

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome XCIX

3^{me} trimestre

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

SOCIETE GEOLOGIQUE 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 de ses 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 même auteur, ne peut dépasser le total de 10 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 fascicules 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 en tête des épreuves du bon à tirer.

Cotisations et Abonnements (à la date du 1^{er}-1-1979)

	QUALITE	COTISATION	ABONNEMENT	TOTAL
FRANCE et BENELUX	Personnes physiques (2)	15,00 F	85,00 F	100,00 F
AUTRES PAYS	Personnes physiques	15 00 F	100,00 F	115,00 F

Abonnement des non-membres : FRANCE : 198,00 F — ETRANGER : 228,00 F

Pour tous renseignements et règlements, s'adresser à : Secrétariat S.G.N. Sciences de la Terre,
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex — Tél. 91 92.22 — C.C.P. Lille 5247

ANNALES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE 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. Leur liste figure en fin de fascicule.

Tomes I à LXXXV (manquent I, II, V à IX, XVI, XXII, XXXIV à XXXVI, XXXIX à XLIII, XLV, XLVII à LVIII) 168,00 F.
Tomes LXXXVI et suivants (manque XCI) 186,00 F.

(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 (48,00 F).

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome XCIX

3^{me} trimestre

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1979 —

<i>Président d'Honneur</i>	M. G. WATERLOT
<i>Président</i>	M. J. SOMMÉ
<i>Premier Vice-Président</i>	M. G. SOULIEZ
<i>Vice-Présidents</i>	M. P. CELET
	M. A. DALINVAL
<i>Secrétaire</i>	M. J. MANIA
<i>Secrétaire-Adjoint</i>	M. J.P. COLBEAUX
<i>Directeur de la Publication</i> ..	M ^{me} Paule CORSIN
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Archiviste-Bibliothécaire</i>	M. J.L. MANSY
<i>Conseillers</i>	M ^{lle} D. BRICE
	M. Ch. DELATTRE
	M. M. WATERLOT
	M. J.M. CHARLET
	M. J. PAQUET
	M. J. LEPLAT

A N N A L E S
D E L A
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

Société fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873

Secrétariat : Société Géologique du Nord
Sciences de la Terre, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex
Tél. 91.92.22 — C.C.P. Lille 52-47

Compte rendu de l'activité de la Société

ASSEMBLEE ORDINAIRE DU 5 AVRIL 1979

Présidence de M. J. SOMMÉ, Président

Monsieur le Président fait procéder à l'élection de nouveaux membres :

- M. Pierre COMBES, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Laboratoire de Géologie (C.E.R.G.M.), Place Eugène Bataillon, à 34060 Montpellier, présenté par MM. P. Celet et B. Clément.
- M. Eric FOURCADES, Département de Géotectonique, Laboratoire de Géologie structurale, Tour 26, 1^{er} étage, 4, Place Jussieu, à 75230 Paris Cedex 05, présenté par MM. J. Charvet et B. Clément.
- M^{me} Hélène MANIVIT, Laboratoire de Palynologie et de Matière Organique, B.R.G.M., B.P. 6009, à 45018 Orléans Cedex, présentée par MM. F. Amedro et F. Robaszynski.
- M. Rudiger MORTIER, Heide 75 A, à B-3171 Westmeerbeek (Belgique), présenté par MM. R. Paepe et J. Sommé.

Communication orale

- D. MASSA, R. COQUEL, S. LOBOZIAK et J. TAUGOURDEAU-LANTZ. — Essai de synthèse stratigraphique et palynologique du Carbonifère en Libye occidentale.

Communication écrite

- M.F. PERRET. — Le passage du Mississipien au Pennsylvanien dans les bassins marins pyrénéens : coupures biostratigraphiques ; corrélations.

ASSEMBLEE ORDINAIRE DU 3 MAI 1979

Présidence de M. J. SOMMÉ, Président

En ouvrant la séance, M. J. SOMMÉ commence par procéder à l'élection de nouveaux membres. Ce sont :

- M. Joris F. GEYS, San Moorkensstraat, 24, à B-2600 Berckem (Belgique), présenté par MM. Godefroid et P. Sartenaer.

- M. Dominique MASSA, 6, rue J.J. Rousseau, à 92150 Suresnes, présenté par MM. R. Coquel et S. Loboziak.
M. Claude KLEIN, Université de Paris-Sorbonne, 191, rue Saint-Jacques, à 75005 Paris, présenté par MM. J. Sommé et M. Waterlot.

Communications orales

- L. BELTAN. — Eotrias du Nord-Ouest de Madagascar : étude de quelques poissons dont un est en parturition.
R. MORTIER. — Histoire de la plaine maritime de Wisant (Pas-de-Calais) depuis le début de l'Holocène.
Cl. KLEIN. — Intérêt tectogénétique de la discordance post-calédonienne en Ardenne.

Communication écrite

- J.F. GEYS. — *Heterodiadema lybicum*; a hemicycleroid echinoid from the Maastrichtian of Belgium.

ASSEMBLEE ORDINAIRE DU 7 JUIN 1979

Présidence de M. J. SOMMÉ, Président

La séance est ouverte avec l'élection d'un nouveau membre :

M^{me} Josette TAUGOURDEAU, Université de Paris VI, Laboratoire de Micropaléontologie, Tour 15, 4^e étage, 4, Place Jussieu, à 75230 Paris Cedex 05, présentée par MM. R. Coquel et S. Loboziak.

Monsieur le Président donne ensuite la parole à Monsieur Roland PAEPE, Géologue principal du Service Géologique de Belgique, Professeur à la U.U.B., Secrétaire de l'Union Internationale pour l'Etude du Quaternaire (INQUA), qui présente une conférence intitulée : *Le Quaternaire : problèmes de méthodologie, durée et limites*.

A l'issue de cette conférence, Monsieur le Président fait un exposé sur *La Formation d'Herzele et le Pléistocène moyen marin de la Mer du Nord*, dont la visite de la localité type sera l'un des thèmes de l'excursion du 24 Juin 1979.

EXCURSION DU 24 JUIN 1979

L'excursion qui a eu lieu le Dimanche 24 Juin sous la direction de J. SOMMÉ, a été consacrée à la stratigraphie et à la paléogéographie du Pleistocène moyen et supérieur dans la région franco-belge. Aux membres de la S.G.N. s'était joint un groupe d'étudiants étrangers de l'I.F.A.Q. (International Post-Graduate Training Course on Fundamental and Applied Quaternary Geology, Vrije Universiteit, Brussel).

La visite de la Briqueterie d'Herzele (Nord), en Flandre intérieure, a donné lieu à la présentation de la Formation d'Herzele en tant que nouveau stratotype du Pleistocène moyen marin de la Mer du Nord, avec l'exposé des nouvelles données (paléomorphologiques, sédimentologiques, minéralogiques, paléobotaniques et paléomagnétiques), obtenues par une recherche menée dans le cadre du « Centre for Quaternary Stratigraphy », et des conclusions générales sur l'évolution au cours du Quaternaire du bassin méridional de la Mer du Nord et la formation du Pas-de-Calais.

Après le déjeuner à Wormhout, la visite de la Briqueterie de Warneton (Belgique) a permis d'observer dans la Plaine de la Lys (zone sablo-limoneuse de transition) la séquence-type du Pléistocène supérieur avec à la base, le paléosol interglaciaire éémien et le Complexe du Sol de Warneton (Weichselien ancien).

« »

Essai de synthèse stratigraphique et palynologique du Carbonifère en Libye occidentale

par D. MASSA (*), R. COQUEL (**), S. LOBOZIAK (**) et J. TAUGOURDEAU-LANTZ (***)

(Planches III à VII)

Résumé. — L'étude de la microflore des formations Tahara, M'Rar, Assedjefar, Dem-baba et Tiguentourine du bassin de Rhadamès (Libye occidentale) a permis d'établir, depuis le Dévonien terminal jusque dans le Carbonifère moyen, sept palynozones. Une comparaison est faite avec les travaux de Lanzoni et Magloire (Grand Erg occidental - Sahara algérien) et les principales provinces floristiques.

Abstract. — The study of the microflora from the Tahara, M'Rar, Assedjefar, Dem-baba and Tiguentourine formations of the Rhadames basin (western Libya) allows the recognition of seven palynozones in the interval between uppermost Devonian and middle Carboniferous. The results are compared with those from the western Grand Erg - algerian Sahara (Lanzoni and Magloire) and with the main microfloristic provinces.

Le but de notre travail est de présenter pour le Carbonifère du Sahara oriental, la synthèse des données stratigraphiques et palynologiques. Cette contribution sera en quelque sorte la symétrique du travail de Lanzoni et Magloire (14) relatif au Sahara algérien occidental. On étudiera, *per ascensum*, l'évolution palynologique de la série Carbonifère de Libye occidentale, et ce, du Strunien au Moscovien inférieur.

I. — TRAVAUX GEOLOGIQUES ANTERIEURS RELATIFS AU CARBONIFERE LIBYEN

Le Carbonifère du Fezzan était déjà connu avant la seconde guerre mondiale, par les travaux des géologues italiens (Desio, Borghi, Rossi). A partir de 1945, Menchikoff, Lelubre, puis Freulon et Lefranc effectuaient des observations plus détaillées.

Dix années plus tard, les premières explorations pétrolières donnaient un essor considérable aux recherches géologiques effectuées sur le territoire libyen, mais également en Algérie orientale. L'historique de ces

recherches a été précédemment analysé et une bibliographie complète a été regroupée (24).

On trouvera dans le fascicule sur la Libye du Lexique Stratigraphique International publié en 1960, la définition sommaire des Unités lithostratigraphiques présentes au Fezzan (27).

C'est récemment que deux importantes publications firent notablement progresser la connaissance de ce système.

— En 1974, paraissait, dans les Notes et Mémoires de la Compagnie Française des Pétroles, un ouvrage sur « le Carbonifère de Libye occidentale » (24). Il s'agissait d'une étude stratigraphique et paléontologique. Pour la première fois, était tentée la synthèse des coupes géologiques et des sondages pétroliers du Fezzan, relative aux deux Bassins occidentaux de Libye (Bassins de Rhadamès et de Mourzouk). Cet ouvrage était incomplet, en ce sens que les microfaunes du Carbonifère n'avaient pas été étudiées; de ce fait, certaines des conclusions stratigraphiques restaient incertaines ou peu précises.

— En 1979, paraissait dans la Revue de l'Institut Français du Pétrole (25), l'étude détaillée des microfaunes du Carbonifère de Libye occidentale (Foraminifères, Algues, Aoujgaliides et Calcifoliides). Ainsi pouvaient être définies, en Libye occidentale, douze biozones, du Tournaisien supérieur au Moscovien inférieur.

On peut donc préciser que les bases stratigraphiques du Carbonifère de Libye occidentale se trouvent être maintenant correctement établies: ainsi sera-t-il possible d'intégrer la palynozonation proposée dans un cadre stratigraphique cohérent.

(*) Compagnie Française des Pétroles (Total), 5, rue Michel-Ange, 75781 Paris.

(**) Laboratoire de Paléobotanique, Université de Lille, B.P. 36, 59650 Villeneuve d'Ascq. GRECO 130007/2.

(***) Laboratoire de Micropaléontologie, Université Pierre et Marie Curie, 4, Place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05.

Note présentée le 5 Avril 1979 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 2 Avril 1980.

II. — LES COUPES DE REFERENCE DU CARBONIFERE

Dans l'ouest de la Libye, les sédiments d'âge carbonifère sont présents dans les deux bassins (fig. 1). La définition des coupes de référence a été établie à partir de sondages forés par la Compagnie Française des Pétroles Total (Libye), filiale de la Compagnie Française des Pétroles, ainsi qu'à partir des coupes de terrain (27, 24, 25, 20).

On a reporté la nomenclature stratigraphique et la puissance de ces différentes "unités lithostratigraphiques" sur la fig. 2. On remarquera que dans ce secteur du Fezzan, la puissance du Carbonifère est supérieure à 1.050 m, Strunien inclus. Ce chiffre ne peut être qu'approximatif car la limite Carbonifère/Permien n'est pas établie avec précision en Libye occidentale; en effet, il y a passage progressif entre les Formations Dembaba et Tiguentourine, et les très rares spores présentes dans le tiers inférieur de la Formation Tiguentourine ne sont pas significatives; il n'y existe plus de faciès marins francs (Argilites brun-rouge).

Trois sondages proches (A₁, B₁ et C₁-49) constituent la coupe type. Les zones palynologiques ont été définies à partir de trente-sept carottes réparties plus ou moins régulièrement. En outre, l'étude de divers échantillons provenant de sondages proches, a permis d'obtenir quelques points de contrôle complémentaires (séries d'échantillons "LA" et "TL").

III. — DONNEES PALEO GEOGRAPHIQUES. POSITION RELATIVE DES MASSES CONTINENTALES ET DES BASSINS MARINS

Pour comprendre la richesse en microspores du Carbonifère, il faut prendre en considération l'évolution paléogéographique des bassins mais aussi celle de leurs marges continentales. Les mers du Carbonifère venaient de la Téthys. Elles pénétraient en Libye par de larges golfes localisés entre Hoggar et Tibesti; ces deux massifs étaient alors émergés. Les mers du Carbonifère, à notre sens, ne les ont jamais submergés (24).

C'est à la suite de l'orogénèse calédonienne que se sont constitués au Sahara oriental de très vastes reliefs couverts d'un manteau végétal (21). Ceci explique la richesse en Lycophytes du Devonien sur les bordures des bassins (22) et la richesse en spores (23). Ces très vastes reliefs continentaux se sont maintenus tout au long du Carbonifère. Par conséquent, durant ce système, on retrouve des fragments de Lycophytes transportés par les cours d'eau, tout à la fois dans les zones d'affleurements et dans les carottes de sondages. Les flores ont fait l'objet d'études détaillées de la part de Lejal-Nicol (16, 17, 18).

Durant le Carbonifère, il y a eu par conséquent, pendant quelque quarante millions d'années, une lente évolution des flores dont on retrouvera les micro-

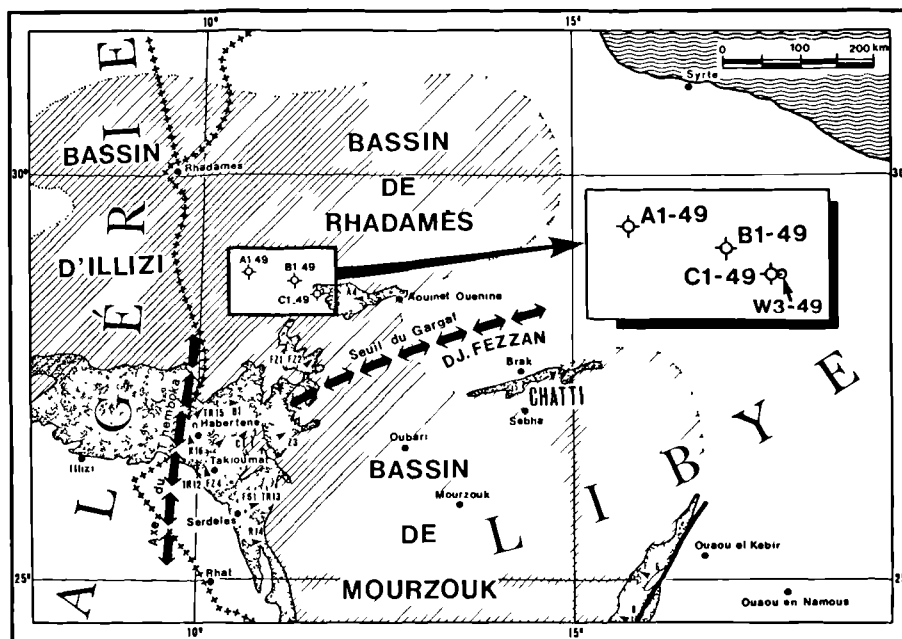


Fig. 1. — Bassins carbonifères (Libye occidentale).

FORMATIONS DÉFINIES	SONDAGES PÉTROLIERS				COUPE GÉOLOGIQUE (FA)	
	A1-49	B1-49	C1-49* W3-49**	AOUINET-OUENINE DEMBABA		
FM. TIGUENTOURINE	726	292	Erodé	?		
	101m	70m				
FM. DEMBABA	827	362	0**	75m		
SUPERIEUR	77m	64m	80**	80m		
INFÉRIEUR	904	426	49m	35m		
	52m	49m				
FM. ASSEDJEFAR	956	475	115**	40m		
SUPERIEUR	42m	39m	153**	38m		
INFÉRIEUR	998	514	248**	95m		
	83m	98m	227*	80m		
FM. M'RAR	1081	612	227*	75m		
UNITES A COLLENIAS	83m	79m	307*	80m		
M'RAR INFÉRIEUR	1164	691	689m	678m		
	±1917	±753m	985*	679m		
FM. TAHARA	Non atteint		1380	55m	57m	
FM. OUENINE A.O. IV	Non atteint		1435	1042*	55m	

Fig. 2. — Nomenclature stratigraphique et "Unités lithostratigraphiques".

spores dans les sédiments internes du bassin, les palynomorphes ayant été transportés tant par les cours d'eau, que par les vents dominants.

IV. — LA BIOZONATION ETABLIE A PARTIR DES MACROFAUNES ET DES MICROFAUNES

Il sortirait du cadre de ce travail de décrire en détail ou de commenter les associations paléontologiques qui ont permis d'établir la biozonation du Carbonifère : nous nous contenterons de reproduire ici (fig. 3) le tableau général des biozones libyennes récemment publié. Il a été établi à partir de riches macrofaunes, principalement Brachiopodes et Gonia-tites (24) et à partir des microfaunes (Foraminifères, Algues, Aoujgaliides et Calcifoliides) (25). Mentionnons quelques points intéressants. Le Tournaisien supérieur (Formation du M'RAR basal) peut dans certains secteurs être discordant sur du Silurien. La biozone 12 du Moscovien est l'ultime terme marin présent. La biozone 13 (zone à *Glomospirella*) semble absente en Libye, mais elle est connue dans le proche bassin algérien d'Illizi.

V. — TRAVAUX PALYNOLOGIQUES ANTERIEURS RELATIFS AU PALEOZOIQUE LIBYEN

Les premières publications palynologiques consacrées au Paléozoïque de Libye sont celle d'Hoffmeister (1959) qui traitait de spores siluriennes et celle de

Wray (1964) qui faisait connaître la richesse exceptionnelle du Paléozoïque libyen en palynomorphes.

En 1973, Richardson et Ioannides étudiaient, à partir de carottes de sondages de la British Petroleum, le Silurien du Bassin de Rhadamès (32).

En 1975, Deunff et Massa (7) tentaient une première brève synthèse stratigraphique et palynologique du Cambro-Ordovicien de Libye occidentale. En 1976, dans un article intitulé « Essai de synthèse stratigraphique et palynologique du Système dévonien en Libye occidentale » (23), Massa et Moreau-Benoît replaçaient dans leur cadre chronostratigraphique, les spores et Chitinozoaires extraits des séquences dévoniennes carottées dans des sondages pétroliers. Onze palynozones pouvaient ainsi être définies, couvrant l'intervalle Dévonien inférieur (Praguien), Couvinien, Givétien, Frasnien, Famennien et Strunien.

Le présent travail constitue, en quelque sorte, le complément de cette dernière étude.

VI. — ETUDE PALYNOLOGIQUE

La série stratigraphique étudiée en palynologie s'étend de la base de la Formation Tahara (B₁-49, carotte 4 et C₁-49, carotte 15) à la partie inférieure de la Formation Tiguentourine (A₁-49, carotte 2).

Dans l'ensemble, la microflore s'est révélée relativement abondante et fort variée. Elle comprend des Acritarches, des Tasmanacées, des spores et des

SYSTEMES	CHARBONS	AMMONOÏDES	SÉRIES MARINES (ETAGES)	NIVEAUX	BIOZONES LIBYENNES	
SILESIEN	WEST-PHALIEN C	A	MOSCOVIEN (pârs)	POST-KACHIRIEN	⑬ Zone à <i>Glomospirella</i>	
				KACHIRIEN	⑫ Zone à <i>Profusulinella cf pseudolibrovichi</i>	
				VÈREÏEN	⑪ Zone à <i>Aljutovella ex gr tikhonovichi</i>	
	WEST-PHALIEN A+B	G2	BACHKIRIEN	BACHKIRIEN SUPÉRIEUR	MÉLÉKESSIEN TCHEREM-CHANIEN	⑩ Zone à <i>Profusulinella cf primitive</i> et <i>Schubertella obscura</i>
				BACHKIRIEN INFÉRIEUR		
	NAMURIEN C	G1	BACHKIRIEN	PRÉKAMIEN	KRASNOPO-LIANIEN	⑧ Zone à <i>Eostaffella cf kennerlei</i> et <i>Eostaffella chomatifera</i>
	NAMURIEN B	R2 R1		SEVÉROKELT-MÉNIEN		
	NAMURIEN A	H	SERPOUKHOVIEN	SERPOUKHOVIEN SUPÉRIEUR	"VERKHNE-PROTVIEN"	⑦ non caractérisée paléontologiquement
				SERPOUKHOVIEN INFÉRIEUR	PROTVIEN	⑥ Zone à <i>Eostaffella</i> et <i>Eosigmolina</i>
					STÉCHEVIEN	⑤ Zone à <i>Calcifolium punctatum</i> et <i>Cravenoceras</i>
TAROSSIEN						
DINANTIEN		P2 P1 B	VISEEN SUPÉRIEUR	V3c supérieur	④ Zone à <i>Goniatites striatus</i> et " <i>Collenia</i> "	
				V3c inférieur		
				V3b γ	③ Zone à <i>Beyrichoceras hodderense</i> et <i>Fluctuaria undata</i>	
				V3b β		
				V3b α		
				V3a β		
				V3a α	② non caractérisée paléontologiquement	
				VISEEN MOYEN		V2b
				VISEEN INFÉRIEUR		V2a
				TOURNAISIEN SUPÉRIEUR	VISEEN INFÉRIEUR	TOURNAISIEN SUPÉRIEUR
V1a						

Fig. 3. — Biozones du Carbonifère libyen (macro.- microfaune).

grains de pollen. A signaler également la présence assez abondante de Scolécodontes, ainsi que celle de Chitinozoaires dans la Formation Tahara.

A) ANALYSE QUANTITATIVE ET ZONATION

Chaque échantillon a fait l'objet d'un comptage portant sur un minimum de 500 individus, ce qui nous a donné la possibilité de connaître à la fois l'extension

verticale des microfossiles les plus caractéristiques et leur représentation quantitative.

Plusieurs espèces rencontrées ne figurent pas, à notre connaissance, dans la littérature. Leur classification demandera un examen plus approfondi.

Les microspores les plus fréquemment rencontrées appartiennent aux genres *Calamospora* Schopf, Wilson et Bentall, *Punctatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp,

Apiculiretusispora Streel, *Verrucosporites* (Ibrahim) Smith et coll., *Verruciretusispora* Owens, *Densosporites* (Berry) Butterworth et coll., *Stenozonotriletes* (Naumova) Potonié, *Grandispora* (Hoffmeister, Staplin et Malloy) Neves et Owens, *Spelaeotriletes* Neves et Owens, *Rugospora* Neves et Owens et *Auroraspora* Hoffmeister, Staplin et Malloy qui sont des genres de spores trilètes. Dans la partie moyenne apparaissent les premiers grains de pollen avec les genres *Schulzospora* Kosanke, *Potoniopsisporites* Bharadwaj, *Schopfipollenites* Potonié et Kremp et quelques très rares *Florinites* Schopf, Wilson et Bentall. Enfin, dans la zone supérieure, quelques spores monolètes et grains de pollen striés sont identifiés.

Toutes ces microspores n'ont pas la même valeur stratigraphique, soit parce que leur fuseau d'extension verticale ne présente aucune variation notable dans la série stratigraphique considérée, soit parce qu'elles sont trop peu connues, trop peu nombreuses ou encore insuffisamment définies.

Les fig. 4 et 5 donnent l'extension des taxons qui nous semblent les plus significatifs pour l'établissement d'une zonation biostratigraphique.

La succession des faits les plus notables permet de dégager, depuis le Dévonien terminal jusqu'au Carbonifère moyen, sept palynozones successives, numérotées de bas en haut de XI à XVII (fig. 4 et 5) (*).

a) Famennien terminal, Strunien.

Famennien terminal et Strunien correspondent à B₁-49, carottes 4 et 3, C₁-49, carottes 15 à 10 et aux échantillons LA 746-04 à 08, 10 et 11. Ils sont caractérisés par la présence de *Spelaeotriletes lepidophytus* (Kedo) Streel qui a permis de définir la Palynozone XI (Formation Tahara). Sa limite inférieure a été définie par Massa et Moreau-Benoît (23) comme étant la base de la biozone à *S. lepidophytus*.

Par suite de fortes variations quantitatives verticales, deux sous-zones ont pu être établies :

— Une sous-zone inférieure (XI a) marquée par la prédominance de *S. lepidophytus*, *Endosporites micromanifestus* Hacquebard, *Verruciretusispora magna* (McGregor) Owens, *Verruciretusispora (Hymenozonotriletes) famenensis* Kedo nov. comb., *Pustulatisporites gibberosus* (Hacquebard) Playford et *Dictyotriletes fimbriatus* (Winslow) Kaiser. Y figurent également *Emphanisporites* cf. *rotatus*, *Lophozonotriletes rarituberculatus* (Luber) Kedo, ainsi que quelques mégaspores à *gula* appartenant au genre *Lagenicula* (Bennie et Kidston) Potonié et Kremp.

Le phytoplancton est peu abondant et sans grande variété (Tasmanacées : *Tasmanites* sp., *Maranhites* sp. ;

Acritarches : *Gorgonisphaeridium winslowii* Staplin, Jansonius et Pocock, *Veryachium* sp. ; *Stellinium octoaster* (Staplin) Jardiné et al... Les derniers Chitinozoaires ont également été observés (*Lagenochitina saacensis* Grignani et Mantovani, *Sphaerochitina* sp...).

Une sous-zone supérieure (XI b) dont la limite inférieure est caractérisée par la très nette régression de *S. lepidophytus*, *E. micromanifestus*, *V. magna* et *V. famenensis*. On y note l'apparition de *Apiculiretusispora (Anapiculatisporites) semisenta* Playford nov. comb., *Grandispora baltea* Playford, *Cristatisporites* spp.

b) Tournaisien supérieur : Biozone 1 à *Fusella* et *Muensteroceras*.

Le Tournaisien supérieur correspond à C₁-49, carottes 9 à 1 et aux échantillons LA 740-1 et 2 et TL 6. Il constitue un ensemble palynologique homogène (Palynozone XII). Sa base est marquée par l'apparition d'un nombre important de formes : *Vallatisporites vallatus* Hacquebard, *Vallatisporites* sp. A, *Spelaeotriletes pretiosus* (Playford) Neves et Belt, *Densosporites variomarginatus* Playford, *Radiizonates genuinus* (Juschko) Loboziak et Alpern, *Cirratiradites elegans* (Waltz) Potonié et Kremp et *Colatisporites denticulatus-decorus* (ces deux derniers taxons prenant assez rapidement des proportions supérieures à 1 %), par une présence plus soutenue de *A. semisenta*, par un appauvrissement de *D. fimbriatus* et *Knoxisporites literatus-pristinus*. Quelques très rares *S. lepidophytus* ont été identifiées à l'extrême base de la Formation M'Rar (carotte 8 de C₁-49), il s'agit très probablement de formes remaniées.

Vers le milieu du Tournaisien supérieur apparaissent les premières *Diatomozonotriletes fragilis* Clayton.

L'association de *V. vallatus* avec *S. pretiosus* est le fait caractéristique observé dans ce Tournaisien. Dans aucun des échantillons examinés, ces deux microspores n'atteignent des proportions élevées, cependant leur présence constitue un bon critère de reconnaissance du Tournaisien supérieur.

c) Viséen : Biozone 3 à *Beyrichoceras hodderense* et *Fluctuaria undata* et Biozone 4 à *Goniatites striatus* et *Collenia*.

Le Viséen correspond à A₁-49, carottes 13 à 19 et B₁-49, carottes 1 et 2, et aux échantillons LA 740-3, 10 et 11, LA 746-02, TL 2, TL3.

Il comprend trois associations palynologiques distinctes (Palynozones XIII, XIV et XV).

— Palynozone XIII.

Cette palynozone correspond à la carotte 2 de B₁-49 et aux échantillons LA 746-02 et LA 740-3. Ses limites inférieure et supérieure ne peuvent être situées avec précision étant donné le peu d'échantillons recueillis dans cette portion de la coupe.

(*) Ce travail faisant suite aux études palynologiques réalisées par Massa et Moreau-Benoît (23) sur le Dévonien du même bassin, nous avons, par souci d'homogénéité, poursuivi la numérotation des zones palynologiques employée par ces auteurs.

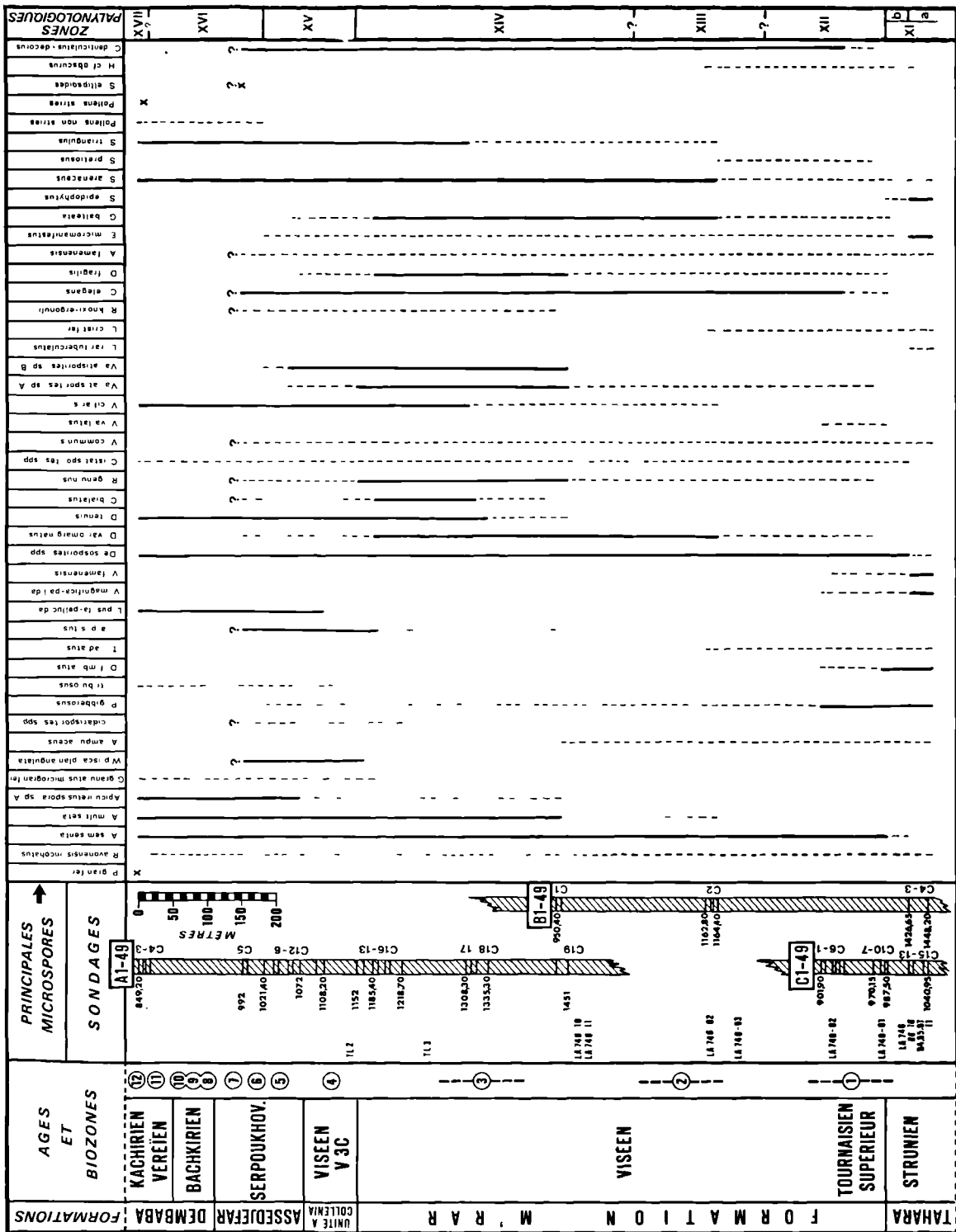


Fig. 4. — Extension verticale des principaux taxons.

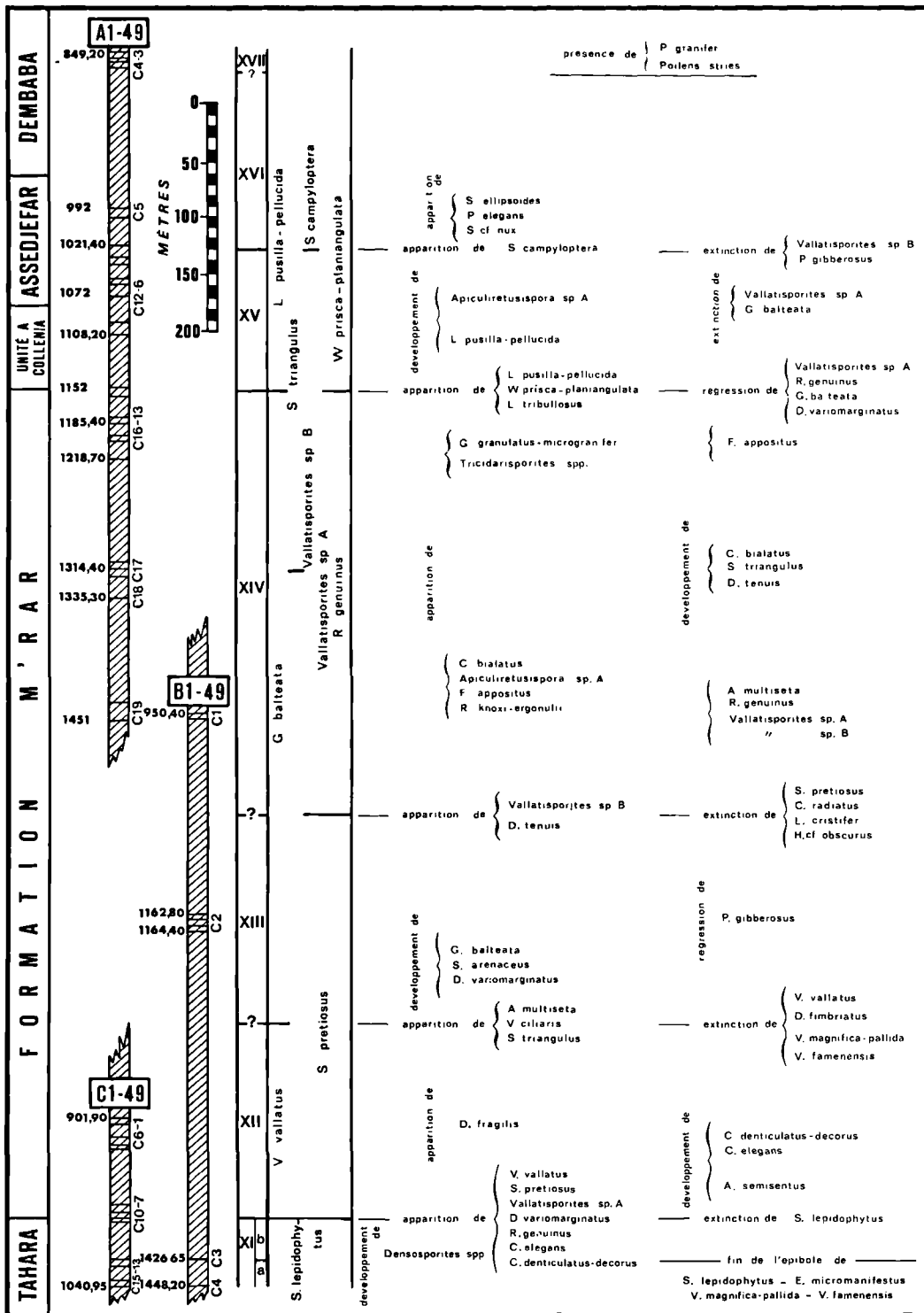


Fig. 5. — Zonation palynologique.

Il faut y noter les premiers individus de *Apiculiretusispora multiseta* (Luber) Butterworth et Spinner, *Vallatisporites ciliaris* (Luber) Sullivan et *Spelaeotriletes triangulus* Neves et Owens (un seul exemplaire), l'abondance de *G. balteata* (qui atteint des proportions pouvant dépasser les 30 %), *Spelaeotriletes arenaceus* Neves et Owens et *D. variomarginatus*, ainsi que la très nette régression de *P. gibberosus*. Plusieurs espèces, qui figuraient dans des zones sous-jacentes, n'y sont plus représentées. C'est le cas notamment de *V. vallatus*, *D. fimbriatus*, *V. magnifica* et *V. famenensis*.

— Palynozone XIV.

Cette palynozone correspond à B₁-49, carotte 1, à A₁-49, carottes 19 à 13, et aux échantillons LA 740-10 et 11 et TL 3. Sa base se situe entre l'échantillon à 1.162,80 m de la carotte 2 de B₁-49 et celui à 954 m de la carotte 1 (= 208,80 m de terrain non carotté). C'est pourquoi la transition est assez brutale entre cette zone et la zone inférieure.

Si *G. balteata* et, à un degré moindre, *D. variomarginatus* et *S. arenaceus* s'y maintiennent en pourcentages élevés, quelques espèces, peu ou pas représentées auparavant, apparaissent dans le groupe des microspores principales. Parmi ces espèces, citons : *Vallatisporites* sp. A et sp. B, *R. genuinus*, *Densosporites tenuis* Hoffmeister, Staplin et Malloy, *A. multiseta* et *D. fragilis*, *Retusotriletes avonensis* Playford et *R. golatensis* Staplin. Les *Lophozonotriletes* (Naumova) Potonié deviennent plus rares. *S. pretiosus* ne s'y trouve plus, de même que *Trachytriletes radiatus* (Juschko) Kedo, *Lophozonotriletes cristifer* (Luber) Kedo et *Hytricosporites obscurus* qui figuraient dans le cortège des spores accessoires des zones inférieures.

Un certain nombre d'espèces font leur apparition dans cette zone. C'est le cas de *Cingulizonates bia'atus* (Waltz) Smith et Butterworth, *Apiculiretusispora* sp. A, *Foveosporites appositus* Playford, *Rotaspora knoxi* Butterworth et Williams et *Rotaspora ergonulii* (Agrali) Sullivan et Marshall dans la partie inférieure, de *Granulatisporites granulatus-microgranifer* et des *Tricidarisporites* spp. dans la partie supérieure.

Vers le sommet, trois espèces atteignent le stade de la spore principale : *S. triangulus* et surtout *V. ciliaris* à partir de l'échantillon à 1.308,30 m de la carotte 17, ainsi que *F. appositus* à partir de l'échantillon à 1.193,15 m de la carotte 15 (sondage A₁-49).

— Palynozone XV.

Cette palynozone débute dans le Viséen terminal (A₁-49, carotte 13 et échantillon TL 2) et se poursuit dans le Serpoukhovien.

Dans le Viséen terminal (unité à *Collenia*), des changements palynologiques importants se produisent : apparition de *Lycospora pusilla* (Ibrahim) Potonié et Kremp et *L. pellucida* (Wicher) Schopf, Wilson et Bentall et des *Waltzispora* Staplin, forte régression de *D. variomarginatus*, *R. genuinus*, *G. balteata* et *Vallatisporites* sp. A.

d) **Serpoukhovien** : Biozone 5 à *Calcifolium punctatum* et *Cravenoceras* et Biozone 6 à *Eostaffellina* et *Eosigmoilina*.

Le Serpoukhovien a été étudié dans les carottes 5 à 12 de A₁-49.

Les modifications qualitatives et quantitatives de la microflore mises en évidence dans le Viséen terminal sont ici bien nettes. *L. pusilla-pellucida* deviennent rapidement prédominantes, *V. ciliaris* devient plus abondante, il en va de même pour *S. triangulus* et les espèces à cônes et épines appartenant aux genres *Apiculiretusispora*, *Anaplanisporites* Jansonius et *Acanthotriletes* (Naumova) Potonié et Kremp. Les genres à pseudo-sac *Auroraspora* et *Rugospora*, qui avaient nettement régressé dans le Tournaisien supérieur et le Viséen, marquent ici un net renouveau. Par contre, *Vallatisporites* sp. B disparaît.

Dans les carottes 5 et 6 de A₁-49 (Palynozone XVI), de nouvelles formes sont identifiées : il s'agit des premiers grains de pollen [*Schulzospora campyloptera* (Waltz) Hoffmeister, Staplin et Malloy, *Potonieisporites elegans* (Wilson et Kosanke) Wilson et Venkatachala, *Schopfpollenites ellipsoïdes* (Ibrahim) Potonié et Kremp et cf. *Florinites*].

e) **Bachkirien** : Biozone 8 à *Eostaffella* cf. *kanmerai* et *Eostaffella chomatifera*, Biozone 9 à *Pseudostaffella antiqua*, Biozone 10 à *Profusulinella* cf. *primitiva* et *Schubertella obscura*.

Épais d'une cinquantaine de mètres, il n'a pas été carotté.

f) **Moscovien inférieur** : Biozone 11 à *Aljutovella* ex gr. *tikhonovichi* et Biozone 12 à *Profusulinella* cf. *pseudolibrovichi*.

Le Moscovien inférieur correspond à A₁-49 (carottes 3 et 4) : il représente notre palynozone XVII.

Par la pauvreté qualitative et quantitative de sa microflore, il se distingue aisément du Serpoukhovien.

Les principales formes reconnues sont : *L. pusilla-pellucida*, *Punctatisporites* spp., *Retusotriletes* cf. *incohatas*, *V. ciliaris*, *S. arenaceus*, *S. campyloptera*.

Nous y avons identifié quelques formes classiques du Westphalien moyen et supérieur d'Europe occidentale [*Laevigatosporites vulgaris* (Ibrahim) Alpern et Doubinger, *Torispora securis* (Balme) Alpern, Doubinger et Horst, *Punctatosporites granifer* Potonié et Kremp], mais également des pollens monosaccates et disaccates observés habituellement dans le Permien et le Trias (*Nuskosporites dulhunji* Potonié et Klaus, *Vestigisporites* sp., *Striatopodocarpites* sp...).

Signalons également la présence de nombreux débris de thalles et d'éléments de toute évidence

remaniés (Chitinozoaires, *Maranhites*, *Verruciretusispora*...).

Quant aux échantillons de la Formation Tiguentourine (A₁-49, carotte 2), leur très grande pauvreté palynologique ne permet pas de définir une association sporologique.

B) ETUDE COMPARATIVE

En 1969, Lanzoni et Magloire (14) ont publié une étude palynologique sur le passage du Dévonien supérieur au Carbonifère inférieur dans la région du Grand Erg occidental (Sahara algérien) dans laquelle figure une zonation composée de dix associations calées sur l'échelle stratigraphique internationale.

Ces associations, numérotées de bas en haut, L7 à L10 puis M2 à M7, sont groupées dans quatre ensembles (biozones pour les auteurs) qui sont de la base au sommet :

— L7 à L10, la biozone à *Hymenozonotriletes lepidophytus*,

— M2 à M3, la biozone à *Convolutispora*,

— M4 à M5, la biozone à spore monolète zonale n° 2.874,

— M6 à M7, la biozone à *Densosporites* et *Verrucosporites*.

Nous nous proposons ici de confronter nos résultats à cette zonation, qui est à notre connaissance, unique pour le Carbonifère d'Afrique du Nord, de manière à dégager les principaux points de similitude et apporter à ce travail un complément d'information stratigraphique et paléogéographique.

Une première concordance se révèle entre notre Palynozone XI et la biozone à *Hymenozonotriletes lepidophytus* (L7 à L10), à l'exception sans doute de sa partie la plus inférieure. Cette corrélation est basée sur la présence commune de *S. lepidophytus* qui est une espèce fort bien connue, à représentation géographique très large et dont l'extension verticale couvre l'intervalle Fa2d-Tn1a à partie inférieure de Tn1b (34).

V. magnifica-pallida, *V. famenensis* et *P. gibberosus*, relativement bien représentées dans notre Palynozone XI, et plus particulièrement dans la sous-zone XIa, n'ont par contre pas été signalées par Lanzoni et Magloire.

Une seconde concordance apparaît entre nos Palynozones XIII et XIV et la biozone à spore monolète zonale n° 2.874 (M4 + M5) appartenant au Viséen inférieur à Viséen supérieur. Elle est fondée sur l'abondance de *G. balteata* = spore monolète zonale n° 2.874 dans Lanzoni et Magloire et de *D. vario-marginatus* = *Murospora* cf. *aurita* n° 2.894.

La limite Tournaisien-Viséen se situerait donc, dans le bassin de Rhadamès, à la base de la Palynozone XIII, c'est-à-dire entre la carotte 1 de C₁-49 et la carotte 2 de B₁-49.

Enfin, un troisième point de similitude peut être établi entre l'extrême sommet de notre zone XIV plus la partie inférieure de la zone XV et la biozone à *Densosporites* et *Verrucosporites* (M6 + M7) datée Viséen supérieur.

Bien qu'aucune *Lycospora* n'ait été notée en Algérie, cette concordance peut se justifier par la présence dans M6 de *Vallatisporites* sp. A = *Vallatisporites* sp. n° 3.324 et, dans M7, de *Vallatisporites* sp. B = ? *Hymenozonotriletes* sp. n° 2.900 qui, en Libye, présentent toutefois une extension verticale nettement plus importante.

Au niveau du Tournaisien, aucun point de convergence n'a pu être établi. Les espèces qui caractérisent notre Palynozone XII (*V. vallatus*, *S. pretiosus* et *V. gibberosus* en particulier) n'ont pas été identifiées dans le Sahara algérien. Il semblerait donc que cette Palynozone XII, qui correspond au Tournaisien supérieur (Tn3) ne soit pas présente dans le secteur d'étude de Lanzoni et Magloire.

Dans le Grand Erg occidental, le Tournaisien est représenté par la biozone à *Convolutispora* (M2 + M3), caractérisé par l'apparition et une fréquence maximale d'*Endosporites macromanifestus* n° 3.219, *E. micromanifestus* n° 3.289, *Vallatisporites* cf. *banffensis* n° 3.891 et *V. cf. splendens* n° 2.930. Une telle association n'a pas été mise en évidence en Libye où les *Endosporites* Wilson et Coe ne sont abondantes que dans la sous-zone XIa pour être ensuite très rares, alors que les *Vallatisporites* Hacquebard ne deviennent fréquentes qu'à partir de la Palynozone XIV.

VII. — REMARQUES SUR LES ASSEMBLAGES DU CARBONIFERE

Ces premiers résultats d'ensemble sur le Carbonifère d'Afrique du Nord nous amènent tout naturellement à quelques essais de comparaisons avec les données acquises dans d'autres régions. Bien que délicates à réaliser, ces comparaisons nous permettent cependant d'émettre quelques remarques sur les assemblages d'Afrique du Nord.

a) Limite Dévono-Carbonifère.

Les nombreux travaux palynologiques qui ont eu pour cadre stratigraphique les couches de passage du Dévonien au Carbonifère ont mis en évidence la présence de *S. lepidophytus*, espèce à grande extension géographique et dont l'extinction semble pourtant se produire au cours d'une brève et même période (sommet de Tn1a à partie inférieure de Tn1b).

Relativement bien représentée dans la partie inférieure de la Formation Tahara, cette espèce décline très rapidement dans sa partie supérieure et disparaît.

Nous notons cependant une particularité dans le bassin étudié ici. Elle concerne l'importance numérique de *E. micromanifestus* et des différentes espèces de *Verruciretusispora* dans la sous-zone XIa.

b) Tournaisien.

Bien que très incomplet, le Tournaisien examiné montre une microflore contenant *V. vallatus*, *S. pretiosus* et *P. gibberosus*, qui sont les principales espèces caractéristiques de la "Vallatisporites suite" de Sullivan (36). Des assemblages similaires ont également été reconnus dans l'Horton Group au Canada (29), ainsi que dans le Tournaisien moyen et supérieur de Grande-Bretagne (4) et de Biélorussie (11).

c) Viséen-Serpoukhovien.

Malgré certaines analogies avec la "Grandispora suite" de Sullivan (36), la microflore identifiée au cours de ce travail, se démarque nettement des associations palynologiques de même âge jusqu'ici étudiées. Le genre *Tripartites* (Schemel) Potonié et Kremp qui montre une grande diversification en Europe occidentale (4), de même que les genres *Chaetosphaerites* (Félix) et *Triquitrites* (Wilson et Coe) Potonié et Kremp n'ont pas été reconnus ici.

Quant à *L. pusilla-pellucida* dont l'apparition se situe en Europe occidentale (4), en Biélorussie (12), au Spitsberg (28)... dans les environs immédiats de la limite Tournaisien-Viséen, elles n'ont été identifiées ici, qu'à partir du sommet de la Formation M'Rar (unité à *Collenia*). L'arrivée tardive, dans le bassin de Rhadamès mais également dans le Grand Erg occidental de ces espèces, issues de strobiles de Lépidodendracées, soulève un problème important concernant le développement de la flore à Lycophytes.

Lejal-Nicol (15), en conclusion d'un travail sur les Lycophytes du Viséen et du Namurien du bassin de Fort-Polignac, écrit (p. 76) : « L'analogie de cette flore avec celle de l'Europe et de l'Amérique du Nord à la même époque nous confirme le grand développement des Lycophytes qui sont apparues dès le Dévonien inférieur en Lybie, se sont différenciées et développées en Afrique du Nord, pour migrer ensuite dans les autres terres émergées du globe ».

Ceci ne semble pas devoir s'appliquer à l'ensemble de la famille des Lépidodendracées. La présence en

Eurasie de *L. pusilla-pellucida* à la limite Tournaisien-Viséen indique que le processus de colonisation y a débuté plus tôt qu'en Afrique du Nord.

D'autres microspores, connues en Europe dès le Viséen, telles que *Schulzospora* et *Potonieisporites*, n'ont été reconnues qu'à partir du Serpoukhovien.

Signalons encore que certaines spores (*Vallatisporites* sp. A et sp. B) n'ont jusqu'ici été identifiées que dans les pays suivants : Niger (19), Algérie (14), Libye (présent travail) et Iran (5). Elles témoignent d'une certaine originalité de la province paléogéographique à laquelle appartenait cette microflore d'Afrique du Nord.

d) Moscovien.

Malgré le peu d'échantillons positifs, quatre remarques s'imposent :

— la persistance de *V. ciliaris*, *S. arenaceus* et *S. campyloptera*,

— la très grande pauvreté en *P. granifer*, *T. securis* et *L. vulgaris*, spores monolètes classiques des assemblages du Westphalien moyen et supérieur d'Europe,

— l'absence des *Vestispora* (Wilson et Hoffmeister) Wilson et Venkatachala,

— la présence de pollens monosaccates et disaccates caractéristiques de l'intervalle Permien-Trias et qui, ici, débutent nettement plus tôt dans la série.

Ces quatre remarques montrent à nouveau l'originalité floristique de cette région.

En résumé, si du Famennien terminal au Tournaisien, les associations palynologiques établies en Afrique du Nord peuvent aisément se corréler avec les assemblages connus ailleurs dans le monde, il n'en va pas de même au Viséen, au Serpoukhovien et au Moscovien. Les phénomènes de provincialisme sont particulièrement accusés dans cette région, où les influences gondwaniennes sont nettement marquées dans la microflore.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) AGRALI B. et KONYALI Y. (1969). — Etude des microspores du bassin carbonifère d'Amasra (I-II). *Bull. Min. Res. Expl. Inst. of Turkey*, n° 73, p. 45-132.
- 2) BYVSHEVA T.V. (1974). — Zonation of the Tournaisian, lower and middle Viséan Deposits of the Volga-Urals region on the basis of spore analysis. *Akad. Nauk. S.S.S.R.*, p. 100-105 (texte en russe, résumé en anglais).
- 3) CANDILIER A.M. (1977). — Etude palynologique du Dévonien terminal et du Carbonifère inférieur du bassin d'Illizi (Fort-Polignac) Algérie. *D.E.A. Lille*.
- 4) CLAYTON G., COQUEL R., DOUBINGER J., GUEINN K.J., LOBOZIAK S., OWENS B. et STREEL M. (1977). — Carboniferous miospores of western Europe : illustration and zonation. *Med. Rijks Geol. dienst*, vol. 29, p. 1-71.

- 5) COQUEL R., LOBOZIAK S., STAMPFLI G. et STAMPFLI-VUILLE B. (1977). — Palynologie du Dévonien supérieur et du Carbonifère inférieur dans l'Elburz oriental (Iran Nord-Est). *Rev. Micropaléontologie*, vol. 20, n° 2, p. 59-71.
- 6) DEL RIO M. (1973). — Palinologia di un livello "Permo-Carbonifero" del bacino di San Giorgio (Iglesiente, Sardegna sud occidentale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 92, p. 485-494.
- 7) DEUNFF J. et MASSA D. (1975). — Palynologie et Stratigraphie du Cambro-Ordovicien (Libye nord-occidentale). *C.R. Ac. Sc.*, t. 281, p. 21-24, Paris.
- 8) HACQUEBARD P.A. (1957). — Plant spores in coal from the Horton Group (Mississippian) of Nova Scotia. *Micropaleontology*, vol. 3, n° 4, p. 301-324.
- 9) HOFFMEISTER W.S. (1959). — Lower Silurian plant spores from Libya. *Micropaleontology*, vol. 5, n° 3, p. 331-334.
- 10) JONGMANS W.J. (1953). — Les flores du Carbonifère de l'Afrique septentrionale. *19^{me} Congr. Géol. Int.*, sect. 2, p. 49-64, Alger 1952.
- 11) KEDO G.I. (1957). — Spores from the supra-salt devonian deposits of the Pripyat depression and their stratigraphic significance. *Akad. Nauk. B.S.S.R.*, Palaeontol. and Strat. B.S.S.R., 2, p. 3-43 (texte en russe).
- 12) KEDO G.I. (1966). — Les spores du Carbonifère inférieur de la Dépression du Pripet. *Palaeontol. et Strat. de Biélorussie*, 2^{me} Conf. Int. de Palyno. Hollande, 1966, 5, p. 1-143 (texte en russe).
- 13) KRUCHININA N.V., KOMAROVA N.I. et ISKANDER N.R. (1971). — Paleozoic spore-pollen complexes of some regions of Egypt. *Int. palyn. conf. Novosibirsk*, p. 98-99 (texte en russe, résumé en anglais).
- 14) LANZONI E. et MAGLOIRE L. (1969). — Associations palynologiques et leurs applications stratigraphiques dans le Dévonien supérieur et Carbonifère inférieur du Grand Erg occidental (Sahara algérien). *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, vol. 24, n° 4, p. 441-453.
- 15) LEJAL-NICOL A. (1972a). — Contribution à l'étude des Lycophytes paléozoïques du bassin de Fort-Polignac (Illizi). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, t. 63, fasc. 3-4, p. 49-80.
- 16) LEJAL-NICOL A. (1972b). — Contribution à l'étude de la flore paléozoïque à Lycophytes de Libye et des bassins du Djado et de Fort-Polignac. *Pub. Lab. Paléobot. Univ. Paris IV*, n° 1.
- 17) LEJAL-NICOL A. (1973). — Sur la flore paléozoïque à Lycophytes de Libye, des bassins du Djado et de Fort-Polignac (Illizi). *A. Mines et Géol.*, n° 26, p. 401-406, Tunis.
- 18) LEJAL-NICOL A. (1976). — Sur la paléoflore du Carbonifère inférieur de la Libye. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, t. 67, fasc. 1-2, p. 225-270.
- 19) LOBOZIAK S. et ALPERN B. (1978). — Le bassin houiller viséen d'Agades (Niger). III : Les microspores. *Palinologia*, n° extra. 1, p. 55-67.
- 20) MASSA D. (1978). — General framework of the Murzuk and Rhadames basin. Part I. *Second Symp. on the Geol. of Libya*, Tripoli 1978 (sous presse).
- 21) MASSA D. et JAEGER H. (1971). — Données stratigraphiques sur le Silurien de l'Ouest de la Libye. *Mém. B.R.G.M.* (Colloque Ordovicien-Silurien, Brest, 1971), p. 313-321.
- 22) MASSA D. et LEJAL-NICOL A. (1971). — Le Dévonien à Lycophytes de la Libye sud-occidentale : conséquences paléophytogéographiques. *C.R. Ac. Sc.*, t. 273, p. 1182-1185, Paris.
- 23) MASSA D. et MOREAU-BENOIT A. (1976). — Essai de synthèse stratigraphique et palynologique du Système Dévonien en Libye occidentale. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, vol. 31, n° 2, p. 287-333.
- 24) MASSA D. et TERMIER H. et G. (1974). — Le Carbonifère de Libye occidentale. Stratigraphie, Paléontologie. *Notes et Mém. C.F.P.*, n° 11, p. 139-205.
- 25) MASSA D. et VACHARD D. (1979). — Le Carbonifère de Libye occidentale. Biostratigraphie et Micropaléontologie. Position dans le domaine téthysien d'Afrique du Nord. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, vol. 34, n° 1, p. 3-65.
- 26) NEVES R., GUEINN R.J., CLAYTON G., IOANNIDES N.S., NEUVILLE R.S.W. et KRUSZEWSKA K. (1973). — Palynological correlations within the lower Carboniferous of Scotland and Northern England. *Trans. Roy. Soc. Edin.*, vol. 69, n° 2, p. 23-70.
- 27) Petroleum Exploration Society of Libya (1960). — Names and Nomenclature Committee Libye. Lexique strat. int. 4, Africa, IVa. *C.N.R.S.*, Paris.
- 28) PLAYFORD G. (1962-1963). — Lower Carboniferous microfloras of Spitsbergen. *Palaeontology*, vol. 5, parts 3-4, p. 550-678.
- 29) PLAYFORD G. (1963). — Miospores from the Mississippian Horton Group, Eastern Canada. *Geol. Survey of Canada, Bull.* 107, p. 1-47.
- 30) PLAYFORD G. (1971). — Lower Carboniferous spores from the Bonaparte Gulf basin, Western Australia and Northern Territory. *Bull. Dept. of nat. div. Bur. of Min. Res. Geol. and Geogr.*, n° 115, p. 1-102.
- 31) PLAYFORD G. (1976). — Plant microfossils from the upper Devonian and lower Carboniferous of the Canning Basin, Western Australia. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd 158, lfg 1-4, p. 1-71.
- 32) RICHARDSON J.B. et IOANNIDES N. (1973). — Silurian palynomorphs from the Taneezuft and Acacus Formations ; Tripolitania, North Africa. *Micropaleontology*, vol. 19, n° 3, p. 257-307.

- 33) SAAD S.I. (1960). — Pollen and spores recently discovered in the coals of Sinaï Region. Pt 2, Um Bogma district. *Palaeontographica*, Abt B, Bd 115, lfg 4-6, p. 139-149.
- 34) STREEL M. (1970). — Distribution stratigraphique et géographique d'*Hymenozonotriletes lepidophytus* Kedo, d'*Hymenozonotriletes pusillites* Kedo et des assemblages tournaisiens. *Congrès de l'Université de Liège*, n° 55, p. 121-147, Liège 1969.
- 35) STREEL M. (1974). — Similitude des assemblages de spores d'Europe, d'Afrique du Nord et d'Amérique du Nord au Dévonien terminal. *Sciences géologiques Bull.*, 27, p. 25-38.
- 36) SULLIVAN M.J. (1967). — Regional differences in Mississippian spore assemblages. *Rev. of Palaeobot. and Palyn.*, 1, p. 185-192.
- 37) WRAY J.L. (1962). — Paleozoic palynomorphs from Libya. *Palyn. in Oil Expl.*, a symp. San Francisco, California 1962, p. 90-96.

EXPLICATION DES PLANCHES (*)

PLANCHE III

- Fig. 1. — *Leiotriletes tristichus* (Luber) Ishchenko. Echantillon LA 746-08.
- Fig. 2. — *Leiotriletes tumidus* Butterworth et Williams. Sondage B₁-49, carotte 4.
- Fig. 3. — *Punctatisporites glabrimarginatus* Owens. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 4. — *Phyllothecotriletes nigrifellus* Luber. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 5. — *Granulatisporites granulatus* Ibrahim. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 6. — *Granulatisporites rudigranulatus* Staplin. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 7. — *Retusotriletes avonensis* Playford. Sondage A₁-49, carotte 16.
- Fig. 8. — *Apiculiretusispora semisenta* (Playford) nov. comb. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 9. — *Apiculiretusispora* sp. A. Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 10. — *Apiculiretusispora multiseta* (Luber) Butterworth et Spinner. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 11. — *Apiculatisporis varicorneus* Sullivan. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 12. — *Acanthotriletes socraticus* Neves et Ioannides. Echantillon LA 746-02.
- Fig. 13. — *Anapiculatisporites ampullaceus* (Hacquebard) Playford. Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 14. — *Neoraistrickia* sp. Sondage C₁-49, carotte 9.
- Fig. 15. — *Verrucosisporites macrogrumosus* (Kedo) nov. comb. Echantillon LA 746-02.
- Fig. 16. — *Waltzisporea prisca* Kosanke. Sondage A₁-49, carotte 5.

- Fig. 17. — *Waltzisporea planiangularata* Sullivan. Sondage A₁-49, carotte 7.
- Fig. 18. — *Anapiculatisporites tersus* Playford. Sondage A₁-49, carotte 15.
- Fig. 19. — *Lophotriletes plicatus* Butterworth et Spinner. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 20. — *Lophotriletes tribulosus* Sullivan. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 21. — *Verrucosisporites niditus* Playford. Sondage A₁-49, carotte 16.
- Fig. 22. — *Verrucosisporites eximius* Playford. Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 23 et 24. — *Pustulatisporites gibberosus* (Hacquebard) Playford.
23. - Sondage A₁-49, carotte 19.
24. - Sondage A₁-49, carotte 13.
- Fig. 25. — *Tricidarispores serratus* (Playford) Sullivan et Marshall. Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 26. — *Raistrickia pinguis* Playford. Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 27. — *Raistrickia corynoges* Sullivan. Sondage C₁-49, carotte 4.

PLANCHE IV

- Fig. 1. — *Convolutispora stigmioidea* Bharadwaj et Venkatachala. Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 2. — *Convolutispora vermiformis* Hughes et Playford. Echantillon LA 746-05.
- Fig. 3. — *Convolutispora balmei* Playford. Echantillon LA 746-02.
- Fig. 4. — *Trachytriletes radiatus* (Juschko) Kedo. Echantillon LA 746-08.
- Fig. 5. — *Camptotriletes* cf. *verrucosus*. Sondage B₁-49, carotte 1.
- Fig. 6. — *Microreticulatisporites parvirugosus* Staplin. Sondage A₁-49, carotte 16.

(*) Toutes les photographies sont au grossissement 500.

- Fig. 7. — *Dictyotriletes fimbriatus* (Winslow) Kaiser.
Echantillon LA 746-05.
- Fig. 8. — *Emphanisporites* cf. *rotatus*.
Echantillon LA 746-08.
- Fig. 9. — *Foveosporites appositus* Playford.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 10. — *Corbulispora subalveolaris* (Luber) Sullivan.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 11. — *Lycospora pusilla* (Schopf, Wilson et Bentall)
Potonié et Kremp.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 12. — *Lycospora pellucida* (Wicher) Schopf, Wilson
et Bentall.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 13. — *Verruciretusispora magnifica* (McGregor)
Owens.
Echantillon LA 746-05.
- Fig. 14 et 15. — *Verruciretusispora famenensis* (Kedo)
nov. comb.
14. - Sondage C₁-49, carotte 5-6.
15. - Echantillon LA 746-06.
- Fig. 16. — *Densosporites variomarginatus* Playford.
Echantillon LA 746-02.
- Fig. 17. — *Cingulizonates bialatus* (Waltz) Smith et
Butterworth.
Sondage C₁-49, carotte 1.
- Fig. 18. — *Densosporites tenuis* Hoffmeister, Staplin et
Malloy.
Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 19. — *Cristatisporites rosulatus* (Luber) Loboziak et
Alpern.
Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 20. — *Knoxisporites pristinus* Sullivan.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 21 et 22. — *Radiizonates genuinus* (Juschko) Lobo-
ziak et Alpern.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 6, 7. — *Vallatisporites ciliaris* (Luber) Sullivan.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 8, 9. — *Vallatisporites vallatus* Hacquebard, 1957.
Sondage A₁-49, carotte 11 (même individu).
- Fig. 10. — *Vallatisporites communis* Sullivan.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 11 et 12. — *Vallatisporites* sp. B.
11. - Sondage C₁-49, carotte 16.
12. - Sondage A₁-49, carotte 17.
- Fig. 13 et 14. — *Vallatisporites* sp. A.
Sondage A₁-49, carotte 16.
- Fig. 15. — *Lophozonotriletes rarituberculatus* (Luber)
Kedo.
Echantillon LA 746-05.
- Fig. 16. — *Archaeozonotriletes famenensis* Naumova.
Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 17 et 18. — *Lophozonotriletes cristifer* (Luber) Kedo.
17. - Sondage C₁-49, carotte 2.
18. - Echantillon LA 746-05.
- Fig. 19. - *Rotaspora ergonulii* (Agrali) Sullivan et
Marshall.
Sondage A₁-49, carotte 10.
- Fig. 20. — *Rotaspora knoxi* Butterworth et Williams.
Sondage A₁-49, carotte 8.
- Fig. 21. — *Cirratriradites elegans* (Waltz) Potonié et
Kremp.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 22. — *Diatomozonotriletes fragilis* Clayton.
Echantillon LA 746-02.
- Fig. 23. — *Lophozonotriletes malevkensis* (Naumova)
Kedo.
Echantillon LA 746-05.
- Fig. 24. — *Cirratriradites avius* Allen.
Sondage A₁-49, carotte 19.

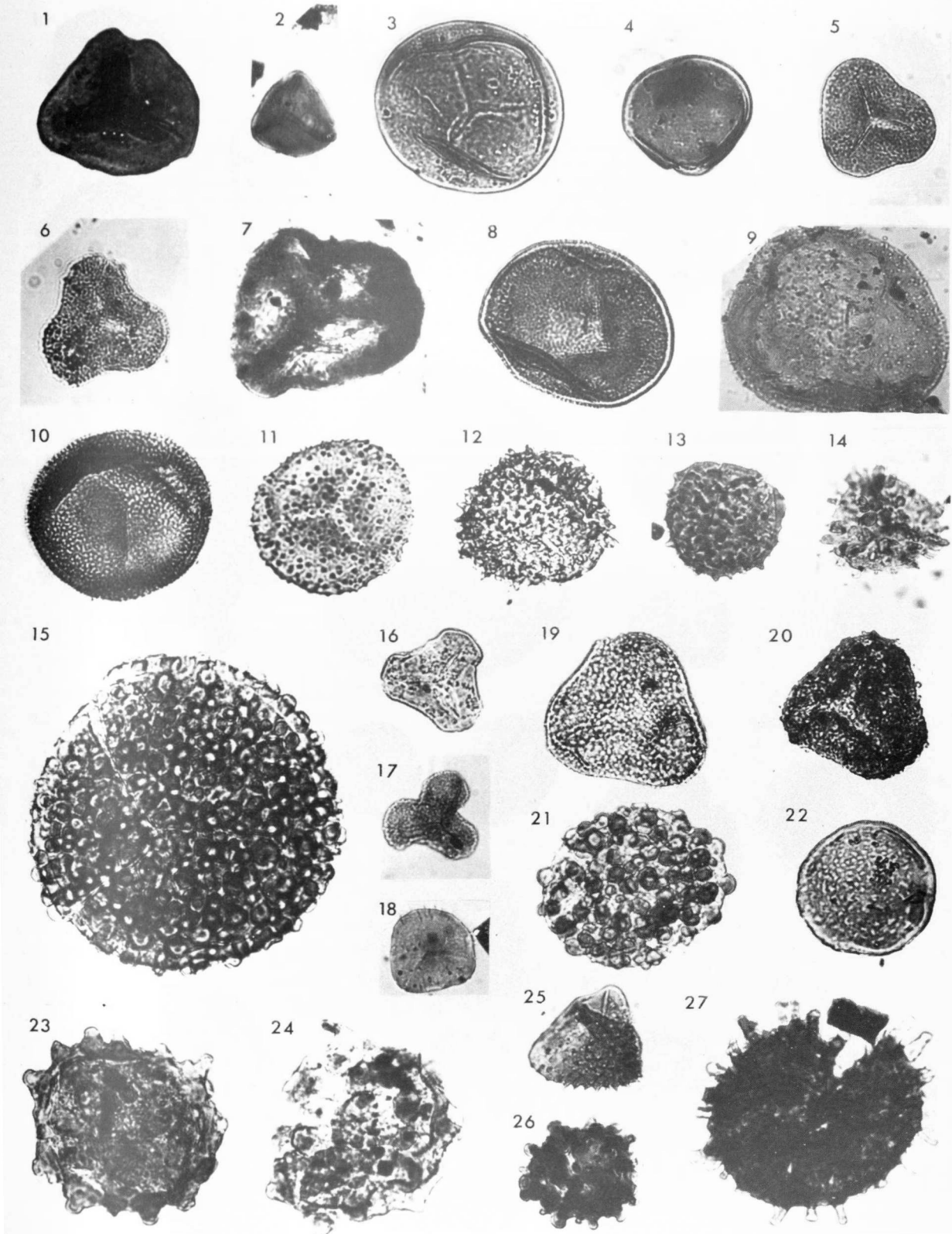
PLANCHE VI

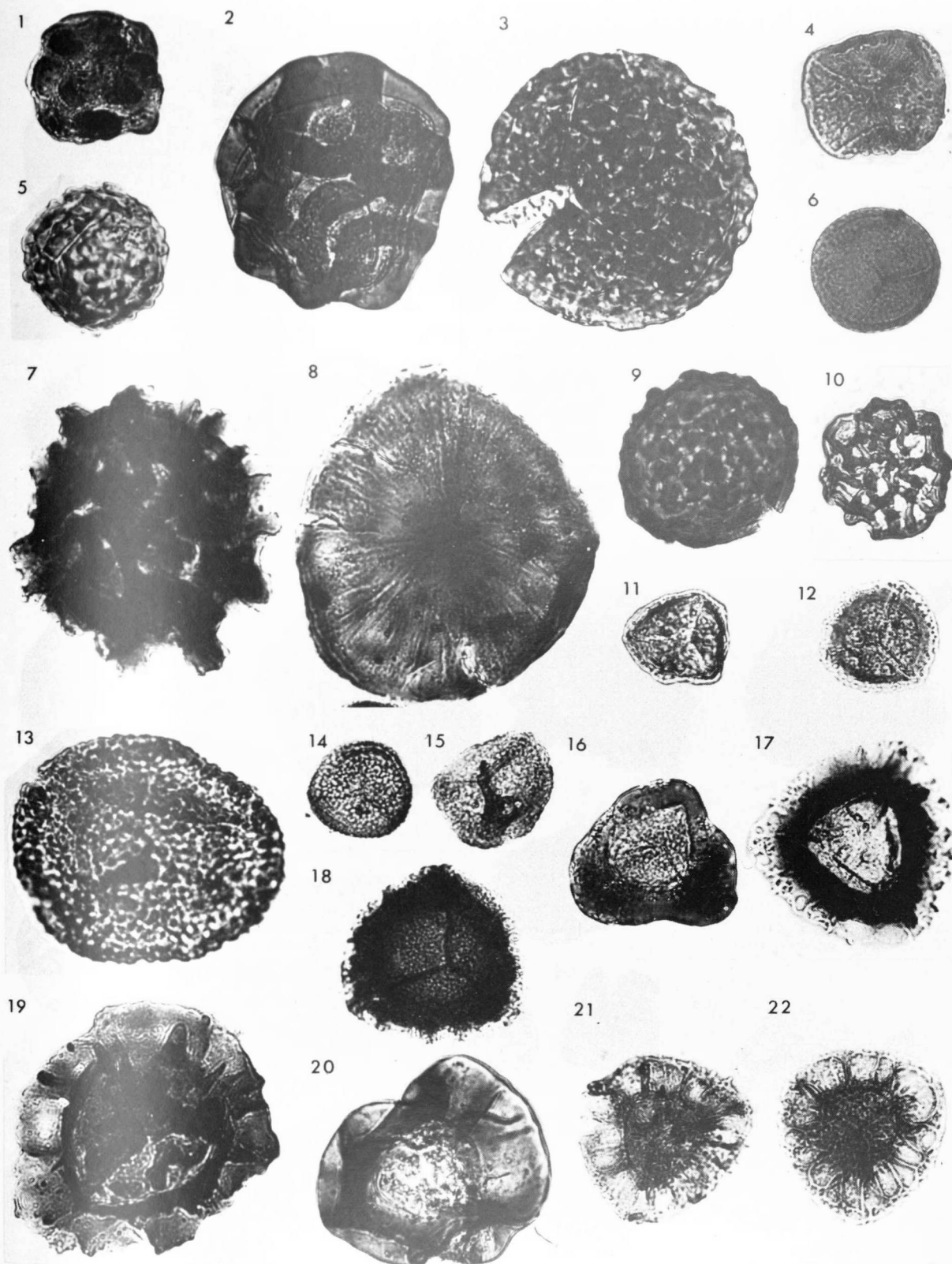
- PLANCHE V
- Fig. 1. — *Reticulatisporites cancellatus* (Waltz) Playford.
Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 2. — *Kraeuselisporites echinatus* Owens, Mishell et
Marshall.
Sondage A₁-49, carotte 13.
- Fig. 3. — *Kraeuselisporites ornatus* (Neves) Owens,
Mishell et Marshall.
Echantillon LA 746-02.
- Fig. 4. — *Stenozonotriletes simplex* Naumova, 1953.
Sondage A₁-49, carotte 16.
- Fig. 5. — *Savitrissporites* cf. *nux*.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 1. — *Leiozonotriletes insignitus* Hacquebard.
Gr. = 315. Echantillon LA 746-02.
- Fig. 2. — *Auroraspora macra* Sullivan.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 3. — *Auroraspora solisorta* Hoffmeister, Staplin et
Malloy.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 4. — *Auroraspora* sp. cf. *Perotrilites perinatus*
Hughes et Playford.
Echantillon LA 746-05.
- Fig. 5. — *Auroraspora hyalina* (Naumova) Streef.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 6. — *Grandispora echinata* Hacquebard.
Echantillon LA 746-02.
- Fig. 7 et 8. — *Grandispora balteata* Playford.
Sondage A₁-49, carotte 19.

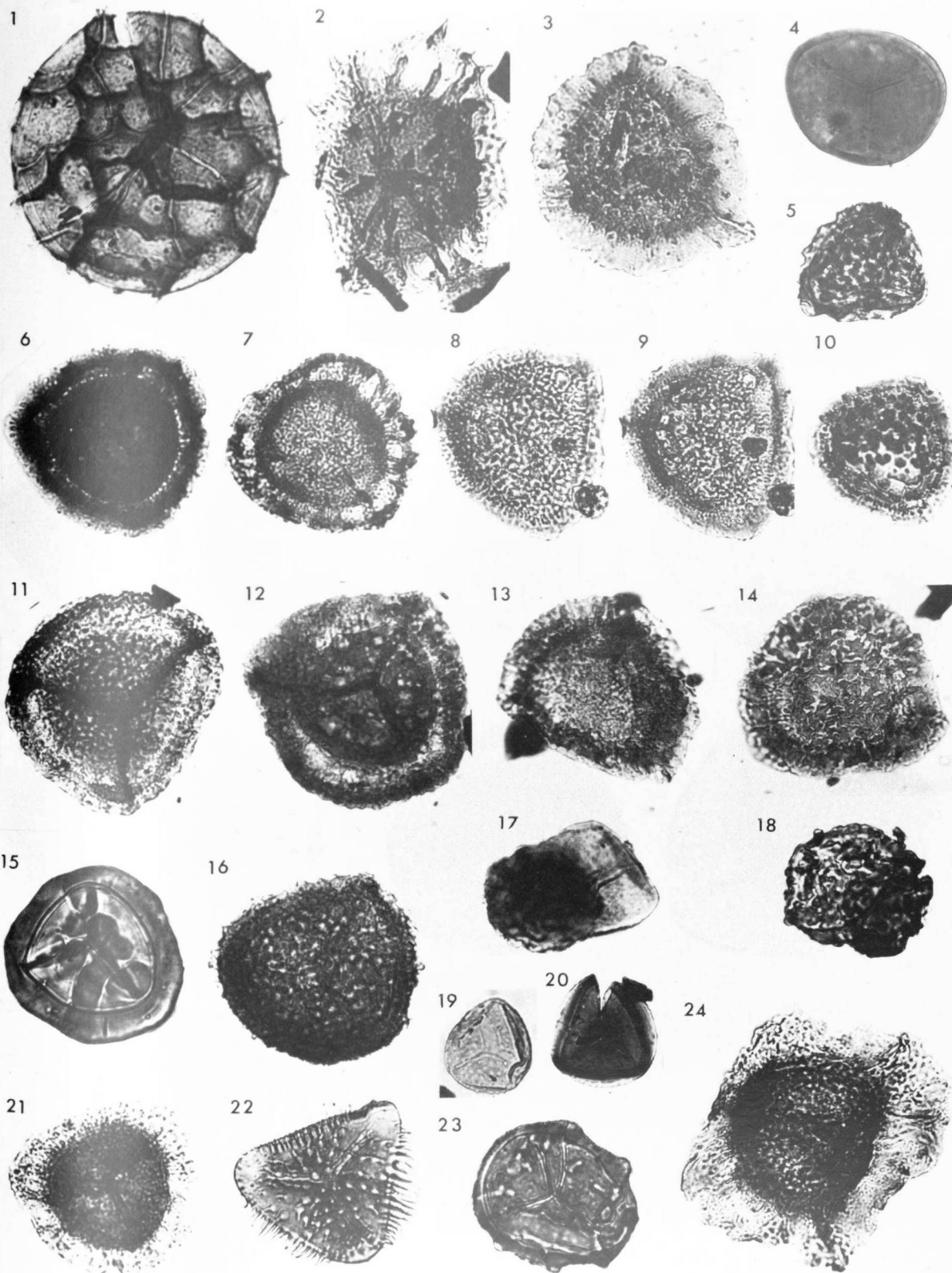
- Fig. 9. — *Grandispora notensis* Playford.
Sondage C₁-49, carotte 3.
- Fig. 10 et 11. — *Endosporites micromanifestus*
Hacquebard.
10. - Sondage C₁-49, carotte 15.
11. - Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 12. — *Endosporites macromanifestus* Hacquebard.
Sondage A₁-49, carotte 19.
- Fig. 13. — *Spelaeotriletes arenaceus* Neves et Owens.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 14. — *Spelaeotriletes triangulus* Neves et Owens
Echantillon LA 746-02.
- Fig. 15. — *Spelaeotriletes pretiosus* (Playford) Neves et
Belt.
Sondage C₁-49, carotte 3.
- Fig. 16 et 17. — *Spelaeotriletes lepidophytus* (Kedo) Streeel.
Echantillon LA 746-05.
- Fig. 18. — *Rugospora minuta* Neves et Ioannides.
Echantillon LA 746-02.
- Fig. 4 et 5. — *Punctatosporites granifer* Potonié et
Kremp.
Sondage A₁-49, carotte 4.
- Fig. 6. — *Schopfpollenites* cf. *ellipsoides*.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 7. — *Potonieisporites elegans* (Wilson et Kosanke)
Wilson et Venkatachala.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 8. — *Torispora securis* (Balme) Alpern, Doubinger
et Horst.
Sondage A₁-49, carotte 4.
- Fig. 9. — *Colatisporites denticulatus* Neville.
Sondage A₁-49, carotte 5.
- Fig. 10. — *Vestigisporites* sp.
Sondage A₁-49, carotte 4.
- Fig. 11. — *Potonieisporites* sp.
Sondage A₁-49, carotte 4.
- Fig. 12. — *Striatopodocarpites* sp.
Sondage A₁-49, carotte 4.
- Fig. 13. — *Lagenochitina saacensis* Grigani et Mantovani
Gr. = 315.
Echantillon LA 746-04.
- Fig. 14. — *Nuskoisporites dulhuntyi* Potonié et Klaus.
Sondage A₁-49, carotte 4.
- Fig. 15. — ? *Striomonosaccites* sp.
Sondage A₁-49, carotte 4.
- Fig. 16. — Scolécodonte. Gr. = 315.
Sondage A₁-49, carotte 5.

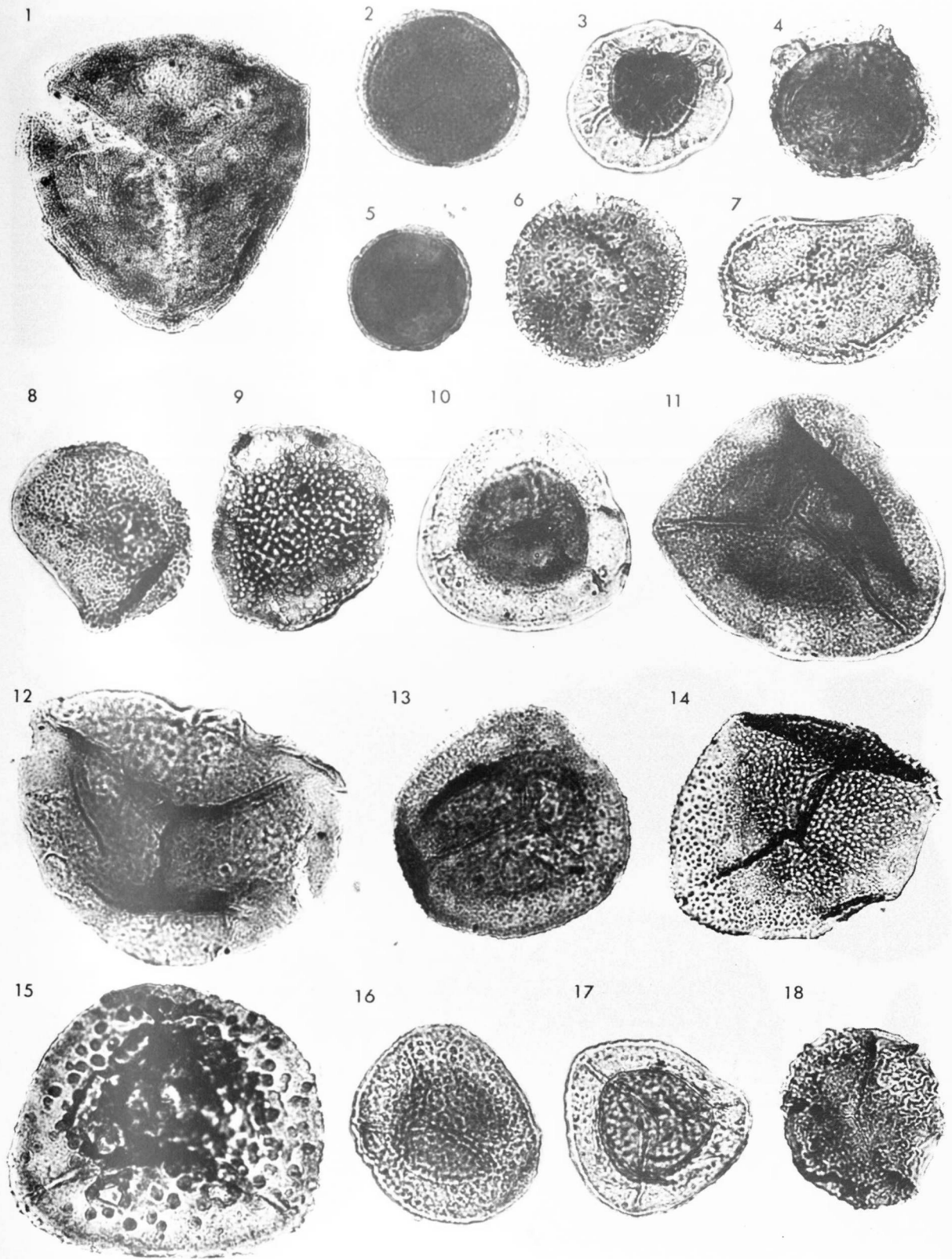
PLANCHE VII

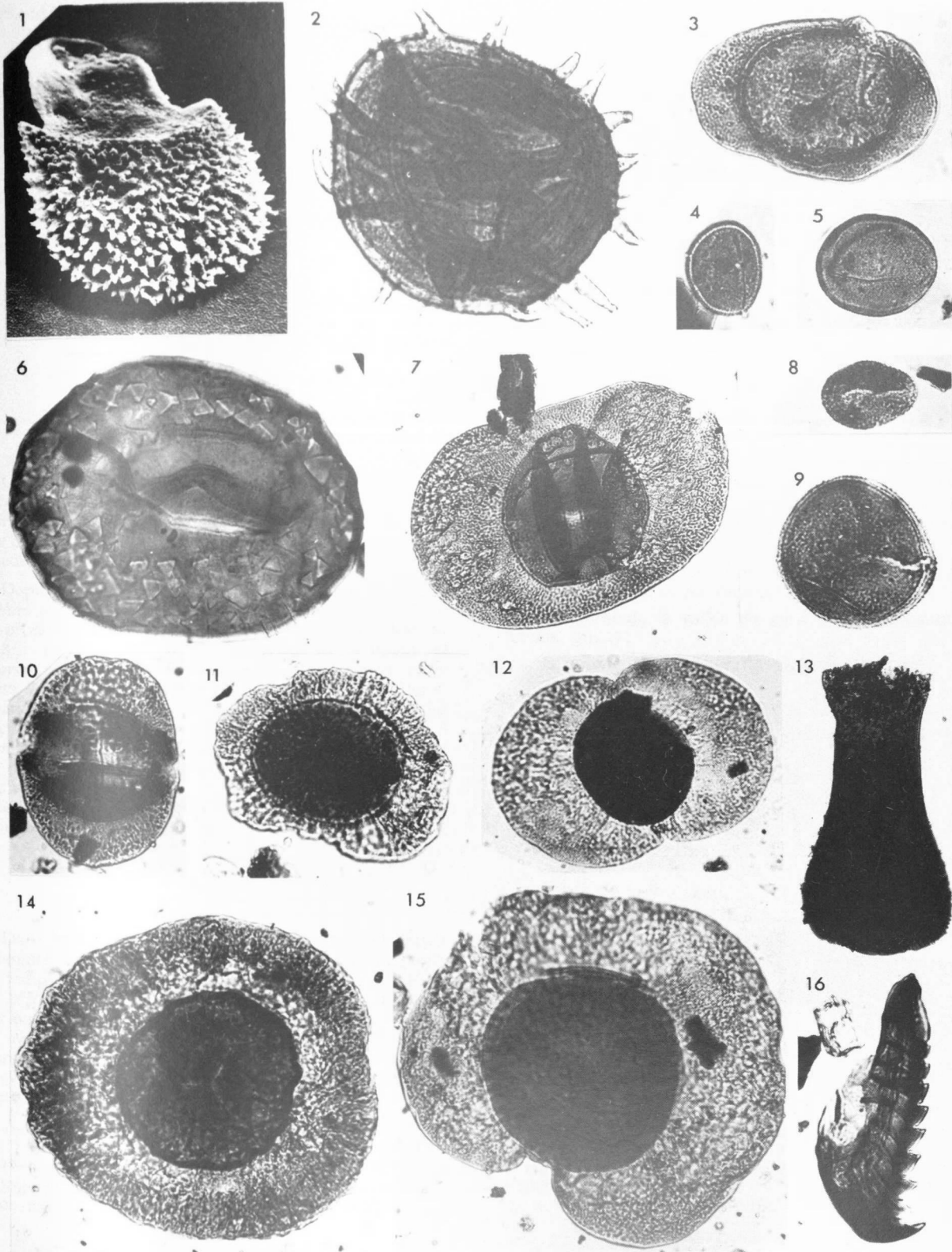
- Fig. 1. — *Lagenicula* sp.
Sondage C₁-49, carotte 15.
- Fig. 2. — *Hystricosporites* cf. *obscurus*.
Echantillon LA 746-05.
- Fig. 3. — *Schulzospora campyloptera* (Waltz) Hoffmeis-
ter, Staplin et Malloy.
Sondage A₁-49, carotte 15.











Le passage du Mississipien au Pennsylvanien dans les bassins marins pyrénéens : coupures biostratigraphiques, corrélations

par Marie-France PERRET (*)

Résumé. — L'étude de diverses coupes dans les Pyrénées occidentales et centrales a permis d'établir une zonation par Conodontes, au passage Mississipien supérieur - Pennsylvanien inférieur. Cette zonation a été comparée avec celles proposées en différentes régions d'Europe Occidentale et d'Amérique du Nord.

Abstract. — Detailed study of various sections in the West and Central Pyrenees shows a Conodont zonation of the late Mississippian - early Pennsylvanian age. This zonation has been compared with those of other areas from North-West Europe and North America.

Un bon repérage chronostratigraphique est d'importance primordiale dans les séries du Carbonifère inférieur et moyen d'Europe occidentale : c'est, en effet, à ce niveau que sont situés la plupart des événements majeurs de l'orogénèse varisque.

Depuis le VIII^{ème} Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère (Moscou, 1975), les propositions suivantes ont été adoptées (Bouroz, 1978) : deux subdivisions majeures, Mississipien et Pennsylvanien seront retenues. Le Mississipien comprend Tournaisien, Viséen et Serpukhovien ; le Pennsylvanien débute avec le Bashkirien, sa limite inférieure correspondant à la coupure entre les zones à *Homoceras* et *Reticuloceras*. Il faut noter cependant que la correspondance entre l'échelle ainsi proposée et d'autres établies dans différentes régions du globe (U.S.A., Europe occidentale, U.R.S.S.) pose encore quelques problèmes (Bouroz, 1978).

I. — Situation des coupes et leur succession lithologique

Dans les bassins marins pyrénéens où des dépôts carbonatés se sont accumulés durant la première partie des temps carbonifères, nous avons essayé de localiser les principales coupures déterminables grâce à la distribution verticale des microfaunes de Conodontes et, accessoirement, de Foraminifères. Les données essentielles concernent des séries calcaires à caractère de dépôts de bassin (Perret, 1974) qui sont assez largement réparties sur l'étendue de toute la chaîne.

(*) Laboratoire de Géologie-Pétrologie, Université Paul Sabatier, 38, rue des Trente-Six Ponts, 31400 Toulouse.

Note présentée le 5 Avril 1979 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 4 Juin 1980.

La majorité des données dont il est fait état ici concerne surtout les Pyrénées centrales et occidentales (Zone primaire axiale et Massifs anciens basques) (fig. 1).

De nombreuses coupes ont été échantillonnées à cet effet, dans les secteurs suivants :

- partie amont de la vallée du gave d'Aspe (Lescun, Urdos, etc...);
- partie amont de la vallée du gave de Brousset ;

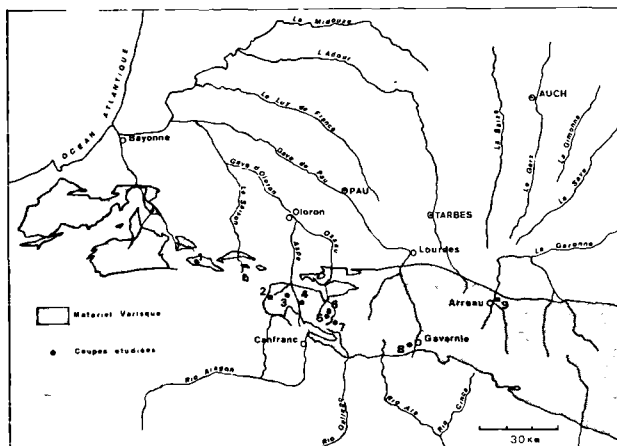


Fig. 1. — Localisation géographique des coupes étudiées. 1, Forêt d'Iraty. — 2, Port de la Chourique (Acherito). — 3, Voûte de Garcet (près Lescun). — 4, Pont d'Urdos. — 5, Pic Moustardé. — 6, Crêtes d'Arregatiou. — 7, Crêtes frontalières de Soques. — 8, Col des Tantes (près Gavarnie). — 9, Calcaires d'Ardengost.

- partie amont de la vallée du gave de Pau (secteur de la Zone primaire axiale engagée dans le chevauchement alpin de Gavarnie);
- partie occidentale du Massif basque de Mendibelza (Forêt d'Iraty).

Nous avons pu aussi intégrer à cette analyse des données empruntées à des travaux antérieurs de Wirth (1967) et de Marks et Wensink (1970).

Pour ce qui est des successions lithologiques, on peut retenir, schématiquement, les enchaînements suivants, assez représentatifs de l'ensemble des secteurs étudiés en ce qui concerne le Carbonifère inférieur (de bas en haut) :

— Calcaires micritiques gris, en bancs décimétriques (succédant parfois aux assises de Lydiennes à nodules phosphatés et jaspes du Tournaisien-Viséen inférieur);

— Calcaires micritiques versicolores, amygdalaires, riches en organismes (Ostracodes, Crinoïdes, Globochaetes, Goniatites, Conodontes);

— Calcaires micritiques sombres, en dalles régulières, avec Crinoïdes et Conodontes; des laminations parfois contournées ou obliques y deviennent de plus en plus fréquentes vers le haut; il s'y associe localement, des assises bréchiques intraformationnelles.

Au-dessus se développe un puissant "culm" grésolite. L'épaisseur de cette série carbonatée est

généralement réduite, mais peut aller de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres, les variations survenant surtout au niveau du terme supérieur (calcaires à laminites).

II. — Répartition verticale des Conodontes dans les coupes étudiées

Cet examen (Tabl. I) nous conduit à la distinction d'un certain nombre de zones :

— Zone à *Gnathodus bilineatus* - *Gn. nodosus* dont la microfaune, abondante et diversifiée, se caractérise par la présence de *Gnathodus bilineatus bilineatus*, *Gn. commutatus commutatus*, *Gn. symmutatus symmutatus*, *Gn. symmutatus homopunctatus*, *Gn. multinodosus*, *Gn. nodosus*, et de quelques formes moins fréquentes comme *Gn. girty collinsoni*, *Gn. girty intermedius*.

— Zone à *Gn. bilineatus* - *Gn. bilineatus bollandensis* avec une faune encore riche, à *Gn. bilineatus bilineatus*, *Gn. commutatus commutatus*, *Gn. multinodosus*, *Gn. nodosus*, *Gn. cruciformis*, *Gn. girty girty*, *Gn. bilineatus bollandensis*, *Neoprionodus regularis*.

— Zone à *Idiognathoides noduliferus*, qui renferme les nombreuses sous-espèces telles que *Id. noduliferus inaequalis*, *Id. noduliferus japonicus*, *Id. noduliferus noduliferus*, qui sont parfois accompagnées par *Streptognathodus lateralis*. Dans la partie inférieure de cette zone dans cer-

Conodontes	Age		MISSISSIPIEN				PENNSYLVANIEN			
	Viseen	E ₁	SERPUKHOVIEN		BASHKIRIEN					
			E ₂	H ₁	H ₂	R ₁	R ₂	G ₁	G ₂	
<i>Gnathodus bilineatus bilineatus</i> (Roundy)	-----		-----		-----					
<i>Gn. symmutatus homopunctatus</i> Ziegler	-----		-----		-----					
<i>Gn. commutatus commutatus</i> Branson & Mehl	-----		-----		-----					
<i>Gn. commutatus nodosus</i> Bischoff	-----		-----		-----					
<i>Gn. multinodosus</i> Wirth	-----		-----		-----					
<i>Gn. cruciformis</i> Clarke	-----		-----		-----					
<i>Gn. girty collinsoni</i> Rhodes, Austin & Druce	-----		-----		-----					
<i>Gn. girty girty</i> Hass	-----		-----		-----					
<i>Gn. girty intermedius</i> Globensky	-----		-----		-----					
<i>Gn. bilineatus bollandensis</i> Higgins & Bouckaert	-----		-----		-----					
<i>Idiognathoides noduliferus inaequalis</i> Higgins	-----		-----		-----					
<i>Id. noduliferus japonicus</i> (Igo & Koike)	-----		-----		-----					
<i>Id. noduliferus noduliferus</i> (Ellison & Graves)	-----		-----		-----					
<i>Id. sinuatus</i> Harris & Hollingsworth	-----		-----		-----					
<i>Id. sulcatus sulcatus</i> Hig. & Bouckaert	-----		-----		-----					
<i>Id. corrugatus</i> (Ha. & Hollingsworth)	-----		-----		-----					
<i>Id. sulcatus cf. parvus</i> Hig. & Bouckaert	-----		-----		-----					
<i>Streptognathodus lateralis</i> Hig. & Bouckaert	-----		-----		-----					
Zones	Zone à <i>Gn. bil. bilineatus</i> - <i>Gn. nodosus</i>		Zone à <i>Gn. bil. bollandensis</i>		Zone à <i>Id. noduliferus</i>		Zone à <i>Id. sinuatus</i>		Zone à <i>Id. sulcatus cf. parvus</i>	

Tableau I. — Répartition verticale des principales formes étudiées, dans le Carbonifère des Pyrénées centrales et occidentales.

taines coupes, on trouve encore des *Gnathodus* : *Gn. bilineatus bilineatus*, *Gn. bilineatus bollandensis*, *Gn. nodosus*.

— Zone à *Idiognathoides sinuatus* qui renferme *Id. corrugatus*, *Id. sulcatus sulcatus*, *Streptognathodus lateralis* et différentes sous-espèces de *Id. noduliferus*. Parfois on note encore la présence de *Gn. bilineatus bilineatus*, *Gn. bilineatus bollandensis*, *Gn. commutatus commutatus*, *Gn. nodosus*. Il est possible que ces dernières formes soient remaniées mais il est à noter que ces organites paraissent en aussi bon état de conservation que ceux caractéristiques de la zone.

— Zone à *Idiognathoides sulcatus* cf. *parvus*, caractérisée par un appauvrissement de la faune. Les Conodontes sont très proches de l'espèce *sulcatus* mais leur plateforme très mince et portant des nœuds plutôt que des rides fait supposer qu'il s'agit d'une espèce proche de *Id. sulcatus parvus*.

Si l'on essaie de situer cette zonation dans la lithologie, on s'aperçoit que, en gros, la zone à *Gn. bilineatus* - *Gn. nodosus* débute toujours dans les bancs

calcaires micritiques gris ; elle peut s'achever avec les premiers bancs carbonatés versicolores plus ou moins amygdalaires, ou se poursuivre à l'intérieur de cette unité lithostratigraphique. La partie supérieure, quand ce n'est pas la totalité de cette unité, correspond à la zone à *Gn. bilineatus* - *Gn. bilineatus bollandensis*. Les zones à *Idiognathoides* correspondent aux calcaires bien lités à laminites. Ces premiers bancs à laminites sont parfois un peu conglomératiques, ce qui expliquerait peut-être la présence des derniers *Gnathodus* avec les premiers *Idiognathoides*.

III. — Comparaison avec d'autres régions

Un tableau récapitulatif de la répartition des Conodontes (Tabl. II) à la limite Mississipien-Pennsylvanien indique les différences et les affinités entre les Pyrénées et différentes régions bien connues (Nord-Ouest de l'Europe, Amérique du Nord).

SUBDIVISION INTERNATIONALE	EUROPE DE L'OUEST			PENNINES (Grde Bretagne) Higgins, 1975	BELGIQUE Bouckaert & Higgins, 1968-70	ALLEMAGNE Meischner, 1970	PYRENEES (cette étude)	ARKANSAS OKLAHOMA (U.S.A.) L. & Straka, 1974	NEVADA UTAH (U.S.A.) Dunn, 1970	Zones de Posen, Mamet	AMERIQUE DU NORD Brenckle & al. 1977		
	Etages	Séries	Etages										
PENNSYLVANIEN	BASHKIRIEN	NAMURIEN C	G ₂	<i>Idiognathoides sulcatus parvus</i>	<i>Idiognathoides sulcatus parvus</i>	<i>Idiognathodus fiebigi</i>	<i>Idiognathoides sulcatus</i> cf. <i>parvus</i>	<i>Idiognathoides sinuosis</i>	<i>Streptognathodus expansus</i> <i>Str. subrectus</i>	21	PENNSYLVANIEN (Morrowien)		
			G ₁	<i>Idiognathoides sinuatus</i> <i>Idiognathoides primulus</i>	<i>Idiognathoides attenuatus</i>								
		NAMURIEN B	R ₂	<i>Idiognathoides corrugatus</i> <i>Idiognathoides miloatus</i>	<i>Idiognathoides sinuatus</i>	<i>Gnathodus tricarinatus</i> <i>deflectens</i>	<i>Idiognathoides sinuatus</i>	<i>Neognathodus bassleri bassleri</i> <i>Neognathodus bassleri symmetricus</i>	<i>Idiognathoides noduliferus</i>	<i>Idiognathoides noduliferus</i>		20	
			R ₁	<i>Idiognathoides corrugatus</i> <i>Idiognathoides miloatus</i>	<i>Idiognathoides sinuatus</i>								
		MISSISSIPIEN	SERPUKHOVIEN	NAMURIEN A	H ₂	<i>Idiognathoides noduliferus</i>	<i>Idiognathoides noduliferus</i>	<i>Gnathodus bilineatus schmidtii</i>	<i>Gnathodus bilineatus bilineatus</i> <i>Gnathodus bilineatus bollandensis</i>	<i>Rachistognathus maricatus</i> <i>Adetognathus unicornis</i> <i>Kladognathus Cavusgnathus naviculus</i>		<i>Rachistognathus primus</i> <i>Rachistognathus</i>	19
					H ₁	<i>Streptognathodus lateralis</i>	<i>Idiognathoides minutus</i>						
E ₂	<i>Gnathodus bilineatus bollandensis</i> <i>Cavusgnathus naviculus</i>				<i>Gnathodus bilineatus bilineatus</i> <i>Gnathodus bilineatus bollandensis</i>								
E ₁	<i>Kladognathus</i> <i>Gnathodus girty simplex</i>				<i>Paragnathodus nodosus</i>	<i>Gnathodus bilineatus bilineatus</i>	<i>Gnathodus bilineatus bilineatus</i> <i>Gnathodus commutatus nodosus</i>						
V _{3c}	<i>Gnathodus girty collinsoni</i>				<i>Gnathodus commutatus nodosus</i>	<i>Paragnathodus nodosus</i>	<i>Gnathodus bilineatus bilineatus</i> <i>Gnathodus commutatus nodosus</i>						
VISEEN	VISEEN	V _{3c}								18	MISSISSIPIEN (Chesterien)		

Tableau II. — Zonation par Conodontes, au niveau du Mississipien supérieur et du Pennsylvanien inférieur, pour diverses régions d'Europe occidentale et d'Amérique du Nord.

a) Nord-Ouest de l'Europe.

Il est évident que les affinités sont plus grandes avec le Nord-Ouest de l'Europe qu'avec l'Amérique du Nord. Ainsi la zone à *Gn. bilineatus* - *Gn. nodosus*, dans les Pyrénées, comprendrait l'intervalle de temps correspondant aux "couches de passage" de Belgique (Higgins et Bouckaert, 1968), puisque l'on y retrouve sensiblement la même faune, et équivaudrait aux zones P2 (V3c supérieur) et E1 des Pennines, Grande-Bretagne (Higgins, 1975) ainsi qu'à la zone à *Paragnathodus nodosus* (Cu IIIy et E1) de Meischner pour l'Allemagne. Nous n'avons pas pu, dans les Pyrénées, faire la distinction entre les zones à *Gn. girty collinsoni* et *Kladognathus* - *Gn. girty simplex*, car nous n'avons pas trouvé ces deux dernières formes.

La zone à *Gn. bilineatus bollandensis* se retrouve dans les quatre régions avec les mêmes microfaunes de *Gnathodus*. C'est dans les couches correspondantes (calcaires micritiques versicolores et amygdalaires) que se situent, dans les coupes étudiées, de nombreux représentants de la goniatite *Mesoglyphioceras granosus* var. *aciculare*.

La zone à *Idiognathoides noduliferus* se retrouve également dans les quatre régions d'Europe occidentale. Dans les Pyrénées, elle renferme parfois à sa base des *Gnathodus*: *Gn. nodosus*, *Gn. commutatus commutatus*, *Gn. bilineatus*, ce qui n'est pas le cas dans les Pennines et en Allemagne; en Belgique, Bouckaert et Higgins (1970) signalent encore quelques *Gn. girty girty* et *Gn. bilineatus bollandensis*.

La zone à *Idiognathoides sinuatus* paraît équivalente aux zones R1 et R2, zones à *Id. corrugatus* - *Id. sulcatus* et *Id. sinuatus* - *Id. primulus* des Pennines et aux zones à *Id. sinuatus* et *Id. attenuatus* de Belgique. Les différences entre *Id. sinuatus*, *Id. corrugatus* et même *Id. attenuatus* étant difficiles à apprécier, les formes intermédiaires sont courantes; ces trois espèces ayant été mises en synonymie par Lane et Straka (1974), une seule zone a été identifiée dans le présent travail. En Allemagne, où la même zone à *Gn. tricarinatus* se poursuit jusqu'à la base de G 1, l'apparition de *Gn. discuroi* pourrait correspondre à celle de *Id. sinuatus*. Dans quelques coupes, la base de cette zone renferme encore quelques *Gnathodus*, comme nous l'avons envisagé plus haut, ceci peut être dû à des remaniements lors de l'accumulation de calcaires résédimentés.

Dans la dernière zone, les rares Conodontes observés sont très proches de *Id. sulcatus parvus*, forme que l'on trouve dans les Pennines et en Belgique au Bashkirien moyen (G2), mais il est possible que cette espèce apparaisse plus tôt dans les Pyrénées. Cette espèce est remplacée, en Allemagne, par *Idiognathodus feibigi*.

b) Amérique du Nord.

Si les analogies faunistiques sont grandes avec les régions du Nord-Ouest de l'Europe, il ne paraît pas en être de même avec l'Amérique du Nord. De nombreux genres et espèces américains n'ont pu être iden-

tifiés, il s'agit de *Gn. girty simplex*, *Adetognathus*, *Kladognathus*, *Rachistognathus* *Neognathodus* et *Idiognathodus*.

Il semble pourtant que notre zone à *Gn. bilineatus bollandensis* soit équivalente à la zone à *Gn. girty simplex* - *Adetognathus unicornis* de Dunn (1970), et à la zone à *R. muricatus* de Lane et Straka (1974), on y trouve en effet la même faune accompagnatrice comme *Gn. bilineatus bilineatus*, *Gn. bilineatus bollandensis* (α pour Lane et Straka), *Gn. commutatus commutatus*.

Notre zone à *Id. noduliferus* est comparable à la zone à *R. primus* de Lane et Straka (1974) puisque cette zone est marquée par l'apparition de *Id. noduliferus*. Les *Gnathodus* ne franchissent pas la limite inférieure de cette zone.

La zone à *Id. sinuatus* des Pyrénées est proche de la zone à *Id. noduliferus* (Lane et Straka, 1974) puisqu'on y trouve, associés, *Id. sinuatus* et *Id. sulcatus*.

Les zones à *Neognathodus bassleri* ne sont pas identifiées dans les Pyrénées; elles correspondent sans doute, en partie, à la zone à *Gn. sulcatus* cf. *parvus* de nos régions.

Conclusions

Ainsi, dans les Pyrénées, nous avons pu observer une microfaune de Conodontes qui permet de proposer un repérage biostratigraphique pour les dépôts carbonatés marins de la limite Mississipien-Pennsylvanien: cinq zones ont pu être ainsi assimilées aux zones équivalentes de Belgique et des Pennines.

Le changement le plus important observé dans cette succession se situe au passage E2-H, c'est-à-dire, pour l'Amérique du Nord, à la base de la zone à *Rachistognathus primus*: soit au niveau de la nouvelle limite Mississipien-Pennsylvanien proposée par Brenckle *et al.* (1977) et, pour l'Europe, à la base de la zone à *Id. noduliferus*. Cette limite marquée par l'apparition de cette dernière espèce et par la disparition à peu près totale des *Gnathodus*, paraît être une limite mondialement observable. Ce même changement marqué par les Conodontes et les Foraminifères, a également été signalé par les auteurs russes.

Au point de vue lithologique, cette coupure majeure correspond pratiquement à la base des calcaires à laminations c'est-à-dire, dans les Pyrénées de l'Ouest, au début des perturbations sédimentaires profondes, annonciatrices des événements majeurs de l'orogénèse varisque. En ce qui concerne les macrofaunes, on peut remarquer que le sommet du Mississipien est souvent souligné par des couches riches en *Mesoglyphioceras granosus* var. *aciculare*.

A côté de ces dépôts de bassin existent, dans les Pyrénées, mais de façon très localisée, des assises calcaires à caractères de dépôts de plate-forme, en eaux peu profondes (Perret, 1976).

Dans les Hautes-Pyrénées, par exemple, il s'agit des "Calcaires d'Ardengost" (fig. 1) (Perret, 1973); ces calcaires sont très riches en organismes benthiques tels que Coraux, Foraminifères, Bryozoaires, Crinoïdes, Brachiopodes, Algues. L'ensemble des organismes et plus particulièrement des Coraux, Algues et Foraminifères définit un âge V3c terminal-Serpukhovien. Jusqu'à présent, il n'a pas été possible d'établir une polarité à l'intérieur de cette formation massive; un grand nombre des organismes observés sont présents dans le V3c supérieur et le E1-E2; d'autres, comme certains Foraminifères des genres *Ammovertella*, *Globivalvulina*, *Asteroarchaediscus*, *Eolasiiodiscus*, *Eosigmoilina*, sont caractéristiques du seul Serpukhovien (zone 18-19 de Mamet). Autrement dit, à ce jour, le Pennsylvanien n'a pas été caractérisé dans ces assises.

Si l'on compare les Pyrénées à d'autres secteurs du domaine Mésogéen, on remarque de nettes analogies avec les Asturies (Espagne) et le Sahara Occidental (Afrique du Nord).

Sur le versant sud de la Chaîne Cantabrique, dans les Asturies, Wagner-Gentis (1963), Higgins (1962), Moore *et al.* (1971), Wagner *et al.* (1971) ont relevé le même type de succession: calcaires "griottes" rouges ou gris-rose, riches en organismes (Goniatites, Crinoïdes, Coraux, Brachiopodes et Conodontes) allant du Viséen moyen au Serpukhovien E1-E2, surmontés par des dalles carbonatées à fines laminations du Serpukhovien supérieur et Bashkirien inférieur, ce qui correspond à nos observations pyrénéennes. Dans les calcaires "griottes", on trouve certains organismes présents dans les mêmes niveaux pyrénéens, tels que *Mesoglyphioceras granosus* var. *aciculare* pour le groupe des Goniatites, *Gnathodus bilineatus bilineatus*, *Gn. nodosus*, *Gn. multinodosus* et *Gn. commutatus commutatus* pour les Conodontes.

Si l'on peut constater de grandes ressemblances entre les Asturies et la chaîne pyrénéenne lorsqu'il

s'agit de dépôts de bassin, ceci n'est plus vrai pour les dépôts de plate-forme; en effet, ces derniers sont, dans les Asturies, datés du Bashkirien supérieur-Moscovien inférieur (Lys et Serre, 1958) et donc plus récents que ceux connus à Ardengost dans les Pyrénées.

Dans le bassin de Bechar (Sahara occidental), le passage Viséen-Serpukhovien a lieu, là aussi, au sein d'une même formation (Pareyn, 1958; Lemosquet et Pareyn, 1976), à savoir la série des calcaires détritiques et périrécifaux de la Zousfana qui renferment des Foraminifères très semblables à ceux d'Ardengost, des Conodontes du genre *Gnathodus* et des Goniatites parmi lesquelles *Mesoglyphioceras granosus* var. *aciculare*, également identifiées dans les Pyrénées. La limite paléontologique la plus nette se situe au sommet de E2 avec la disparition du genre *Goniatites*, du genre *Gnathodus* et du groupe des *Productus giganteus*. Au-dessus on trouve la série des calcaires détritiques du Djebel Bechar à *Idiognathoides noduliferus* qui marque le début de la zone H. Ces coupures reproduisent donc celles du schéma pyrénéen qui vient d'être esquissé.

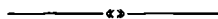
L'analyse présentée ici ne peut évidemment qu'apporter une contribution locale au problème, toujours délicat, de la définition des coupures chronostratigraphiques à partir de l'étude de la distribution verticale des faunes.

Elle nous conduit à remarquer, une fois de plus, les analogies qui ont pu exister entre les bassins pyrénéens de l'époque et ceux de l'Europe de l'Ouest septentrionale (Belgique, Grande-Bretagne, Allemagne). Elle conduit aussi à souligner la parenté qui existait alors, pour ce qui est de l'évolution sédimentaire et paléogéographique, entre les Pyrénées et les Asturies voisines, deux éléments d'un même domaine à valeur d'avant-pays intermédiaire dans la chaîne varisque (Dvorak *et al.*, 1974).

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BOUCKAERT J., HIGGINS A.C. (1970). — The position of the Mississippian Pennsylvanian boundary in the Namurian of Belgium. *Coll. sur la Strat. du Carbo.*, Liège, vol. 55, p. 197-204, 1 tabl.
- 2) BOUROZ A., EINOR O.L., GORDON M., MEYEN S.V., WAGNER R.H. (1978). — Proposition pour une classification chronostratigraphique internationale du Carbonifère. *Rev. Soc. Ind. Min.*, vol. 60, n° 10, p. 469-483, 2 tabl.
- 3) BRECKLE P., LANE H.R., MANGER W.L., SAUNDERS W.B. (1977). — The Mississippian-Pennsylvanian boundary as an intercontinental biostratigraphic datum. *Newsl. Stratigr.*, 6, (2), p. 106-116, 2 fig.
- 4) DUNN D.L. (1970). — Middle Carboniferous Conodonts from Western United States and phylogeny of the platform group. *Journ. Pal.*, vol. 44, n° 2, p. 312-342, Pl. 61-64, 11 fig.
- 5) DVORAK J., MIROUSE R., PAPROTH E., PELHATE A., RAMSBOTTOM W.H.C., WAGNER R.H. (1974). — Relations entre la sédimentation éodévonocarbone et la tectonique varisque en Europe centrale et occidentale. *Coll. Int. C.N.R.S.*, Rennes, n° 243, p. 241-274, 18 fig.
- 6) HIGGINS A.C. (1962). — Conodonts from the "Griotte" limestone of Northwest Spain. *Notas y Communs. Inst. Geol. y Minero de España*, n° 65, p. 5-22, 3 pl., 2 fig.

- 7) HIGGINS A.C. (1975). — Conodont zonation of the late Viséan-early Westphalien strata of the south and central Pennines of Northern England. *Bull. Geol. Surv. of Great Britain*, n° 53, 90 p., 18 pl., 14 fig., 5 tabl.
- 8) HIGGINS A.C., BOUCKAERT J. (1968). — Conodont stratigraphy and Paleontology of the Namurian of Belgium. *Serv. Géol. de Belgique*, Mém. 10, 64 p., 6 pl.
- 9) LANE H.R., STRAKA J.J. (1974). — Late Mississippian and early Pennsylvanian Conodonts of Arkansas and Oklahoma. *Geol. Soc. Amer.*, Spec. paper 152, 144 p., 44 pl. et fig.
- 10) LEMOSQUET Y., PAREYN Cl., WEYANT M. (1976). — Schéma de l'évolution tectonosédimentaire du Carbonifère (Sahara Sud-Oranais). 4^{me} R.A.S.T., Paris, p. 265, 1 tabl.
- 11) LYS M., SERRE B. (1958). — Contribution à la connaissance des microfaunes du Paléozoïque. Etudes micropaléontologiques dans le Carbonifère marin des Asturies. *Rev. I.F.P.*, vol. XIII, n° 6, p. 879-916, 2 tabl., XI pl.
- 12) MAMET B., SKIPP B. (1970). — Lower carboniferous calcareous Foraminifera. Preliminary zonation and stratigraphic implications for the Mississippian of North America. VI^{me} Congrès Int. Strat. Geol. Carb. Sheffield, vol. III, p. 1130-1146, 10 fig.
- 13) MARKS P., WENSINK H. (1970). — Conodonts and the age of the "Griotte" Limestone Formation in the upper Aragon Valley (Huesca, Spain). I. *Kon. Ned. Akad. van Wetenschappen*, ser. B, 3, p. 238-275, 4 pl., 4 tabl.
- 14) MEISCHNER K.D. (1970). — Conodonten-Chronologie des deutschen Karbons. VI^{me} Congrès Strat. Geol. Carb. Sheffield, 1967, vol. III, p. 1169-1180, 3 fig.
- 15) MOORE L.R., NEVES R., WAGNER-GENTIS C.H.T. (1971). — The stratigraphy of Namurian and Westphalien rocks in the Villamanin area of Northern Leon, N.W. Spain. *Trabajos de Geologia*, Oviedo, fasc. 3, p. 307-363, fig. 1-7, Pl. 1-8.
- 16) PAREYN Cl. (1958). — La limite paléontologique entre le Viséen et le Namurien dans le Sahara Occidental. *Bull. Soc. Linn. de Normandie*, 9^{me} série, vol. 9, p. 9-19, 2 pl.
- 17) PAREYN Cl. (1961). — Les massifs carbonifères du Sahara Sud-Oranais. *Edit. C.N.R.S.*, 2 t., 769 p., 28 pl.
- 18) PERRET M.F. (1973). — Foraminifères du Viséen et du Namurien des Pyrénées Centrales. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 109, fasc. 3-4, p. 291-332, 6 pl.
- 19) PERRET M.F. (1974). — Biostratigraphie par Conodontes du Carbonifère inférieur des Pyrénées Béarnaises. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, t. 279, série D, p. 791-794.
- 20) PERRET M.F. (1976). — Foraminifères du Dinantien et du Namurien des Pyrénées. Position et affinités. 4^{me} R.A.S.T. Paris, p. 325.
- 21) WAGNER-GENTIS C.H.T. (1963). — Lower Namurian Goniaticites from the Griotte limestone of the cantabric mountain chain. *Notas y Comuns. Inst. Geol. y Minero de España*, n° 69, p. 5-42, Pl. I-VII.
- 22) WAGNER R.H., WINKLER-PRINS C.F., RIDING R.E. (1971). — Lithostratigraphic units of the lower part of the carboniferous in Northern Leon, Spain. *Trabajos de Geologia*, Oviedo, fasc. 4, p. 603-663, 3 pl., 1 tabl., 10 fig.
- 23) WIRTH M. (1967). — Zur Gliederung des höheren Paläozoikums im Gebiet des Quinto Real (Westpyrenäen) mit Hilfe von Conodonten. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, vol. 127, n° 2, p. 179-224, 15 fig., Pl. 19-23.



Heterodiadema lybicum (Agassiz et Desor, 1846), a Hemicidaroid echinoid from the Campanian of Belgium

by Joris F. GEYS (*)

(Plate VIII)

Abstract. — *Heterodiadema lybicum* is found to have survived the other Hemicidaroid echinoids until the Campanian.

Résumé. — *Heterodiadema lybicum* s'avère avoir survécu les autres espèces Hémicidaroides jusqu'au Campanien.

I. — INTRODUCTION

Hitherto, almost no Hemicidaroid echinoids were known from strata younger than Cenomanian. Only very few seem to have survived until the Turonian, of which *Heterodiadema lybicum* (Agassiz and Desor, 1846) is one. This species was originally described from the Middle Cretaceous of Egypt and proved to be present in Cenomanian and Turonian deposits of Algeria (Cotteau, 1864), Tunisia (Zaghib-Turki, 1974), Morocco (Lambert, 1931), Southern France (Cotteau, 1864), Portugal (De Loriol, 1887), Palestina, Pakistan (Mortensen, 1935), Somalia (Checchia-Rispoli, 1950), etc...

Its presence in strata as young as the Belgian Campanian is therefore a little surprising. The discovery of *H. lybicum* in Belgium makes this species the last known surviving Hemicidaroid, before this order vanished completely at the end of the Cretaceous.

"Treatise" terminology was used in the description.

Abbreviations :

- D : ambital diameter of the corona 3-V ;
- h : height of the test ;
- dsI : diameter of the apical system 3-V ;
- dsII : diameter of the apical system 2-IV ;
- dp : diameter of the peristome, gill slits not included, 3-V.

(*) Laboratory for Mineralogy, Geology and Physical Geography (Director : Prof. Dr. W. De Breuck), State University Centre (RUCA) Groenenborgerlaan 171, B-2020 Antwerpen (Belgium).

Note présentée le 7 Novembre 1979 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 7 Mai 1980.

II. — SYSTEMATIC DESCRIPTION

Ordo HEMICIDAROIDA, Beurlen, 1937
Familia HEMICIDARIDAE, Wright, 1857

Genus *HETERODIADEMA* Cotteau, 1862

Type species : *Heterodiadema Martinianum* (Cotteau, 1859)
[= *H. lybicum* (Agassiz and Desor, 1846), sensu Cotteau, 1864] ; original designation.

Diagnosis : « Apical system penetrating deeply into interambulacrum V ; ambulacral plates trigeminate throughout ».

HETERODIADEMA LYBICUM (Agassiz and Desor, 1846)

(Pl. VIII, fig. 1-7)

- * • 1846. *Hemicidaris lybica*, Agassiz and Desor, p. 338.
- 1858. *Pseudodiadema lybicum*, Desor, p. 72.
- * • 1859. *Pseudodiadema Martinianum* Cotteau, p. 17, Pl. III, fig. 5-6.
- 1862. *Heterodiadema Martinianum*, Cotteau, p. 75.
- * • 1862. *Pseudodiadema Batnensis*, Coquand, p. 257, Pl. 28, fig. 1-4.
- v • 1864. *Heterodiadema libycum* Cotteau, p. 522-527, Pl. 1124.
- 1875. *Heterodiadema Lybicum*, Quenstedt, p. 331-332.
- 1879. *Heterodiadema libycum* Cotteau, Peron and Gauthier, p. 201, Pl. XV, fig. 5.
- 1887. *Heterodiadema Lybicum*, De Loriol, p. 43-44.
- 1892. *Heterodiadema libycum*, Gauthier, p. 15.
- 1895. *Heterodiadema libycum*, von Zittel, p. 189.
- v • 1910. *Heterodiadema libycum*, Lambert and Thiery, p. 180.
- 1914. *Heterodiadema libycum*, Fourtau, p. 16-18.

- 1918. *Heterodiadema libycum*, Stefanini, p. 124-125.
- 1931. *Heterodiadema libycum*, Lambert, p. 27 and 156.
- 1935. *Heterodiadema libycum* Mortensen, p. 439-440, fig. 247.
- 1950. *Heterodiadema libycum*, Checchia-Rispoli, p. 6, Pl. I, fig. 247.
- 1953. *Heterodiadema libycum*, Termier and Termier, p. 898, fig. 157-159.
- 1955. *Heterodiadema libycum*, De Vries, p. 271 and 277.
- 1966. *Heterodiadema libycum*, Fell and Pawson, p. U384, fig. 286.1.
- 1975. *Heterodiadema libycum*, Zaghbib-Turki, p. 26-27, Pl. I, fig. 4-6.

STRATUM TYPICUM: "Terrain crétacé", probably Cenomanian.

LOCUS TYPICUS: unknown locality in Egypt.

Other occurrences outside Belgium.

H. libycum is rather widespread in Cenomanian and Turonian strata of perimediterranean regions: S. France, Portugal, Morocco, Algeria, Tunisia, Egypt, Palestina, Syria, Somalia (in litt.). Varieties have been found in the Cenomanian of the Karakorum (Stefanini, 1928) and of the Niger Republic (Lambert, 1938).

Nomenclative note.

Though many authors who dealt with this species, spelled it *H. libycum*, it has to be noted that the original spelling of Agassiz and Desor (1846) is actually *H. lybicum*. This spelling should be respected.

Specimens studied.

Obourg Chalk (Campanian), at Harmignies, Hainaut, Belgium: 1 specimen.

Turonian, at Mzab el Messai, Batna district, Algeria: 1 specimen, figured by Cotteau (1864), Pl. 1124.

Description.

Medium sized *Heterodiadema* with flattened, but not wheel shaped test.

Dimensions:

D = 22,4 mm ;	
h = 9,5 mm ;	h/D = 0.42 ;
dsI = 10,0 mm ;	dsI/D = 0.44 ;
dsII = 5,8 mm ;	dsII/dsI = 0.58 ;
dp = 7,5 mm ;	dp/D = 0.33.

The aboral side is slightly convex, the adoral surface is nearly flat.

The peristome is not sunken, relatively small and circular. Gill slits are conspicuous, and posses small ridges at their interradial sides. Girdle features could not be described.

The apical system is pentagonal, with concave borders, and extending very deeply into interambulacrum V. It is thus keyhole-shaped. Apical plates are caducous.

The ambulacra consist throughout of compound, trigeminate plates of diadematoid type. Two series of 15 to 17 perforate, crenulate primary tubercles are present in each ambulacrum. The tubercles abruptly diminish in size above the ambitus. Below the ambitus the scrobicules are large, smooth and confluent. The extrascrobicular surfaces are very narrow, sinuous and coarsely granulated. The pore pairs occur in straight series and are uniserial throughout. Their axes are only slightly inclined.

The interambulacra are about 1,5 times wider than the ambulacra. Each of them bears two series of 13 or 14 perforate, crenulate primary tubercles. The size of these diminishes above the ambitus, as abruptly as in the ambulacra. Below the ambitus the scrobicular areoles are smooth, large and confluent. The extrascrobicular surfaces are much wider than in the ambulacra. They are densely granulated at and below the ambitus. The aboral side of the is almost smooth. A row of small secondary tubercles occurs near the adradial suture. On the adoral surface, smooth areas are present near the adradial sutures, slightly widening towards the gill slits.

Discussion.

Heterodiadema libycum is a readily recognisable species. Only a few species are known in the genus, all with characteristics, well unlike those of *H. lybicum*.

H. bigranulatum Gregory, 1906 (Pl. X, fig. 1a-f), from the Cenomanian of the Sinai, Egypt, differs from *H. libycum* in its non confluent scrobicules, and in its narrower interradial extrascrobicular surfaces. The apical systems of both species differ in shape: the distal borders are less concave, and the dsII/dsI-ratio is much more elevated in Gregory's species. Though Lambert and Thiery (1910) considered these species as synonyms, I prefer to keep them separated.

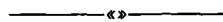
H. ouremense De Loriol, 1884 (De Loriol, 1887, Pl. VIII, fig. 2-4), from the Cenomanian of Portugal, differs from *H. libycum* mainly in its much more inflated general outline, its convex adoral surface and its very deep branchial incisions.

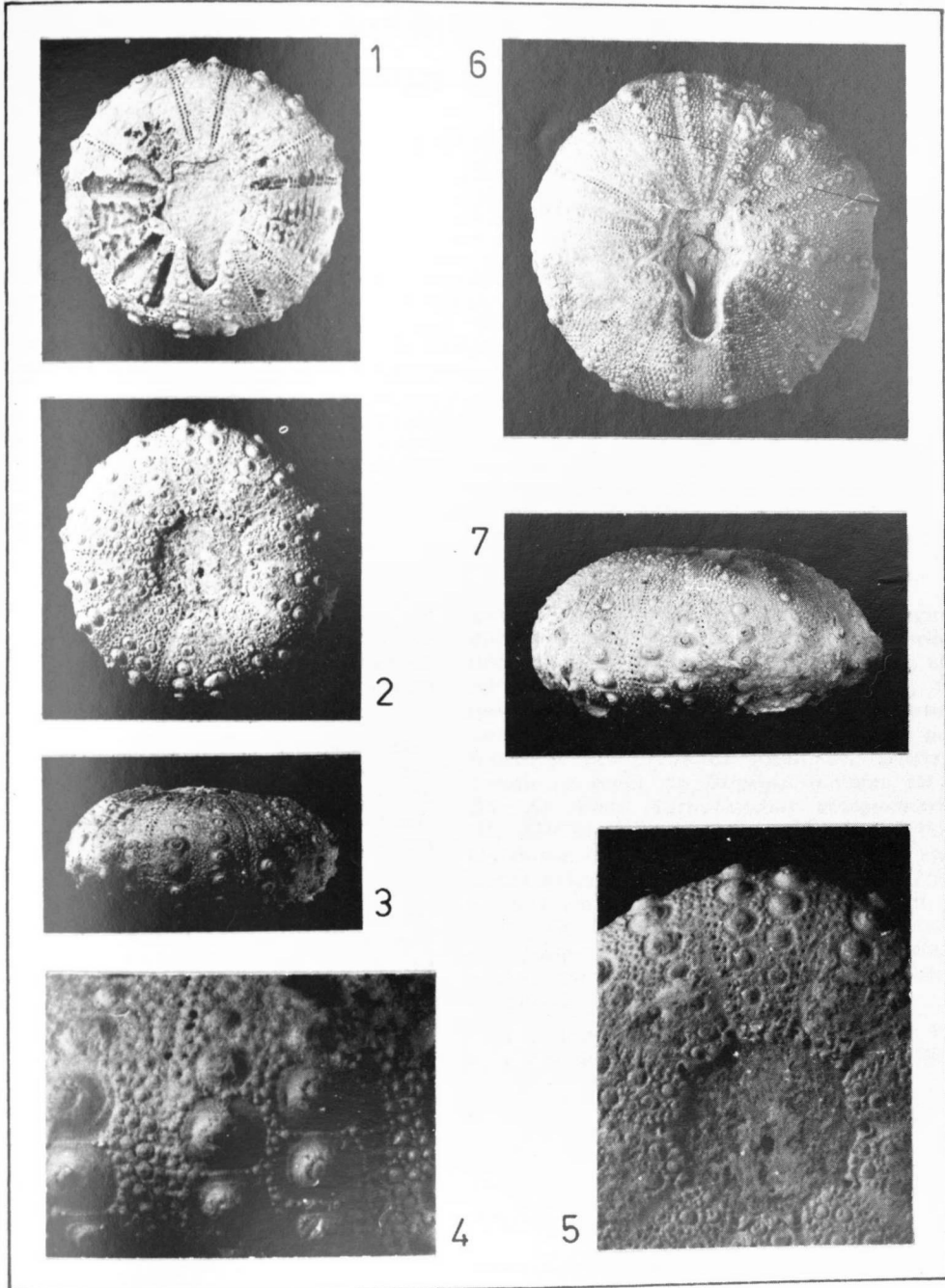
Differences between the Campanian specimen from Belgium, and Turonian specimens from Algeria, described by Cotteau (1864), are exceedingly small and not significant.

Acknowledgements. — I would like to express my sincere gratitude to Prof. Dr. A. Capart, director of the Institut. Roy. Sc. Nat. de Belgique à Bruxelles, and to Ir. P. Sartenaer, head of the Section of Paleontology at the same institute, for permission to study the collections in their care. I also wish to thank Mrs. D. Gaspard (Ecole des Mines, Université de Paris-Sud, France) for opportunity to study some specimens from the collections of that institution. I finally want to thank Dr. M. Gilbert and Dr. A.V. Dhondt (Inst. Roy. Sc. Nat. Belgique) for help in many ways.

REFERENCES

- 1) AGASSIZ L. and DESOR E. (1846). — Catalogue raisonné des familles, des genres et des espèces de la classe des Echinodermes. *Ann. Sc. Nat.* (3), *Zoologie*, n° 6, p. 305-374.
- 2) BEURLEN K. (1937). — Revision der Seeigel aus dem norddeutschen Jura. Teil 2. Die regulären Seeigel. *Preuss. Geol. Landesanst., Abh.* (N.S.), n° 174, p. 6-149, Pl. 1.
- 3) CHECCHIA-RISPOLI G. (1950). — Su alcuni "Pseudodiadema" del Cretacea della Somalia. *Mem. Acad. Linnei Cl. Sci. fis. math. nat.*, (8), n° 2, Ser. 2a, p. 1-16, 1 pl.
- 4) COTTEAU G. (1858-1880). — *Echinides nouveaux ou peu connus*, t. I, 230 p., 32 pl.
- 5) COTTEAU G. (1862-1867). — *Paléontologie française. Description des animaux invertébrés commencée par Alcide d'Orbigny. Terrain crétacé*, t. VII. *Echinides réguliers*, 892 p., Pl. 1007-1204.
- 6) COTTEAU G., PERON P. et GAUTHIER V. (1879). — *Echinides fossiles de l'Algérie 1/5. Etage Cénomanién*, p. 145-234, Pl. 9-16.
- 7) COQUAND H. (1862). — *Géologie et paléontologie de la région sud de la province de Constantine*, 320 p., 35 pl.
- 8) DE LORIOI P. (1884). — Notes pour servir à l'étude des échinides. *Rec. Zool. Suisse*, n° 1, p. 696, Pl. 33.
- 9) DE LORIOI P. (1887-1888). — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. II. Description des échinodermes*, 122 p., 22 pl.
- 10) DESOR E. (1855-1858). — *Synopsis des échinides fossiles*, 63 + 490 p., 44 pl.
- 11) DE VRIES A. (1955). — Sur un matériel échinique provenant de l'est Constantinois. *Publ. Serv. Carte Geol. Algérie* (N.S.), n° 46, p. 282-293.
- 12) FELL H.B. and PAWSON D. (1966). — Echinacea, in R.C. Moore (ed.), *Treatise on invertebrate paleontology*, Part. U. *Echinodermata*, n° 3, vol. 2, p. U 367-U 436.
- 13) FOURTAU R. (1914). — Catalogue des Invertébrés fossiles de l'Égypte, représentés dans les collections du Musée de Géologie au Caire. Terrains Crétacés. I. Echinodermes. *Geol. surv. Egypt, Palaeont.*, Sér. 2, 109 p., 8 pl.
- 14) GAUTHIER V. (1892). — *Notes sur les échinides crétacés recueillis en Tunisie par M. Aubert, au cours de ses explorations pour la carte géologique de ce pays*, 58 p., 4 pl.
- 15) LAMBERT J. (1931). — Etude sur les échinides fossiles du Nord de l'Afrique. *Mém. Soc. Géol. Fr.* (N.S.), 16. 228 p., 8 pl.
- 16) LAMBERT J. (1938). — Une nouvelle variété de l'*Heterodiadema libycum* Desor, du Cénomanién supérieur de Tamaia (Niger). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), n° 8, p. 87-89, Pl. 6.
- 17) LAMBERT J. et THIERY P. (1909-1925). — *Essai de nomenclature raisonnée des échinides*, 607 p., 15 pl.
- 18) MORTENSEN T. (1935). — *A monograph of the echinoidea II. Bothriocidaroida, Melonechinoida, Lepidocentroida and Stirodonta*, 647 p., 89 pl.
- 19) QUENSTEDT F. (1874-1875). — *Petrefactenkunde Deutschlands. Echiniden*, 8 + 720 p., Pl. 62-89.
- 20) STEFANINI G. (1918-1919). — Echinidi cretacei e terziari d' Egitto, raccolti da Antonio Figari Bey. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, n° 37, p. 121-168, Pl. 5; n° 38, p. 39-63, Pl. 3.
- 21) STEFANINI G. (1928). — Echinidi mesozoici del Caracorum. *Spedizione italiana de Filippi* (2), n° 6, p. 151-186, Pl. 19-21.
- 22) TERMIER H. et TERMIER G. (1953). — Echinides, in Piveteau J., *Traité de Paléontologie III*, p. 857-947.
- 23) WRIGHT T. (1855-1860). — *A monograph of British fossil echinodermata of the Oolitic formations. I. Echinoidea*, 481 p., 43 pl.
- 24) ZAGHBIB-TURKI D. (1975). — Echinides du Crétacé de Tunisie centrale. Etude systématique, paléobio-métrique et paléoécologique *CERPAB Contrib.*, n° 10, 117 p., 3 pl.
- 25) ZITTEL K. von (1895). — *Grundzüge der Palaeontologie (Palaeozoologie)*, 371 p.





Eotrias du Nord-Ouest de Madagascar : Etude de quelques poissons dont un est en parturition

par Laurence BELTAN (*)

(Planches IX à XV)

Résumé. — Dans cet article sont décrits quelques poissons éotriassiques, venant du Nord-Ouest de Madagascar : un nouveau Cœlacanthe de grande taille, *Cœlacanthus evolutus* ; deux *Birgeria nielseni* dont un est en parturition ; une nouvelle espèce est ajoutée au genre *Australosomus*, *Australosomus altisquamosus*. Cette nouvelle espèce offre l'occasion de faire de brèves remarques à propos des fissures craniennes de quelques Actinoptérygiens primitifs.

Abstract. — In this paper, a description of some Eotriassic fishes from the North-Western Madagascar is given. This assemblage includes a new Cœlacanth of great size, *Cœlacanthus evolutus* ; two *Birgeria nielseni* whose one is in parturition ; a new species is added to the genus *Australosomus*, *Australosomus altisquamosus*. About this new species, the opportunity occurs for doing brief remarks on cranial fissures of some primitive Actinopterygiens.

Les gisements éotriassiques du Nord-Ouest de Madagascar, à proximité, entre autres, de la localité d'Antitokazo, ont déjà livré de nombreux fossiles de Vertébrés et d'Invertébrés, à propos desquels plusieurs ouvrages ont été publiés.

Dans le présent mémoire, quatre fossiles venant de cette formation géologique sont examinés. Il s'agit d'un Cœlacanthiforme, deux Paléonisciformes et un Pholidopleuriforme. Ceux-ci, en parfait état de conservation, sont contenus dans des nodules. Deux de ces concrétions nous ont été confiées pour étude par M. Demousseau qui, par la suite, a eu l'amabilité d'en faire don à l'Institut de Paléontologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Qu'il en soit vivement remercié ! Mes remerciements s'adressent aussi à M^{lle} Crapart pour l'exécution des dessins et des planches photographiques, et à MM. Kandaroun et Serrette pour les prises de vue.

INTRODUCTION

Les assises éotriassiques du Nord-Ouest de Madagascar sont marines (présence d'Ammonites, de Crustacés Décapodes entre autres). Les restes d'animaux sont inclus dans des nodules qui ont la particularité

quand ils sont ouverts de montrer les régions organiques en relief négatif en majeure partie. L'os a disparu ; il ne reste que des empreintes, et en général les cavités sont remplies de gangue : par ex., les orbites, les myodomes ; tandis que les parties osseuses du vivant de l'animal sont des creux : par ex., les processus post-orbitaires. Dans cet article, la crête dorsale (*ri psph*) de *Birgeria nielseni* est un creux (Pl. X). Pour *Australosomus altisquamosus* n. sp., (Pl. XIV et XV), l'espace compris entre l'orbite et le myodome (*my*) (2 massifs de gangue) était occupé par le basisphénoïde ; la fosse de Bridge (*fb*) est aussi un petit amas de gangue. Le relief normal, positif, est rétabli sur la reconstitution (fig. 3). L'auteur rappelle ces quelques faits car la lecture des fossiles en relief négatif est difficile pour ceux qui n'en ont pas l'habitude.

Les fossiles étudiés portent le signe P.E.N.O.M. (Poissons de l'Eotrias du Nord-Ouest de Madagascar).

Ordre CŒLACANTHIFORMES

Famille CŒLACANTHIDAE

Genre CŒLACANTHUS Agassiz, 1836

Espèce-type : *Cœlacanthus granulatus* Agassiz.

Le genre *Cœlacanthus* est représenté par plusieurs espèces du Carbonifère au Muschelkalk. On le trouve en Ecosse, en Angleterre, en Allemagne, en Afrique

(*) Institut de Paléontologie, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Note présentée le 3 Mai 1979 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 4 Juin 1980.

du Sud. Il n'était connu jusqu'ici à Madagascar que par l'espèce *C. madagascariensis* Smith Woodward (1910) et provenait du Trias inférieur des environs de la localité d'Andogobé. A côté de cette espèce réétudiée par Moy-Thomas (1935) se place une nouvelle espèce de grande taille.

CÆLACANTHUS EVOLUTUS n. sp.
(Pl. IX)

HOLOTYPE : Nodule (P.E.N.O.M. 1 a, b) en forme de pentagone irrégulier contenant la première nageoire dorsale, la plaque basilaire correspondante, et un fragment de la partie antérieure du corps montrant des écailles et le squelette axial.

Diagnose : « Espèce de grande taille ; écailles un peu plus hautes que larges, pourvues d'un réseau de fines rides parallèles (quelques-unes s'anastomosant et tendant à converger postérieurement). Première plaque basilaire subtriangulaire de type *Cælacanthus*. Première nageoire dorsale comprenant 12 à 14 rayons dermiques se segmentant distalement ».

Description.

Dans les formations éotriasiques du Nord-Ouest de Madagascar, les Cælacanthidae sont représentés par les genres suivants : *Whiteia woodwardi*, *W. tuberculata* Moy-Thomas (1935), *Piveteaia madagascariensis* Lehman (1952), *Cælacanthus madagascariensis* Smith Woodward (1910). A cette liste s'ajoute la nouvelle espèce *Cælacanthus evolutus*.

La portion antérieure du corps montre l'empreinte du squelette axial. Celui-ci est du type habituellement observable chez les Cælacanthes. Les arcs neuraux se prolongeant par une épine neurale sont très nombreux et rappellent à ce point de vue *Cælacanthus granulatus* Agassiz (Moy-Thomas et Westoll, 1935). De très nombreuses épines neurales montrent une élongation très marquée en arrière de l'endosquelette (plaque basilaire) de la nageoire. En général, ces épines ont une fois et demie la longueur de celles qui sont en avant de la plaque. Aucun élément hémal n'est conservé.

Une douzaine de lépidotriches assez larges, creux comme l'indique l'étymologie du nom générique, composent la première nageoire dorsale. Ceux-ci, assez longs, ont leur tiers distal segmenté. La plaque basilaire subtriangulaire, aux sommets dorsal et antérieur arrondis, est très développée et a la forme que l'on observe chez le genre *Cælacanthus* Schaeffer, 1941.

La fraction de corps présente est recouverte d'écailles ovales un peu plus hautes que larges (Pl IX), pourvues d'un réseau dense de rides presque parallèles dont quelques-unes s'anastomosent et ont tendance à converger postérieurement. Ces écailles rappellent celles de *Whiteia woodwardi*, mais chez ce genre les rides sont plus courtes et la convergence postérieure est à peine marquée.

Remarques.

Bien que le fossile examiné soit fragmentaire, il appartient très probablement à une nouvelle espèce : *Cælacanthus evolutus*. Elle diffère de l'espèce malgache déjà connue *C. madagascariensis* par sa grande taille, la forme et l'ornementation des écailles, le nombre de lépidotriches qui est de 9 chez celle-ci et 12 chez la nouvelle espèce. Il est à remarquer que les Cælacanthidae triasiques présents à Madagascar sont en général de petite taille. Le spécimen étudié devait atteindre 80 cm de long. Il se place, eu égard à la taille, entre les petites espèces fossiles de Madagascar et l'espèce actuelle *Latimeria chalumnae* Smith qui peut atteindre 130 cm et dont le biotope se situe aux environs de l'archipel des Comores.

Ordre des PALEONISCIFORMES

Famille BIRGERIIDAE

Genre *BIRGERIA* Stensiö, 1919

Le genre *Birgeria*, créé par Stensiö en 1919, a une longévité qui va de l'Eotrias au Rhétien. Si les spécimens réferés à ce genre sont nombreux, le nombre d'espèces établies avec certitude est très limité. Ce genre est connu en Californie, en Colombie britannique (Schaeffer et Mangus, 1976), dans le Trias du Spitsberg [*B. mougeoti* (Ag.) Stensiö, 1919, espèce-type, *B. aldingeri* pour Schwarz, 1970], dans le Trias inférieur du Groenland (*B. groenlandica* Stensiö, 1932). Il est aussi présent dans le Trias alpin (Tessin) (*B. stensioi* Aldinger, 1931). Dans le Rhétien des Alpes italiennes existe l'espèce *B. acuminata* Boni, 1937. A Madagascar, le genre *Birgeria* est très rare, il est connu par quatre spécimens appartenant à l'espèce *B. nielsenii* Lehman, 1952. Dans cet article, deux fossiles, l'un de grande taille, et l'autre de taille moyenne et en parturition seront décrits.

BIRGERIA NIELSENI Lehman, 1952
(Pl. X à XIII)

Une description des os dermiques d'un spécimen de taille moyenne a déjà été donnée (Lehman, 1952) ; quelques compléments sont ajoutés.

1) SPECIMEN DE GRANDE TAILLE.

Ce fossile (Pl. X et XI, A, B et C), comportant la tête aplatie latéralement et une petite partie antérieure du corps, mesure 22 cm, ce qui laisse supposer que l'animal complet avait 120 cm à peu près. Les os cassés et déplacés sur l'empreinte gauche, sont au contraire nettement déterminables sur la contre-empreinte droite.

a) **Toit cranien.**

Le nodule ayant pu être délité au niveau du parasphénoïde (*Psph*), contre-empreinte droite (Pl. XI,

A, B et C), le toit crânien (*Tc*) est mis en évidence. La face interne B montre le postrostral (*Ptr*) allongé et pas très large, suivi de deux frontaux (*Fr*) s'unissant médianement suivant une suture délicatement sinueuse, et séparant deux petits pariétaux (*Pa*) subtriangulaires. Sur cette face interne, on distingue très nettement les stries de radiations, par les centres desquels passaient les canaux longitudinaux supraorbitaires (*soc*).

La face externe C, ornée uniformément de petits tubercules arrondis, montre en plus des os déjà signalés, des nasaux (*Na*) très allongés, et des fragments du supraorbitodermosphénitique (*So Dsph*) et du dermoptérotique (*Dpt*). On observe en outre des pores du canal supraorbitaire (*po. soc*) et dans les pariétaux la pit line postérieure en forme d'accent grave.

b) Joue.

La contre-empreinte droite (Pl. X) offre un aspect assez complet des os composant la face latérale du crâne, et c'est à partir de celle-ci que la reconstitution a été élaborée (fig. 1).

Le préopercule (*Pop*), très fortement coudé, a sa branche horizontale un peu plus large que la branche verticale. Son bord supérieur ne présente pas une concavité au niveau de l'angle de courbure, comme cela a été signalé (Lehman, 1952).

Le maxillaire (*Mx*) très puissant, occupe une grande partie de la joue. Sa partie postorbitaire est très haute et munie d'une excroissance portéro-inférieure très développée. Le bord supérieur du maxillaire s'incline à partir de l'angle obtus qu'il forme au niveau

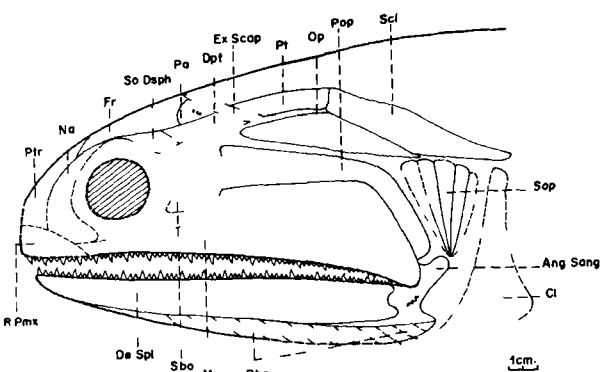


Fig. 1. — *Birgeria nielseni* Lehman (P.E.N.O.M. 2 a-b). Reconstitution de la tête en vue latérale.

Ang. Sang, angulosusangulaire; *Cl*, cleithrum; *De. Spl*, dentalosplénial; *Dpt*, dermoptérotique; *Ex. Scap*, extra-scapulaire; *Fr*, frontal; *Mx*, maxillaire; *Na*, nasal; *Op*, opercule; *Pa*, pariétal; *Pop*, préopercule; *Pt*, posttemporal; *Ptr*, postrostral; *Rbr*, rayon branchiostège; *R. Pmx*, rostrorémaxillaire; *Sbo*, sousorbitaire; *Scl*, supracléithrum; *So. Dsph*, supraorbitodermosphénitique; *Sop*, sousopercule.

de la flexure du préopercule et le bord inférieur est légèrement concave. Toute la région située en avant du bord postérieur de l'orbite peut difficilement être interprétée, de sorte qu'aucune description ne peut être faite des *sousorbitaux*, *infraorbitaux*, *antéorbitaux* et *rostrorémaxillaire*.

c) Appareil operculaire.

L'opercule (*Op*) est un os très allongé presque dorsal, haut dans son tiers antérieur et se terminant en pointe postérieurement. Il ressemble à celui de *B. groenlandica* (Nielsen, 1949), mais chez cette forme l'opercule ne présente pas une pointe aiguë postérieure.

Le sousopercule (*Sop*). Le sousopercule est conservé dans le spécimen décrit. A partir d'un angle aigu, se situant au niveau de l'extrémité inférieure du préopercule, divergent cinq ou six plaques subtriangulaires étroites. Cet ensemble de plaques constitue le sousopercule de forme aussi triangulaire, lequel atteint l'opercule et le supracléithrum (*Scl*). On retrouve cette même structure chez *B. groenlandica* Nielsen, *op. cit.*, et chez *B. stensioi* (Schwarz, 1970).

Quelques rayons branchiostèges sont observables, ainsi qu'une gulaire latérale (*Gu*).

d) La mandibule.

La mandibule est observable dans son intégralité. Très puissante, elle présente une légère concavité dans sa moitié supéroantérieure et une convexité peu marquée ensuite jusqu'au niveau de l'angulosusangulaire (*Ang. Sang*). Le dentalosplénial (*De Spl*) occupe presque les neuf dixièmes de la mandibule. Assez large postérieurement, il se rétrécit vers l'avant.

L'angulosusangulaire (*Ang. Sang*) qui constitue la région postérieure de la mandibule, a une forme très complexe. Il est constitué d'une lame inférieure qui s'effile vers l'avant, puis d'une partie ayant une suture oblique vers l'avant avec le dentalosplénial et devenant ensuite très haute vers l'arrière. L'angulosusangulaire, pourvu de la pit line orale (*orp*), montre dans sa région supérieure une fosse dans laquelle se logeait le condyle du carré dont on ne voit qu'une fraction (*Qu*). La surface postérieure de l'os, assez étendue, se creuse vers l'avant en son milieu. Une petite partie du cartilage de Meckel est visible (*MK*). En ce qui concerne la dentition et l'ornementation des os dermiques, les mêmes observations peuvent être faites que chez le spécimen de *B. nielseni* déjà connu à Madagascar.

e) Le parasphénoïde.

Le parasphénoïde (*Psph*), très puissant, aussi long que le toit crânien, s'est clivé pendant la fossilisation, si bien qu'on a la face dorsale sur l'empreinte gauche, et la face ventrale sur l'empreinte droite (relief négatif).

La face dorsale est munie d'une ride (*ri. psph*) très développée médianement dans la région antérieure ; viennent ensuite les processus ascendants qui se confondent presque avec la partie postérieure de l'os, laquelle se déploie considérablement vers le haut. La région antérieure de la plaque dentée (*p. d. psph*) est visible sur l'empreinte gauche (Pl. X). L'aspect de ce parasphénoïde se rapproche beaucoup de celui de *B. groenlandica*.

f) Ceinture scapulaire.

L'endosquelette de la ceinture scapulaire, bien décrit dans les travaux antérieurs (Nielsen, 1949 ; Lehman, 1952 ; Schwarz, 1970), ne montre qu'une fraction du suprascapulaire (*Scap*) percé par le nerf diazonal (*ndz*). L'exosquelette est en revanche très bien conservé :

- 1° le posttemporal (*Pt*) est étroit et incomplet,
- 2° le supracleithrum (*ScI*), très allongé, ayant à peu près la forme d'un parallépipède rectangle, a une direction oblique,
- 3° le cleithrum (*Cl*) très important montrant dans son angle supéropostérieur le suprascapulaire auquel font suite vers l'arrière le mésoptérygium (*mesopt*), les rayons endosquelettiques puis les lépidotriches jointifs et segmentés.

En ce qui concerne le squelette axial observable dans la région postcéphalique, on remarque les mêmes structures décrites par Stensiö, 1921 et Lehman, 1952.

2) SPECIMEN DE PETITE TAILLE.

Ce spécimen (Pl. XII) en excellent état de conservation, sectionné un peu en arrière des nageoires pelviennes, est aplati latéralement. Il mesure 12 cm mais devait atteindre 25 cm de long. La description de la région antérieure de *Birgeria nielsenii* a déjà été présentée. Il convient d'ajouter l'existence d'un fragment du mur post nasal et de l'entoptérygoïde (*Entpte*). En ce qui concerne le toit cranien, on constate, tout au moins à gauche, un pariétal supplémentaire portant le prolongement de la pit line moyenne. Dans les spécimens précédemment étudiés (Lehman, 1952 ; présent article), aucun os pariétal supplémentaire n'a été observé. Il peut y avoir asymétrie chez *B. groenlandica* ; cette espèce, en effet, montre des pariétaux différents en ce qui concerne la forme et le nombre d'un spécimen à l'autre, mais aussi chez un même spécimen d'un côté de la tête à l'autre (Nielsen, 1949). Chez *B. mougeoti*, cette symétrie n'est pas remarquée, on note un os anamestique de part et d'autre des pariétaux centraux (Stensiö, 1932). Cette variabilité du nombre et de la forme des pariétaux souligne une fois de plus la complexité de la zone pariétale qui a été décelée chez les genres *Brookvalia*, *Pholidopleurus* Wade, 1935, *Australosomus* Lehman, 1952 et *Saurichthys* Beltan, 1968.

La ceinture pelvienne endosquelettique (*Pv. d, g*) et les nageoires correspondantes (*Npv. d, g*) rappellent celles présentes chez *B. groenlandica* Nielsen, 1949. En ce qui concerne la joue, on note la présence des composants osseux déjà décrits et pour lesquels quelques remarques seront faites plus loin à propos de la croissance.

Parturition.

L'auteur a déjà présenté ce phénomène physiologique et démontré qu'il s'agit d'une *gestation* et non d'une *ingestion* (Beltan, 1977). Dans ce paragraphe, un complément est apporté à la description de cette parturition fossile (Pl. XI, D ; Pl. XII et XIII).

Dans la cavité abdominale du spécimen étudié (fig. 2), un jeune individu est présent ; sa longueur visible jusqu'au niveau à peu près de ses nageoires pelviennes est de 4 cm. La tête du jeune, entièrement dégagée du corps de l'adulte, se présente sous sa face ventrale (Pl. XIII, empreinte A). Ayant la forme d'un triangle isocèle, le crâne du jeune montre une grande partie du parasphénoïde (*psph*), la mandibule droite (*md. d*) dont la vue médiale (*v. m*) avec ses composants : angulaire, susangulaire, splénial, dentalosplénial (*ang, sang, spl, de. spl*) figure sur la contre-empreinte. Le maxillaire gauche (*mx. g*) est bien développé et muni de petites et grosses dents ; la mandibule gauche (*md. g*) qui lui correspond est observable sur la contre-empreinte B. Cette mandibule s'est non seulement déta-

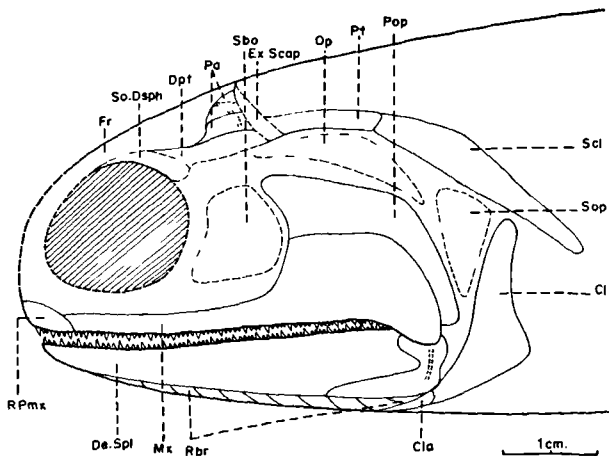


Fig. 2. — *Birgeria nielsenii* Lehman (P.E.N.O.M. 3 a-b). Reconstitution de la tête en vue latérale du spécimen en parturition.

Cla, clavicule ; *Cl*, cleithrum ; *De. Spl*, dentalosplénial ; *Dpt*, dermoptérotique ; *Ex. Scap*, extrascapulaire médian ; *Fr*, frontal ; *Mx*, maxillaire ; *Op*, opercule ; *Pa*, pariétal ; *Pop*, préopercule ; *Pt*, posttemporal ; *Rbr*, rayon branchio-stège ; *R. Pmx*, rostroprémaxillaire ; *Sbo*, supraorbitodermosphénotique ; *ScI*, supracleithrum ; *So. Dsph*, supraorbitodermosphénotique ; *Sop*, sousopercule.

chée du crâne, mais elle a subi une rotation de près de 90° par rapport à l'axe longitudinal du crâne. Cette dislocation a entraîné une difficulté à l'éjection du jeune et par suite la mort de l'adulte. Il s'est donc produit une *dystocie*, par opposition à une *parturition entocique*. En arrière de la tête, sur la contre-empreinte B, on peut observer les deux nageoires pectorales triangulaires (*n. pec*), les rayons endosquelettiques (baséostes) de la nageoire dorsale (*n. dors*). Le corps est recouvert de petites écailles rhombiques très minces, dont la couche superficielle de ganoïne montre de fines stries longitudinales parallèles.

La partie postérieure du corps s'enfonce dans la gangue sous une masse écailleuse enroulée en spirale (Pl. XI, D ; Pl. XII et XIII).

Celle-ci est probablement un fœtus lové immature dont les écailles sont lisses, dépourvues des stries observées chez le jeune en train de naître, il était peut-être avec celui-ci dans le même oviducte.

La viviparité est un phénomène que l'on observe chez de nombreux groupes d'Elasmobranches, différentes familles de Téléostéens, en particulier de l'ordre des Cyprinodontiformes. L'ovoviviparité a été récemment révélée chez le Cœlacanthe actuel, *Latimeria chalumnae* Smith (Lavett, Smith *et al.*, 1975).

La présence du fœtus en voie de développement implique que chez *Birgeria*, il existait le phénomène de *superfetation*. Celui-ci a été exposé par Bertin (1958), il existe dans la famille des Poeciliidae (Cyprinodontiformes vivipares). D'après les observations de cet auteur sur ce groupe, *Birgeria* offrirait une ressemblance avec le genre actuel *Heterandria* (Poeciliidae). L'éjection d'un individu mature est précédée par le développement embryonnaire assez avancé d'un ovule fécondé.

3) REMARQUES.

Fœtus, jeune individu, spécimen de petite taille, spécimen de grande taille, constituent un excellent ensemble montrant la croissance et le développement de l'espèce *Birgeria nielsenii*.

a) Les écailles.

En ce qui concerne celles-ci, il y a lieu de faire quelques constatations. Le fœtus et le jeune sont recouverts d'écailles. Celles-ci sont pourvues d'une mince couche de ganoïne qui est plissée chez le jeune, et non chez le fœtus immature. Les adultes, au contraire, sont dépourvus d'écailles, sauf dans le lobe supérieur de la nageoire caudale et le long de la ligne latérale (Stensiö, 1921, p. 199 ; Nielsen, 1949, p. 279). Il semble donc que chez *Birgeria*, la présence d'écailles soit un caractère juvénile disparaissant chez l'adulte. On remarque le même phénomène chez l'Espadon /*Xiphias*/ qui, jeune, est recouvert d'écailles tuberculées, lesquelles disparaissent quand il devient adulte (Van Oosten, 1957, p. 231).

Les genres *Carbovels* White et *Phanerosteon* Traquair, montrent une dégénérescence de l'écailleure ; celle-ci est présente sur le lobe supérieur de la nageoire caudale. Selon Moy-Thomas et Bradley Dyne, 1938, les écailles sont présentes chez *Phanerosteon* dans les mêmes régions où le développement commence chez le genre *Brookvalia* d'après les observations de Wade, 1935. De ce fait, chez *Phanerosteon* et *Birgeria*, on serait en présence, d'après les premiers auteurs, du phénomène de *pédomorbose* (Moy-Thomas et Bradley Dyne, 1938, p. 464). La parturition étudiée ici, démontre qu'il n'en est rien ; le jeune naît entièrement recouvert d'écailles et, en devenant adulte, il les perd toutes, sauf le long de la ligne latérale et sur le lobe épicaudal de la nageoire caudale. Cette perte d'écailles semble se faire relativement tôt, car un spécimen de *Birgeria groenlandica* d'une trentaine de centimètres ne montre presque plus d'écailles (Nielsen, 1949, Pl. 10).

b) Les modifications du crâne dermique.

On constate au cours du développement une série de variations (Pl. X et XII). En vue latérale, on remarque que lorsqu'on passe de la forme de petite taille à celle de grande dimension, le crâne est plus bas et il s'allonge.

Au cours du développement, le préopercule présente un angle de flexion beaucoup plus marqué chez la forme adulte que chez celle de petite taille ; et chez celle-là, la branche horizontale est beaucoup plus large, surtout dans la région antérieure, que la branche verticale qui s'effile vers le bas. On constate, en ce qui concerne le maxillaire, que la hauteur de cet os au niveau de l'angle supéropostérieur est presque égal à la longueur de celui-ci, du bord postorbitaire au milieu de la suture postérieure préoperculo-maxillaire, ceci chez la forme de petite taille. Chez le spécimen de grande taille, la seconde dimension mentionnée est double de la première ; de plus, on observe un développement considérable de la plaque inféropostérieure du maxillaire. La mandibule subit au cours du développement d'importantes modifications. Chez le jeune dont le crâne est vu par sa face ventrale, on observe bien les deux mandibules (Pl. XII). La mandibule droite (*md. d*) montre quatre composants sur sa face médiale (*vm*) ; tandis que l'adulte n'en a plus que deux : le dentalosplénial (*De. Spl*) et l'angulosusangulaire (*Ang. Sang*) ; le susangulaire s'est fusionné à l'angulaire ; mais on note sa présence chez *Birgeria groenlandica* et *B. stensioi*. La hauteur maxima du dentalosplénial, par rapport à la longueur totale de ce composant osseux, passe de 1/6 à 1/9 de la forme de petite taille à la forme de grande dimension, ce qui est conforme à l'allongement du crâne ci-dessus mentionné. L'angulosusangulaire ne change pas de forme, mais sa lamelle antérieure se développe considérablement vers l'avant, de même que sa hauteur au niveau de la plaque inféropostérieure du maxillaire ; de plus, son bord supérieur est fortement

concave, à l'endroit où s'emboîte le condyle du carré et la concavité postérieure de l'os est fortement accentuée.

Le parasphénoïde, dont on voit la majeure partie sur la Pl. X, offre une différence d'aspect avec le parasphénoïde déjà décrit (Lehman, 1952). En effet, celui-ci appartient à une forme de petite dimension et ne présente pas un grand développement latérodorsal comme on l'observe chez le spécimen de grande dimension analysé dans cet article. Il est pourvu d'une plaque dentée (*pd. psph*) déjetée sur la droite de l'os (Pl. X) et rappelle beaucoup par sa conformation le parasphénoïde de *Birgeria groenlandica*.

En conclusion, les modifications observées au cours de la croissance de *Birgeria nielseni* montrent qu'une grande prudence est nécessaire quand il s'agit de déterminer ou de créer des espèces. Des variations au cours de la croissance ont été observées chez un Perleidiforme *Dipteronotus aculeatus* Lehman du Buntsandstein d'Alsace (Gall *et al.*, 1974).

Ordre PHOLIDOPLEURIFORMES

Famille PHOLIDOPLEURIDAE

Genre *AUSTRALOSOMUS* Piveteau, 1930

Espèce-type : *Australosomus merlei* (Priem).

Le genre *Australosomus*, qui est surtout triasique, a été trouvé au Groenland (*Australosomus kochi* Stensiö, 1932), en Colombie britannique (Schaeffer et Mangus, 1976), en Tanzanie (Haughton, 1936). Dans les couches triasiques malgaches, à côté des espèces *A. merlei* (étudiée par Piveteau, 1934 ; Lehman, 1952 ; Beltan, 1968) et *A. longirostris* Beltan, 1968, se trouve une nouvelle espèce caractérisée par ses grandes dimensions et l'aspect des écailles très hautes.

AUSTRALOSOMUS ALTISQUAMOSUS n. sp.

(Pl. XIV et XV)

HOLOTYPE : Nodule (P.E.N.O.M. 4 a. b) de 15 cm de long contenant le dermocrâne et l'endocrâne, une grande partie du corps en arrière des nageoires pectorales en excellent état de conservation, et aplati latéralement.

Diagnose : « Spécimen de grande taille. Museau moyennement allongé, voûte crânienne arrondie, suture médiane frontale sinueuse, division pariétale moins accentuée que dans les autres espèces, mandibule très puissante, angulaire très développé ; région post-orbitaire du maxillaire très étendue. Ensemble opercule-sousopercule presque en forme de demi-cercle ; opercule une fois et demie plus étendu que le sous-opercule, présence d'un postcleithrum très développé. Nageoire pectorale très importante. Écailles comprenant trois types quant aux dimensions, six à huit

rangées verticales très allongées et étroites dans les régions dorsale et ventrale ; à partir de celles-ci vers le bas une rangée d'écailles presque carrées et disposées régulièrement ; vers le haut trois ou quatre rangées d'écailles assez grandes, losangiques ou de forme irrégulière et disposées irrégulièrement ; enfin le fang est orné de deux rangées verticales d'écailles très hautes, la supérieure ayant des écailles quatre fois plus hautes que larges ».

1) DESCRIPTION.

a) Toit cranien.

Au postrostral (*P. tr*), dont on voit la majeure partie (Pl. XIV et XV), font suite vers l'arrière les deux grands frontaux (*Fr*) dont la suture médiane est légèrement digitée (fig. 3). Sur ces os, on observe des tronçons des canaux infra- et supraorbitaires, et deux pit lines dont la plus externe est probablement le prolongement de la pit line antérieure. Le bord postérieur des frontaux est en arc de cercle. Dans celui-ci s'emboîte la zone pariétale (*Pa*) difficilement observable quant à sa fragmentation, mais qui toutefois semble assez réduite ; un des éléments pariétaux très développé, pourvu d'une pit line, précède un autre composant encore plus important. Latéralement à la zone pariétale et postérieurement au frontal, s'étend le dermoptérotique (*Dpt*) très grand dont la suture avec le frontal est rectiligne contrairement à ce que l'on observe chez *Australosomus merlei* Lehman, 1952, p. 147. En arrière du dermoptérotique, on observe l'extrascapulaire (*Ex. Scap*) de forme sublosangique.

b) Joue.

Le préopercule (*Pop*), muni du canal préoperculaire, étroit dans sa partie inférieure, s'élargit dans sa région supérieure et est légèrement incliné (Pl. XIV et XV). Son bord postorbitaire, en demi-cercle comme chez *A. kochi* Stensiö (Nielsen, 1949, p. 98), est tout à fait différent de celui de *A. merlei* Lehman, 1952, p. 147. Le préopercule surplombe le maxillaire (*Mx*), très puissant, s'étendant loin vers l'avant ; il présente une plaque postorbitaire très développée et presque rectangulaire. La mandibule, comprenant l'angulaire assez développé antérieurement et le dentalosplénial (*De. Spl*) très puissant, a le bord antérosupérieur légèrement convexe vers le haut comme chez les espèces *A. kochi* et *A. merlei*.

c) Appareil operculaire.

Cet ensemble, très étendu, a à peu près la forme d'un demi-cercle. L'opercule (*Op*) au bord postérieur arrondi, a sa hauteur maxima double de celle du sous-opercule (*Sop*). Vers l'avant de cet os, on observe des rayons branchiostèges assez larges (*Rbr*) précédés d'une longue gulaire latérale (*Gu*). Un petit os triangulaire, l'antéopercule (*Aop*), s'emboîte entre l'opercule et le préopercule.

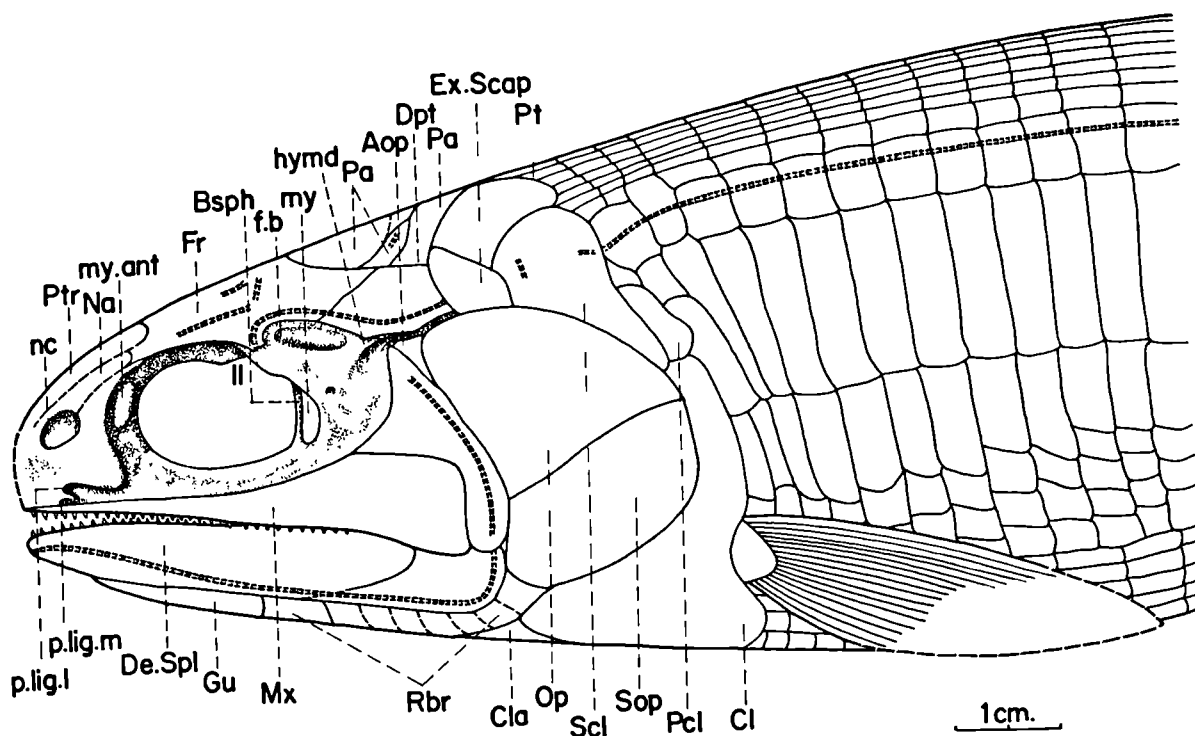


Fig. 3. — *Australosomus altisquamosus* n. sp. (P.E.N.O.M. 4 a-b).

Reconstitution de la tête et de la partie antérieure du corps en vue latérale.

Aop, antéopercule; *Bsph*, basisphénoïde; *Cla*, clavicle; *Cl*, cleithrum; *De.Spl*, dentalosplénial; *Dpt*, dermoptéroïque; *Ex.Scap*, extrascapulaire; *f.b*, fosse de Bridge; *Fr*, frontal; *Gu*, gulaire; *hymd*, fossette d'insertion de l'hyomandibulaire; *Mx*, maxillaire; *my.ant*, myodome antérieur; *my*, myodome postérieur; *Na*, nasal; *nc*, cavité nasale; *Op*, opercule; *Pa*, pariétal; *P.cl*, postcleithrum; *P.lig.l, m*, fossette d'insertion des ligaments du palatin, latérale, médiane; *Pt*, posttemporal; *Ptr*, postrostral; *Rbr*, rayon branchiostège; *Scl*, supracleithrum; *Sop*, sous-opercule; *II*, sortie du nerf optique.

d) Ceinture scapulaire.

Chez la nouvelle espèce *Australosomus altisquamosus*, la ceinture scapulaire exosquelettique est très bien conservée. Elle comprend le posttemporal (*Pt*) très large, trapézoïdal, surplombant le supracleithrum (*Scl*) presque piriforme contenant deux pit lines dont la plus postérieure est probablement le prolongement antérieur de la ligne latérale. Au bord inféropostérieur du supracleithrum se trouve accolé un os presque rectangulaire, le postcleithrum (*Pcl*). Aux deux os précités, fait suite vers le bas le puissant cleithrum (*Cl*) se prolongeant par la clavicle (*Cla*) assez allongée. Le cleithrum monte très haut et a son bord postérieur fortement excavé à l'endroit où s'insère la nageoire pectorale, laquelle devait être très développée d'après les restes de lépidotriches présents.

e) Endocrâne.

La Pl. XV présente en détail l'endocrâne de la nouvelle espèce sectionné sagittalement en vue latéro-interne (relief négatif en grande partie). L'endocrâne d'*Australosomus* étant bien connu (Piveteau, 1934; Nielsen, 1949; Lehman, 1952; Beltan, 1968), l'auteur ne donnera qu'une description succincte de celui d'*A. altisquamosus*. La région ethmoïdale assez allongée montre une profonde cavité latérale, la capsule nasale (*nc*). La face ventrale de cette région est creusée de quatre cavités (deux de part et d'autre de l'axe longitudinal de l'animal). Ces cavités servaient à l'insertion des ligaments du palatocarré (*p.lig.l, p.lig.m*).

La région orbitotemporale occupe la majeure partie de l'endocrâne. Les orbites, très grandes, montrent supéroantérieurement le myodome antérieur (*my.ant*).

Le myodome postérieur (*my*), creusé dans le basi-sphénoïde (*Bsph*), présente sa section sagittale sur les Pl. XIV et XV et son ouverture latérale sur la fig. 3. L'orbite est percée postéromédianement par le nerf optique (*II*) et, plus latéralement, on observe l'entrée du nerf pathétique (*IV*).

La région otique est délimitée par le sillon occipital latéral (*f. occ. lat*) et le processus postorbitaire. Cette région, vue de l'intérieur, montre la veine jugulaire (*ju*) enfermée dans un canal (*C. ju*) se dirigeant vers l'orbite. Au-dessus de cette ouverture se trouve l'entrée du nerf facial (*VII*), lequel émet le rameau otique (*rot VII*) qui aboutit au spiracle (*spi*) dont le canal débouche dans la fosse de Bridge (*fb*). On observe en outre en arrière de celle-ci, la fosse d'insertion de l'hyomandibulaire (*f. hym*) légèrement oblique et la branche dorsale du nerf glossopharyngien (*IX d*). La fente occipitale latérale se termine vers l'avant par la fontanelle vestibulaire en grande partie masquée par une portion du saccule (*sacc*). A la face ventrale de l'endocrâne se trouve le parasphénoïde dont l'aspect rappelle celui d'*Australosomus merlei* Lehman, 1952, p. 155.

La région occipitale montre sur sa face postérieure le foramen magnum dans lequel s'engage la moelle allongée (*myc*), la corde (*Ch*) très courte surplombant l'aorte dorsale (*aort*). La fissure occipitale latérale (*f. occ. lat*) et sa symétrique débouchent dorsalement dans la fontanelle postérieure.

Dans le dernier paragraphe sera donné un commentaire relatif aux fissures et fontanelles craniennes de quelques Actinoptérygiens primitifs.

f) Aspect du corps.

La partie antérieure du corps sur une longue distance est bien conservée (Pl. XIV). Ce qui frappe, ce sont les écailles disposées verticalement, caractère important de la famille des Pholidopleuridae. Trois types d'écailles sont observables. On distingue dans la région dorsale, six à huit rangées verticales d'écailles rectangulaires ayant à peu près les mêmes dimensions, et ces rangées ne sont pas décalées les unes par rapport aux autres.

La même observation est faite dans la région ventrale. A partir de ces régions, on constate vers le bas une rangée d'écailles de forme carrée, traversées par la ligne latérale et disposées régulièrement; vers le haut, trois ou quatre rangées d'écailles assez grandes, losangiques ou de forme irrégulière, disposées irrégulièrement. Enfin le flanc est orné de deux rangées d'écailles verticales très hautes, la supérieure ayant des écailles quatre fois plus hautes que larges d'où le nom spécifique *altisquamosus*. Ces dernières écailles montrent très nettement l'articulation "peg-and-socket" (Pl. XIV). On remarque chez *A. kochi* et *A. simplex* (Nielsen, 1949, p. 157, p. 167), dans la région ventrale, des écailles étroites et allongées mais dont la disposition n'est pas régulière comme chez *A. altisquamosus*.

2) COMPARAISON AVEC LES AUTRES ESPECES MALGACHES.

Jusqu'ici, on ne connaissait à Madagascar que des spécimens d'*Australosomus* sp. dans le gisement triasique du Sud-Ouest de l'île et au Nord de très nombreux fossiles référés à l'espèce *Australosomus merlei* Piveteau, et quelques-uns à l'espèce *A. longirostris* Beltan. A cette liste s'ajoute *A. altisquamosus*.

La tête d'*A. merlei* est courte, le museau est inexistant; chez *A. longirostris* (fig. 4), le crâne est, comme le nom spécifique l'indique, pourvu d'un rostre très allongé. La nouvelle espèce *A. altisquamosus* présente

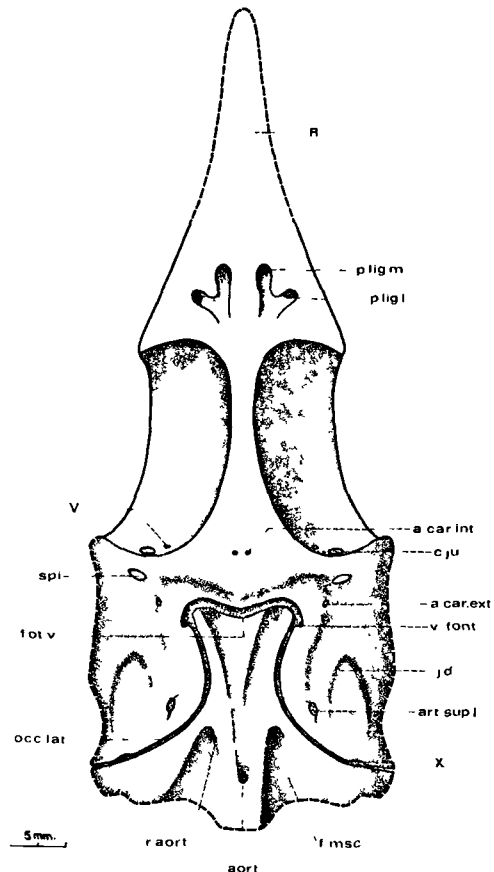


Fig. 4. — *Australosomus longirostris* Beltan.

Reconstitution de l'endocrâne en vue ventrale (I.P. 246). *a. car. ext*, artère carotide externe; *a. car. int*, artère carotide interne; *aort*, aorte; *art. sup.*, fossette d'articulation pour le suprapharyngobranchial 1; *c. ju*, canal jugulaire; *f. msc*, fosse d'insertion des muscles du tronc; *f. occ. lat*, fissure latérale occipitale; *f. ot. v*, fente oticale ventrale; *f. d*, dépression jugulaire; *p. lig. l., m*, fosse pour les ligaments du palatin, latérale, médiane; *R*, rostre; *r. aort*, racine de l'aorte; *spi*, canal spiraculaire; *v. font*, fontanelle vestibulaire; *V*, orifice du nerf trijumeau; *X*, orifice du nerf vague.

une élongation rostrale moyenne et se situe quant à la région rostrale entre les deux espèces ci-dessus mentionnées. Nielsen pensait aussi qu'il y avait un petit rostre chez *A. kochi*. Dans la nouvelle espèce malgache, le myodome postérieur semble moins étiré vers l'arrière que chez *A. longirostris*.

Par comparaison avec *Australosomus merlei*, on constate :

1° que le dermoptérotique est relativement plus développé chez *A. altisquamosus* que chez *A. merlei*, où la suture est digitée avec le frontal, mais rectiligne dans la première espèce ;

2° que l'appareil operculaire est un peu plus incliné ;

3° que le bord antérieur du préopercule est curviligne ;

4° que la ceinture scapulaire exosquelettique est très différente par sa conformation et comporte un postcleithrum comme *Australosomus kochi* ;

5° que les différences portent aussi sur les dimensions et sur l'écaillage.

3) A PROPOS DES FISSURES ET FONTANELLES CRANIENNES.

L'examen de l'endocrâne de la nouvelle espèce, *Australosomus altisquamosus*, donne à l'auteur l'occasion de rappeler ses opinions publiées antérieurement (Beltan, 1968, p. 107).

a) La fissure oticale ventrale.

Au cours de l'ontogénèse des Poissons actuels (*Amia*, par ex.), existe entre les trabécules la fosse hypophysaire dont la partie la plus postérieure, appelée fenêtre basicraniale, est séparée de la fosse hypophysaire proprement dite par le pont prootique. Cette fenêtre basicraniale a été considérée par l'auteur (1968) comme l'homologue de la fissure oticale ventrale. Cette dernière structure primitive a été observée chez de très nombreux Poissons fossiles malgaches de l'Eotrias : *Pteronisculus*, *Boreosomus*, *Australosomus*, *Perleidus*... Cette structure présente des aspects variés, allant de l'extension, à la réduction jusqu'à la disparition comme chez *Parasemionotus* ou *Watsonulus*.

Cette fente oticale ventrale a été observée chez beaucoup d'autres Paléoniscidés comme *Kentuckia*. La fente oticale ventrale de *Kansasiella* Poplin ne correspondrait pas à celle de *Mimia* Gardiner et Bartram, d'après le parallélisme établi avec l'embryon d'*Amia* au stade 8 mm (Bjerring, 1979, p. 211). Mais l'auteur constate que l'embryon considéré est tout à fait différent de celui du même Poisson au même stade ontogénétique figuré par De Beer (1937, p. 97, Pl. 33, fig. 1 et 2).

La fente oticale ventrale semble être une structure fixe. L'examen très attentif des photographies du genre *Luederia kempfi* Schaeffer et Dalquest (1978, p. 7), semble montrer que la fente oticale ventrale n'a pas d'impact sur la face ventrale de l'endocrâne. Cette

conclusion est corroborée par le fait qu'il est dit que : le parasphénoïde dépasse la fente oticale ventrale (p. 5) ; ces deux points de vue indiquent que l'aspect est tout à fait différent de celui de *Pteronisculus* (*op. cit.*, p. 12) ; cette observation semble appuyer le parallélisme que l'auteur établit entre l'importance de la fente oticale ventrale et la longueur du parasphénoïde. Quand la fissure oticale ventrale est importante, le parasphénoïde est court (*Pteronisculus*) ; quand elle régresse, puis disparaît, le parasphénoïde s'allonge vers l'arrière (*Parasemionotus*).

En ce qui concerne le parasphénoïde, il y a lieu de noter que *Australosomus kochi* (Nielsen, 1949, p. 123) a un parasphénoïde qui atteint à peine le niveau des ouvertures latérales du myodome postérieur et pas du tout la fissure oticale ventrale. Ce parasphénoïde a un aspect très différent de celui des *Australosomus* malgaches (Piveteau, 1934 ; Lehman, 1952, p. 155 ; Beltan, 1968, et le présent travail).

Si la fente oticale est une structure fixe, subsistant chez les Poissons fossiles une variabilité quant à l'importance qui va de l'extension à la régression, puis à la disparition, il est très difficile d'admettre sa réapparition en position très reculée par rapport à sa localisation primitive chez les Poissons évolués, chez *Pholidophorus bechei* par exemple (Patterson, 1975). Les vues latérale et sagittale du crâne d'*Ospia whitei* par exemple, ne montrent aucune trace de fissure oticale ventrale (Stensiö, 1932, p. 230, p. 247).

b) La fontanelle vestibulaire.

Celle-ci a été homologuée à la fenêtre basicapsulaire de De Beer (1937), structure qui se comble quand l'animal devient adulte. Cette fontanelle peut être très grande comme chez *Kentuckia* Rayner, 1951. Parmi les nombreux fossiles malgaches examinés, l'auteur a pu observer une grande variabilité de la taille de cette fontanelle. Chez *Pteronisculus*, la fontanelle vestibulaire peut être très grande ou inexistante (Beltan, 1968, Pl. III, C, A) ; elle peut être minuscule chez *Australosomus*, quelquefois elle existe à gauche et est absente à droite (*op. cit.*, Pl. VII A-B). Ces constatations sont très probablement en rapport avec la croissance de l'animal.

c) La fente occipitale latérale.

La fissure occipitale latérale a été homologuée à la fissure métotique, structure embryonnaire séparant l'arc occipital de la région otique et qui s'oblitére à la fin du développement ontogénétique. Les segments supérieurs des fissures latérales occipitales rejoignent la fontanelle postérieure sur la face dorsale du crâne. Chez certains fossiles malgaches comme *Australosomus merlei*, la fissure oticale ventrale, la fontanelle vestibulaire, la fissure occipitale latérale et la fontanelle postérieure sont réunies. Il s'agit probablement d'individus immatures (Beltan, 1969, Pl. XXII, A-C). La jonction antérieure n'existe pas chez la nouvelle espèce décrite dans ce travail, *Australosomus altisquamosus*.

Il est un fait certain que si on observe des genres avec un endocrâne déjà morcelé en os distincts, et un exocrâne de type paléoniscide, *Birgeria* par exemple (Nielsen, 1949), on peut aussi observer des spécimens possédant un dermocrâne à structure holostéenne, et un endocrâne massif et indivis, par exemple *Thomasinotus divisus* (Lehman, 1952, fig. 129 ; Beltan, 1968, fig. 32, 33, Pl. XXXVII).

Les exemples de mélange de caractères primitifs et évolués sont très nombreux et montrent qu'il n'y a pas toujours orthogénèse mais évolution en mosaïque au sens de De Beer.

Les homologues établies par l'auteur en 1968 entre la persistance à l'état adulte chez les fossiles de structures embryonnaires de certains poissons actuels n'impliquent évidemment pas de phylogénie.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ALDINGER H. (1931). — Über Reste von *Birgeria* (Pisces Paleoniscidae) aus der Alpinen Trias. *Neues Jahrb. f. Mineralogie*, vol. 66, Abt. B.
- 2) BEER G. (de) (1937). — The development of the Vertebrate Skull, p. 1-552. Oxford.
- 3) BELTAN L. (1968). — La faune ichtyologique de l'Eotrias du NW de Madagascar : le neuracrâne. *Cah. de Paléont., C.N.R.S.*, p. 1-125.
- 4) BELTAN L. (1977). — La parturition d'un Actinoptérygien de l'Eotrias du Nord-Ouest de Madagascar. *C.R. Ac. Sc.*, t. 284, sér. D 2223.
- 5) BERTIN L. (1958). — In Grassé, *Traité de Zoologie. Viviparité des Téléostéens*, t. XIII, fasc. 2, p. 1790-1812.
- 6) BJERRING H.C. (1978). — The "Intracranial joint" versus the "ventral otic fissure". *Act. Zool.*, n° 59, p. 203-214.
- 7) DAGET J. (1965). — Le crâne des Téléostéens. *Mém. Mus. Hist. Nat.*, n° sér., sér. A, Zoologie, t. 31, fasc. 2, p. 163-342.
- 8) DEVILLERS Ch. (1958). — In Grassé, *Traité de Zoologie. Le crâne des Poissons*, t. XIII, fasc. 1, p. 551-687.
- 9) GALL J.C., GRAUVOGEL L. et LEHMAN J.P. (1974). — Faune du Buntsandstein. Les Poissons fossiles de la collection Grauvogel-Gall. *Ann. Paleont., Vertébrés*, t. 60, p. 129-145.
- 10) GARDINER B.G. and BARTRAM A.W.A. (1977). — The homologues of ventral cranial fissures in ostichthyans. Problems in vertebrate Evolution. *Linnean Soc. Symp. Series*, n° 4, p. 227-245.
- 11) HAUGHTON S.H. (1936). — On some Karroo Fishes from East Africa. *Quater. J. Geol. Soc.*, vol. 92.
- 12) LAVETT SMITH C., RAND S.Ch., SCHAEFFER B. (1975). — *Latimeria* the living Cœlacanth is Ovoviviparous. *Science*, vol. 190, p. 1105-1106.
- 13) LEHMAN J.P. (1952). — Etude complémentaire des Poissons de l'Eotrias de Madagascar. *Kungl. Sv. Vet. Akad., Handl.*, Sér. 4. vol. 2, p. 1-192.
- 14) LEHMAN J.P., CHATEAU C., LAURAIN M. et NAUCHE M. (1959). — Paléontologie de Madagascar. XXVIII. Les Poissons de la Sakamena moyenne. *Ann. Paleont.*, vol. 45, p. 177-217.
- 15) MOY-THOMAS J.A. (1935a). — Cœlacanth Fishes from Madagascar. *Geol. Mag.*, vol. 71, p. 213-227.
- 16) MOY-THOMAS J.A. and BRADLEY DYNE M. (1938). — The Actinopterygian Fishes from the Lower Carboniferous of Glencartholm, Eskdale, Dumfriesshire. *Trans. R. Soc. Edin.*, vol. 59 (2), p. 437-480.
- 17) MOY-THOMAS J.A. et WESTOLL T.S. (1935). — On the Permian Cœlacanth, *Cœlacanthus granulatus* Ag. *Geol. Mag.*, vol. 172, p. 446-457.
- 18) NIELSEN E. (1942). — Studies on triassic Fishes from East Greenland. I. *Glaucolepis* and *Boreosomus*. *Paleozool. Groenl.*, vol. 1, p. 7-390.
- 19) NIELSEN E. (1949). — Studies on triassic Fishes from East Greenland. II. *Australosomus* and *Birgeria*. *Paleozool. Groenl.* vol. 2, p.1-305.
- 20) PIVETEAU J. (1934a). — Paléontologie de Madagascar. XXI. Les Poissons du Trias inférieur. Contribution à l'étude des Actinoptérygiens. *Ann. Paléont.*, vol. 23, p. 83-178.
- 21) PATTERSON C. (1975). — The braincase of Pholidophorid and Leptolepid Fishes. with a review of the Actinopterygian braincase. *Phil. Trans. R. Soc. (B)*, vol. 269, p. 275-579.
- 22) POPLIN C. (1974). — Etude de quelques Paléoniscidés pennsylvaniens du Kansas. *Cah. de Pal., CNRS*, p. 1-137.
- 23) PRIEM F. (1924). — Paléontologie de Madagascar. XII. Les Poissons fossiles. *Ann. Paléont.*, vol. 13.
- 24) RAYNER D.H. (1951). — On the cranial structure of an early Paleoniscid *Kentuckia* gen. nov. *Trans. Roy. Soc.*, vol. 62.
- 25) SCHAEFFER B. (1941). — A revision of *Cœlacanthus newarki* and notes on the evolution of the girdles and basal plates of the median fins in Cœlacanthini. *Amer. Mus. Novit.*, n° 1110.
- 26) SCHAEFFER B. (1968). — The origin and basic of the osteichthyes. Nobel Symp. 4, Current Problems of the Lower Vertebrate Phylogeny. T. Ørvig Ed., p. 208-221, Stockholm.
- 27) SCHAEFFER B. (1971). — The Braincase of the Holostean Fish *Macrepistius* with comments on Neurocranial ossification in Actinopterygii. *Ann. Mus. Novitates*, n° 2459, p. 1-31.

- 28) SCHAEFFER B. and MANGUS M. (1976). — An Early triassic Fish assemblage from British Columbia. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, vol. 156, art. 5.
- 29) SCHAEFFER B., DALQUES W.W. (1978). — A paleonisciform Braincase from the Permian of Texas, with comments on cranial fissures and the posterior myodome. *Ann. Mus. Novitates*, n° 2658, p. 1-15.
- 30) SCHWARZ W. (1970). — In Kuhn- Schnyder E. und Peyer B. (eds), Die Triasfauna der Tessiner kalkalpen-Schweizerische, *Birgeria stensioi* Aldinger. *Paläont. Abhandl.*, vol. 89, p. 1-89.
- 31) STENSIÖ E. (1921). — Triassic fishes from Spitzbergen. Part. 1, p. 1-279.
- 32) STENSIÖ E. (1932). — Triassic Fishes from East Greenland. *Medd. om Grønland*, vol. 83, n° 3, p. 1-300.
- 33) VAN OOSTEN J. (1957). — The Physiology of Fishes, vol. 1. *Acad. Press. Inc.*, New-York.
- 34) WADE R.T. (1935). — The triassic Fishes of Brookvale (New-South Wales). *Brit. Mus. (Nat. Hist.)*.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE IX

Caelacanthus evolutus n. sp.

Echantillon P.E.N.O.M. 1 a-b. Première nageoire dorsale munie de sa plaque basilaire (*pb*). Empreinte et contre-empreinte.

PLANCHE X

Birgeria nielseni Lehman

Echantillon P.E.N.O.M. 2 a-b. Tête et partie antérieure du corps en vue latérale. Empreinte et contre-empreinte.

Ang. Sang, angulosusangulaire; *bd*, basidorsal; *bv*, basi-ventral; *Ch*, chorde; *Cl*, cleithrum; *De. Spl*, dentalosplénial; *Gu*, gulaire; *Hymd*, hyomandibulaire; *Lep*, lépidotriche; *mesopt*, mesoptérygium; *M. K*, cartilage de Meckel; *Mx*, maxillaire; *nd*, nerf diazonal; *Op*, opercule; *orp*, pit line orale; *pd. psph*, plaque dentée du parasphénoïde; *Pop*, préopercule, *Psph*, parasphénoïde; *Pt*, post-temporal; *Ra*, ossification radiale; *Rbr*, rayon branchio-stège; *ri. psh*, ride dorsale du parasphénoïde; *Scap*, plaque scapulaire; *Scl*, supracleithrum; *Sop*, sousopercule; *T. c*, toit cranien.

PLANCHE XI

Birgeria nielseni Lehman

Fig. A, B, C. — Echantillon P.E.N.O.M. 2 a-b: Partie antérieure droite de la contre-empreinte.

A. - Toit cranien et vue ventrale interne du parasphénoïde.

B. - Toit cranien en vue interne.

C. - Toit cranien en vue externe.

Dpt, dermoptérotique; *Fr*, frontal; *Na*, nasal; *Pa*, pariétal; *Psph*, parasphénoïde; *Ptr*, postrostral; *soc*, canal supraorbitaire; *So. Dsph*, supraorbitodermosphénotique; *T. c*, toit cranien.

Fig. D. — Echantillon P.E.N.O.M. 3 a-b. Spécimen en parturition, détail (voir Pl. XII).

N. pec. g, nageoire pectorale gauche de l'adulte.

PLANCHE XII

Empreinte et contre-empreinte d'un *Birgeria nielseni* Lehm. en parturition.

ADULTE: *Ang. Sang*, angulosusangulaire; *ch*, chorde; *Cl*, cleithrum; *Clav*, clavicule; *De. Spl*, dentalosplénial; *Dpt*, dermoptérotique; *Enpte*, entoptérygoïde; *Fr*, frontal; *Hymd*, hyomandibulaire; *Mx*, maxillaire; *N. pec. g*, nageoire pectorale gauche; *N. pv. d. g*, nageoire pelvienne droite, gauche; *Pa*, pariétal; *Pop*, préopercule; *Psph*, parasphénoïde; *Pv. d. g*, plaque pelvienne droite et gauche; *Rbr*, rayon branchiostège; *Scl*, supracleithrum.

JEUNE: *ang*, angulaire; *de. spl*, dentalosplénial; *md. d. g*, mandibule droite, gauche; *n. dors*, rayons endosquelettiques de la nageoire dorsale; *n. pec*, nageoire pectorale; *psph*, parasphénoïde; *spl*, splénial; *sang*, susangulaire; *v. m*, vue médiale des os dermiques de la mandibule.

PLANCHE XIII

Birgeria nielseni Lehman

Echantillon P.E.N.O.M. 3 a-b, vue stéréoscopique
Fig. A. — empreinte gauche.

Fig. B. — contre-empreinte droite.

PLANCHE XIV

Australosomus altisquamosus n. sp.

Echantillon P.E.N.O.M. 4 a-b. Crâne, et une partie du tronc en vue latérale

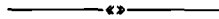
ch, chorde; *Cl*, cleithrum; *Clav*, clavicule; *De. Spl*, dentalosplénial; *Exscap*, extrascapulaire; *f. b*, fosse de Bridge; *fen. opt*, fenêtre optique; *Gu*, gulaire; *Mx*, maxillaire; *my*, myodome; *myc*, myélocéphale; *nc*, cavité nasale; *Npec*, nageoire pectorale; *Op*, opercule; *Pt*, posttemporal; *Qu. Mpt*, quadratoméptérygoïde; *Rbr*, rayon branchiostège; *sacc*, saccule; *Scl*, supracleithrum; *Spi*, spiracle; *Sop*, sousopercule.

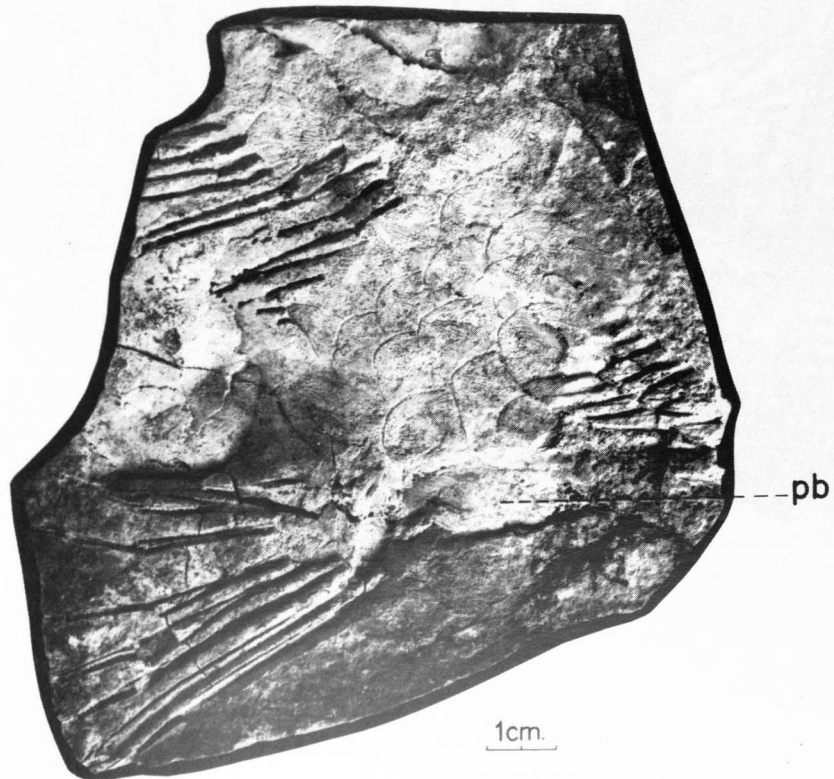
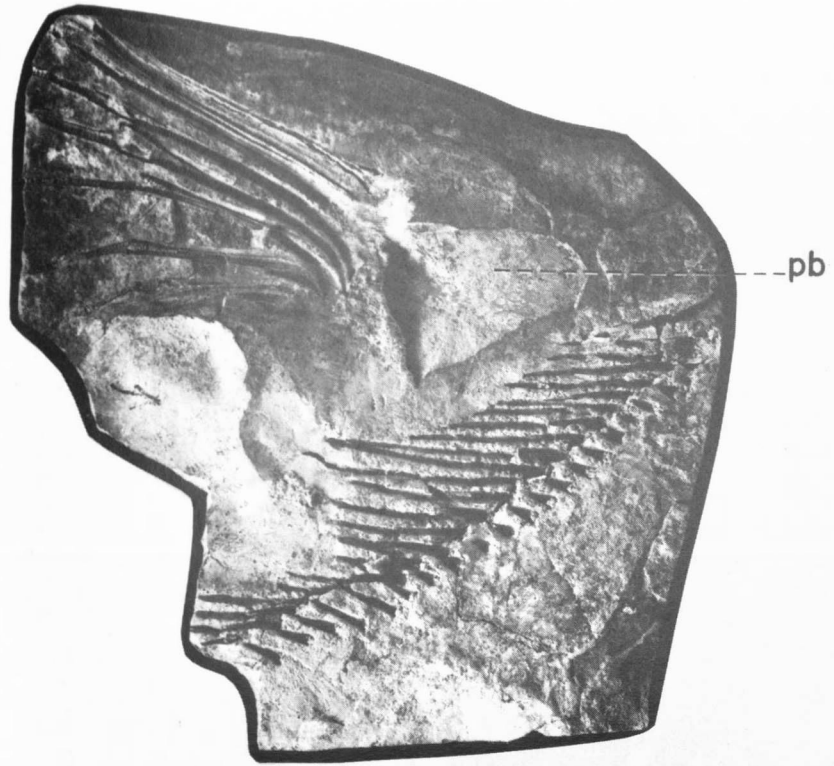
PLANCHE XV

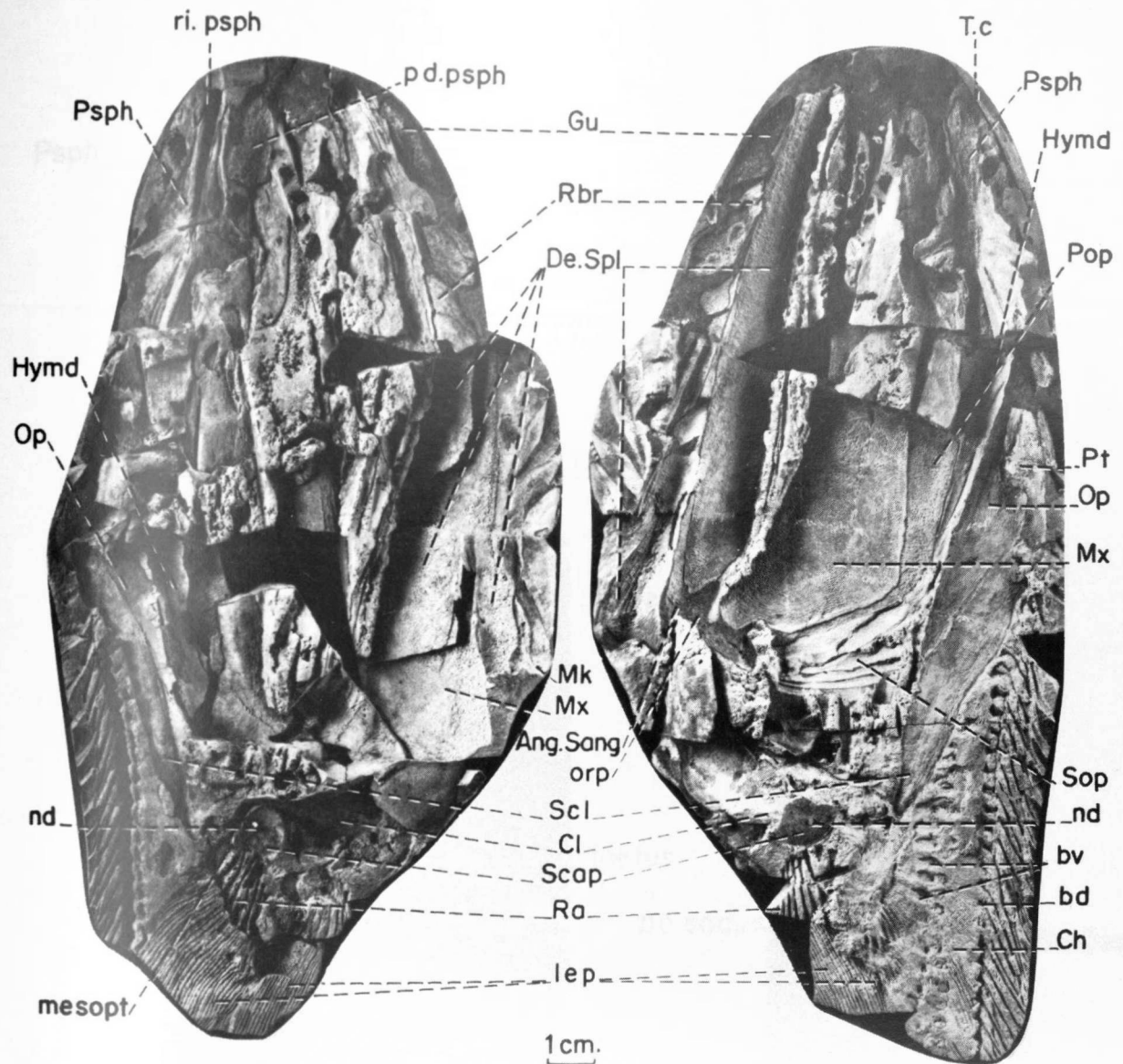
Australosomus altisquamosus n. sp.

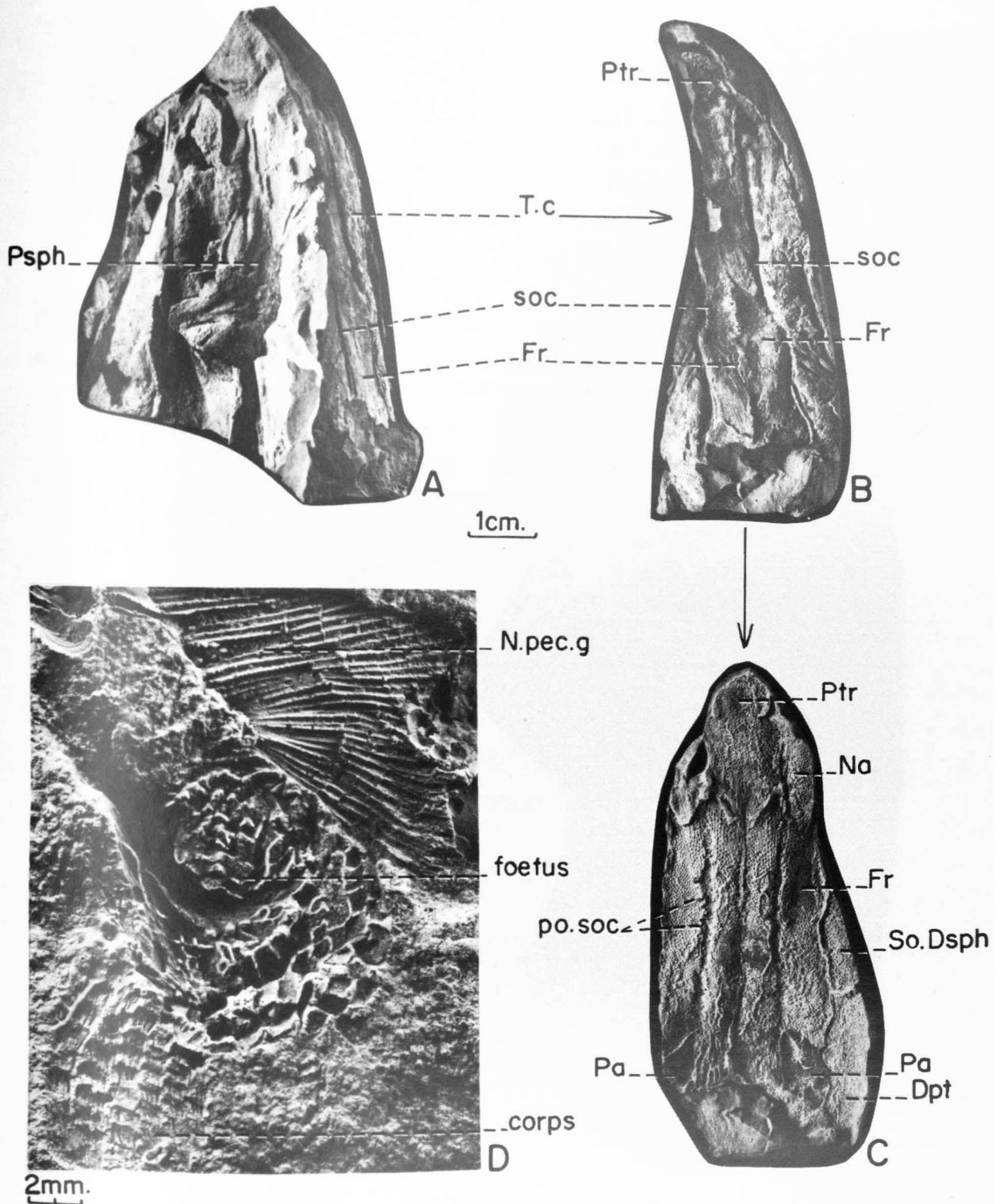
Aop, antéopercule ; *aort*, aorte ; *Bsph*, basisphénoïde ; *Ch*, corde ; *c.ju*, canal jugulaire ; *Cl*, cleithrum ; *Cla*, clavicule ; *De.Spl*, dentalosplénial ; *Ex.scap*, extrascapulaire ; *f.b*, fosse de Bridge ; *fen.opt*, fenêtre optique ; *f.hym*, fossette d'insertion de l'hyomandibulaire ; *f.occ.lat*, fissure occipitale latérale ; *Fr*, frontal ; *Gu*, gulaire ; *ju*,

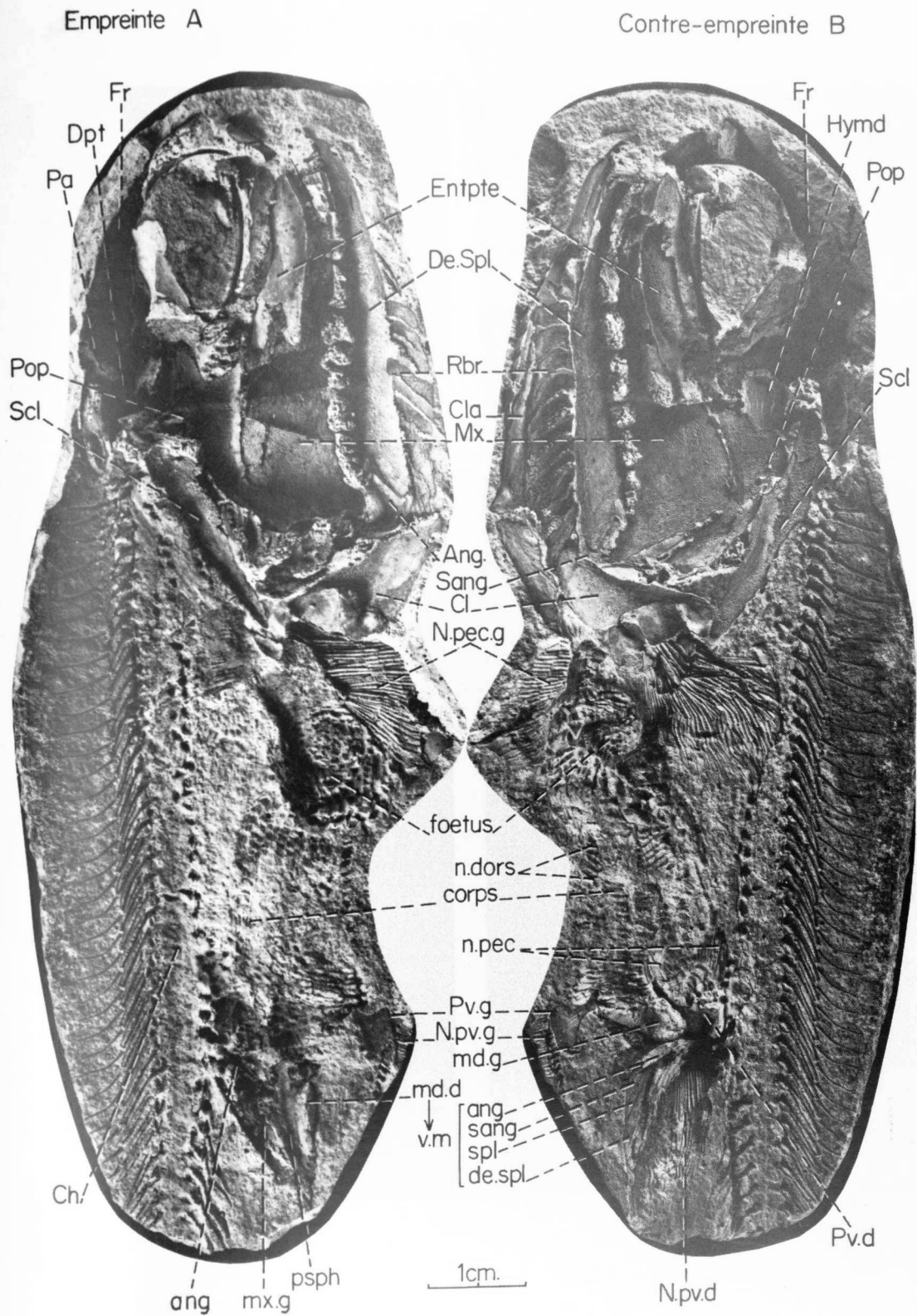
veine jugulaire ; *Mx*, maxillaire ; *my*, myodome ; *my.ant*, myodome antérieur ; *myc*, myélocéphale ; *n.c*, cavité nasale ; *Op*, opercule ; *Pcl*, postcleithrum ; *p.lig.l.m*, fosse d'insertion des ligaments du palatin latérale, médiane ; *Pop*, préopercule ; *Psph*, parasphénoïde ; *Pt*, posttemporal ; *Qu*, *Mpt*, quadrométopérygoïde ; *Rbr*, rayon branchiostège ; *rot.VII*, racine otique du nerf facial ; *sacc*, saccule ; *Scl*, supracleithrum ; *spi*, spiracle ; *Sop*, sousopercule ; *II*, nerf optique ; *IV*, nerf pathétique ; *VII*, nerf facial ; *IXd*, branche dorsale du nerf glossopharyngien.

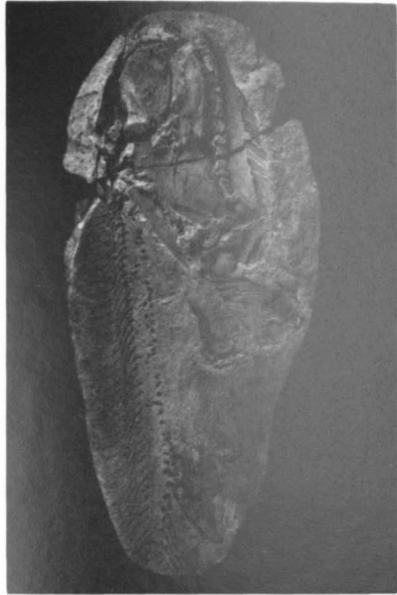








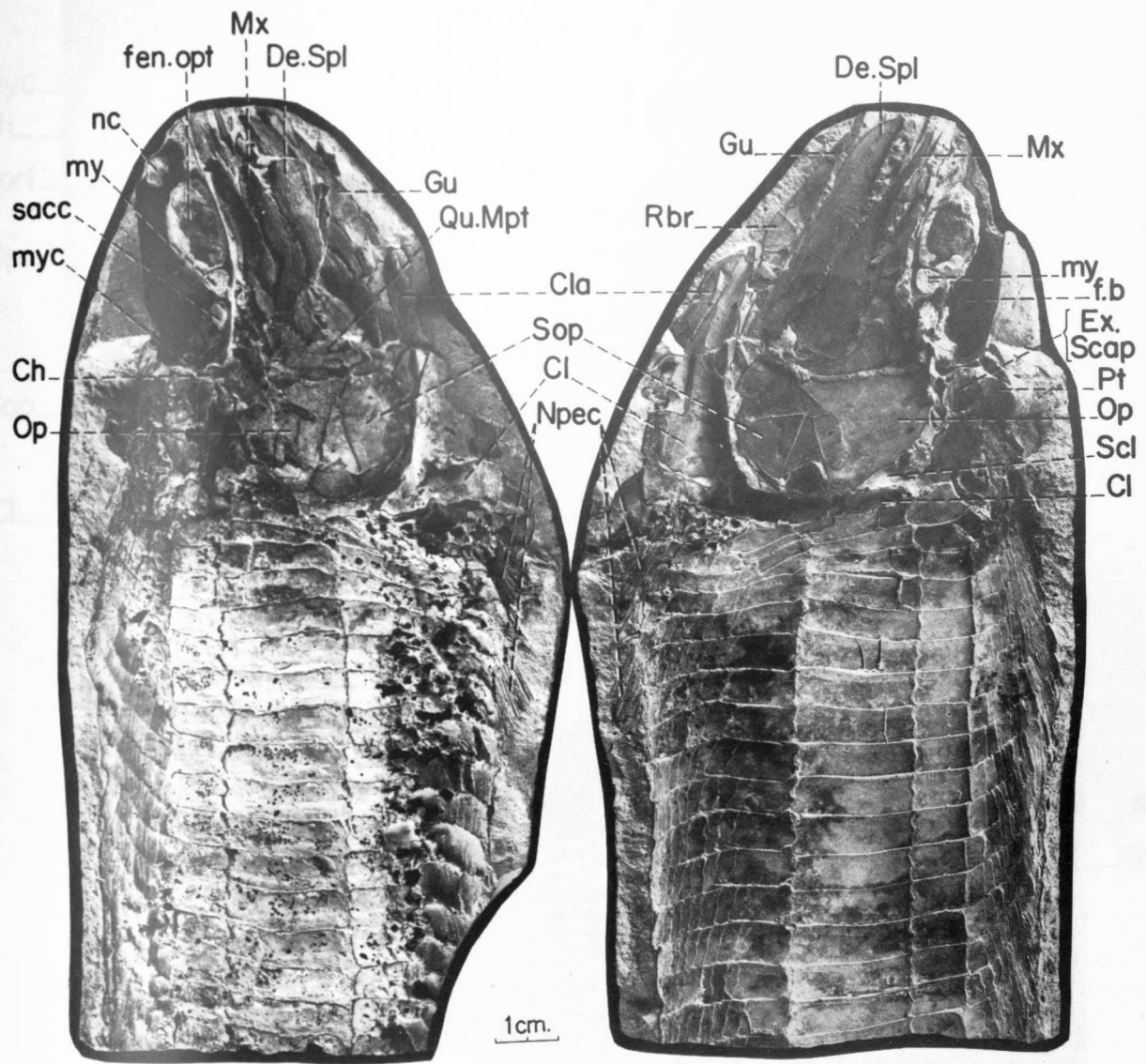


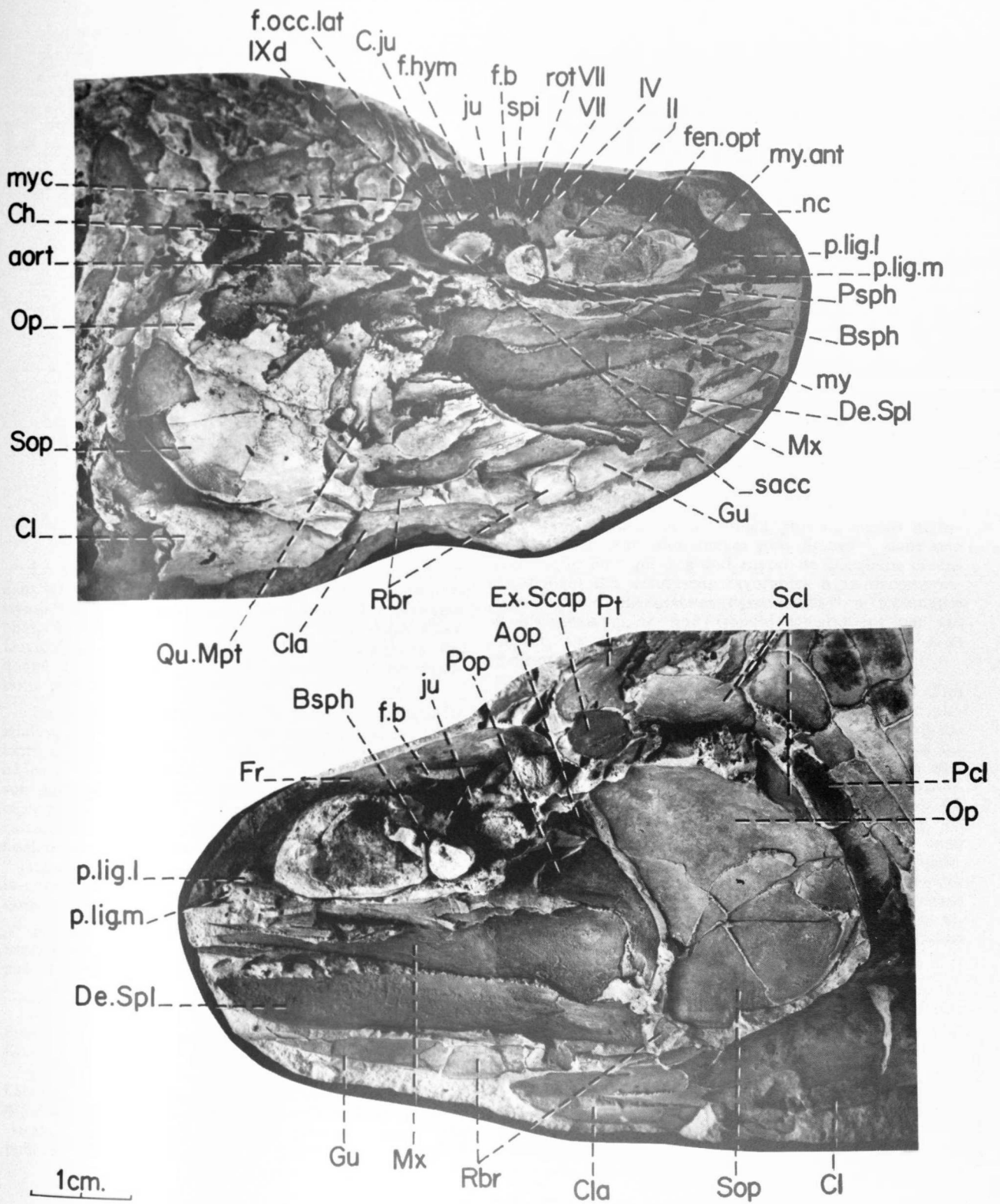


A



B





Structure cone-in-cone et diagenèse initiale Arguments morphologiques et géochimiques

par A. BONTE (*) et H. MAILLOT (**)

(Planche XVI)

Résumé. — L'échantillon analysé apporte la preuve, par des arguments morphologiques et géochimiques, que la structure cone-in-cone résulte d'une transformation très précoce du carbonate originel en calcite fibreuse. Piégée par les interlits argileux, l'aragonite ou la calcite hautement magnésienne est dissoute sous l'action de la matière organique, puis recristallisée en calcite fibreuse faiblement magnésienne. L'augmentation de volume qui en découle fournit le moteur de l'expulsion des cônes.

Abstract. — Morphological and geochemical studies of a cone-in-cone specimen show that the structure proceeds from an early diagenetical diagenesis of original carbonate into fibrous calcite, the swelling of which brings out conical elements.

INTRODUCTION HISTORIQUE

La structure cone-in-cone, rangée par Cayeux (5) dans ses structures aberrantes à côté de la structure stylolithique, a toujours attiré l'attention des pétrographes. Depuis 1793, première mention connue (Rev. David Ure, *in* 5, p. 275), de nombreux auteurs en ont donné des descriptions détaillées, suivies d'interprétations plus ou moins controversées.

En 1935, Cayeux, avec sa précision habituelle, analyse la structure de plusieurs échantillons excellents dont il définit les caractéristiques essentielles : cônes emboîtés, gradins concentriques... A la suite de son paragraphe sur la structure cone-in-cone en milieu calcaire (p. 282), son " impression est celle d'une masse calcaire impure... soumise à une compression latérale "; finalement, il aboutit à cette conclusion (p. 286) : " j'incline à croire que la genèse de la structure cone-in-cone relève uniquement de phénomènes dynamiques ".

En 1939, Denaeyer (7) a cru pouvoir démontrer expérimentalement que la structure cone-in-cone n'était pas due à une compression mais résulterait d'une

" traction exercée sur un milieu plus ou moins déformable placé entre des masses plus rigides ", dans une tectonique de " pli à grand rayon de courbure créant localement des conditions favorables à la décompression ". De " phénomènes dynamiques " à tectonique il n'y avait qu'un pas, franchi allègrement par cet auteur, ce qui l'a entraîné bien au-delà des faits d'observation.

Pour lui, chaque cône serait dû à l'étirement d'un matériau plastique pris en sandwich entre deux plaques rigides. Cela implique : d'une part, une déformation de la matrice des cônes contredite par tous les observateurs, car la cassure conique est toujours surimposée à un litage non déformé ou à peine ondulé. Par ailleurs, une carapace de trilobite, une coquille d'ammonite ou un test d'inocérame (11, p. 215, fig. 4), souvent présents dans une telle structure, sont bien trop fragiles pour jouer le rôle de la plaque rigide. En fait, dans ses expériences, Denaeyer a simplement réalisé une rupture par traction d'une matrice argileuse plastique ; il n'a jamais obtenu de cônes emboîtés et, par conséquent, il n'a pu réaliser les fameux gradins concentriques caractéristiques de cette structure.

Il reste néanmoins un élément positif à mettre au crédit des recherches de Denaeyer, menées à l'aide de toutes les techniques d'étude de l'époque ; la présence fréquente de strontium dans les analyses chimiques (8, p. B 498 ; 10, p. 232 ; 11, p. 209). Cet élément, qui n'avait pas alors de signification précise, pourrait, à la lumière de la géochimie sédimentaire actuelle, constituer un argument en faveur du processus de formation qui sera proposé in fine.

(*) Université des Sciences et Techniques de Lille. Laboratoire de Géologie appliquée, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

(**) Université des Sciences et Techniques de Lille. Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie et E.R.A. n° 764 Géotectonique, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

Note présentée le 7 Novembre 1979 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 4 Juin 1980.

En 1937, l'un de nous (A. B.) avait pu récolter deux beaux échantillons de calcaire marneux à structure cone-in-cone sur texture fibreuse dans le Domérien (zone à *margaritatus*, bancs à *Astarte striato-sulcata*) de Marby (Ardennes). Il a eu, en outre, l'occasion d'étudier en 1941 le fameux gisement de nodules à structure cone-in-cone de l'Arenig de la Montagne Noire.

Si les couches du Lias de Marby excluent toute intervention tectonique, par contre, les nodules de la Montagne Noire apparaissent dans une série schisteuse profondément disloquée. Malgré cela, les trilobites y sont admirablement conservés, comme dans un écrin inviolable. Le caractère exceptionnel de certains nodules plats, où la distribution des cônes révèle sans ambiguïté la morphologie du fossile inclus, a conduit entre 1942 et 1943 (1, 2, 3) à attribuer à la structure cone-in-cone une origine synsédimentaire ; mais cette structure pouvait être déformée ultérieurement par des contraintes tectoniques et, en outre, exacerbée par la diagénèse superficielle. L'intervention de phénomènes dynamiques était limitée à une simple compression tangentielle (expulsion des cônes et formation corrélative des gradins) attribuée à l'augmentation de volume qui accompagne la transformation minéralogique de l'aragonite en calcite (2), suivant un processus envisagé antérieurement (27).

Les deux interprétations, mécanique et biochimique, semblaient irréductibles. En 1947, Goguel (4) tentait néanmoins de concilier les deux hypothèses : en considérant les nodules à Trilobites, il proposait de lier la répartition des cônes, autrement dit la localisation des ruptures (aspect mécanique), à la diminution d'épaisseur du matériau au droit des détails : yeux, plèvres,... de la carapace (aspect biochimique). En dépit de cette tentative, l'opposition de Denaeyer s'est poursuivie jusqu'en 1952. Il restait donc à reprendre en détail l'interprétation biochimique : elle fera l'objet de la présente note qui bénéficiera de nouveaux éléments, en particulier des arguments fournis par l'échantillon remarquable que nous allons décrire ici.

Après 1952, la structure cone-in-cone a continué à exciter l'intérêt des chercheurs : en témoignent notamment les notes de Franks (13) et de Gilman et Metzger (15) dans le *Journal of Sedimentary Petrology*, qui donnent d'excellentes descriptions de gisements nouveaux ; et surtout le beau mémoire de Woodland (30), qui analyse minutieusement, avec une remarquable illustration, les échantillons de 44 gisements plus ou moins célèbres et fait de cette structure une critique historique très complète. Ces études récentes aboutissent à une interprétation cohérente, qui rejoint celle qui avait été proposée en 1942 (1), attribuant à la structure cone-in-cone une origine très précoce : formation quasi simultanée ("syngenetic") de la calcite et de la structure conique (13, p. 1446 ; 15, p. 94) ; "early diagenesis... prior to consolidation" (13, p. 1446, 1451) ; "very early diagenetic effect" (30, p. 293)..., en relation avec la dégradation de la matière organique par les bactéries.

I. — ANALYSE MORPHOLOGIQUE

A) DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON.

L'échantillon présenté (Pl. XVI, fig. 1 et 2) a été ramassé en 1960, au bas de la falaise sud de Boulogne-sur-Mer ; il a été mis en collection avec l'étiquette suivante : « Beef et cone-in-cone, fente de tassement différentiel, décollée sur lit de débris végétaux... cônes d'expulsion... succion par aspiration de grès = phénomène précoce. Falaise de Châtillon, 12/13 - XI - 60 ».

La falaise de Châtillon est formée par les argiles kimméridgiennes, surmontées par la partie inférieure du Portlandien (Grès de la Crèche) exploité en carrière au sommet de la falaise. Le Grès de la Crèche est ramené au niveau de la plage, à 150 m environ au S du tunnel de l'Ave Maria, par la faille du Mont de Coupes.

L'environnement exact de la plaque était mal connu, puisqu'elle n'avait pas été récoltée en place ; les témoins qui subsistaient sur la face inférieure (une plaquette de grès de 12 × 6 × 2 cm) permettaient seulement de penser qu'elle était intercalée entre deux bancs gréseux. Ces indications suffisaient pour l'analyse morphologique ; mais les besoins de l'analyse géochimique qui devait tenter de justifier le mécanisme de formation invoqué, nous ont conduits à rechercher sur le terrain la position stratigraphique exacte de l'échantillon.

1) Dimensions.

Long de 72 cm, large de 38, l'échantillon calcaire, en forme de plaque, a été reconstitué à partir de nom-

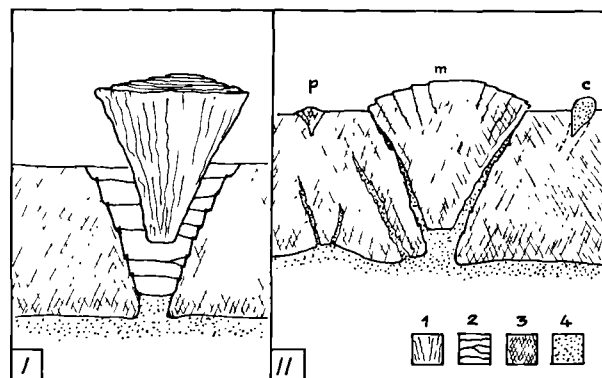


Fig. 1. — Cônes et cratères.

- I. - Cône expulsé à l'intérieur d'un cratère à gradins et culot de grès au fond du cratère.
 II. - Cône en place et injection de grès : c, chicot ; m, mamelon ; p, pustule.

1, stries longitudinales sur le cône ; 2, gradins concentriques sur les parois du cratère ; 3, texture entrecroisée ; 4, grès.

breux fragments (fig. 3, n° 1 à 19) d'épaisseur variable ; la plaque correspond à une partie d'une couche lenticulaire qui pouvait s'étendre sur plusieurs mètres carrés ; avant son décollement de la falaise, elle faisait saillie sur une largeur de 10 cm environ, comme l'indiquent l'encroûtement de lichens et l'alteration plus poussée.

L'épaisseur de la lentille est maximale dans la partie qui se trouvait en saillie et elle atteint alors 6 cm ; de là, elle diminue progressivement vers le bord opposé, où elle se moule en s'effilant sur les protubérances du substratum gréseux.

2) La face inférieure.

Reposant sur un banc de grès (Pl. XVI, fig. 2), elle présente une morphologie en ripple-marks, dont les ondes (amplitude maximale 13 mm) ont été moulées par la lentille en question. Le fond des rides était garni de nombreux débris, végétaux ou fragments d'os, accompagnés de quelques trigonies (*T. pellati* Mun.). Sur cette face on observe de-ci de-là de petites dépressions à peu près circulaires (diamètre 5 à 10 mm),

parfois ovales, limitant des plages gréseuses, ainsi que des cuvettes arrondies correspondant à des protubérances du substratum.

3) La face supérieure.

La face supérieure (fig. 3 et Pl. XVI, fig. 1) présente également de larges ondulations qui suivent assez exactement celles du support gréseux. Elle est ornée de gros mamelons circulaires ou allongés (fig. 1, II m ; diamètre 20 à 45 mm ; saillie 5 à 10 mm) et de nombreuses pustules (fig. 1, II p ; diamètre 3 à 10 mm) isolées ou groupées ; mamelons et pustules représentent l'enveloppe des bases d'une multitude de cônes emboîtés, plus ou moins aigus, dont les sommets sont dirigés vers le bas et qui sont de plus en plus saillants de la périphérie vers l'axe du mamelon. L'extraction provoquée des cônes découvre normalement des cratères coniques ; mais le plus souvent, les cratères sont tronconiques (fig. 4 et Pl. XVI, fig. 3, 4, 5), parce que leur fond est occupé par un culot gréseux (fig. 1, I).

Les cônes et cratères, mais surtout les cratères, sont ornés de gradins concentriques souvent figurés par les

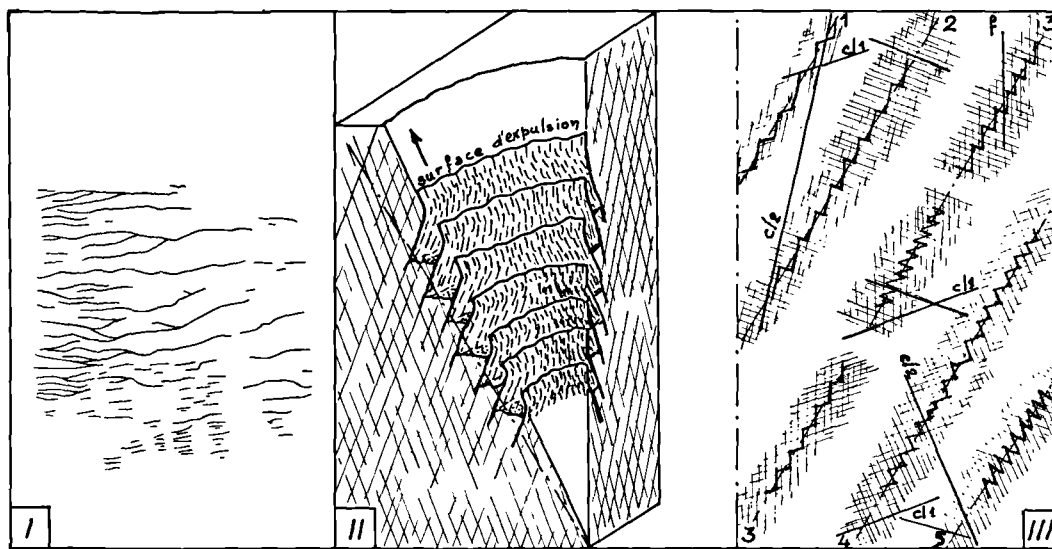


Fig. 2. — Détail des gradins.

- I. - Dichotomie d'après le point repéré 11.4 (voir aussi Pl. XVI, fig. 9).
- II. - Perspective partielle montrant la formation des gradins à partir des surfaces de disjonction plus facile et leur rebroussement le long de la surface d'expulsion (voir aussi Pl. XVI, fig. 10).
- III. - Epure de quelques cas particuliers de gradins, formés par intersection, le long d'une génératrice du cône d'expulsion, des surfaces de disjonction : 1 à 5, génératrices ; cl1, cl2, clivages ; f, fibres.
Le cône expulsé est généralement lisse, simplement strié dans le sens du déplacement ; le cratère orné de gradins concentriques. A la suite du déboîtement, les vides sont colmatés généralement par de l'argile infiltrée, à partir du lit d'argilite : (voir nouvel échantillonnage p. 471) soit à l'origine, soit tardivement.
Dans l'échantillon de Châtillon, l'injection *per ascensum* du grès sous-jacent bénéficie des mêmes surfaces de déboîtement.

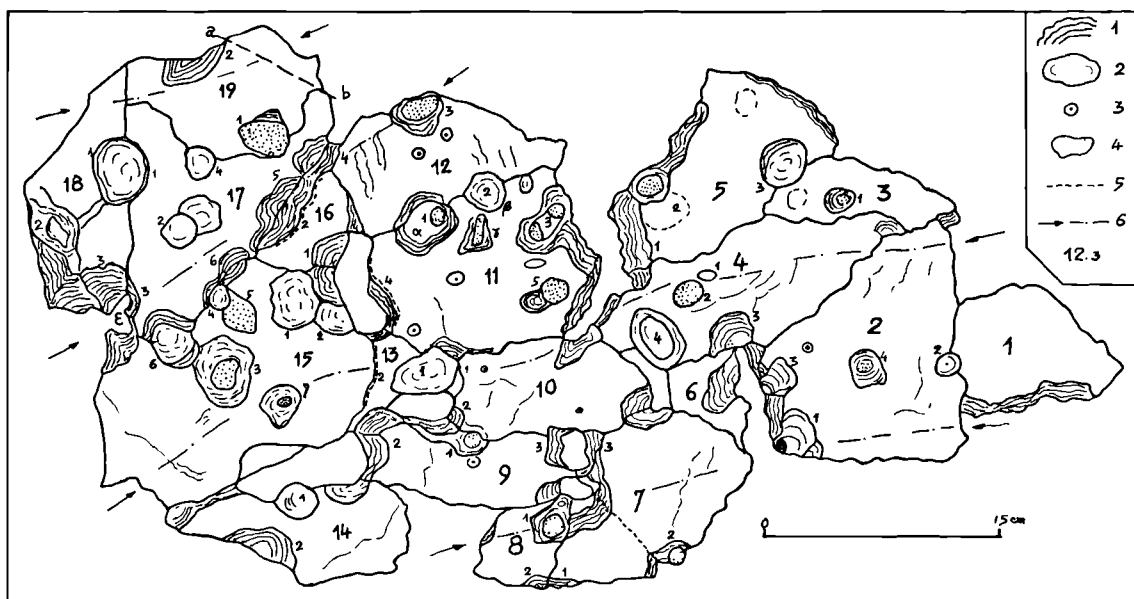


Fig. 3. — Croquis de la face supérieure (voir Pl. XVI, fig. 1) donnant la répartition générale des cônes et des cratères. Les corrélations les plus nettes sont repérées par un numéro d'ordre ajouté au numéro du bloc (12.3). Toute la masse étant affectée par la structure cone-in-cone, les ruptures entre blocs présentent des gradins concentriques très frais, mais qui n'ont pas donné naissance à des cônes individualisés.
1, cratère à gradins ; 2, mamelon ; 3, pustule, 4, grès ; 5, repérage des gradins figurés ; 6, ligne de crête des ripple-marks ; 12.3, repérage des éléments remarquables (fig. 4).

auteurs (5, Pl. XIX, fig. 72 ; 8, Pl I, fig. 4) ; l'échantillon étudié en présence de remarquables exemples (Pl. XVI, fig. 4, 5, 9, 10). Les gradins sont souvent dichotomisés à plusieurs reprises (fig. 2, I et Pl. XVI, fig. 4, 5, 9, 10 ; 30, p. 210, fig. 44) ; leur hauteur varie de 0,12 à 4 ou 5 mm pour une largeur à peu près équivalente ; ils sont d'autant plus nets que la séparation cône-cratère, qui est une véritable expulsion, est plus fraîche. Au contraire, lorsque cette séparation est ancienne, la surface de déboîtement, après le départ des gros mamelons coniques, est recouverte d'un placage d'argile avec fentes de dessiccation, qui est manifestement infiltrée à partir de la surface.

On retrouve ici, développées de façon exceptionnelle, les caractéristiques essentielles de la structure cone-in-cone : les cônes emboîtés et les gradins concentriques. On peut ajouter un troisième élément : les mamelons plus ou moins expulsés sous forme de cônes bien individualisés.

4) Corrélations entre les deux faces.

En raison de la correspondance existant parfois entre la forme des débris organiques (animaux ou

végétaux) et l'implantation des cônes (3, Pl. VIII ; 30, p. 240, fig. 68), il était nécessaire, pour cette plaque exceptionnelle, de comparer la distribution des débris sur la face inférieure et les alignements de mamelons et de cônes sur la face supérieure, en superposant deux calques de ces surfaces. Pratiquement, il paraît difficile de trouver des corrélations nettes entre les deux faces en raison de l'allure désordonnée des débris figurés. Tout au plus existe-t-il davantage de mamelons à l'aplomb des sillons, où sont cantonnés les débris organiques. On peut signaler cependant un alignement de cônes (fig. 3, n° 17.5 à 17.6) à l'aplomb d'un fragment d'os allongé ; un gros cône à l'aplomb d'une trigonie (fig. 3, n° 4.4 et 17.1), ou d'un faisceau de débris végétaux (fig. 3, n° 7.2).

Par ailleurs, les cônes sont parfois groupés à l'aplomb d'une crête des ripple-marks (fig. 3, n° 4.2), ce qui militerait en faveur de l'interprétation suggérée par Goguel (Bonte *et al.*, 4) ; mais il existe également des cônes coalescents à l'aplomb de sillons. De toute façon, cela ne change rien au rôle joué par la matière organique qui, à l'état diffus, est à l'origine de cette structure, ainsi qu'il est couramment admis à l'heure actuelle.

Par contre, il existe dans l'échantillon présenté d'autres corrélations qui ne manquent pas d'intérêt : celles qui se manifestent entre les plages gréseuses mentionnées sur la face inférieure et les cratères et mamelons de la face supérieure (fig. 4). L'expulsion partielle des gros mamelons coniques, lorsqu'elle s'est manifestée sur toute l'épaisseur de la plaque, a créé, par succion, une montée du grès sous-jacent (encore à l'état de sable à l'époque) sous forme de protubé-

rances arrondies ou de colonnes gréseuses qui poinçonnent la plaque calcaire (fig. 1, II). Mais ceci n'est qu'un schéma : en réalité, l'aspiration du banc inférieur de grès dans le lit à structure conique peut revêtir de nombreux aspects (fig. 4) :

a) invaginations en doigt de gant (section oblique d'un tube cylindrique) et tubes plus ou moins cylindriques, parfois couchés, reliant le banc inférieur au fond d'un cratère qui représente la base d'un cône

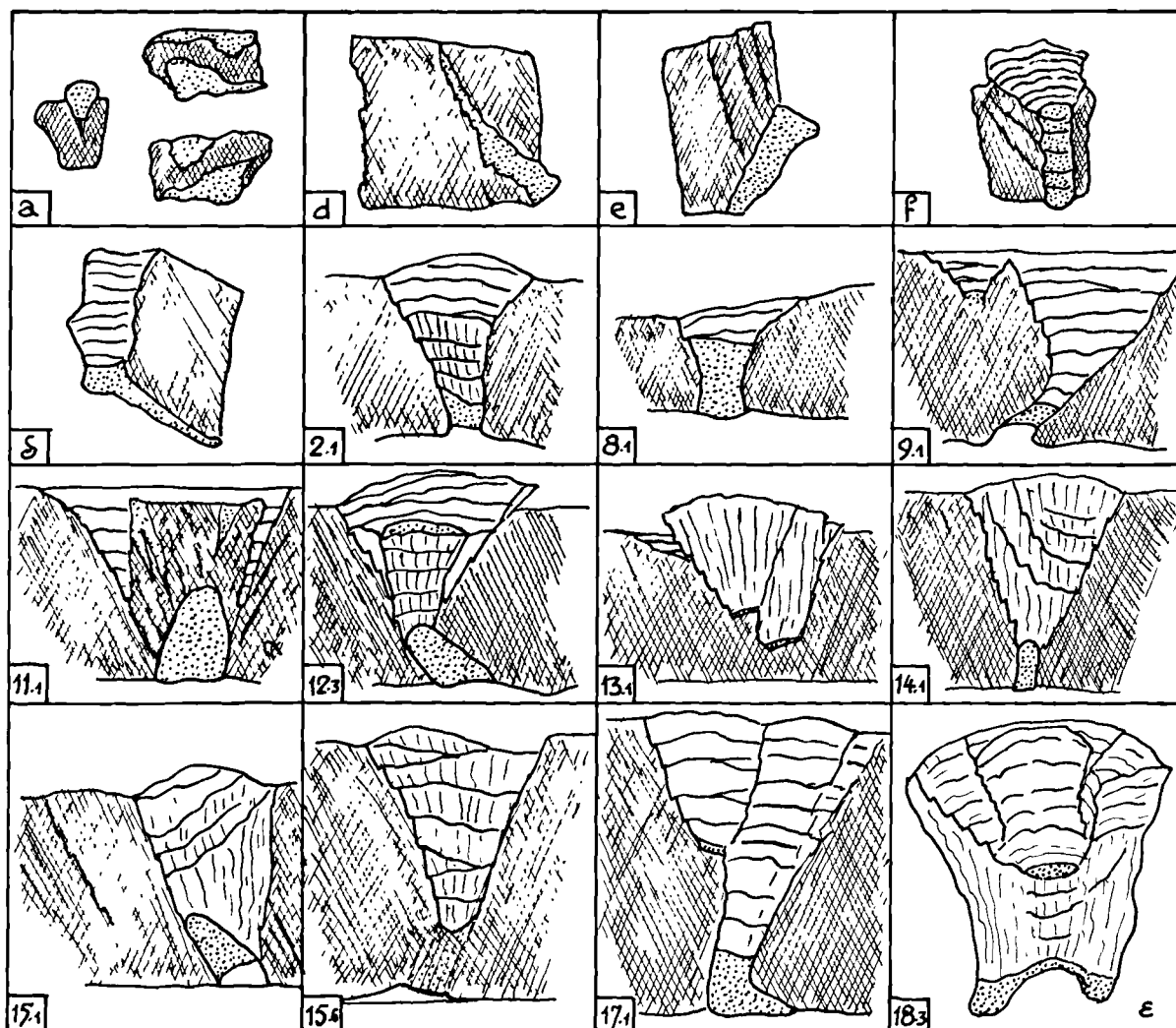


Fig. 4. — Quelques éléments remarquables.

Les éléments a, d, e, f, δ, n'ont pas été pris en place ; tous les autres sont repérés sur la fig. 3 ; les croquis a, d, e, α sont des surfaces polies, les autres sont des cassures interprétées. Mêmes conventions que pour la fig. 1.

expulsé [fig. 4, n° 11.1 (*), 12.3 ; diamètre 4 à 15 mm ; longueur ou hauteur 7 à 25 mm] ;

b) nappes coniques peu épaisses, parfois diffuses, comblant le vide créé par le déboîtement de deux surfaces coniques contiguës (fig. 4, n° d, δ , 11.1 ; épaisseur 0 à 7 mm ; longueur 0 à 35 mm) ;

c) filonnets résultant du remplissage d'une fissure plane (fig. 3, n° 11. γ ; épaisseur de l'ordre du mm)...

Les petites dépressions à remplissage gréseux signalées sur la face inférieure sont la trace des colonnes émergeant du banc sous-jacent, lesquelles apparaissent au fond des cratères tronconiques, partiellement remplis *per ascensum* ; quant aux protubérances arrondies, elles sont l'amorce d'une aspiration du sable originel.

Certains gros mamelons semblent ne correspondre à rien sur la face inférieure ; mais il faut rappeler que les tubes émanant du banc gréseux sont souvent obliques (fig. 4, n° δ , 9.1, 12.3), donnant parfois naissance à des chicots isolés (fig. 1, IIc).

Le point essentiel à retenir est l'injection *per ascensum* du banc inférieur dans le lit à structure cone-in-cone ; cela implique une grande mobilité du sédiment précédemment déposé et, par voie de conséquence, l'extrême précocité du phénomène (diagenèse initiale).

B) PETROGRAPHIE.

A première vue, il s'agit d'un calcaire marneux gris souris ; en fait, la plaque est formée essentiellement de longues fibres de calcite pure, sensiblement parallèles, qui se seraient développées au sein d'une vase perpendiculairement à la stratification. Ces fibres, bien individualisées, sont en effet enduites d'une fine pellicule d'argile grise dont la proportion est de l'ordre de 5 %. Ceci explique la coïncidence des rides sur les deux faces de la plaque, car l'argile originelle ne devait pas dépasser 2 à 3 mm d'épaisseur.

L'ensemble de la lentille présente une structure cone-in-cone remarquable, sur toute son épaisseur et jusque dans les moindres effilements. Il s'agit, en outre, d'une structure polarisée, c'est-à-dire développée dans la seule direction ascendante (pointes des cônes dirigées vers le bas) ; cela diffère des nodules classiques dont les cônes se développent de part et d'autre d'un plan équatorial.

En lame mince, la roche apparaît formée de fibres de calcite, en fuseaux allongés, dans lesquelles les

clivages apparaissent plus ou moins nettement. L'aspect rappelle l'excellente figure de Richardson (*in* 17, p. 92, fig. 7) et sa légende : " fusiform shape and rhombohedral cleavage ". Toute la masse, parfaitement cristallisée, est ainsi parcourue par un réseau de lignes conjuguées : contours des fibres, clivages,... présentant une disposition entrecroisée (avec des angles variés, mais constants dans une même lame) répétée à l'infini (3, p. 468).

C'est dans cette texture entrecroisée, maintes fois figurée par les auteurs, qu'apparaissent les cônes emboîtés qui s'engrènent les uns dans les autres suivant une ligne de rupture complexe en dents de scie. Ces dernières, qui correspondent aux fameux gradins concentriques, caractéristiques de la structure (2, 5, 9), sont donc le résultat de mouvements différentiels, véritables cassures, à l'intérieur des fibres entrecroisées.

La surface de rupture, qui résulte à la fois d'un glissement longitudinal et d'un arrachement transversal des fibres de calcite, emprunte l'une ou l'autre des surfaces matérialisées par les lignes conjuguées de la texture entrecroisée. Ce sont des surfaces de disjonction plus facile dont les variations (fréquence, intensité, valeur angulaire) conditionnent la forme et les dimensions des gradins.

D'excellentes figures de cette relation entre gradins et surfaces de disjonction ont été publiées antérieurement (5, Pl. XX, fig. 76 ; 8, Pl. II, fig. 8 ; 10, Pl. II, fig. 1 et 3 ; 30, p. 258, fig. 81) ; il semble inutile d'y insister davantage. La fig. 2, III tente de schématiser quelques-unes des combinaisons possibles.

L'expulsion des cônes et l'injection de grès sous forme de boudins dans l'axe des cratères, de lames coniques ou de filets plus ou moins diffus dans les vides de décollement apparaissent nettement en lame mince. Il semble que ce phénomène ait déjà été observé, exceptionnellement, dans des conditions moins favorables, sans que sa signification ait été soupçonnée (8, Pl. II, fig. 6 ; 30, p. 195, fig. 28).

Dans le même ordre d'idées, il faut admettre que les films d'argile qui soulignent les cônes à gradins sont le résultat d'un remplissage *per descensum* de vides de décollement. Cayeux (5, p. 281) les considérait comme des " files d'impuretés " ; les éléments détritiques, en particulier les grains de quartz (5, Pl. XX, fig. 76 ; 3, p. 264, fig. 83) sont pris dans la structure mais ne jouent aucun rôle dans son élaboration. De la même façon, les films d'argile pure peuvent résulter de l'infiltration précoce, dans les vides consécutifs à l'expulsion des cônes, d'un matériau argileux originel. A l'affleurement, ce matériau, soumis à des alternances de dessiccation (**) et d'humidification, ne peut que contribuer, par la poursuite du déboîtement, à exagérer en surface la structure conique réalisée au préalable.

(**) Un gros cône complètement dégagé est recouvert d'une couche d'argile, avec fentes de dessiccation, qui masque les stries longitudinales caractéristiques.

(*) Le schéma 11.1 de la fig. 4 (cône α) n'est pas exceptionnel. Il semble, au contraire, que tous les cratères à gradins, partiellement dégagés et à fond gréseux repérés sur la fig. 3 (n° 2.1, 3 et 4 ; 3.1 ; 4.3 ; 5.2 et 3 ; 8.2 ; 9.1 bis ; 11.3 ; 12.3 ; 15.3) soient de ce type. Il en serait de même des mamelons en saillie, dont les auréoles en relief semblent dues à des injections de grès (n° 4.2 et 4 ; 13.1 ; 14.1 et 2 ; 15.1, 4, 5 et 6 ; 17.2 ; 18.1 ; 19.1).

Sur l'échantillon présenté, l'examen à la loupe binoculaire de la surface des cratères coniques montre que la bordure des gradins (le nez des marches) s'étire vers le haut sous forme de nappes de fibres de calcite orientées parallèlement à elles-mêmes dans la direction du déboitement. D'un gradin à l'autre, ces nappes s'appuient sur une même surface-enveloppe affectée de stries de glissement, à la manière de bavures entraînées par l'expulsion du cône (fig. 2, II).

II. — GEOCHIMIE DU SEDIMENT (*)

A) NOUVEL ECHANTILLONNAGE.

Une recherche sur le terrain, effectuée en mai et juin 1979, a permis de retrouver, sinon le point précis d'où provient la plaque en question, du moins un lit de calcaire gris à structure cone-in-cone dont l'épaisseur (1 à 3 cm) et l'aspect extérieur correspondent exactement à ceux du bord de la plaque décrite ci-dessus.

L'ensemble fait partie du compartiment de Portlandien inférieur affaîssé par la faille du Mont de Coupes. Il a été décrit et figuré par Leroux dans son mémoire de 1929 (18) sous la désignation de banc II (p. 31 et 32, fig. 8 et 9, n° 7; Pl. II; Pl. III, fig. 3; Pl. IV, fig. 4); il affleure à la base du sentier du Fort, au point de coordonnées Lambert : X = 546 210; Y = 335 170.

(*) Nous remercions vivement M. Debrabant, Professeur de Géochimie, de l'aide qu'il nous a apportée par ses suggestions et sa documentation, dans l'étude géochimique de l'échantillon décrit.

Ce lit de calcaire argileux, récolté en place, n'est pas intercalé entre deux bancs de grès comme on aurait pu s'y attendre; il a la forme d'une lentille effilée incluse dans la masse même d'un banc compact de lumachelle gréseuse (biocalcarénite) à trigonies, avec galets de quartz et de phtanite.

Le banc, lui-même épais de 1,50 m environ, est divisé en deux parties à peu près égales par un délit qui correspond précisément à la lentille à structure cone-in-cone et qui sépare deux roches distinctes: dans la moitié supérieure, le grain est plus fin, plus homogène; dans la moitié inférieure, les coquilles de trigonies, disposées à plat, sont plus abondantes. A la base de la partie supérieure, la calcarénite est séparée de la lentille à structure cone-in-cone par un lit d'argilite grise peu épais (2 à 5 mm).

Au-dessous du lit à structure cone-in-cone, sur la face verticale et vers le milieu du banc de lumachelle, apparaît en outre une lentille décimétrique ovoïde, elle-même à structure cone-in-cone; cette lentille, centrée sur une coquille épaisse (de type *Alectryonia*), présente une double polarité, les sommets des cônes étant tous dirigés vers la coquille. C'est un véritable nodule à structure cone-in-cone, développé en milieu gréseux et non pas en milieu argileux comme d'habitude. Il n'a pas été possible de l'extraire du banc massif.

En résumé, la succession stratigraphique s'établit comme suit:

- Calcarénite à grain fin : 0,70 m environ;
- Argilite grise : 0,002 à 0,005 m;
- Lit carbonaté à structure cone-in-cone : 0,01 à 0,03;
- Calcarénite grossière à nombreuses valves de trigonies; un nodule à structure cone-in-cone centré sur une alectryonie : 0,70 m environ.

	%	%	%	%	%	%	%	%	p.p.m.
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Sr
Cone-in-cone 1er prélèvement	3.15	1.32	49.67	0.38	1.43	0.07	0.24	0.07	674
Cone-in-cone 2ème prélèvement	4.15	1.47	49.67	0.41	1.40	0.06	0.30	0.07	679
Colonnnette de grès à la base des cone-in-cone	32.55	1.13	30.64	0.36	4.12	0.17	0.30	0.05	458
Calcarénite prélevée à 2 cm sous les cone-in-cone	39.80	0.68	30.08	0.35	1.39	0.20	0.23	0.03	542

Tableau I. — Analyses chimiques de la roche totale (premier échantillonnage : 1960).

Les conditions de gisement ont permis d'extraire de la falaise quelques blocs de calcarénite orientés, dans lesquels ont été effectués les prélèvements pour analyse (Tabl. II). Le lit à structure cone-in-cone, enchâssé entre les deux bancs de calcarénite, n'a livré que quelques fragments; mais son contact avec la calcarénite inférieure, bien dégagé par l'érosion, a montré les mêmes relations que dans l'échantillon de 1960.

Un fragment isolé (0,08 × 0,08 × 0,02 cm) a permis une observation complémentaire. Alors que tous les blocs et fragments de l'échantillon de 1960 présentent une structure régulière, avec des fibres et des cônes perpendiculaires à la surface de la plaque, l'échantillon de 1979 comporte en bordure un gros cône expulsé qui, sous l'effet de l'augmentation de volume, s'est "couché" vers l'extérieur. Il "chevauche" ainsi la bordure de la lentille calcaire "renversée" sous un plan qui évoque l'idée d'une surface de charriage. Les contraintes mécaniques tangentielles ne sont donc pas une vue de l'esprit.

B) DONNEES MINERALOGIQUES ET GEOCHIMIQUES.

Une première analyse, effectuée en 1939 par Denaeyer sur les cone-in-cone de la Lufubu (8, p. B 498), montrait une teneur anormalement élevée en strontium (2,34 % SrO). Par la suite, le même auteur signalait à plusieurs reprises (10, p. 232; 11, p. 209) la présence de strontium dans ses échantillons, sans d'ailleurs en tirer argument.

Ces observations permettaient d'envisager l'hypothèse d'une filiation directe aragonite → calcite fibreuse (16) pour la substance constitutive des structures cone-in-cone. On sait, en effet, que l'aragonite originelle est très riche en strontium (de l'ordre de 1 %) alors que la calcite hautement magnésienne (21) n'en recèle que 2.000 à 3.000 p.p.m. et la calcite stable 1.000 à 2.000 p.p.m.

L'absorption atomique a permis le dosage chimique des échantillons selon des techniques décrites par Pinta (25) et le C.E.A. (6). Les minéralogies des

	%	%	%	%	%	%	%	%	%	p.p.m.
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂		Sr
Calcarénite prélevée à 7 cm au-dessus des cone-in-cone	55.90	1.48	20.29	0.36	1.68	0.07	0.44	0.04		379
Calcarénite prélevée à 4,5 cm au-dessus des cone-in-cone	53.40	0.53	23.02	0.31	1.01	0.05	0.20	0.02		484
Calcarénite prélevée à 2 cm au-dessus des cone-in-cone	48.00	0.86	25.54	0.32	1.13	0.07	0.33	0.03		511
Argile immédiatement au-dessus des cone-in-cone	53.95	19.11	3.04	1.70	7.22	0.22	3.46	0.90		147
Cone-in-cone	5.40	1.75	47.75	0.52	1.67	0.05	0.42	0.08		705
Calcarénite prélevée à 1 cm au-dessous des cone-in-cone	30.75	0.39	35.09	0.44	1.44	0.07	0.17	0.02		695
Calcarénite prélevée à 3 cm au-dessous des cone-in-cone	26.00	0.18	38.02	0.49	1.74	0.07	0.11	0.01		763
Calcarénite prélevée à 6 cm au-dessous des cone-in-cone	23.15	0.18	39.32	0.49	1.98	0.07	0.09	0.01		821

Tableau II. — Analyses chimiques de la roche totale (second échantillonnage : 1979).

argiles et carbonates ont été analysées par diffractométrie des rayons X (*).

Les diagrammes de rayons X montrent que les cone-in-cone sont essentiellement composés de calcite pauvre en magnésium; Mg est probable, bien que faible; cette présence et la liaison avec la phase carbonatée est d'ailleurs confirmée par l'analyse chimique. L'aragonite est absente.

L'argilite qui recouvre immédiatement le lit à structure cone-in-cone (2^{me} échantillonnage) ou qui se rencontre infiltrée entre les cônes, est dans les deux cas composée de 50 à 55 % de smectites, 5 à 10 % d'interstratifiés, 25 à 30 % d'illite et 10 à 15 % de kaolinite: les argiles gonflantes constituent donc au moins 50 % de la fraction argileuse.

Sur le nouvel échantillonnage, l'examen des éléments chimiques majeurs permet de distinguer (Tabl. II) les calcarénites du mur de celles du toit: leur faciès géochimique global, ainsi que les rapports chimiques caractéristiques des minéraux argileux (TiO₂/Al₂O₃, MgO/Al₂O₃, Fe₂O₃/Al₂O₃ et Na₂O/K₂O), montrent en effet une forte homologie au sein de chaque ensemble, mais une différence nette entre ceux-ci.

En outre, l'argilite et l'insoluble des cone-in-cone présentent des caractères chimiques voisins confirmant ainsi l'analyse minéralogique.

En bref, trois ensembles se distinguent par leur composition chimique globale et leur contenu en argile:

- la calcarénite du toit,
- les cone-in-cone et l'argilite surincombante,
- la calcarénite du mur.

Dans les cone-in-cone, les concentrations en strontium sont comprises entre 674 et 705 p.p.m. (Tabl. I et II); cet élément est essentiellement lié à la structure carbonatée; en effet, un début d'attaque acide ménagée (HCl, N/10) montre que le pourcentage de strontium disparu est proportionnel à la quantité de chaux éliminée (Tabl. III).

	CaO	CaCO ₃	Sr
Cone-in-cone avant attaque	49,67 %	88,65 %	679 p.p.m.
Cone-in-cone après attaque ménagée partielle	39,81 %	71,05 %	568 p.p.m.

Tableau III. — Résultats chimiques avant et après attaque acide ménagée.

(*) Analyses effectuées par C. Robert (Centre océanologique de Luminy, Marseille), que nous sommes heureux de remercier ici.

C) INTERPRETATIONS.

Dans les sédiments actuels ou diagénétisés, les concentrations en Sr sont essentiellement fonction de quatre facteurs (24):

a) *l'âge*: la transformation d'aragonite en calcite est une cause de forte diminution du strontium durant la diagenèse;

b) *le contenu en minéraux argileux*: les calcaires transformés par diagenèse montrent une relation entre la concentration en strontium et le résidu insoluble; ceci s'explique par l'adsorption du Sr par les minéraux argileux durant la transformation aragonite → calcite;

c) *la salinité*: les calcaires des séries évaporitiques renferment, relativement, beaucoup de strontium;

d) les concentrations en strontium sont *quelconques dans les alternances marno-calcaires*, sans qu'il existe de relation directe avec la diminution de la teneur en carbonates.

Ces observations sont actuellement complétées par un cinquième facteur (19, 20):

e) *la dissolution des carbonates*, au-dessous ou au voisinage du niveau de compensation des carbonates (N.C.C.), qui engendre une augmentation sensible ou forte de la valeur relative du Sr par rapport à la phase carbonatée calcique.

Dans la structure cone-in-cone étudiée ici, l'adsorption même partielle du strontium par les minéraux argileux ou l'insoluble (b) est pratiquement exclue: Sr est essentiellement liée à la phase carbonatée: dès lors, il a subi les *mêmes transformations que cette phase*. En outre, le faciès analysé n'est ni celui de séries évaporitiques (c), ni constitué d'alternances marno-calcaires (d), ni suffisamment profond pour être affecté par la dissolution des carbonates (e).

En conséquence, *l'abondance du strontium dans le matériel* (16, 28, 29) *ou l'évolution diagénétique* (a) *peut seule expliquer les teneurs actuelles en Sr*.

D) LES CONCENTRATIONS EN STRONTIUM DES CONE-IN-CONE, REFLET D'UNE DIAGENÈSE INITIALE.

Doutant des hypothèses de Veizer et Demović (28, 29), basées sur une relation directe entre minéraux originels et teneurs actuelles en strontium, Morrow et Mayer (22, 23) simulent la diagenèse des calcaires. Ils étudient, en particulier, l'action de l'eau météorique sur les interstices de la roche avant et pendant la diagenèse et présentent un modèle qui « prévoit que la diagenèse initiale n'abaissera pas les teneurs en strontium des calcaires au-dessous d'environ 400 p.p.m. L'extrapolation de ces résultats à la diagenèse tardive indique que, durant la recristallisation de calcite pauvre en magnésium, il a fallu que des dizaines ou des centaines de milliers de volumes d'eau météorique interstitielle passent à travers les calcaires pour réduire leur teneur en strontium à des niveaux entre 100 et 200 p.p.m. ».

Ici, les concentrations sont toujours largement supérieures à 650 p.p.m. prouvant, si l'on suit ces auteurs, une évolution diagénétique initiale.

Ce schéma nécessite évidemment l'émergence au moins épisodique des sédiments portlandiens conditionnés, avant et au cours de la diagenèse ; cette condition est compatible avec le faciès littoral des dépôts (calcarénites lumachelliques sans traces de remaniement).

E) LA TRANSFORMATION ARAGONITE → CALCITE, OU CALCITE MAGNÉSIENNE → CALCITE, MOTEUR DE LA FORMATION DES STRUCTURES CONE-IN-CONE.

L'étude de la *transformation aragonite* → *calcite* a fait l'objet de nombreux travaux ; ceux de Pruna *et al.* (26) montrent que cette transformation s'accompagne d'une importante *augmentation du volume moléculaire*. Deux cas sont possibles, suivant que le matériel originel était aragonitique ou composé de calcite hautement magnésienne.

a) *Matériel originel aragonitique*. Les tables de constantes physiques donnent pour valeur du volume molaire partiel de la calcite : 36,94 m³/mole alors que celui de l'aragonite est de 34,16 m³/mole. La transformation aragonite → calcite s'accompagne donc d'une augmentation de volume $\Delta V = 2,78$ m³/mole, soit de 8,14 % du volume initial.

b) *Matériel originel composé de calcites hautement magnésiennes*. Les calcites hautement magnésiennes peuvent s'exprimer par la formule : (Ca_{1-x}, Mg_x)CO₃ où 0,1 < x < 0,25. Leurs compositions chimiques sont donc comprises dans la fourchette : (Ca_{0,80}, Mg_{0,10})CO₃ et (Ca_{0,75}, Mg_{0,25})CO₃ ; à ces deux extrêmes correspondent, lors de la transformation en calcite faiblement magnésienne, des augmentations respectives de volume de 2,5 % et 6,53 %.

En conclusion, les concentrations élevées en strontium permettent de reconnaître l'intervention d'une diagenèse initiale. L'augmentation de volume qui résulte de la transformation en calcite stable représente le mécanisme générateur de la structure cone-in-cone.

III. — ELABORATION DE LA STRUCTURE CONE-IN-CONE

L'hypothèse biochimique a été ébauchée en 1942 (1) en collaboration avec Gay (14) et précisée dans ses grandes lignes en 1945 (3). Elle n'exclut pas toute intervention mécanique, ainsi qu'il était déjà précisé à l'époque (1, p. 499 ; 2, p. 498 ; 3, p. 476) ; mais celle-ci est d'origine physico-chimique et non tectonique, comme le supposait la théorie mécanique de Denaeyer (12).

Au cours de la sédimentation, la matière organique en voie de décomposition par action bactérienne crée

le milieu favorable à une dissolution des carbonates qui peut être suivie d'une recristallisation. L'aragonite qui prend ainsi naissance s'ordonne en fibres parallèles qui se développent verticalement dans la vase, à partir : soit d'une boue organique, et les fibres sont alors réparties de façon aléatoire ; soit d'un organisme plus ou moins intact dont la morphologie peut guider la répartition des fibres (3, Pl. VIII ; 30, p. 240, fig. 68).

Mais l'aragonite est instable à la pression ordinaire et, d'après les travaux de Katz *et al.* (16), elle se transforme rapidement en calcite avec libération de strontium ; cette transformation provoque l'apparition du clivage rhomboédrique, alors que l'aragonite est dépourvue de clivage ; ce dernier peut toutefois être originel, si on part d'une calcite magnésienne (*). En même temps, l'augmentation de volume qui accompagne ces transformations et qui peut aller jusqu'à 8 %, engendre dans la masse cristallisée une augmentation de pression qui se traduit par une contrainte tangentielle. Bloquée latéralement par la rigidité de la plaque de calcite et ne pouvant se libérer que vers le haut, cette contrainte provoque l'expulsion (assimilable à une traction dans la direction perpendiculaire) d'une partie de la masse calcitique sous forme de cônes plus ou moins développés. Les surfaces coniques sont de véritables surfaces de rupture dont le tracé est guidé par les directions de disjonction plus facile.

La direction originelle des fibres et les clivages de la calcite ayant réalisé, au préalable, une texture entrecroisée, les ruptures vont se développer en adoptant successivement l'une ou l'autre des surfaces de disjonction réalisant une structure en dents de scie caractéristiques (gradins). En bordure de plaque, la contrainte tangentielle peut donner naissance à de véritables charriages en miniature.

La structure cone-in-cone apparaît ainsi comme la répétition d'une infinité de cassures coniques emboîtées, plus ou moins individualisées, dans un matériau fragile constitué de fibres de calcite (**).

Dans le cas présent, on a la preuve que les cassures sont extrêmement précoces pour deux raisons :

1. *Du point de vue géochimique*, la concentration en strontium est le reflet d'une diagenèse très précoce ;
2. *Du point de vue morphologique*, la formation des cônes s'accompagne d'une injection du sédiment

(*) Dans le cas de Châtillon, c'est la couche d'argilite déposée dans une cuvette qui a créé le milieu confiné favorable à la cristallisation carbonatée. Les hypothèses relatives à la transformation aragonite → calcite peuvent s'appliquer en partie à la calcite hautement magnésienne dont l'étude est relativement récente (24).

(**) Nous remercions vivement M. Colbeaux (Université de Lille, U.E.R. des Sciences de la Terre) de ses observations et de ses suggestions. Les discussions animées auxquelles elles ont donné lieu nous ont permis de préciser notre interprétation.

sous-jacent — sous forme de protubérances arrondies, de tubes ou de traînées gréseuses — qui s'insinuent plus ou moins profondément *per ascensum* à l'intérieur du banc à structure conique, à la faveur des vides créés par l'expulsion des cônes. Cette circonstance tout à fait exceptionnelle (*), implique nécessairement un sédiment encore meuble et gorgé d'eau au moment de la formation des cônes. On a ainsi la preuve que, dans certains cas, la structure cone-in-cone peut être contemporaine de la sédimentation, alors que la lapidification n'a pas encore débuté.

Il faut cependant se garder de généraliser, car il semble que, dans la formation des nodules à structure cone-in-cone en série argileuse, les conditions soient un peu différentes, comme elles le sont, sans aucun doute, dans les filonnets de beef à structure cone-in-cone (17).

(*) Ce phénomène n'a jamais été signalé. Il semble avoir été figuré par hasard (8. Pl. II, fig. 6 ; 30, p. 195, fig. 28) ; il apparaît de façon diffuse dans l'axe de certains cônes de la Montagne Noire ; en outre, il aurait été observé sans plus, dans un échantillon récolté par Guillaume (*Bull. Soc. linn. Normandie*, (7), VII, p. 19).

Quoi qu'il en soit et dans tous les cas, au voisinage de l'affleurement, des particules argileuses originelles ou remaniées s'infiltrèrent *per descensum*, dans toute la masse, à la faveur du déboîtement des surfaces coniques : leurs variations de volume, sous l'influence des variations des teneurs en eau, exagèrent la structure et contribuent à la libération des cônes.

CONCLUSION

La structure cone-in-cone, constituée par un emboîtement de surfaces coniques s'enchevêtrant dans toutes les directions, résulte de la cassure complexe et probablement progressive d'un matériau fragile, qui se manifeste par l'expulsion d'une partie de la masse sous l'effet d'une contrainte tangentielle généralisée.

Cette contrainte est causée par l'augmentation de volume qui accompagne la transformation du carbonate originel en calcite, au cours des phénomènes biochimiques liés à la dégradation de la matière organique. Dans la majorité des cas, la matière organique semble jouer un rôle important dans l'élaboration de cette "structure aberrante", qui est ici un phénomène strictement sédimentaire.

BIBLIOGRAPHIE

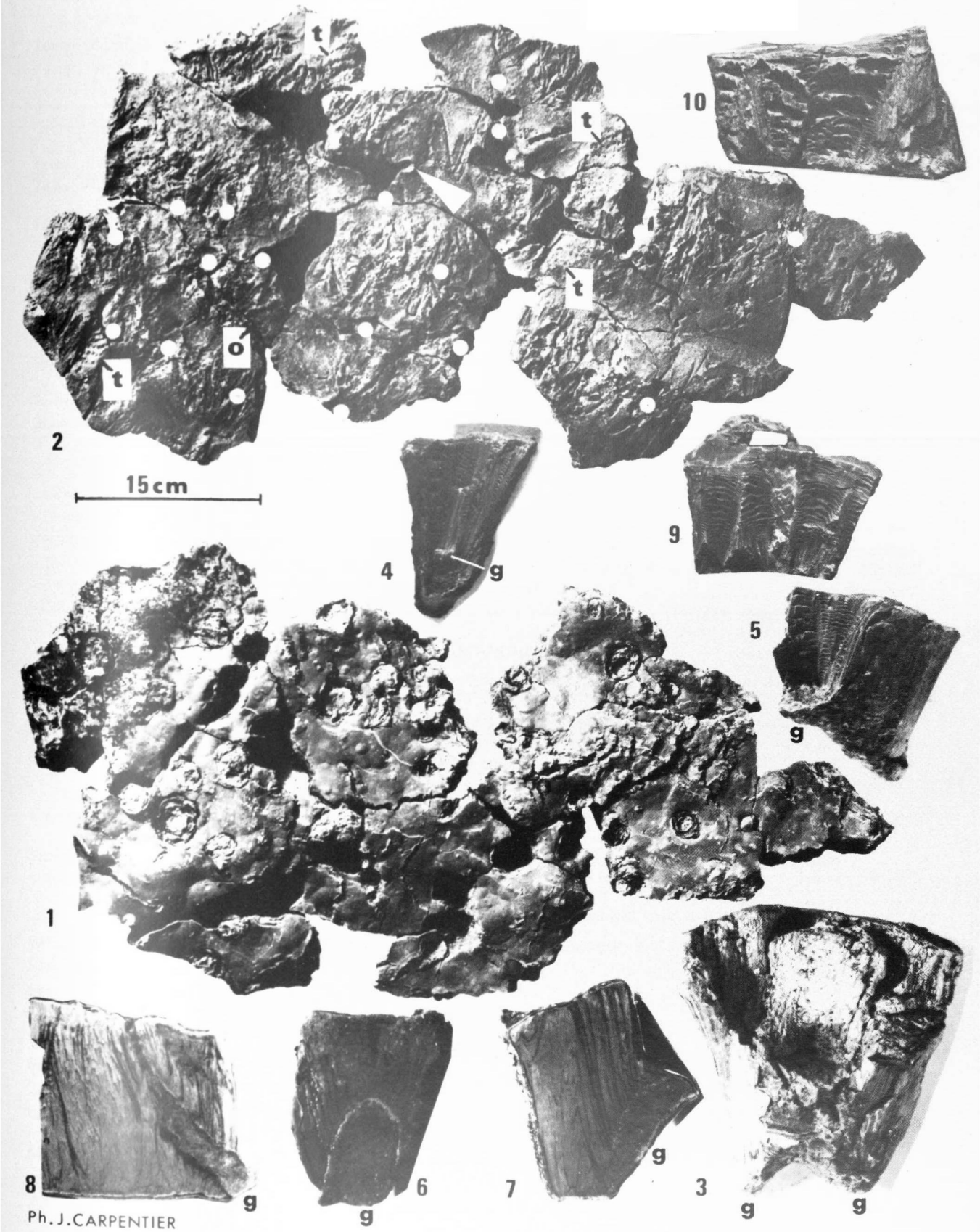
- 1) BONTE A. (1942). — Sur l'origine sédimentaire de la structure cone-in-cone. *C.R. Ac. Sc.*, vol. 214, p. 498-500.
- 2) BONTE A. (1945). — Sur les gradins concentriques propres à la structure cone-in-cone. *C.R. Ac. Sc.*, vol. 221, p. 507-509.
- 3) BONTE A. (1945). — Observations sur les nodules à structure conic-in-cone de l'Arenig de la Montagne Noire. *B.S.G.F.*, (5), t. XV, p. 453-478. 8 fig., Pl. VIII.
- 4) BONTE A., DENAEYER M.E. et GOGUEL J. (1944). — Les facteurs mécaniques dans la genèse de la structure "cone-in-cone". *C.R. somme S.G.F.*, p. 183-184.
- 5) CAYEUX L. (1935). — Les roches sédimentaires de France. Roches carbonatées (calcaires et dolomies). 463 p., 9 fig., XXVI pl. (101 fig.). Masson, Paris.
- 6) C.E.A., Anonyme (1963). — Analyse des silicates. Commission d'établissement des méthodes d'analyse du Commissariat à l'Energie Atomique. S 140, 65, C.E.C., Edit.
- 7) DENAEYER M.E. (1939). — La reproduction expérimentale de la structure cone-in-cone. Ses conséquences du point de vue de la tectonique. *C.R. Ac. Sc.*, vol. 208, p. 2004-2006.
- 8) DENAEYER M.E. (1939). — Les "Cone-in-Cone" de la Lufubu (Maniema, Congo Belge). *Ann. Soc. géol. Belgique*. T. LXII, p. B 493-512, fig. A-C, Pl. I-II.
- 9) DENAEYER M.E. (1940). — Genèse des gradins concentriques propres à la structure cone-in-cone. *C.R. somm. S.G.F.*, p. 77-78.
- 10) DENAEYER M.E. (1943). — Les cone-in-cone du Toarcien de Saint-Mard (Province du Luxembourg). *Bull. Soc. belge Géol. Paléont. Hydrol.*, t. LII, p. 231-241, 3 fig., Pl. I-II.
- 11) DENAEYER M.E. (1943). — Les cone-in-cone de la France métropolitaine et d'Outre-Mer. *Bull. Soc. franç. Minéral.*, t. LXVI, p. 173-221, 4 fig., 6 pl.
- 12) DENAEYER M.E. (1945). — Essai d'une théorie mécanique de la structure cone-in-cone. *B.S.G.F.*, (5), t. XV, p. 141-160. 19 fig.
- 13) FRANKS P.C. (1969). — Nature, origin, and significance of cone-in-cone structures in the Kiowa formation (early cretaceous), North-central Kansas. *Journ. Sedim. Petrol.*, vol. 39, p. 1438-1454. fig. 1 à 6.
- 14) GAY R. (1942). — Théorie de la formation de la structure cone-in-cone. *C.R. Ac. Sc.*, vol. 214, p. 500-502.
- 15) GILMAN R.A. et METZGER W.H. (1967). — Cone-in-cone concretions from western New-York. *Journ. Sedim. Petrol.*, vol. 37, p. 87-95. 10 fig.
- 16) KATZ A., SASS E. et STARINSKY A. (1972). — Strontium behavior in the aragonite-calcite transformation: an experimental study at 40-98° C. *Geoch. et Cosmoch. Act.*, vol. 36, p. 481-496.
- 17) LANG W.D., SPATH L.F. and RICHARDSON W.A. (1923). — Shales-with-Beef, a Sequence in the Lower Lias of the Dorset Coast. *Q.J.S.*, t. LXXIX, p. 47-99, 9 fig., Pl. III-IV. 1 tab.

- 18) LEROUX E. (1929). — Le tunnel de l'Ave-Maria. Observations géologiques et hydrogéologiques sur le plateau et la falaise au Sud de Boulogne-sur-Mer. *Mém. Soc. géol. Nord*, n° VIII, fasc. 2, 52 p., 11 fig., 6 pl.
- 19) MAILLOT H. (1979). — Etude géochimique de la marge Sud-Est atlantique (Leg 40 - D.S.D.P.). 7^{me} R.A.S.T., Lyon.
- 20) MAILLOT H. (1980). — Etude géochimique préliminaire des sédiments crétacés et cénozoïques de la marge atlantique Sud-orientale (Leg 40 - D.S.D.P.). *Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys.*, v. 22, fasc. 1, p. 75-83.
- 21) MILLIMAN J.D. (1974). — Marine carbonates. 1 vol., 375 p., Springer Verlag, Berlin.
- 22) MORROW D.W. et MAYERS I.R. (1977). — Simulation of limestone diagenesis. A model based on strontium depletion. *Can. Journ. Earth. Sci.*, vol. 15, p. 376-396.
- 23) MORROW D.W. et MAYERS I.R. (1978). — Simulation of limestone diagenesis. A model based on strontium depletion: Reply. *Can. Journ. Earth. Sci.*, vol. 15, p. 1685-1687.
- 24) MULLER G. et FRIEDMAN G.M. (1968). — Recent developments in carbonate sedimentology in Central Europe. 256 p., Springer Verlag, Berlin.
- 25) PINTA M. (1971). — Spectrométrie d'absorption atomique. II, Masson, Paris.
- 26) PRUNA M., FAIVRE R. et CHAUDRON G. (1948). — Etude par dilatométrie isotherme de la cinétique des transformations aragonite-calcite et vatérite-calcite. Colloque des réactions dans l'état solide, Paris.
- 27) TARR W.A. (1922). — Cone-in-cone. *Amer. Journ. Science*, (5), t. IV, p. 199-213, 11 fig.
- 28) VEIZER J. et DEMOVIĆ R. (1974). — Strontium as a tool in facies analysis. *Journ. Sedim. Petr.*, vol. 44, p. 93-115.
- 29) VEIZER J. (1978). — Simulation of limestone diagenesis - a model based on strontium depletion: Discussion. *Can. Journ. Earth. Sci.*, vol. 15, p. 1683-1685.
- 30) WOODLAND B.G. (1964). — The nature and origin of cone-in-cone structure. *Chicaco Nat. Hist. Museum. Fieldiana: Geology*, vol. 13, p. 187-305, fig. 25-89.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVI (*)

- Plaque à structure cone-in-cone (Falaise de Châtillon, Boulonnais).
- Fig. 1. — Face supérieure montrant la répartition apparemment aléatoire des mamelons et cratères. Au centre des cratères on observe souvent un culot de grès correspondant, plus ou moins, aux taches gréseuses de la face inférieure (fig 3 du texte).
- Fig. 2. — Face inférieure montrant la répartition des débris organiques. Les taches gréseuses contrôlées sont marquées d'un point blanc. Vers le centre, indiqué par une flèche, bourrelet circulaire autour d'une colonne gréseuse; t, empreinte de trigonie; o, os long.
- Fig. 3. — Grand cône double (fig. 4 du texte, 18.3, cône ϵ), en partie vidé, provenant de la bordure du bloc. Les deux pointes, formées d'un culot de grès (g), sont reliées par un trabécule gréseux.
- Fig. 4. — Cône expulsé (cône h) et en partie vidé de ses cônes internes. Dans le fond du cratère, orné de gradins, apparaît un culot de grès (g).
- Fig. 5. — Cône expulsé et en partie vidé (fig. 4 du texte, cône δ). Dans le fond du cratère à gradins, le replat représente une remplissage gréseux en liaison avec le banc inférieur par un filet gréseux (g).
- Fig. 6. — Cône expulsé (fig. 4 du texte, 11.1, cône α). Surface polie montrant une invagination en doigt de gant (g) à l'intérieur du cône. A partir de là, le grès est injecté, de façon diffuse, à la faveur des surfaces de déboîtement.
- Fig. 7. — Cône expulsé (fig. 4 du texte, cône e). Surface polie montrant une colonne de grès (g) qui part du banc inférieur et s'élargit vers le fond d'un cratère. Latéralement, les surfaces de déboîtement, à gradins, sont légèrement injectées de grès.
- Fig. 8. — Surface de déboîtement largement injectée de grès (g) sous forme d'une lame conique épaisse (fig. 4, d du texte).
- Fig 9 et 10. — Détail de gradins fraîchement dégagés.
9. - gradins normaux (fig. 3 du texte, n° 13.2);
10. - gradins grossiers (fig. 3 du texte, n° 16.2) montrant de larges rebroussements (fibres parallèles de calcite) vers le haut, le long de la surface d'expulsion (fig. 2 du texte, I et II).

(*) Toutes les figures sont à l'échelle 1, à l'exception des fig. 1 et 2 qui sont accompagnées d'une échelle graphique ($\times 1/5$ environ).



Sont en vente au Siège de la Société :

MEMOIRES

Tome I, n° 1. - Ch BARROIS, <i>Recherches sur le terrain crétacé de l'Angleterre et de l'Irlande</i> , 1876, 232 p.	336,00 F.
n° 2. - P. FRAZER, <i>Géologie de la partie Sud-Est de la Pennsylvanie</i> , 1882, 178 p.	252,00 F.
n° 3. - R. ZEILLER, <i>Mémoire sur la flore houillère des Asturies</i> , 1882, 24 p.	36 00 F.
Tome IV, n° 1. - J. GOSSELET, <i>Etude sur les variations du Spirifer Verneuilli</i> , 1894, 63 p., 7 pl.	90,00 F.
Tome VI, n° 1. - P. BERTRAND, <i>Etude du stipe de l'Adelophyton jutleri</i> B. Renault, 1907, 38 p., 4 pl.	85,00 F.
n° 2. - J. GOSSELET, Ch. BARROIS, M. LERICHE, A. CREPIN, P. PRUVOST, G. DUBOIS, <i>Faune siluro-dévonienne de Liévin</i> , 1912-1920 (Fasc. 1 épuisé). Fasc. 2	336,00 F.
n° 3. - V. COMMONT, <i>Saint-Acheul et Montières : Notes de Géologie, de Paléontologie et de Préhistoire</i> , 1909, 68 p., 3 pl.	156,00 F.
Tome VII, n° 1. - P. BERTRAND, <i>Etude des Stipes d'Asterochloena laxa</i> Stenzel, 1911, 72 p., 6 pl.	102,00 F.
Tome VIII, n° 2. - Ed. LEROUX, <i>Le tunnel de l'Ave Maria. Observations géologiques et hydrologiques sur le plateau et la falaise au Sud de Boulogne-sur-Mer</i> , 1929, 50 p., 5 pl.	120 00 F.
Tome IX, n° 1. - G. DUBAR, <i>Etude sur le Lias des Pyrénées françaises</i> , 1925, 332 p., 7 pl.	432,00 F.
n° 2. - Dom Grégoire FOURNIER et P. PRUVOST, <i>Description des poissons élasmobranches du marbre noir de Denée</i> , 1926, 23 p., 6 pl.	96,00 F.
Tome X, n° 2. - J.W LAVERDIERE, <i>Contribution à l'étude des terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales</i> , 1931, 132 p., 8 pl.	180,00 F.
Tome XII. — D LE MAITRE, <i>Etude sur la Faune des Calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis</i> , 1934, 268 p., 18 pl.	336 00 F.
Tome XIII. — P. BRICHE, P DANZE-CORSIN et J.P. LAVEINE, <i>Flore infraliasique du Boulonnais (Macro- et Microflore)</i> , 1963, 145 p., 11 pl.	252,00 F.
Tome XIV. — G. WATERLOT, <i>Les Gigantostacés du Siluro-Dévonien de Liévin</i> , 1966, 23 p., 5 pl.	84,00 F.
Tome XV. — J. MANIA, <i>Gestion des Systèmes aquifères. Applications au Nord de la France</i> , 1978, 228 p.	150,00 F

FASCICULES SPECIAUX

« Géologie du Nord de la France » (T. LXXXIX, fasc. 1)	70,00 F.
« Centenaire de la S.G.N. » (T. XC, fasc. 4)	100,00 F.
« Rupture des roches et massifs rocheux » (T. XCV, fasc. 3)	70,00 F.
« Données nouvelles sur le Paléozoïque de l'Europe occidentale » (T. XCVI, fasc. 4 et T. XCVII, fasc. 1)	200,00 F.
« Apports récents à la Géologie du Gondwana » (T. XCVII, fasc. 4)	150,00 F.
« Géologie de l'Europe, du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens » (T. XCIX, fasc. 1)	130,00 F.

PUBLICATIONS

Publication N° 1. — J. CHOROWICZ, <i>Etude géologique des Dinarides le long de la transversale Split-Karlovac (Yougoslavie)</i>	130,00 F.
Publication N° 2. — J. CHARVET, <i>Essai sur un orogène alpin : Géologie des Dinarides au niveau de la transversale de Sarajevo (Yougoslavie)</i>	150,00 F.
Publication N° 3. — J. ANGELIER, <i>Néotectonique de l'arc égéen</i>	140,00 F.
<hr/>	
<i>Esquisse géologique du Nord de la France</i> , par J. GOSSELET, Fascicule IV (Terrains quaternaires)	29,00 F
<i>Ecorché géologique infra-mésozoïque</i> (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.)	42,00 F.

SERIE DOCUMENTATION (Pochettes de 6 Diapositives avec notice)

Série I. — Paysages du Nord de la France au cours des temps géologiques	30,00 F.
Série II. — Aperçu sur les microfaciès de la craie	30,00 F.
Série III. — Les Nannofossiles calcaires de la craie	30,00 F.
Série IV. — Pétrographie des Houilles	30,00 F.
Série V. — La flore houillère. 1° les plantes à feuilles de Fougères	30,00 F.
Série VI. — Les étapes de la Préhistoire	30,00 F.
Série VII. — Reconstitution de Vertébrés sans mâchoires (« Agnathes ») du Primaire	30,00 F.
Série VIII. — Le gisement paléolithique de Biache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais). - 1) Les fouilles et le cadre stratigraphique	35,00 F.
Série IX. — Le gisement paléolithique de Biache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais). - 2) Les vestiges humains, l'industrie lithique et la grande faune	35,00 F

Les membres 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.

SOMMAIRE

Tome XCIX

3^{me} trimestre

	pages
D. MASSA, R. COQUEL, S. LOBOZIAK et J. TAUGOURDEAU-LANTZ. — Essai de synthèse stratigraphique et palynologique du Carbonifère en Libye occidentale	429
M.F. PERRET. — Le passage du Mississipien au Pennsylvanien dans les bassins marins pyrénéens : coupures biostratigraphiques, corrélations	443
J.F. GEYS. — <i>Heterodiadema lybicum</i> (Agassiz et Desor, 1846), a Hemicidaroid echinoid from the Campanian of Belgium	449
L. BELTAN. — Eotrias du Nord-Ouest de Madagascar : Etude de quelques poissons dont un est en parturition	453
A. BONTE et H. MAILLOT. — Structure cone-in-cone et diagenèse initiale. Arguments morphologiques et géochimiques	465

© 1980, 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'auteur.

Imprimé en France (Printed in France)