — The geology of Northern Afghanistan. *Mem. Geol. Survey India*, v. 39, p. 1-97.
- HAYNES J. (1965). — Symbiosis, wall structure, and habitat in foraminifera. *Contributions from Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, v. 16, n° 1, p. 40-43.
- HOTTINGER L. (1960). — Über Paleocaene und Eocaene Alveolinen. *Eclogae Geologicae Helveticae*, v. 53, n° 1, p. 265-283 (traduction Sigal S. et J., 1961 : Les alvéolines paléocènes et éocènes. *Institut Français du Pétrole*, p. 1-32).
- HOTTINGER L. (1967). — Foraminifères imperforés du Mésozoïque marocain. *Notes et Mém. Serv. géol.*, Rabat, v. 209, p. 1-168.
- HOTTINGER L. (1980). — Répartition comparée des grands foraminifères de la Mer Rouge et de l'Océan Indien. *Annali Univ. Ferrara*, (9), v. 6, suppl., p. 1-13.
- HOTTINGER L. (1982). — Larger Foraminifera, giant cells with a historical background. *Naturwissenschaften*, v. 69, p. 361-371.
- HOTTINGER L. (1983). — Processes determining the distribution of larger Foraminifera in space and time. *Utrecht Micropal. Bull.*, v. 30, p. 239-253.
- HOTTINGER L. (1984). — Foraminifères de grande taille : signification des structures complexes de la coquille. *Benthos '83*, 2nd International Symposium Benthic Foraminifera, p. 309-315.
- HOTTINGER L. (1997). — Shallow benthic foraminiferal assemblages as signals for depth of their deposition and their limitations. *Bull. Soc. géol. France*, v. 168, n° 4, p. 491-505.
- HOTTINGER L. et DROBNE K. (1988). — Alvéolines tertiaires : quelques problèmes liés à la conception de l'espèce. *Revue de Paléobiologie*, vol. spéc. n° 2, Benthos '86, p. 665-681.
- HUANG Z. X. (1989). — Paleobiogeography and paleostructure of Carboniferous-Permian in North Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau. *XIe Congr. Intern. Strati. Géol. Carbonifère, Beijing 1987, Compte Rendu*, v. 4, p. 197-208.
- INGAVAT R. (1984). — On the correlation of the Permian foraminiferal faunas of the western, central and eastern provinces of Thailand. *Mémoire de la Société Géologique de France*, n.s., v. 147, p. 93-100.
- IRANIAN-CHINESE RESEARCH GROUP (1995). — Field work on the Lopingian stratigraphy in Iran. *Permophiles*, v. 27, p. 5-6.
- IRANIAN-JAPANESE RESEARCH GROUP (1976). — The Permian and the Lower Triassic Systems in Abadch region, Central Iran. *Memoirs Faculty Sciences Kyoto University*, ser. geol. min., v. 47, n°2, p. 60-132.
- JENNY C. et STAMPFLI G. (2000). — Permian palaeogeography of the Tethyan Realm. *Permophiles*, v. 37, p. 24-33.
- JIN Y.G. (1994). — Report on the Lopingian series by the Chinese working group. *Permophiles*, v. 25, p. 8-9.
- KAHLER F. (1933). — Perm von Darreh-Duzden Fusulinidae. In : Kuhn, O. : Das Becken von Isfahan-Saidabad und seine altéocène Korallenfauna. *Palaeontographica*, A, v. 79, p. 168-172.
- KAHLER F. (1988). — Beobachtungen über Lebensweise, Schalenbau und Einbettung jungpaläozoischer Grossforaminiferen (Fusuliniden). *Facies*, v. 19, p. 129-170.
- KAHLER F. et KAHLER G. (1966). — Fossilium Catalogus, I Animalia : Fusulinida (Foraminifera); Teil 1, pars 111 : 1-254; Teil 2, pars 112 : 255-538; Teil 3, pars 113, 539-870. *W. Junk Publishers, La Haye*, 974 p.
- KAHLER F. et KAHLER G. (1969). — Einige permische Fusuliniden aus dem Irak. *Neues Jahrbuch Geol. Paläont. Mh.*, v. 4, p. 232-241.
- KAHLER F. et KAHLER G. (1979). — Fusuliniden (Foraminifera) aus dem Karbon und Perm von Westanatolien und dem Iran. *Mitteilungen österreichische geologische Gesellschaft, Wien*, v. 70, p. 187-269.
- KANMERA K. (1963). — Fusulines of the Middle Permian Kozaki Formation of Southern Kyushu. *Memoirs Fac. Sci. Kyushu Univ.*, ser. D. Geology, v. 14, n° 2, p. 79-141.
- KOBAYASHI F. (1997a). — Middle Permian biogeography based on fusulinacean faunas. In : Ross, C.A., Ross, J.R.P. et Brenckle, P.L. (eds.) : Late Paleozoic foraminifera, their biostratigraphy, evolution and paleoecology, and the Mid-Carboniferous boundary. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication*, v. 36, p. 73-76.
- KOBAYASHI F. (1997b). — Middle Permian fusulinacean faunas and paleogeography of exotic terranes in the Circum-Pacific. In : Ross, C.A., Ross, J.R.P. et Brenckle, P.L. (eds.) : Late Paleozoic foraminifera, their biostratigraphy, evolution and paleoecology, and the Mid-Carboniferous boundary. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication*, v. 36, p. 77-80.
- KOBAYASHI F. (1999). — Tethyan uppermost Permian (Dzhulfian and Dorashamian) foraminiferal faunas and their paleogeographic and tectonic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 150, p. 279-307.
- KOCHANSKY-DEVIDE V. (1975). — Die Fusulinidengattungen Jugoslaviens und die neue aufgestellten Taxa. *Geoloski Vjesnik*, v. 28, p. 401-407.
- KOTLYAR G.V., ZAKHAROV Y. D., KOCZYRKEVICZ B.V., KROPATCHEVA G.S., ROSTOVCEV K.O., CHEDIYA I.O., VUKS G.P. et GUSEVA E.A. (1984). — Poznepermiskii etap evoliutsii organicheskogo mira, Dzhulfinskii i Dorashamskii yarusy SSSR (Evolution of the latest Permian biota, Dzhulfian and Dorashamian regional stages in the USSR). *Leningrad "Nauka". Leningradskoe Otdelenie*, p. 1-200 (en russe).

- KOTLYAR G.V., BAUD A., PRONINA G.P., ZAKHAROV Y.D., VUKS V.Y., NESTELL M.K., BELYAEVA G.V. et MARCOUX J. (1999) - Permian and Triassic exotic limestone blocks of the Crimea. *Geodiversitas*, v. 21, n° 3, p. 299-323.
- KÖYLÜOĞLU M. et ALTINER D. (1989). — Micropaléontologie (foraminifères) et biostratigraphie du Permien supérieur de la région d'Hakkari (SE Turquie). *Revue de Paléobiologie*, v. 8, n° 2, p. 467-503.
- LANGER M.R. et HOTTINGER L. (2000). — Biogeography of selected "larger" foraminifera. *Micropaleontology*, v. 46, suppl. n° 1, p. 105-126.
- LAPPARENT A.F. de et LYS M. (1965). — Le Permien à Fusulines en Afghanistan. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, v. 260, p. 5313-5315.
- LAPPARENT A.F. de et LYS M. (1966). — Attribution au Permien supérieur du gisement à Fusulines et Brachiopodes de Khwaja Ghar (Bamian, Afghanistan). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, v. 262, p. 2138-2140.
- LE CALVEZ J. (1938). — Recherches sur les Foraminifères. - I. Développement et reproduction. *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, v. 80, n° 3, p. 1-333.
- LEE J.J., McENERY M.E. et KAHN E.G. (1979). — Symbiosis and the evolution of larger Foraminifera. *Micropaleontology*, v. 25, p. 118-140.
- LEE J.J., MORALES J., BACUS S., DIAMONT A., HALLOCK P., PAWLOWSKI J. et THORPE J. (1997). — Progress in characterizing the endosymbiotic Dinoflagellates of Soritid foraminifera and related studies on some stages in the life cycle of *Marginopora vertebralis*. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 27, n° 4, p. 254-263.
- LEE J.L. (1990). — Phylum Granuloreticulosa (Foraminifera). In : Margulis, L., Corliss, J.O., Melkonian, M. et Chapman, D.J. (eds.) : *Handbook of Protozoa*. Jones et Bartlett Publ., Boston, p. 524-548.
- LEPPIG U. (1992). — Functional anatomy of fusulinids (foraminifera): significance of the polar torsion illustrated in *Triticites* and *Schwagerina* (Schwagerinida). *Paläont. Z.*, v. 66, n° 1/2, p. 39-50.
- LETHIERS F. et CRASQUIN-SOLEAU S. (1995). — Distribution des ostracodes et paléocourantologie au Carbonifère terminal-Permien. *Geobios*, mem. spec., v. 18, p. 257-272;
- LEUTENEGGER S. (1983). — Specific host-symbiont relationship in larger Foraminifera. *Micropaleontology*, v. 29, n° 2, p. 111-125.
- LEUTENEGGER S. (1984). — Symbiosis in benthic foraminifera: specificity and host adaptations. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 14, n° 1, p. 16-35.
- LEVEN E.Ya. (1965). — O stratigraficheskoy znachenii roda *Polydiexodina* Dunbar et Skinner, 1931 (Sur la signification stratigraphique du genre *Polydiexodina* Dunbar et Skinner, 1931). *Voprosy Mikropaleontologii*, v. 9, p. 129-146 (en russe).
- LEVEN E.Ya. (1967). — Stratigrafiya i fuzulinidy permskikh otlozheniy Pamira (Stratigraphie et Fusulinides des dépôts permien du Pamir). *Akademiya Nauk SSSR, Geologicheskii Institut, Izdatelstvo Nauka, Moskva*, v. 167, p. 1-224 (en russe).
- LEVEN E.Ya. (1997). — Permian stratigraphy and fusulinida of Afghanistan with their paleogeographic and paleotectonic implications. *Geological Society of America, Special Paper*, v. 316, p. 1-134.
- LEVEN E.Ya. et GRABCHAK O.L. (1986). — Ob obeme i sistematike podsemeistva polidieksodin (Sur la répartition et la systématique de la sous-famille des Polydiexodinés). *Voprosy Mikropaleontologii*, v. 28, p. 24-27 (en russe).
- LEVEN E.Ya. et OKAY A.I. (1996). — Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya complex, north western Turkey. *Rivista italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, v. 102, n° 2, p. 139-174.
- LEVY A. (1991). — Peuplements actuels et thanatocénoses à Soritidae et Peneroplidae des keys de Floride. *Oceanologica Acta*, v. 14, n° 5, p. 515-524.
- LIKHAREV B. (1939). — The atlas of the leading forms of the fossil fauna U.S.S.R., Permian Fusulinidae. *Central Geol. Prosp. Inst.*, v. 6, p. 32-47.
- LIN R. (1981). — Permian fusulinaceans zones and their biogeographic provinces in South-China. *Canad. J. Earth Sc.*, v. 18, p. 342-349.
- LLOYD J. (1963). — Fusulinids from the Zinnar Formation (Lower Permian) of Northern Iraq. *Journal of Paleontology*, v. 37, n° 4, p. 889-899.
- LOEBLICH A.R. et TAPPAN H. (1964). — Part C ; Protista 2 : Sarcodina chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida. In : Moore, R.C. (ed.) : *Treatise on Invertebrate Paleontology, Geological Society America and University Kansas Press, Boulder et Lawrence*, 2 vol., p. C1-C900.
- LY A. et BUTTERLIN J. (1996). — Les échanges de microfaunes littorales entre l'Amérique tropicale et la marge NW de l'Afrique occidentale à l'Eocène et à l'Oligocène. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, v. 233, série Ila, p. 509-515.
- LYS M. (1972). — Les calcaires à fusulines des environs de Bergama (Turquie) : Zeytindag et Kinik. *Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient*, Muséum National d'Histoire Naturelle, v. 12, p. 166-172.
- LYS M. (1977). — Biostratigraphie du Carbonifère et du Permien d'Afghanistan (micropaléontologie). *Mémoires hors-série de la Société Géologique de France*, v. 8, p. 291-308.
- LYS M. (1988a). — Biostratigraphie du Carbonifère et du Permien en Mésogée (Espagne, Afrique du Nord, régions égéennes, Proche-Orient), études micropaléontologiques (foraminifères), paléogéographie. *Documents du B.R.G.M.*, v. 17, p. 1-315.
- LYS M. (1988b). — Biostratigraphie des dépôts marins du Carbonifère et du Permien du Sud-Tunisien, micropaléontologie (foraminifères) et paléobiogéographie. *Bulletin des Centres Recherche Exploration-Production Elf-Aquitaine*, v. 12, n° 2, p. 601-659.
- LYS M., BOUYX E. et BOULIN J. (1990). — La biozone à *Cancellina* (Permien moyen, Kubergandien) dans le versant méridional de l'Hindou Kouch (Afghanistan). *Facies*, v. 23, p. 37-56.
- LYS M., BOUYX E. et LAPPARENT A.F. de (1973). — Une coupe du Permien dans les Hauts de Bulola (Hindou Kouch occidental, Afghanistan). *Ann. Soc. géol. du Nord*, v. 93, n° 3, p. 219-224.
- LYS M. et LAPPARENT A.F. de (1971). — Foraminifères et microfaciès du Permien de l'Afghanistan Central. *Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient*, Muséum National d'Histoire Naturelle, v. 12, p. 49-166.

- MIKLUKHO-MACLAY A.D. (1954). — Foraminifery verkhncpermiskikh otlozhenii severnogo Kavkaza (Foraminifères du Permien supérieur du Nord du Caucase). *Trudy VSEGEI, Gosgeoltekhizdat*, v. 1, p. 1-163 (en russe ; trad. BRGM n° 2683, 216 p.).
- MORARIU A. et HOTTINGER L. (1988). — Amphisteginids : specific identification, dimorphism, coiling direction and provincialism. *Revue de Paléobiologie*, vol. spéc. n° 2, Benthos'86, p. 695-698.
- MURRAY J.W. (1991). — *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. Longman Publ., Hulow, p. 1-397.
- MURRAY J.W. et BOWSER S.S. (2000). — Mortality, protoplasm decay rate, and reliability of staining techniques to recognize "living" foraminifera : a review. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 30, n° 1, p. 66-70.
- NAKAZAWA K. et KAPOOR H.M. (1977). — Correlations on the marine Permian in the Tethys and Gondwana. *Fourth Intern. Gondwana Symp.*, Calcutta, p. 409-419.
- NEUMANN M. (1967). — *Manuel de micropaléontologie des foraminifères*. Gauthier-Villars, Paris, Edit., 298 p.
- OKAN Y. (1978). — Description of a new species of *Polydixodina* from northeast of Elmadag (Ankara, Turkey). *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, v. 21, p. 159-164.
- OZAWA T. (1987). — Permian fusulinacean biogeographic provinces in Asia and their tectonic implications. In : Taira, A. et Tashiro, M. (Eds.) : *Historical biogeography and plate tectonic evolution of Japan and eastern Asia*. *Terrapub*, Tokyo, p. 45-63.
- OZAWA Y. et TOBLER A. (1929). — Permian Fusulinidae found in Greece. *Eclogae geol. Helv.*, v. 22, n° 1, p. 45-49.
- PASINI M. (1965). — Fusulinidi, una chiave analitica per la determinazione dei generi. *Paleontographia Italica*, Pisa, 106 p.
- PASINI M. (1994). — A schematic record of the Italian Permian sediments with fusulinids. *Permophiles*, v. 24, p. 8-9.
- PAWLOWSKI J. et ZANINETTI L. (1991). — Morphologie embryonnaire chez les foraminifères et biologie de la reproduction. *Cahiers de la Faculté des Sciences*, Université de Genève, v. 21, p. 43-56.
- RACEY A. (1992). — The relative taxonomic value of morphological characters in the genus *Nummulites* (Foraminiferida). *J. Micropaleontol.*, v. 11, n° 2, p. 197-209.
- RACEY A. (1994). — Palaeoenvironmental significance of larger foraminiferal biofabrics from the Middle Eocene Seeb Limestone Formation of Oman: implications for petroleum exploration. In : Al-Husseini M.I. (ed.) : *Selected Middle East papers from the Middle East Geoscience Conference, Bahrain, april 1994, Geo '94, the Middle East Petroleum Geosciences*, v. 2, p. 793-810.
- RAUZER-CHERNOUSOVA D.M., BENSCH F.P., VDOVENKO M.V., GIBSHMAN N.B., LEVEN E.Ya., LIPINA O.A., REITLINGER E.A., SOLOVEVA M.N. et CHEDIYA I. O. (1996). — Spradnochnik po sistematike foraminifer Paleozoya ; Endotiroidy, Fuzulinoidy (Guide pour la systématique des foraminifères paléozoïques, Endothyroides et Fusulinoides). *Rossiiskaya Akademiya Nauk, Geologicheskii Institut*, Moscou, "Nauka", p. 1-205 (en russe)
- REICHEL M. (1967). — Bibliographie, Franz et Gustava Kahler, Fusulinida. *Fossilium Catalogus I. Revue de Micropaléontologie*, v. 3, p. 217-220.
- RENZ C. et REICHEL M. (1945). — Beiträge zur Stratigraphie und Paläontologie des ostmediterranen Jungpaläozoikums und dessen Einordnung in griechischen Gebirgssystem. *Eclogae geologicae Helveticae*, v. 38, n° 2, p. 211-270.
- ROSS C.A. (1964). — Two significant fusulinid genera from Word Formation (Permian), Texas. *Journal of Paleontology*, v. 38, n° 2, p. 311-315.
- ROSS C.A. (1967). — Development of Fusulinid (Foraminiferida) faunal realms. *Journal of Paleontology*, v. 41, n° 6, p. 1341-1354.
- ROSS C.A. (1972). — Paleobiological analysis of Fusulinacean (Foraminiferida) shell morphology. *Journal of Paleontology*, v. 46, n° 5, p. 719-728.
- ROSS C.A. (1974). — Evolutionary and ecological significance of large calcareous Foraminiferida (Protozoa), Great Barrier Reef. *Proc. 2nd International Coral Reef Symposium*, Great Barrier Reef Committee, Brisbane, v. 1, p. 327-333.
- ROSS C.A. (1977). — Calcium carbonate fixation by large reef-dwelling foraminifera. In : Frost, S., Weiss, M. et Saunders, J. (Eds.) - *Reefs and related carbonates-ecology and sedimentology*. *Studies in Geology* 4, A.A.P.G., Tulsa, Oklahoma, p. 219-230.
- ROSS C.A. (1979a). — Ecology of large, shallow-water, tropical foraminifera. In : Lipps, J.H. et al. (eds.) : *Foraminiferal ecology and paleoecology*. *SEPM, Short Course n° 6*, Houston, p. 54-61.
- ROSS C.A. (1979b). — Ecology of large calcareous foraminiferida Queensland Shelf and Great Barrier Reef, Australia. *National Geographic Society Research Reports*, 1970 Projects, p. 443-459.
- ROSS C.A. (1982). — Paleobiology of fusulinaceans. *Third North American Paleontological Convention, Proceedings*, v. 2, p. 441-445.
- ROSS C.A. (1992). — Palaeobiogeography of fusulinacean foraminifera. *Studies in Benthos Foraminifera, Benthos '90*, Sendai 1990, Tokai University Press, p. 23-31.
- ROSS, C. A. (1995). — Permian fusulinaceans. In : Scholle, P. A., Peryt, T.M. et Ulmer-Scholle, D.S. (Eds.) - *The Permian of Northern Pangea*, Springer Verlag, v. 1, p. 167-185.
- ROSS C. A. et ROSS J.R.P. (1978). — Adaptive evolution of the Soritids *Marginopora* and *Amphisorus* (foraminiferida). *Scanning Electron Microscopy*, v. 2, p. 53-60.
- ROSS C.A. et ROSS J.R.P. (1994). — Permian sequence stratigraphy and fossil zonation. In : Embry, A.F., Beauchamp, B. et Glass, D.J. (Eds.) - *Pangea, global environments and resources*. *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir* 17, p. 219-231.
- RÖTTGER R., FLADUNG M., SCHMALJOHANN R., SPINDLER M. et ZACHARIAS H. (1986). — A new hypothesis: the so-called megalospheric schizont of the larger foraminifer, *Heterostegina depressa* d'Orbigny, 1826, is a separate species. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 16, n° 2, p. 141-149.
- RÖTTGER R., KRÜGER R. et DE RIJK S. (1990). — Larger foraminifera: variation in outer morphology and prolocular size in *Calcarina gaudichaudii*. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 20, n° 2, p. 170-174.
- ROZOVSKAYA S. E. (1975). — Sostav, sistema i filogeniya otrjada fuzulinida (Composition, phylogénie et systématique de l'ordre des Fusulinida). *Akad. Nauk SSSR, Izdatelstvo "Nauka"*, p. 1-208 (en russe).

- SARTORIO D. et VENTURINI S. (1988). — Southern Tethys biofacies. *AGIP S.p.A.*, p. 1-235, San Donato Milanese.
- SCHENCK H. G. (1944). — *Proloculus* in foraminifera. *Journal of Paleontology*, v. 18, n° 3, p. 275-282.
- SEIGLIE G.A. (1987). — Sea level changes and Cenozoic large foraminifera with inner structures. *Cushman Found. for Foraminifera Research*, Special Publication 24, p. 169-186.
- SENGÖR A.M.C., ALTINER D., CLIN A., USTAÖSMER T. et HSÜ K.J. (1988). — Origin and assembly of the Tethyside orogenic collage at the expense of Gondwana Land. In : Audley-Charles, M. G. et Hallam, A. (Eds.) - Gondwana and Tethys *Geological Society of London*, Special Publication n° 37, p. 119-181.
- SEVERIN K.P. et LIPPS J.H. (1989). — The weight-volume relationship of the test of *Alveolinella quoyi*; implications for the taphonomy of large fusiform foraminifera. *Lethaia*, v. 22, p. 1-12.
- SHENG J.C. (1962). — On the occurrence of *Polydiexodina* fauna from Tunglu, western Chekiang. *Acta Paleontologica Sinica*, v. 10, n° 3, p. 312-321 (en chinois).
- SHENG J.C. et SUN Q. (1975). — Fusulinids from Qinghai, China. *Geological Publishing House, Beijing*, 96 p. (en chinois).
- SHENG J.Z. (1992). — Development of fusuline foraminifers in China. *Studies in Benthos Foraminifera, Benthos '90*, Sendai 1990, Tokai University Press, p. 11-22.
- SHIEHL A. (1967). — Zur Stratigraphie und Paläogeographie des Perm in Afghanistan. *Geologische Rundschau*, v. 56, n° 3, p. 795-812.
- SIGAL J. (1952). — Ordre des Foraminifera. In : Piveteau, J. (coord.) : *Traité de Paléontologie*, Masson et Cie Edit., Paris, p. 133-178, 192-301.
- SIGAL J. (1959). — Trimorphisme morphologique et trimorphisme structural. Un exemple *Choffatella decipiens* Schlumberger 1905 (Foraminifères). *Bull. Soc. géol. France*, 7e ser., v. 1, n° 7, p. 662-668.
- SKINNER J.W. (1971). — The fusulinid genera *Polydiexodina* and *Skinnerina*. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, v. 57, p. 1-10.
- SKINNER J.W. et WILDE G.L. (1955). — New fusulinids from the Permian of West Texas. *Journal of Paleontology*, v. 29, n° 6, p. 927-940.
- SKINNER J.W. et WILDE G.L. (1965). — Permian biostratigraphy and fusulinid faunas of the Shasta Lake area, northern California. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, Protozoa, Article 6, p. 1-98.
- SKINNER J.W. et WILDE G.L. (1966). — Permian fusulinids from Sicily. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, Paper 8, p. 1-98.
- SKINNER J. W. et WILDE G.L. (1967). Permian foraminifera from Tunisia. *The University of Kansas Paleontological Contributions* Paper 30, p. 1-22.
- STAMPFLI G. et PILLEVUIT A. (1993). — An alternative Permian-Triassic reconstruction of the kinematics of the Tethyan realm. In : Dercourt, J., Ricou, L.E. et Vrielynck, B. (Eds.) - *Atlas of Tethys Palaeoenvironmental Maps, Explanatory Notes*, Gauthier Villars l'édit. Paris, p. 55-62.
- STEVENS C.H. (1995). — A giant Permian fusulinid from east-central Alaska with comparisons of all giant fusulinids in western North America. *Journal of Paleontology*, v. 69, n° 5, p. 805-812.
- STEVENS C.H., YANCEY T.E. et HANGER A.A. (1990). — Significance of the provincial signature of early Permian faunas of the eastern Klamath terrane. *Geological Society of America*, Special Paper 255, p. 201-218.
- STOUFF V., LESOURD M. et DEBENAY J.P. (1999). — Laboratory observations on asexual reproduction (schizogony) and ontogeny of *Ammonia tepida* with comments on the life cycle. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 29, n° 1, p. 75-84.
- SUN Q. (1993). — Early Permian fusulinids from Huangyanghing-Muztag Park of Kunlun Mountains, Xinjiang. *Acta Micropal. Sinica*, v. 10, n° 3, p. 257-274.
- SUN Q.L. et ZHANG L.X. (1985). — Early Permian fusulinids from Alge Mountain of Xinjiang. *Acta Paleontologica Sinica*, v. 24, n° 5, p. 503-510.
- TAPPAN H. (1971a). — Faunal extinction. In : *Encyclopedia of Science and Technology*, McGraw-Hill Publishers, v. 5, p. 214-217.
- TAPPAN H. (1971b). — Foraminiferida. In : *Encyclopedia of Science and Technology*, McGraw-Hill Publishers, v. 5, p. 467-475.
- TAPPAN H. (1979). — Protistan evolution and extinction at the Cretaceous/Tertiary boundary. In : Christensen W.K. et Birkelund, T. (eds.) : *Cretaceous-Tertiary boundary events Symposium, II. Proceedings*, University of Copenhagen, p. 13-21.
- TAPPAN H. et LOEBLICH A.R. (1969). — Foraminifera. In : Firth, F.E. (Ed.) - *The Encyclopedia of marine resources*. Van Nostrand Reinhold Company Publishers, p. 272-276.
- TELLEZ-GIRON C. et NESTELL M. (1983). — Microfacies y zonificación del Pérmico de Las Delicias, Coahuila, México. *Revista del Instituto Mexicano del Petroleo*, v. 15, n° 3, p. 7-23.
- TERMIER H. et TERMIER G. (1977). — Position entre Gondwana et Téthys des provinces afghanes au Carbonifère et au Permien. Essai biogéographique. *Mém. h. sér. Soc. Géol. France*, v. 8, p. 309-324.
- THOMPSON M.L. (1946). — Permian fusulinids from Afghanistan. *Journal of Paleontology*, v. 20, n° 2, p. 140-157.
- THOMPSON M. L. (1964). — Fusulinacea. In : Loeblich, A.R. et Tappan, H. - *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C, Protista 2 : Sarcodina chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida*. *Geological Society America and University Kansas Press, Boulder et Lawrence*, v. 1, p. C358-C436.
- THOMPSON M. L. (1967). — American fusulinacean faunas containing elements from other continents. In : Teichert, C. et Yochelson, E. L. (Eds.) - *Essays in Paleontology and Stratigraphy. Raymond C. Moore Commemorative Volume, Department of Geology, Special Publication 2*, The University of Kansas Press, Lawrence, p. 102-112.
- THOMPSON M. L. et MILLER A. K. (1949). — Permian fusulinids and cephalopods from the vicinity of the Maracaibo Basin in northern South America. *Journal of Paleontology*, v. 23, n° 1, p. 1-24.
- TIEN N.D. (1980). — Remarques sur quelques anomalies du test des "fusulines". *Revue de Micropaléontologie*, v. 23, n° 2, p. 116-120.

- TUMANSKAYA O.G. (1952). — O predstavitel'yakh rodov *Pseudodoliolina* i *Polydiexodina* iz permskikh otlozhenii SSSR (Sur des représentants des genres *Pseudodoliolina* et *Polydiexodina* dans les dépôts permien d'URSS). *Byulleten MOIP, Otd. Geologii*, v. 27, n° 1, p. 68-72 (en russe).
- UENO K. (1999). — Gondwana/Tethys divide in East Asia: solution from late Paleozoic foraminiferal paleobiogeography. *Proc. Intern. Symp. on Shallow Tethys* 5, p. 45-54.
- UENO K. (2000). — Permian fusulinacean faunas of the Sibumasu and Baoshan blocks: implications for the paleogeographic reconstruction of the Cimmerian continent. *Geosciences Journal*, v. 4, special edition, p. 160-163.
- VACHARD D. (1980). — Téthys et Gondwana au Paléozoïque supérieur. Les données afghanes. *Doc. et Trav. IGAL*, v. 2, 463 p.
- VACHARD D. (1996). — Quelques échos du Paléozoïque. *Géochronique*, v. 58, p. 16.
- VACHARD D. (1998). — Book reviews (of Leven, 1997). *Tectonophysics*, v. 292, p. 169-171
- VACHARD D. et BOUYX E. (2000). — Les *Eopolydiexodina*, fusulines géantes d'Afghanistan, marqueurs paléobiogéographiques. *Journées thématiques de l'Association des Géologues du Permien* (non paginé).
- VACHARD D. et BOUYX E. (2001). — Nouvelles données sur le Permien du massif de Bulola, dans le versant méridional de l'Hindou Kouch, en Afghanistan. *Annales de la Société géologique du Nord*, t. 8 (2e série), p. 121-135.
- VACHARD D., FLORES DE DIOS A. et BUITRON B. (1997a). — Sur une nouvelle localité à fusulines du Wordien (Permien supérieur) du Mexique, conséquences paléogéographiques. *Géobios*, v. 30, n° 3, p. 361-370.
- VACHARD D., FOURCADE E., ROMERO J. E., MENDEZ J., COSILLO A., ALONZO M., REQUENA J., AZEMA J. et CROS P. (1997b). — Foraminifères et algues du Permien de Guatemala. *Géobios*, v. 30, n° 6, p. 745-784.
- VACHARD D., MUNNECKE A. et SERVAIS T. (1999). — SEM - observation of the ultrastructure of late Paleozoic foraminifera, especially of the keriothecas of fusulinaceans. *The Paleontological Association, Newsletter*, n° 42, p. 39.
- VACHARD D. et RAZGALLAH S. (1993). — Discussion sur l'âge murgabien ou midien des séries permien du Jebel Tebaga (Sud de la Tunisie). *Rivista Italiana di Stratigrafia e Paleontologia*, v. 99, n° 3, p. 327-356.
- VACHARD D., VIDAURRE LEMUS M., FOURCADE E. et REQUENA J. (2000). — New early Permian fusulinid assemblage from Guatemala. *C.R. Acad. Sci., Paris*, v. 331, p. 789-796.
- VILLA E. et BAHAMONDE J.R. (2001). — Accumulations of *Ferganites* (fusulinacea) in shallow turbidite deposits from the Carboniferous of Spain. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 31, n° 3, p. 173-190.
- WANG X.D., UENO K., MIZUNO Y. et SUGIYAMA T. (2001). — Late Paleozoic faunal, climatic, and geographic changes in the Baoshan block as a Gondwana-derived continental fragment in southwest China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 170, p. 197-218.
- WATERHOUSE J.B. (1973). — Permian brachiopod correlations for South-East Asia. *Geol. Soc. Malaysia*, v. 6, p. 187-210.
- WATERHOUSE J.B. (1976). — World correlations for Permian marine faunas. *University of Queensland Papers, Department of Geology*, v. 7, n° 2, 232 p.
- WILDE G.L. (1990). — Practical fusulinid zonation : the species concept; with Permian basin emphasis. *Bulletin West Texas Geological Society*, n° 7, p. 5-15, 28-34.
- WILDE G. L. (1965). — Abnormal growth condition in fusulinids. *Contrib. Cushman Found. Foram. Research*, v. 16, n° 3, p. 121-124.
- WILDE G.L. (1975). — Fusulinid-defined Permian stages. In : Permian exploration, boundaries, and stratigraphy. *West Texas Geological Society and Basin Section SEPM Publication*, v. 75/65, p. 67-83.
- YANCEY T.E. (1975). — Permian marine biotic provinces in North America. *J. Paleont.*, v. 49, n° 4, p. 758-766.
- YOUNG G.C. (1995a). — Application of cladistics to terrane history-parsimony analysis of qualitative geological data. *Journ. Southeast Asian Earth Sciences*, v. 11, n° 3, p. 167-176.
- YOUNG G.C. (1995b). — Cladistics-application or non-application in paleontology. *Mem. Ass. Australas. Palaeontols.*, v. 18, p. 1-20.
- ZIMMERMANN M.A., WILLIAMS D.F. et RÖTTGER R. (1983). — Symbiont-influenced isotopic disequilibrium in *Heteostegina depressa*. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 13, n° 2, p. 115-121.
- ZOHARY T., REISS Z. et HOTTINGER L. (1980). — Population dynamics of *Amphisorus hemprichii* (foraminifera) in the Gulf of Elat (Aqaba), Red Sea. *Eclogae geol. Helv.*, v. 73, n° 3, p. 1071-1094.

PLANCHE IX

- Fig. 1. — Le plus grand specimen observé. A cause de la courbure supposée symétrique, la longueur du test doit être presque multipliée par deux, c'est-à-dire atteindre 16 cm. Biofabrique paraautochtone. Soghdar. x 1.
- Fig. 1. — *The largest observed specimen. Due to the curvature and the symmetry of the test, the exact diameter is almost double (circa 16 cm). Paraautochthonous biofabric. Soghdar. x 1.*
- Fig. 2. — Biofabrique relativement enrichie en B. Soghdar. x 1.
- Fig. 2. — *Relatively enriched in B forms biofabric. Soghdar. x 1.*
- Fig. 3. — Figures de courants sur des tests macrosphériques. Soghdar. x 1.
- Fig. 3. — *Current-controlled deposits with macrospheric forms. Soghdar. x 1.*
- Fig. 4. — Biofabrique allochtone enrichie en A. Soghdar. x 1.
- Fig. 4. — *Allochthonous biofabric relatively enriched in A. Soghdar. x 1.*
- Fig. 5. — Mélange de formes micro- et mégasphériques dont certaines sont incurvées. Soghdar. x 1,8.
- Fig. 5. — *Assemblage of microspheric and megalospheric specimens. Some are curved. Soghdar. x 1,8.*
- Fig. 6. — Biofabrique paraautochtone. Mélange de formes micro- et mégasphériques. Soghdar. x 1.
- Fig. 6. — *Paraautochthonous biofabric. Assemblage of micro- and megalospheric specimens. Soghdar. x 1.*

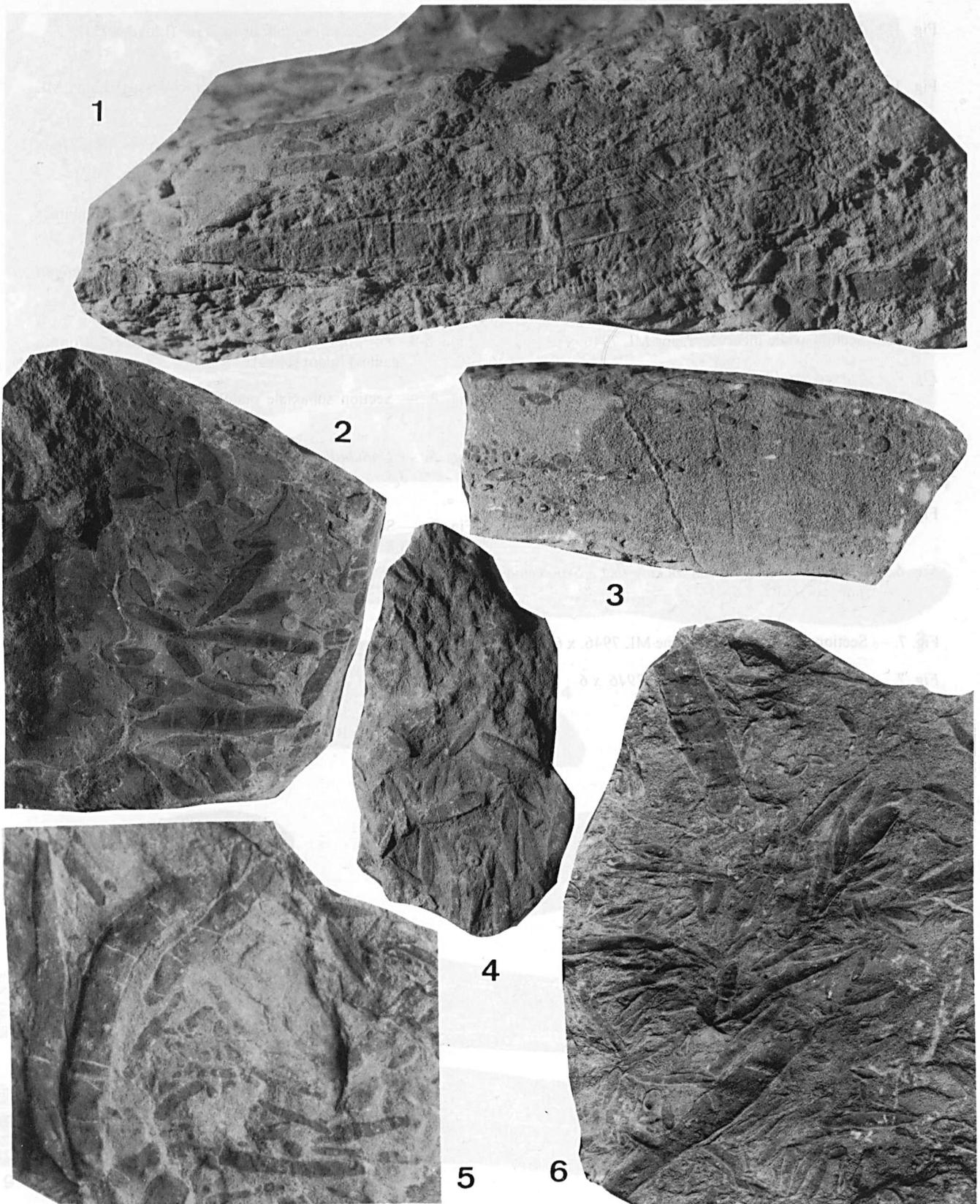
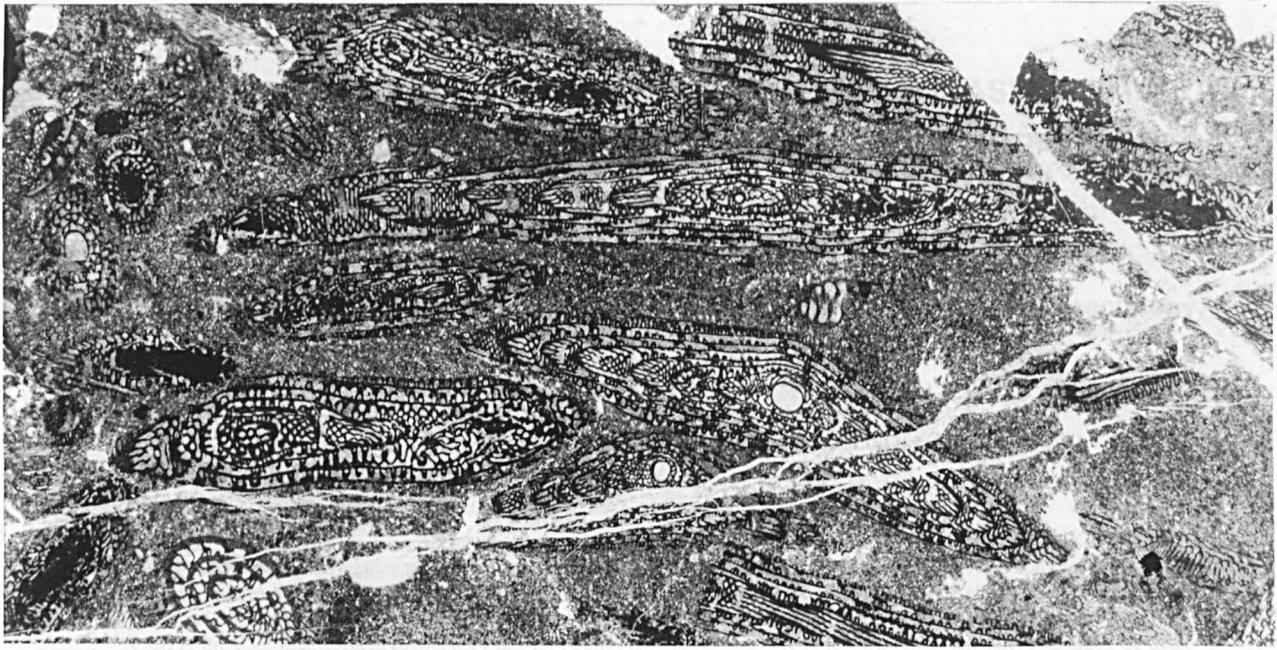


PLANCHE X

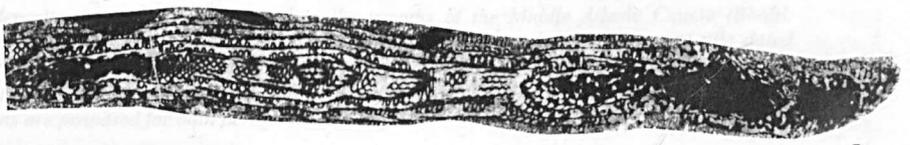
- Fig. 1-2, 4-7. — *Eopolydioxodina afghanensis* (Thompson, 1946).
- Fig. 1. — Section axiale (en bas) avec *E. praecursor* (en haut) et nombreuses autres sections indéterminées. Lame ML 7946. x 6.
- Fig. 1. — Axial section (bottom) with E. praecursor (top) and numerous indeterminate sections of Eopolydioxodina. Slide ML 7946. x 6.*
- Fig. 2. — Section axiale incurvée. Lame ML 7946. x 6.
- Fig. 2. — Curved axial section. Slide ML 7946. x 6.*
- Fig. 4. — Section axiale incurvée. Lame ML 7946. x 6.
- Fig. 4. — Curved axial section. Slide ML 7946. x 6.*
- Fig. 5. — Section axiale arrondie. Lame ML 7946. x 6.
- Fig. 5. — Rounded axial section. Slide ML 7946. x 6.*
- Fig. 6. — Section axiale incomplète ressemblant à une *Skinnerina*. Lame AFGHA 1. x 6.
- Fig. 6. — Incomplete axial section looking like a Skinnerina. Slide AFGHA 1. x 6.*
- Fig. 7. — Section axiale incurvée. Lame ML 7946. x 6.
- Fig. 7. — Curved axial section. Slide ML 7946. x 6.*
- Fig. 1, 3. — *Eopolydioxodina praecursor* (Lloyd, 1953).
- Fig. 1. — Avec *E. afghanensis* (voir ci-dessus) Lame ML 7946. x 6.
- Fig. 1. — With E. afghanensis (see above). Slide ML 7946. x 6.*
- Fig. 3. — Section subaxiale montrant de nombreux tunnels additionnels. Lame ML 7946. x 6.
- Fig. 3. — Subaxial section showing numerous additional tunnels. Slide ML 7946. x 6.*
- Fig. 8-9. — *Eopolydioxodina* "gr. afghanensis" (formes géantes) (giant forms).
- Fig. 8. — Section subaxiale ondulée. Lame Soghdar GL. x 3,5.
- Fig. 8. — Undulate subaxial section. Slide Soghdar GL. x 3,5.*
- Fig. 9. — Section subaxiale incurvée. Lame Soghdar GL. x 3,5.
- Fig. 9. — Curved subaxial section. Slide Soghdar GL. x 3,5.*



1



2



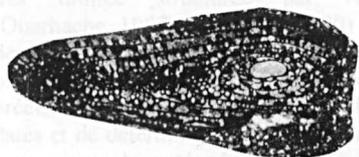
3



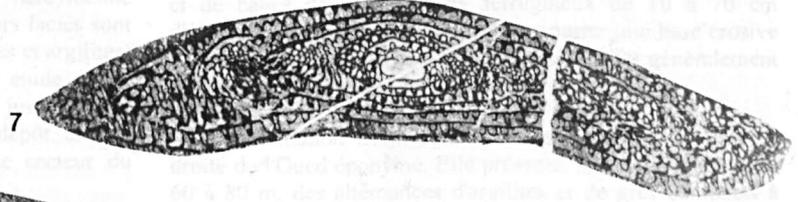
4



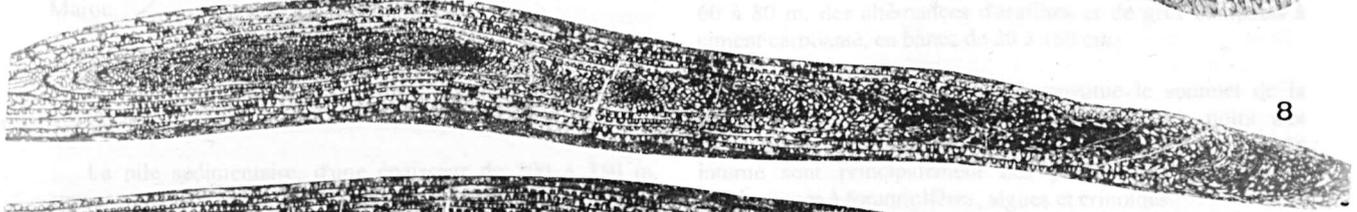
5



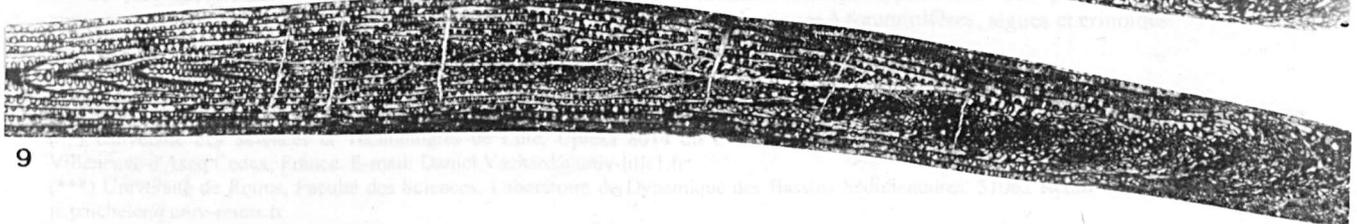
6



7



8



9

LE VISEEN DES BOUTONNIERES DU CAUSSE MOYEN-ATLASIQUE (MAROC) : NOUVELLES DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES, BIOSTRATIGRAPHIQUES ET PALEOGEOGRAPHIQUES

Viséan outcrops of the Middle Atlasic Causse (Morocco): new data on sedimentology, biostratigraphy and paleogeography

par Mostafa BERKHLI (*), Daniel VACHARD (**) et Jean-Claude PAICHELER (***)

Résumé. — Les dépôts marins viséens des boutonnières du Causse Moyen-atlasique (Bhalil, Imouzzet du Kandar et El-Hajeb) reposent en discordance angulaire sur des terrains dévoniens. De nouvelles datations biostratigraphiques, basées sur les foraminifères, les algues et les microproblematica carbonatés, prouvent que seul le Viséen le plus élevé (V3by-V3c) est présent. Le Tournaisien et le Viséen inférieur et moyen font totalement défaut. L'étude sédimentologique des séries du V3by et du V3c, relativement distinctes l'une de l'autre, permet de proposer la reconstitution paléogéographique de deux bassins successifs.

Abstract. — *Viséan marine deposits are rather well-exposed in the troughs of the Middle Atlasic Causse (Bhalil, Imouzzet du Kandar and El-Hajeb). The Devonian substrate is unconformably overlain by a sedimentary pile dated herein as V3by and V3c, by foraminifers, algae and carbonate microproblematica. Tournaisian as well as Early and Middle Viséan deposits are missing. Depositional environments of the V3by and V3c differ from each other, and two paleogeographic reconstructions are proposed for both periods.*

I. — INTRODUCTION

Dans les boutonnières du Causse Moyen-atlasique marocain : Bhalil, Imouzzet du Kandar et El-Hajeb, les dépôts marins du Carbonifère inférieur affleurent sur une superficie très limitée structurée par l'orogénèse hercynienne (Ouarhache, 1987 ; Charrière, 1990) (fig.1). Leurs faciès sont détritiques (olistolithes, conglomérats, grès, siltites et argilites) ou carbonatés (Berkhli, 1999). Le but de notre étude est de préciser la biostratigraphie de ces affleurements jusqu'ici mal datés et de déterminer leurs environnements de dépôt, afin de reconstituer la paléogéographie viséenne de ce secteur du Maroc.

II. — LA BOUTONNIERE DE BHALIL

La pile sédimentaire, d'une épaisseur de 200 à 250 m, apparemment monoclinale, affectée d'un pendage de 15 à 35

N130, a été subdivisée en trois Formations : Aïn Slama, Aïn Roummana et Aïn Hallouf (Berkhli, 1999) (A, fig. 2).

La Formation d'Aïn Slama affleure entre la route de Bhalil-Imouzzet du Kandar et l'Oued Aïn Roummana. Puissante de 80 à 100 m, elle montre une alternance d'argilites et de bancs de grès siliceux ferrugineux de 10 à 70 cm d'épaisseur. Ces grès, qui peuvent comporter une base érosive et des laminations planes ou entrecroisées, sont généralement riches en brachiopodes.

La Formation d'Aïn Roummana est exposée sur la rive droite de l'Oued éponyme. Elle présente, sur une épaisseur de 60 à 80 m, des alternances d'argilites et de grès compacts à ciment carbonaté, en bancs de 20 à 150 cm.

La Formation d'Aïn Hallouf constitue le sommet de la série. Elle se compose de bancs de calcaires noirs très fossilifères et d'argilites noires. Ces calcaires de plate-forme interne sont principalement des packstones néosparitisés, bioclastiques à foraminifères, algues et crinoïdes.

(*) Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences, Département de Géologie, BP 4010, 50000 Meknès, Maroc. E-mail: mberkhli@fsmek.ac.ma

(**) Université des Sciences et Technologies de Lille, Upréa 8014 du CNRS, UFR des Sciences de la Terre, Laboratoire LP 3, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France. E-mail: Daniel.Vachard@univ-lille.fr

(***) Université de Reims, Faculté des Sciences, Laboratoire de Dynamique des Bassins Sédimentaires, 51062 Reims Cedex, France. E-mail: jc.paicheler@univ-reims.fr

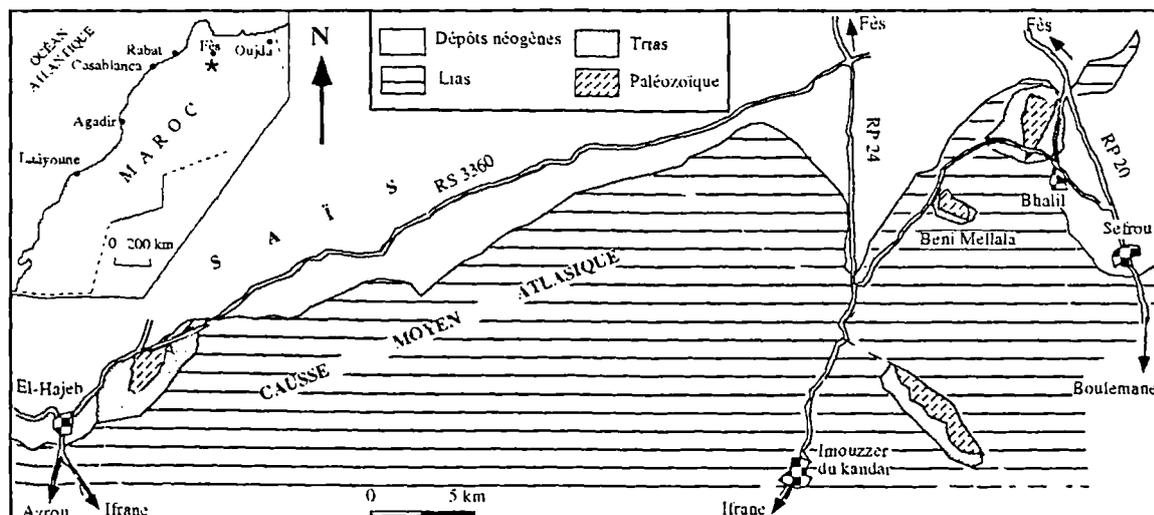


Fig. 1. — Cartes schématiques de localisation. En médaillon : vue générale du Maroc ; étoile noire indique l'emplacement de la région étudiée. Grande carte : vue de détail des boutonnières paléozoïques du Causse Moyen-atlasique (d'après Ouarhache, 1987).

Fig. 1. Location sketch maps. Left above: Main cities of Morocco with a black star indicating the studied area. Below: Map of Paleozoic troughs in the Middle Atlas Causse area (after Ouarhache, 1987).

Le Carbonifère de la boutonnière de Bhalil fut daté par Horon (1954), à l'aide de brachiopodes découverts dans les grès de la colline de Koudiat Shoubat. Ces fossiles indiquaient un âge "viséen très élevé et peut être namurien basal". Charrière (1990) a précisé le contenu fossilifère avec une association de crinoïdes, dasycladales ? (*Koninckopora* sp.) et foraminifères : *Consobrinella* ex gr. *consobrina*, *Koskinotextularia* sp., *Pseudoammodiscus* sp., *Archaediscus* spp. au stade concavus : *A. stilus*, *A. varsanofievae*, *A. ex gr. globosus*, *A. ex gr. grandiculus*, *Forschiinae*, *Valvulinella* sp. Des échantillons, provenant de niveaux calcareux à la base des grès de Koudiat Shouba, lui ont encore fourni *Plectogyranopsis* sp. et *Latiendothyranopsis* sp. Ces assemblages, étudiés par Vieslet, furent donnés comme caractéristiques du Viséen "moyen" (en fait celui des chronozones médio- à supraviséennes V2b-V3a, ou de la biozone "livienne" Cf5, telles que les entendaient Conil et Lys, 1964, puis Conil et al., 1980) ; pour nous, ils correspondent seulement à un Viséen supérieur V3b indifférencié.

En définitive, la boutonnière de Bhalil ne nous a fourni que des associations de foraminifères et d'algues du V3by (Berkhli, 1999). Les premières manifestations carbonatées viséennes, sous forme de grès calcaires bioclastiques (échantillon BH3) à *Koninckopora* sp., *Endothyra* sp., *Eostaffella* sp., *Pseudoendothyra* sp., *Archaediscus* sp., sont déjà attribuables à cette chronozone. L'âge est définitivement établi par le premier niveau richement fossilifère (éch. BH7) (Berkhli, 1999), qui est un calcaire biodétritique sparitique à crinoïdes, foraminifères et algues, dont *Koninckopora inflata* (de Koninck), *K. tenuiramosa* Wood, *K. mortelmansi* Mamet, *Earlandia* spp., *Forschia* sp., *Forschiella* sp., *Pseudoammodiscus* sp., *Omphalotis* sp., *Endothyranopsis crassa* (Brady), *Eostaffella* sp., *Archaediscus* sp. (au stade concavus).

III. — LA BOUTONNIERE D'IMOZZER DU KANDAR

La série du Carbonifère inférieur de cette boutonnière a un pendage de 30 à 50 N70. Forte de 1000 à 1200 m, elle repose en discordance sur des terrains dévoniens et se subdivise en trois Formations : Chaâbat Lahcen, Bou Ouzzou, puis Sidi Bouchâib (Berkhli, 1999) (B, fig. 2).

La Formation de Chaâbat Lahcen est épaisse d'environ 60 m. Elle débute par un conglomérat polygénique à galets de grès, calcaires et phtanites, auquel succèdent des bancs de 50 cm à 3,60 m de calcaires noirs très fossilifères (foraminifères, algues, crinoïdes, orthocères, etc.). Ils sont suivis d'argilites jaunâtres alternant avec des grès à ciment carbonaté (2 à 15 cm) bioturbés, que surmontent des argilites verdâtres (10 m), puis des tempestites calcaires à stratifications mamelonnées, couronnées par des bancs de calcaires noirs bioclastiques à crinoïdes, brachiopodes, foraminifères et algues.

La Formation de Bou Ouzzou (460 m environ) commence par un niveau d'argilites verdâtres (76 m) à olistolithes de calcaires noirs à crinoïdes, conglomérats à galets de calcaires à crinoïdes, et calcaires fins ou bioclastiques. Un niveau argilitique, silteux et gréseux (80 m) de couleur marron lui succède. Ces bancs rythmiques de siltites et de grès présentent parfois des laminations horizontales. Puis vient un conglomérat polygénique chenalisé à galets de quartz, de calcaires, de grès et de phtanites montrant un granoclassement normal ou inverse. Son ciment est silteux. Ensuite on trouve une alternance argilo-silto-gréseuse, que coiffent des argilites verdâtres et des grès siliceux rouges interstratifiés (20 cm à 1,20 m). Cette série passe à un second conglomérat polygénique, chenalisé, à galets de calcaires et de grès, qui est lui-même recouvert par des grès siliceux rouges (20 à 150 cm) et des alternances silto-argileuses.

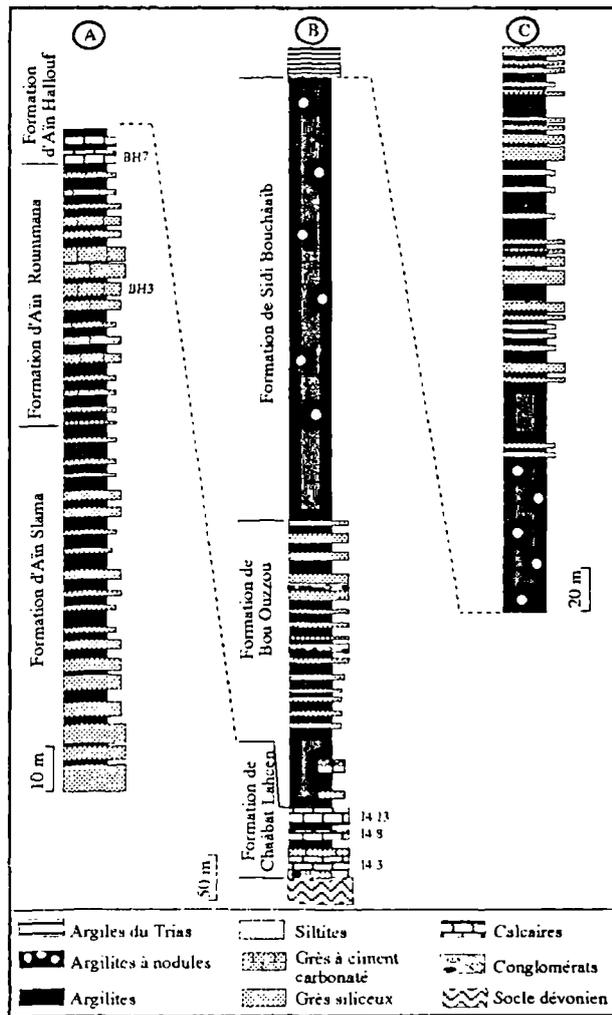


Fig. 2. Coupes lithostratigraphiques synthétiques du Viséen des boutonnières du Causse Moyen-atlasique. A : Bhalil; B : Imouzzer du Kandari; C : El-Hajeb.

Fig. 2. — Viséen lithostratigraphic sections of the Middle Atlas Causse troughs. A: Bhalil; B: Imouzzer du Kandari; C: El-Hajeb.

La Formation de Sidi Bouchaib enfin est une accumulation de 600 m environ d'argilites noires à nodules.

L'âge des termes basaux de la série carbonifère de la boutonnière d'Imouzzer du Kandari était discuté. Charrière (1983) y avait cité des microfossiles déterminés par Vieslet : *Glomodiscus* sp., *Ammarchaediscus* sp., *Rectodiscus* sp. et *Archaediscus stilus involutus* (sic), qui conférait à ces calcaires un âge viséen "inférieur (V2a)". Cependant, des échantillons prélevés par Ouarhache *et al.* (1991) avaient livré des associations comportant notamment *Archaediscus* cf. *infantis* et *Stacheia marginulinoides*, plutôt indicateurs du V3b $\alpha\beta$ (c'est-à-dire de la partie inférieure du Viséen supérieur, également appelée Cf6 $\alpha\beta$, Asbien inférieur ou Wamantien inférieur).

Dans la partie moyenne de la série, une barre grés-carbonatée lumachellique contient des brachiopodes dinantiens (gisement f d'Horon, 1954). Une autre barre gréseuse, au sommet de cet ensemble (gisement g d'Horon), renferme des brachiopodes d'âge viséen supérieur et peut-être

namurien (*in* Charrière, 1990). Dans le reste de la série carbonifère, un niveau lenticulaire de calcaires sableux bioclastiques, situé au quart inférieur de l'ensemble argilitique, a fourni à Charrière une association du Viséen supérieur ("V3b inférieur") déterminée par Vieslet : *Tetrataxis* sp., *Valvulinella* sp., *Endothyra* sp., *Fasciella kizilia* Ivanova, *Archaediscus* sp. (stade *angulatus*), *Archaediscus* spp. (stade *concausus*).

Dans des argilites carbonatées localement fossilifères, situées une quinzaine de mètres plus haut, Hollard (1978) a déterminé une faune de crinoïdes (cf. *Halysiocrinus* ou *Catillocrinus*), de bryozoaires et de brachiopodes : cf. *Schizophoria* sp., *Punctospirifer* ex gr. *scabricosta*, rares Productinae dont cf. *Dictyoclostus* sp., cf. *Antiquatonia* sp., cf. *Plicatifera* sp., ? *Rudinia muricata* (*in* Charrière, 1990).

Bref les données biostratigraphiques étaient assez contradictoires. Un échantillonnage détaillé dans des calcaires grainstones bioclastiques de la Formation Chaâbat Lahcen (Berkhli, 1999) nous a procuré des associations de microfossiles du V3by. Celles-ci sont composées de *Koninckopora tenuiramosa* Wood, K. sp., *Saccaminopsis fusulinaeformis* (McCoy), *Exvotarissella index* (Ehrenberg) Mamet et Roux, *Fourstonella* sp., *Ungdarella uralica* Maslov, *Forschia subangulata* (von Moeller), *Endothyra* spp., *Omphalotis samarica* (Rausser), *Endothyranopsis* ex gr. *crassa* (Brady), E. sp., *Koskinobigenerina prisca* (Lipina), *Loeblichia* sp., *Pseudoendothyra* ex gr. *struvei* (von Moeller), P. sp., *Pseudoammodiscus* sp., *Archaediscus convexus* (Grozdilova et Lebedeva), A. ex gr. *stilus* (Grozdilova et Lebedeva), A. ex gr. *moelleri* (Rausser), A. sp.

IV. — LA BOUTONNIERE D'EL-HAJEB

Les terrains du Carbonifère inférieur atteignent près de 250 m de puissance (C, fig. 2). La série, apparemment monoclinale, a un pendage de 45 à 75 N120. Elle débute par des argilites noires à nodules (70 m) surmontées par des alternances (180 m) d'argilites verdâtres et de grès siliceux (bancs de 10 à 30 cm) riches en débris végétaux. Ces grès peuvent comporter des laminations parallèles et une base ravinante parfois porteuse de figures de courant (flute-casts), témoignant d'un sens d'apport du N30-40 vers le N210-220. Les bancs de grès du sommet sont dépourvus de figures sédimentaires, mais offrent une nette stratocroissance et témoignent d'une progradation et donc d'un comblement du bassin, à la limite Viséen-Namurien (Berkhli, 1999).

Cette série siliciclastique a été datée du Viséen supérieur (Ouarhache, 1987), parce qu'elle contient deux gisements fossilifères à *Posidonomya becheri* Bronn (détermination C. Babin) ; l'un est situé à la base, au point x = 505,85, y = 347,35 et l'autre, vers le sommet, au point x = 506,20, y = 346,90.

Nous avons proposé (Berkhli, 1999) de rattacher cette série au V3c par corrélation séquentielle.

V. — FACIES ET ENVIRONNEMENTS DE DEPOT AU V3By

Les terrains du V3by des boutonnières d'Imouzzer du Kandari et de Bhalil, comprennent : un conglomérat, des

tempestites gréseuses, des tempestites calcaires, des calcaires bioaccumulés et des argilites.

Le conglomérat est constitué de galets de nature et de taille variées, principalement de calcaires, de grès, de quartz et de siltites. Il correspond exactement à ce qu'on appelait autrefois un "conglomérat de base", et souligne la transgression marine qui a envahi la région à cette époque (Berkhli, 1999). Les faciès gréseux, qui devront faire l'objet d'une étude plus détaillée, présentent certains types de dépôts semblables à ceux qui ont été interprétés par Brechley et Newal (1982) comme des accumulations de lobes de tempêtes progradant sur des faciès fins distaux de tempête ou normaux à dominance de vagues. Fondamentalement, ces faciès gréseux impliquent l'existence d'un arrière-pays situé à l'Est, formé de terrains détritiques et d'intrusions magmatiques, et traversé de réseaux fluviaux acheminant les particules vers le bassin.

Les faciès carbonatés sont des calcaires packstones, wackestones, grainstones, floatstones ou rudstones bioclastiques. Ces carbonates bioaccumulés renferment des foraminifères, des algues, des lamellibranches, des brachiopodes et des crinoïdes, ainsi que des lithoclastes, des oolithes à nucléus de quartz, de feldspaths ou de calcaires (ces oolithes sont parfois complètement micritisées), des agrégats d'oolithes et de petits grains de quartz.

Deux ensembles de séquences calcaires se différencient sur le terrain (Berkhli, 1999) :

- Des séquences de calcaires bioaccumulés à franches stratocroissances et stratodécroissances. Leurs surfaces basales nettes, parfois irrégulières, moulent le substrat argilitique. Ces calcaires doivent se situer dans des environnements de plate-forme interne très peu profonds (5 à 10 m) (infratidal supérieur) où l'énergie hydrodynamique est moyenne à forte. Les rudstones correspondent à des dépôts d'avant-récif accumulés par les vagues.

- Des séquences calcaires formées de trois termes : un terme inférieur (calcirudite) à base ravinante, granoclassé et dépourvu de figures sédimentaires ; un terme moyen (calcarénite) à laminations mamelonnées, puis un terme supérieur (calcilutite) sans aucune structure sédimentaire. Ce sont des tempestites calcaires à éléments issus du démantèlement des barres carbonatées et des dépôts grésos-argileux proches des côtes, sous l'action violente des vagues de tempêtes causées par des ouragans ou des moussons (Aigner, 1985 ; Einsele, 1992).

Ces faciès carbonatés montrent l'installation de conditions favorables au développement d'organismes producteurs (foraminifères, algues, etc.), vivant à une faible profondeur, et remaniés par les vagues de tempêtes.

Un modèle de dépôt pour les boutonnières du Causse Moyen-atlasique pendant le V3by est proposé ici (fig. 3).

VI. — FACIES ET ENVIRONNEMENTS DE DEPOT AU V3 C

Les terrains du V3c d'Imouzer du Kandar et d'El-Hajeb présentent les cinq types de faciès sédimentaires suivants : des olistolithes, des conglomérats, des grès, des siltites et des argilites (Berkhli, 1999).

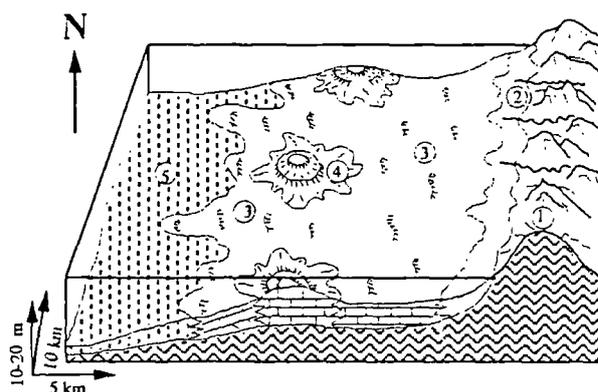


Fig. 3. — Modèle de dépôt des boutonnières du Causse Moyen-atlasique au Viséen supérieur V3by. 1 : arrière-pays; 2 : littoral à dépôts détritiques; 3 : calcaires bioaccumulés et tempestites (calcaires et/ou gréseuses); 4 : bioconstructions calcaires; 5 : argilites.

Fig. 3. — Depositional model of the Middle Atlasic Causse troughs during the Late Viséan V3by. 1: mainland; 2: coastal detrital deposits; 3: limestone and sandy and/or calcareous tempestites; 4: reef limestones; 5: shales.

Les olistolithes métriques, d'âge et de lithologie variables (quartzites dévono-ordoviciennes, conglomérats et calcaires viséens), sont pris dans une abondante matrice argilitique (plus de 80% du volume total). Ils correspondent à des dépôts de "rockfall", en bas d'une pente tectonique ou d'un escarpement de faille, en milieu marin (Dott, 1963 ; Abbate *et al.*, 1970 ; Middleton et Hampton, 1976 ; Einsele, 1992).

Les conglomérats polygéniques, chenalisés, à galets de grès, de calcaires, de phanites d'âge dévono-ordovicien et silurien, sont intercalés dans des alternances argilo-siltogréseuses qu'ils ravinent. Par leur granoclassement inverse puis normal, leurs galets fortement émousés et leur géométrie, ces dépôts font penser à des remplissages de chenaux fluvio-deltaïques (Izart, 1990 ; Berkhli, 1999).

Les grès siliceux fins à grossiers sont de deux types. Les uns rouges, chenalisés, à litage oblique, s'associent aux chenaux à conglomérats fluvio-deltaïques. Il s'agit de dépôts deltaïques, progradant soit sur une plate-forme plus ou moins pentée, soit directement sur le bassin (Izart, 1990 ; Berkhli, 1999). Les autres sont des grès marron qui exposent des séquences turbiditiques de Bouma (1962) plus ou moins complètes, avec un terme basal (Ta) granoclassé, à base ravinante et à figures de courant (flute- et prod-casts), un deuxième terme à laminations planes et parallèles (Tb), puis un terme supérieur d'argilites (Te). Ces séquences, souvent tronquées à leur sommet et/ou à leur base, correspondent à des dépôts de cônes sous-marins profonds (Mutti, 1980, 1985 ; Walker, 1978, 1984 ; Einsele, 1992). Les flute-casts prouvent que les courants turbiditiques allaient du NE vers le SW; et donc que l'arrière-pays était situé au NE ou à l'Est.

Les siltites alternent souvent avec des argilites et font partie de séquences de Bouma tronquées à leur base (Tbe, Tde). Ce sont des dépôts turbiditiques distaux de cônes sous-marins profonds (Walker, 1978, 1984 ; Mutti, 1985 ; Mutti et Normark, 1987). Les argilites verdâtres à noirâtres parfois porteuses de nodules s'apparentent à des dépôts de

décantation de milieux plus calmes et plus distaux (Reineck et Singh, 1980 ; Berkhli, 1993, 1999 ; Berkhli *et al.*, 1999).

Un modèle de dépôt au Viséen terminal V3c est proposé pour les boutonnières du Causse Moyen-atlasique (fig. 4).

VII. — CONCLUSION

Dans l'ensemble des trois boutonnières du Causse Moyen-atlasique, la série du Viséen supérieur, discordante sur les terrains dévoniens, débute par des dépôts carbonatés du V3by datés par des foraminifères, des algues et des microproblematica calcaires. La mer a alors envahi la région, et une plate-forme carbonatée s'est installée. Quatre types de faciès se sont développés (fig. 2-3) : (1) des dépôts détritiques (conglomérats et grès siliceux) de zone littorale ; (2) des calcaires wackestones, packstones, grainstones, floatstones ou rudstones de plate-forme interne peu profonde ; (3) des tempestites calcaires et gréseuses ; et (4) des argilites dans les zones les plus distales.

Au Viséen terminal V3c, la configuration du bassin a été complètement modifiée par un effondrement tectonique (Berkhli, 1999). La plate-forme carbonatée du V3by a été détruite, et une sédimentation détritique grossière s'est imposée. Quatre catégories de faciès dominant (fig. 2, 4) : (1) des olistolithes ; (2) des conglomérats et grès deltaïques ; (3) des grès et siltites turbiditiques de cônes sous-marins profonds ; et (4) des argilites.

Les dépôts argilitiques à nodules du sommet de la série d'Imouzzer du Kandjar et de la base de la série d'El-Hajeb témoignent d'une position plus distale et d'un approfondissement maximal du bassin.

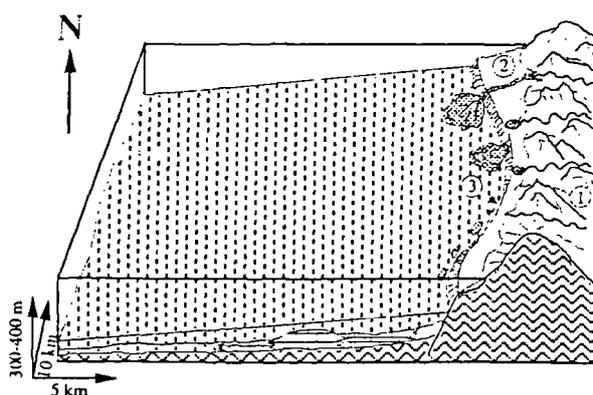


Fig. 4. — Modèle de dépôt des boutonnières du Causse Moyen-atlasique au Viséen terminal V3c. 1 : arrière-pays ; 2 : littoral à dépôts détritiques et deltas progradants ; 3 : bassin à cônes turbiditiques et olistolithes.

Fig. 4. — Depositional model of the Middle Atlas Causse troughs during the Latest Viséan V3c. 1: mainland; 2: coastal detrital deposits; 3: basin with deep sea fan and olistolite deposits.

Au passage du Viséen supérieur au Namurien, la sédimentation est dominée par des dépôts gréseux progradants qui remblaient le bassin.

Remerciements. — Nous adressons nos hommages à Madame Marie-France Perret-Mirouse, de l'Université de Toulouse, qui a relu ce manuscrit avec beaucoup d'attention.

BIBLIOGRAPHIE

- ABBATE E., BORTOLOTTI V. et PASSERINI P. (1970). — Olistostromes and olistolithes. *Sedim. Geol.*, Amsterdam, v. 4, p. 521-557.
- AIGNER T. (1985). — Storm depositional systems dynamic stratigraphy in modern and ancient shallow-marine sequences. *Springer Verlag*, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 174 p.
- BERKHLI M. (1993). — Le Maroc oriental au Carbonifère inférieur (Viséen-Serpoukhovien) : sédimentologie et stratigraphie séquentielle. *Thèse, Université Lille*, France, n° 1127, 284 p. + atlas.
- BERKHLI M. (1999). — Sédimentologie, biostratigraphie et stratigraphie séquentielle du NE de la Méséta occidentale marocaine pendant le Carbonifère inférieur (Viséen-Serpoukhovien). *Thèse d'État, Université Moulay Ismaïl de Meknès*, Maroc, n° 20, 229 p. + 10 pl.
- BERKHLI M., VACHARD D., TAHIRI A. et PAICHELER J.C. (1999). — Stratigraphie séquentielle du Viséen supérieur du bassin de Jerada (Maroc oriental). *Eclogae geologicae Helvetiae*, v. 92, n° 3, p. 285-294.
- BOUMA A. (1962). — Sedimentology of some flysch deposits. *Elsevier*, Amsterdam, 168 p.
- BRENCHLEY P.J. et NEWAL G. (1982). — Storm-influenced inner-shelf sand lobes in the Caradoc (Ordovician) of Shropshire, England. *J. Sediment. Petrol.*, v. 52, p. 1257-1269.
- CHARRIÈRE A. (1983). — Mise en évidence de différents ensembles lithostratigraphiques et structuraux dans le socle du Moyen-Atlas tabulaire (Maroc). *Symp. de Rabat, P.I.C.G.*, n°27, orogène calédonien. *Notes Mémoires Service géologique Maroc*, v. 335, p. 33-44.
- CHARRIÈRE A. (1990). — Héritage hercynien et évolution géodynamique alpine d'une chaîne intracontinentale : le Moyen-Atlas au S.E de Fès (Maroc). *Thèse ès Sciences, Université de Toulouse III*, France, 589 p.
- CONIL R., LONGERSTAEY P.J. et RAMSBOTTOM W.H.C. (1980). — Matériaux pour l'étude micropaléontologique du Dinantien de Grande-Bretagne. *Mémoires Institut géologique, Université Louvain*, Belgique, v. 30, 187 p.
- CONIL R. et LYS M. (1964). — Matériaux pour l'étude micropaléontologique du Dinantien de la Belgique et de la France (Avesnois). *Mémoires Institut géologique, Université Louvain*, Belgique, v. 23, 374 p.
- DOTT H. Jr. (1963). — Dynamics of subaqueous gravity depositional processes. *AAPG Bull.*, v. 47, p. 104-128.
- EINSELE G. (1992). — Sedimentary Basins - Evolution, Facies and Sediment Budget. *Springer - Verlag*, Berlin, Heidelberg, 628 p.
- HOLLARD H. (1978). — L'évolution hercynienne au Maroc. *Zdt. Geol. Ges.*, v. 129, p. 495-512.

- HORON O. (1954). — Note sur la géologie des affleurements de Primaire de la région du Kandar. *Archives Bureau de Recherches et de Participations Minières, Maroc*.
- IZART A. (1990). — Les bassins dévono-carbonifères de la Méséta marocaine, stratigraphie, sédimentologie et paléogéographie. *Thèse d'Habilitation, Université de Bourgogne, Dijon, France, 351 p.*
- MIDDLETON G.V. et HAMPTON M.A. (1976). — Subaqueous sediment transport and deposition by gravity flows, in : Stanley, D.J. et Swift, D.J.P. (eds.) : *Marine sediment transport and environmental management*, Wiley, New York, p. 197-218.
- MUTTI E. (1980). — Turbidites et cônes sous-marins profonds. *ENSPM-CES, Géol. Géophys.* p. 1-66.
- MUTTI E. (1985). — Turbidite systems and their relations to depositional sequences, in : Zuffa G.G. (ed.), *Provenance of arenites. NATO ASI series, Reidel Publishing, Holland*, p. 65-93.
- MUTTI E. et NORMARK W.R. (1987). — Comparing examples of modern and ancient turbidites systems : problems and concepts, in : Legget, J.K. et Zuffa, G.G. (eds.). *Marine clastic sedimentology*, p. 1-38.
- OUARHACHE D. (1987). — Étude géologique dans le Paléozoïque et le Trias de la bordure NW du Causse Moyen-atlasique (S et SW de Fès, Maroc). *Thèse 3e cycle, Université de Toulouse, France, 130 p.*
- OUARHACHE D., BAUDELLOT S., CHARRIÈRE A., PERRET M. F. et VACHARD D. (1991). — Nouvelles datations micropaléontologiques et palynologiques dans le Viséen de la bordure nord-occidentale du Causse Moyen-atlasique (Maroc). *Rev. Géol. Méditer.*, t. 18, n° 12, p. 43-59.
- REINECK H.E. et SINGH I.B. (1980). — *Depositional Sedimentary Environments. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 551 p.*
- WALKER R.G. (1978). — Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans : models for exploration for stratigraphic traps. *AAPG Bull.*, v. 6, p. 932-966.
- WALKER R.G. (1984). — Turbidites and associated coarse clastic deposits, in : Walker, R.G (ed.) : *Facies models. Geoscience Canada, Toronto*, p. 171-188.

Sont en vente au Siège de la Société :

MÉMOIRES (*)

Tome I n° 1. — Ch. BARROIS, <i>Recherches sur le terrain crétacé de l'Angleterre et de l'Irlande</i> , 1876, 232 p.....	51,20 €
n° 2. — P. FRAZER, <i>Géologie de la partie Sud-Est de la Pennsylvanie</i> , 1882, 178 p.....	38,40 €
n° 3. — R. ZEILLER, <i>Mémoire sur la flore houillère des Asturies</i> , 1882, 24 p.....	5,50 €
Tome IV n° 1. — J. GOSSELET, <i>Etudes sur les variations du Spirifer Vemeuilli</i> , 1894, 63 p., 7 pl.....	13,75 €
Tome VI n° 1. — P. BERTRAND, <i>Etude du stipe de l'Adelophyton jutieri</i> , B. Renault, 1907, 38 p., 4 pl.....	13,00 €
n°2. — J. GOSSELET et al., <i>Faune siluro-dévonienne de Liévin</i> , 1912-1920. Fasc. 2.....	51,20 €
n°3. — V.COMMONT, <i>Saint-Acheul et Montières : Notes de Géologie, de Paléontologie et de Préhistoire</i> , 1909, 68 p., 3 pl.....	23,75 €
Tome VII n°1. — P. BERTRAND, <i>Etude des Stipes d'Asterochloena laxa</i> , Stenzel, 1911, 72 p., 6 pl.....	15,55 €
Tome VIII n° 2. — Ed. LEROUX, <i>Le tunnel de l'Ave Maria</i> , 1929, 50 p., 5 pl.....	18,30 €
Tome IX n°1. — G. DUBAR, <i>Etude sur le Lias des Pyrénées françaises</i> , 1925, 332 p., 7 pl.....	65,85 €
n°2. — G. FOURNIER et al., <i>Poissons élastombranches de Denée</i> , 1926, 23 p., 6 pl.....	14,65 €
Tome X n° 2. — J. LAVERDIERE, <i>Terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales</i> , 1931, 132 p., 8 pl.....	27,50 €
Tome XII — D. LEMAITRE, <i>Faune des calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis</i> , 1934, 268 p., 18 pl.....	51,20 €
Tome XIII — P. BRICHE et al., <i>Flore infraliasique du Boulonnais</i> , 1963, 145 p., 11 pl.....	38,40 €
Tome XIV — G. WATERLOT, <i>Les Gigantotraces du Siluro-Dévonien de Liévin</i> , 1966, 23 p., 5 pl.....	13,00 €
Tome XV — J. MANIA, <i>Gestion des Systèmes aquifères. Applications au Nord de la France</i> , 1978, 228 p.....	27,50 €
Tome XVI — A. BOURROZ et al., <i>Essai de synthèse des données acquises dans la gènèse et l'évolution des marqueurs pétrographiques dans les bassins houillers</i> , 1983, 118 p., 10 pl.....	38,10 €

PUBLICATIONS (*)

Publication N° 1. — J. CHOROWICZ, <i>Etude géologique des Dinarides le long de la transversale Split-Karlovac (Yougoslavie)</i>	20,00 €
Publication N° 2. — J. CHARVET, <i>Essai sur un orogène alpin : Géologie des Dinarides au niveau de la transversale de Saravejo (Yougoslavie)</i>	23,00 €
Publication N° 3. — J. ANGELIER, <i>Néotectonique de l'arc égéen</i>	22,00 €
Publication N° 4. — J.J. FLEURY, <i>Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grèce continentale et Péloponnèse du Nord). Evolution d'une plate-forme et d'un bassin dans leur cadre alpin</i>	26,70 €
Publication N° 5. — M. COUSIN, <i>Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie</i>	26,70 €
Publication N° 6. — F. THIEBAULT, <i>L'évolution géodynamique des Héliénides externes en Péloponnèse méridional</i>	28,20 €
Publication N° 7. — P. DEWEVER, <i>Radiolaires du Trias et du Lias de la Téthys</i>	27,50 €
Publication N° 8. — J. FERRIERE, <i>Paléogéographie et tectoniques superposées dans les Héliénides internes : les massifs de l'Othrys et du Pélion (Grèce continentale)</i>	28,20 €
Publication N° 9. — H. MAILLOT, <i>Les Paléoenvironnements de l'Atlantique sud : Apport de la géochimie sédimentaire</i>	20,00 €
Publication N° 10. — Cl. BROUSMICHE, <i>Les Fougères sphénoptériennes du Bassin Houllier Sarro-Lorrain</i>	30,00 €
Publication N° 11. — B. MISTIAEN, <i>Phénomènes récifaux dans le Dévonien d'Afghanistan (Montagnes Centrales). Analyse et systématique des Stromatopores</i>	30,00 €
Publication N° 12. — T. HOLTZAPFFEL, <i>Les minéraux argileux. Préparation, analyses diffractométriques et détermination</i> T.T.C.	13,75 €
Publication N° 13. — J.L. MANSY, <i>Géologie de la Chaîne d'Ormeica des Rocheuses aux plateaux intérieurs (Cordillère Canadienne). Evolution depuis le Précambrien</i>	30,00 €
Publication N° 14. — C. BECK, <i>Géologie de la Chaîne Caraïbe au méridien de Caracas (Venezuela)</i>	19,00 €
Publication N° 15. — J.M. DEGARDIN, <i>Le Silurien des Pyrénées : Biostratigraphie, Paléogéographie</i>	19,00 €
Publication N° 16. — J. SIGAL, <i>Les recherches sur les Foraminifères fossiles en France des environs de 1930 à l'immédiat après-guerre</i> T.T.C.	15,00 €
Publication N° 17. — F. DELAY, <i>Etude et cartographie géologiques du Massif pyrénéen de l'Agly (Fasc. 1 : Evolution tectono-métamorphique ; Fasc. 2 : Traitement informatique des microanalyses chimiques ; Fasc. 3 : Carte géol. en couleurs 1/25000 Massif Agly)</i> T.T.C. (les 3 fasc.)	54,90 €
Publication N° 18. — A. KHATIR, <i>Structuration et déformation progressive au front de l'allochtone ardennais (Nord de la France)</i> T.T.C.	23,00 €
Publication N° 19. — C. LAMOUREUX, <i>Les mylonites des Pyrénées. Classification. Mode de formation. Evolution</i>	23,00 €
Publication N° 20. — G. MAVRIKAS, <i>Evolution Crétacé-Eocène d'une plate-forme carbonatée des Héliénides externes. La plate-forme des Ori Valtou (Massif du Gavrovo), Zone de Gavrovo-Tripolitza (Grèce continentale)</i>	23,00 €
Publication N° 21. — P. BRACQ, <i>Effet d'échelle sur le comportement hydrodynamique et hydrodispersif de l'aquifère crayeux, apport de l'analyse morphostructurale</i>	23,00 €
Publication N° 22. — N. FAGEL, <i>Flux argileux du Néogène au Quaternaire dans l'Océan Indien Nord, mise en évidence et interprétation</i>	23,00 €
Publication N° 23. — G. BUSSON et A. CORNÉE, <i>L'événement océanique anoxique du Cénomanién supérieur-terminal</i>	19,00 €
Publication N° 24. — B. LOUCHE, <i>Limites littorales de la nappe de la Craie dans la région Nord Pas-de Calais. Relations eaux souterraines-eaux superficielles-mer</i>	23,00 €
Publication N° 25. — J. G. BREHERET, <i>L'Aptien et l'Albien de la fosse vocontienne (des bordures au bassin). Evolution de la sédimentation et enseignements sur les événements anoxiques</i>	46,00 €
Publication N° 26. — T. PLETSCHE, <i>Clay minerals in Cretaceous deep-water formations of the Rif and the Betic Cordillera (N. Morocco and S. Spain)</i>	19,00 €
Publication N° 27. — E. VENNIN, <i>Architecture sédimentaire des Bioconstructions permio-carbonifères de l'Oural méridional (Russie)</i>	27,50 €
Publication N° 28. — Actes des 1 ^{ères} journées régionales Nord-Pas-de-Calais du Patrimoine géologique.....	15,00 €
Publication N° 29. — F. LACQUEMENT, <i>L'Ardenne Varisque. Déformation progressive d'un prisme sédimentaire préstructuré ; de l'affleurement au modèle de chaîne</i>	26,70 €
Publication N° 30. — R. PLATEVOET, <i>Diversité des formations pyroclastiques s.l. du strato-volcan du Cantal au Miocène. Elaboration d'une méthodologie de corrélation</i>	26,70 €

Les membres abonnés bénéficient d'une réduction de 20% sur un exemplaire de chacune de ces publications
 Les prix sont augmentés des frais de port et d'emballage quand les volumes ne sont pas pris directement au dépôt.
 (*) Tous les prix sont indiqués hors taxe, sauf indication contraire (T.T.C.).

SOMMAIRE

Tome 9 (2^{me} série), Fascicule 3

parution 2002

	pages
Lahcen ZOUHRI et Eric CARLIER. — L'application de la géostatistique à la compréhension structurale et hydrogéologique de l'aquifère de la Mamora (Maroc).	143
— Th. MALVESY, H. CAPPETTA, D. B. DUTHEIL, O. OTERO et Th. OUDOIRE. — Les collections du Musée d'Histoire Naturelle de Lille. IV. — Poissons Mésozoïques et Cénozoïques (types et figures). .	147
Lahcen ZOUHRI. — Les cartes de niveau géologique : une contribution à l'interprétation des formations hydrogéologiques du Maroc	159
— Daniel VACHARD et Emmanuel BOUYX. — Les <i>Eopolydiexodina</i> géantes (foraminifera, fusulinina) du Permien Moyen d'Afghanistan, remarques préliminaires.	163
Mostafa BERKHLI, Daniel VACHARD et Jean-Claude PAICHELER. — Le Viséen des Boutonniers du Causse Moyen-Atlasique (maroc) : nouvelles données sédimentologiques, biostratigraphiques et paléogéographiques	191

© 2002 Société Géologique du Nord Editeur, Lille

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteurs.

Imprimé en France (Printed in France) .