

DISTRIBUTION DES FAUNES MARINES
DANS LE SUD DE LA TÉTHYS
ET SUR LA BORDURE SEPTENTRIONALE DU GONDWANA
AU COURS DU PALÉOZOÏQUE SUPÉRIEUR (*)

par HENRI TERMIER et GENEVIÈVE TERMIER (**)

(9 fig. et 11 tableaux dans le texte)

RÉSUMÉ

Face à la zone varisco-altaïde, la bordure méridionale de la Téthys subit des modifications climatiques explicables par la mobilité des plaques et la translation générale des supercontinents du sud vers le nord. L'épeirogénèse Mésocarbone, soulevant un continent Eurafrique centré sur la Moghrabia et jouxtant l'Amérique du Nord, a rendu difficiles puis impossibles les migrations fauniques réciproques directes EW et WE entre Amérique du Nord et Téthys fracturale (pré-méditerranéenne). La glaciation gondwana de la fin du Carbonifère fit naître dans la zone Oman-Afghanistan-Salt Range-Australie-Nouvelle Zélande les éléments d'une faune froide. Au Permien, les faunes chaudes d'Amérique du Nord effectuèrent vers le Golfe téthysien, de l'ouest vers l'est, de lentes prochorèses aboutissant à un décalage temporel, dont le maximum se place à l'extrémité tunisienne de la Téthys fracturale. Les auteurs tentent de reconstituer la position initiale des gisements téthysiens dans le contexte de ces paléogéographies successives. Une revue des principaux groupes d'Invertébrés marins contemporains de la période étudiée permet de rechercher les mécanismes de leur répartition.

ABSTRACT

The southern edge of the Tethys, opposite the varisco-altaic zone, suffered climatic changes which are explicable by Plate mobility and the general movement of the supercontinents towards the north. The mid-Carboniferous epeirogenic phase, causing uplift of an Eurafrique continent centred on Moghrabia and adjoining North America, rendered difficult and then impossible reciprocal E-W and W-E faunal migrations between North America and the fracturing Tethys (pre-Mediterranean). The late Carboniferous glaciation of Gondwanaland gave rise to a cold-water fauna in the zone Oman-Afghanistan-Salt Range-Australia-New Zealand. During the Permian, warm-water faunas from North America migrated slowly from west to east towards the Tethysian Gulf. This led to a temporal displacement of faunas reaching a maximum in the Tunisian extremity of the fracturing Tethys. The authors try to reconstruct the initial positions of the different Tethyan fossil localities in the context of successive palaeogeographies. A review of the principal contemporaneous marine invertebrate groups for the period in question helps in determining their distribution mechanisms.

INTRODUCTION

Durant toute l'ère Primaire, le Gondwana fut un bloc continental unique,

(*) Manuscrit déposé le 10 juillet 1974.

(**) Université de Paris VI, Département de Géologie Structurale, 4, place Jussieu, Tour 26-EI, 75230 Paris Cedex 05.

ourlé de bordures mobiles souvent de type géosynclinal, faisant face à une Laurasia plus divisée dont il était séparé, en principe, par une structure océanique, la Téthys.

Des recherches paléontologiques portant essentiellement sur le Paléozoïque supérieur du Maroc, de la Tunisie, de la Libye, de l'Afghanistan et du Cambodge, nous ont incités à essayer de reconstituer les trajets décrits par les faunes qui se sont succédé dans ces lieux au Carbonifère et au Permien. C'était poser deux questions principales : celle des provinces paléogéographiques et climatiques intéressées et celle des positions respectives des pays frontaliers qui, attachés aujourd'hui plutôt à la Laurasia, n'en furent pas moins autrefois téthysiens, voire gondwans.

L'existence de la Téthys à la fin des temps antécambriens et durant l'ère Primaire est généralement admise par les auteurs pour ce qui concerne l'Extrême-Orient et le Moyen-Orient : on la considère alors comme un golfe occidental de l'océan Pacifique. Des reconstitutions comme celle de Dietz (1971) sont difficiles à admettre dans leur totalité car elles ne tiennent pas compte de la présence du Bouclier indo-sinien et de l'Insulinde, fort liés à l'Australie ainsi qu'au Sud de la Chine, et qu'elles envisagent aussi des recouvrements peu vraisemblables au niveau de l'Afrique du Nord et de l'Espagne.

En outre, en ce qui concerne l'étendue aujourd'hui méditerranéenne, aucun golfe téthysien à proprement parler n'y est évident avant le Trias. Mais une zone de fractures semble, dès l'orée du Cambrien, avoir permis à la mer de s'y insinuer. Cette zone se situe au niveau d'une série de régions aujourd'hui séparées les unes des autres, les unes rattachées à l'Afrique, d'autres à l'Europe, d'autres placées entre les deux. Cette Téthys fracturale a constitué une province essentiellement liée à la bordure gondwane par son peuplement d'Invertébrés marins au Paléozoïque. Une partie de ces terres était incluse dans la zone orogénique nord-gondwane, qui subit des plissements varisques. Le domaine varisque proprement dit, de l'Irlande à l'Altai, occupait alors le Sud de l'Eurasie. La charnière la mieux connue entre les deux systèmes se situait au niveau de la péninsule Ibérique et du Maroc qui, bien que voisins, semblent avoir joui déjà d'une certaine indépendance l'un par rapport à l'autre. La Méséta marocaine, qui constitue une unité, la *Moghrabia* (Termier et Termier, 1974) et l'orogène Hespérique (y compris les Asturies) eurent une évolution d'âge varisque mais le continent Nord-Américain en était très proche, si bien que les Appalaches du Nord offrent des points communs, en particulier la direction des plis, avec la Moghrabia à partir du moment où l'orogénèse calédonienne eut soudé plus au Nord les bords du Protoatlantique dans le continent Nord-Atlantique. L'extrémité occidentale de la Téthys fracturale se prolongeait alors facilement vers le Sud des Appalaches et le centre des États-Unis d'une part, vers l'Europe occidentale (bassin houiller franco-belge) d'autre part en préfigurant la future Mésogée.

La Téthys du Paléozoïque peut donc être considérée comme composée de deux tronçons : 1) le « golfe » du Pacifique occidental ; 2) la Téthys fracturale (méditerranéenne).

Il faut disjoindre totalement, pour ce qui concerne le Paléozoïque, la notion de Téthys de celle de mer chaude. Au Cambrien et à l'Ordovicien, le paléomagnétisme indique en effet que l'un des pôles était situé vers l'emplacement des Canaries et même qu'à l'Eocambrien et à l'Ashgill, des calottes glaciaires polaires couvraient le nord-ouest du Bouclier Africain (Beuf, Biju-Duval, Charpal, Rognon, Gariel, Benauf, 1972). La Téthys suivait donc alors approximativement un grand cercle méridien (Termier et Termier, 1972) sécant d'un autre grand cercle méridien qui formait l'axe du Protoatlantique. La zonation thermique de la Planète recoupait ces grands cercles et on peut dire que la Téthys fracturale se trouvait alors dans les zones boréale et tempérée.

Au Paléozoïque supérieur, la paléoclimatologie situe le même pôle tout à fait au Sud de l'Afrique et en Antarctide, entraînant une zonation climatique différente : la Téthys fracturale est dans la zone chaude, tandis que le Sud de la Téthys orientale, (= « golfe » du Pacifique occidental), limite un continent tempéré, voire glacé (au Carbonifère supérieur).

C'est seulement au Mésozoïque que la Téthys tout entière coïncidera avec la zone équatoriale et deviendra la Mésogée.

I. RECONSTITUTION STRUCTURALE DES BORDURES AU NIVEAU DE L'ACTUELLE MÉDITERRANÉE — fig. 1

Personne ne discute vraiment la permanence des liens entre le Maroc et la péninsule Ibérique pendant l'ère Primaire, même si quelques difficultés relatives à leur position dans le complexe africain sont apportées par la présence d'organismes considérés comme « récifaux », les Archéocyathes, dans le Cambrien inférieur du Sud marocain, pas bien loin d'un pôle situé alors près des Canaries. De grandes affinités des faunes marines au Cambrien moyen existent d'ailleurs entre Maroc, Espagne, Montagne Noire, Sardaigne et Bohème (province à *Cincta*, Termier et Termier 1964, 1973). Les affinités entre les parties immergées de ces régions n'ont pas cessé à l'Ordovicien, au Silurien et au Dévonien; le massif Armoricain, l'Ardenne et le massif schisteux Rhénan font partie de la même province à l'Ordovicien (province à Amphorides).

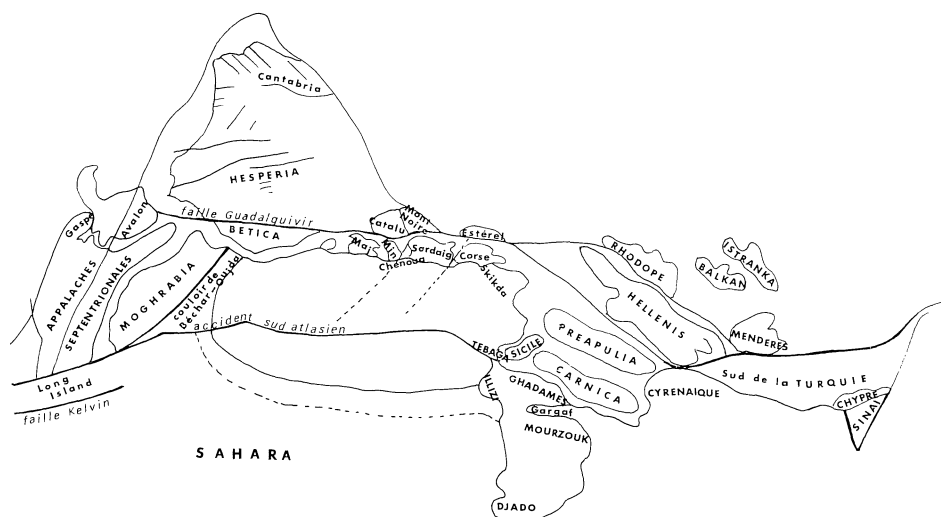


Fig. 1. — Essai de réassemblage des principaux éléments de la Téthys fracturale au Paléozoïque supérieur.

On peut encore y ajouter pour d'autres entités fauniques les Alpes Carniques et, beaucoup plus à l'Est, la Turquie (Dean 1972) ainsi que la Palestine (au Cambrien inférieur, R. et E. Richter, 1941). C'est la zone de la Téthys fracturale, méditerranéenne, dont les éléments ont subi une redistribution après l'ère Primaire. Les tectoniciens ont invoqué l'existence d'anciens massifs, disloqués depuis, sur l'emplacement de la

Méditerranée et les ont nommés « *Zwischengebirge* ». Parmi eux figure un massif « baléaro-sardo-corse » dont la position initiale, qui s'est prolongée au moins jusqu'à la fin du Paléozoïque, a généralement été reconstituée comme soudée à la côte orientale de la péninsule Ibérique ou à celle du golfe du Lion, ou encore voisine de ces deux régions. Le paléomagnétisme indique en outre une rotation post-paléozoïque de la Corse (*) à partir de la côte des Maures-Estérel vers la Ligurie. Il n'en existe pas moins d'intéressantes affinités fauniques au Dévonien moyen entre les Baléares et un massif du Nord de l'Algérie, situé à l'Ouest d'Alger, le Chénoua (Bourrouilh, 1973).

Ainsi plutôt qu'un océan, l'emplacement de la Méditerranée occidentale se présente-t-il, pour l'ensemble du Paléozoïque, comme occupé par une vaste plateforme, déjà en partie fissurée, localement et épisodiquement submergée par des mers épicontinentales. Dans la région de la Méditerranée moyenne, la zone structurale des Dinarides, est depuis longtemps considérée comme issue du Bouclier africain et reliée tardivement à l'Europe, par l'orogénèse alpine. Il s'agit ici du bouclier Préapulien (future Italie) et Adriatique, ainsi que de la Dalmatie, des Hellénides et de la zone Balkanique. Des relations demeurent entre le Bouclier Préapulien et la Tunisie par l'intermédiaire de la Sicile. Enfin, il est admis que Chypre et le Sud de la Turquie ont été africains durant l'ère Primaire.

Nous devons donc penser que, au Paléozoïque supérieur, tous ces morceaux d'Afrique n'erraient pas à l'aventure mais appartenaient encore à une zone commune de l'antique Pangée, unissant Gondwana et Laurasia. Déjà, sans doute, étaient apparues les grandes fissures analogues aux « rifts » africains qui esquisaient les futures limites des petites plaques et même des effondrements locaux envahis par la mer formaient une Mésogée de « type mer Rouge » en prolongement de la Téthys qu'elle complétait définitivement suivant le grand cercle privilégié (Termier et Termier, 1972).

La marge gondwana à l'Est, en bordure du « golfe » du Pacifique occidental — fig. 2-3

L'Arabie, Madagascar, l'Inde péninsulaire et l'Australie, alors soudées, complètent le Gondwana vers l'Est. Leur évolution structurale les amènera à s'éloigner de l'Afrique, et l'Inde se rapprochera du Sud de l'Asie au cours des ères Secondaire et Tertiaire. Durant l'ère Primaire, l'étude des faunes marines et des faciès montre que d'autres régions du Sud de l'Asie appartenaient aussi à la bordure gondwana : il s'agit de l'Iran et de l'Afghanistan (Lapparent, Termier et Termier, 1970, 1971, 1972, 1974). La grande faille de Chaman (J. Andrieux, 1974) qui joint aujourd'hui Kaboul au 28^e parallèle Nord, en direction SSW, sur 800 km, est un décrochement sénestre qui indique l'un des déplacements de cette région : elle a séparé l'Afghanistan central, avec l'Hindou Kouch et le Pamir, de l'Afghanistan oriental (chaîne d'Altimour par exemple), et du Pakistan (Salt Range par exemple) avec le continent indien. La faille de Chaman prolonge peut-être la fracture d'Owen de l'océan Indien, mais aussi la zone fracturale de Mozambique qui s'ouvrait dès le Pamirien entre l'Afrique et Madagascar.

Dans la partie orientale du golfe téthysien, la position de Timor ne semble pas avoir changé par rapport au Nord-ouest de l'Australie depuis le Permien. Les sédiments autochtones sont du Sakmarien (à *Stacheoceras* cf. *timorense* et *Popanoceras*

(*) La « position présumée avant rotation » du bloc Corse-Sardaigne est figurée dans R. Schroeder, A. Cherchi, S. Guellal et J. M. Vila (1974). Une autre position a été proposée par G. Chabrier et G. Mascle (1974).

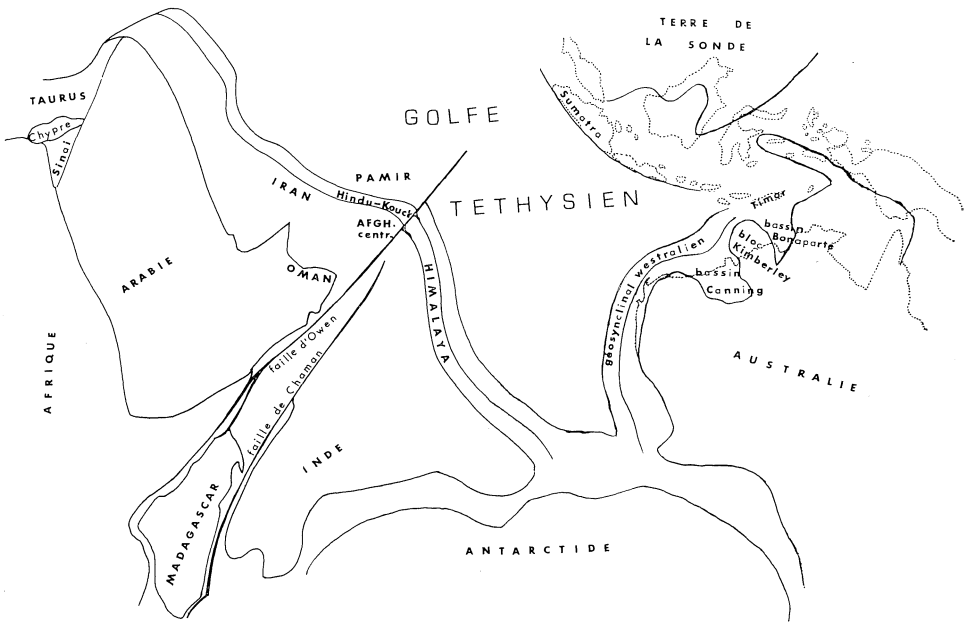


Fig. 2. — Essai de réassemblage des principaux éléments limitant le golfe téthysien au Paléozoïque supérieur (voir la fig. 9).

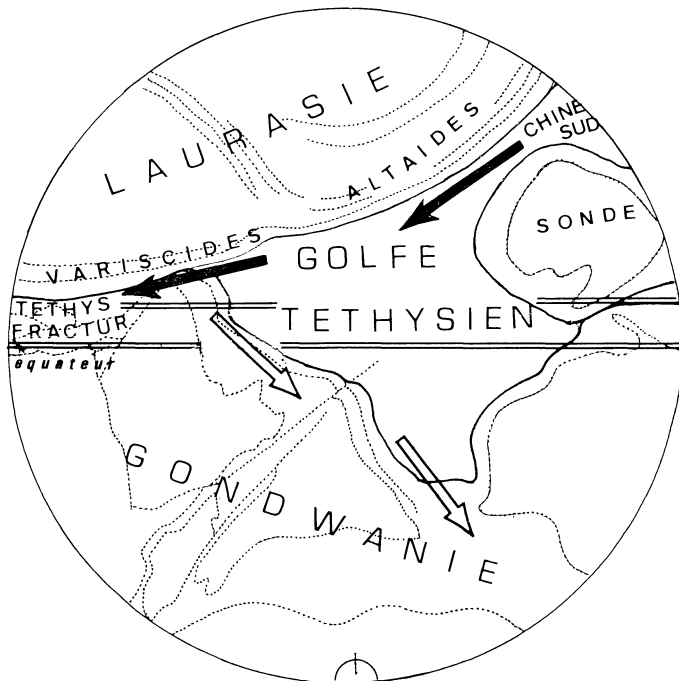


Fig. 3. — Schéma de la disposition du golfe téthysien par rapport aux supercontinents au Paléozoïque supérieur. Les flèches blanches indiquent les migrations d'Invertébrés marins au Carbonifère (surtout inférieur); les flèches noires indiquent les migrations au Permien; les doubles traits délimitent approximativement la zone sud tropicale.

timorensis) puis du Permien non terminal à *Atomodesma*, indice d'une mer très peu profonde. Le fond sédimentaire vient des dépôts glaciaires du bloc de Kimberley (Australie). Mais à l'Ouest de Timor et dans le Nord-Ouest du Timor portugais, les dépôts calcaires, dont fait partie la célèbre série fossilifère de Sonnebait, se sont formés dans une mer chaude (Coraux, Brachiopodes, Bryozoaires, Crinoïdes, Blastoïdes, Céphalopodes et Algues calcaires) depuis le Sakmarien jusqu'au Permien supérieur. Pour Audley-Charles (1965), il s'agit d'un ensemble charrié au Miocène moyen sur un front d'environ 900 km, s'étendant de Savu à Babar en passant par Roti et Leti.

On cerne donc ici : 1) la limite de la bordure méridionale de la Téthys : Sud de l'Hindou Kouch, Afghanistan central, Himalaya, Sud de la zone Savu-Timor-Babar; 2) la limite sud d'un ensemble de mer chaude : Nord de l'Hindou-Kouch, Pamir (Tibet ?), Thaïlande, Sumatra, Bornéo, bras Est de Célèbes, Nord de la zone Savu-Timor-Babar. Ce deuxième ensemble n'est pas le Nord de la Téthys, car encore plus au Nord se situe la Chine méridionale (et son annexe japonaise). Ce paraît en tout cas être la preuve que la Terre de la Sonde-Indosinia était bien située en travers de l'entrée du golfe téthysien.

Relations de la Téthys « méditerranéenne », fracturale, avec l'Amérique du Nord — fig. 4

Il s'avère, par les constatations paléontologiques et structurales (Schenk, 1971; Dean, 1972), que le Maroc occidental fut en connexion plus ou moins étroite avec

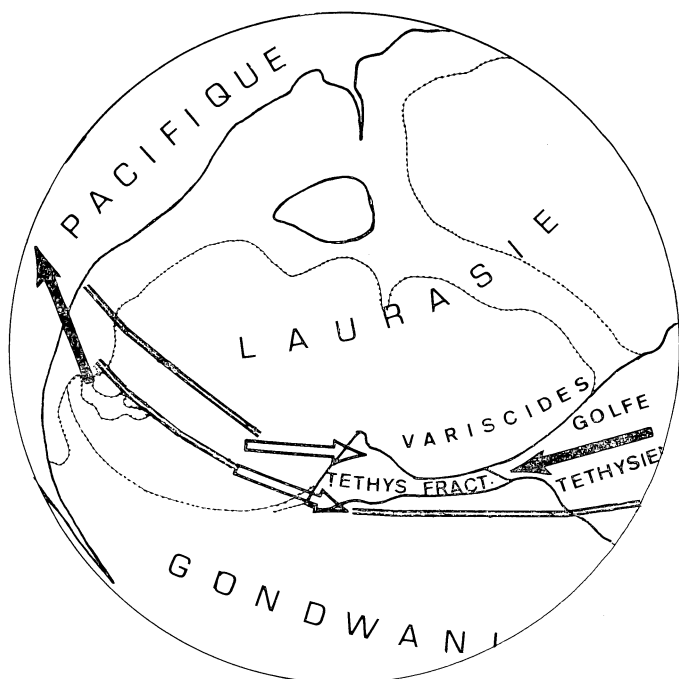


Fig. 4. — Schéma de la disposition de la Téthys fracturale par rapport aux supercontinents et au golfe téthysien au Paléozoïque supérieur. Les flèches blanches indiquent les migrations d'Invertébrés marins avant l'émergence du continent eurafricain; les flèches noires indiquent les migrations au Permien; les doubles traits délimitent approximativement la zone climatique équatoriale.

le Nord des Appalaches et la Nouvelle-Écosse pendant toute l'ère Primaire. Les deux régions, situées aujourd'hui de part et d'autre de l'Atlantique Nord, étaient en majeure partie occupées par des zones orogéniques et séparées, au moins jusqu'à la construction du continent des Vieux Grès Rouges, par un Protoatlantique beaucoup plus étroit que l'océan actuel. L'orogène moghrabin, dont le terme évolutif est la Moghrabia (Méséta marocaine), offre des directions structurales NE, c'est-à-dire parallèles au littoral atlantique. Il appartient pourtant au système varisque, étroitement relié qu'il est aux orogènes hespérique et cantabrique, d'une part, à la zone fracturale méditerranéenne d'autre part, (Termier et Termier, 1974), et enfin à l'Europe moyenne et occidentale depuis le Cambrien jusqu'au Carbonifère inférieur.

Ainsi le Maroc se trouve-t-il être un carrefour pour les migrations de faunes marines, à l'Ordovicien, des faunes chaudes venant d'Amérique du Nord et de Scandinavie (la Kabylie et le Présahara reçoivent aussi ces faunes) et des faunes tempérées venant d'Europe occidentale et moyenne.

Cependant il existe d'importantes différences paléogéographiques entre la Moghrabia, à l'Ouest de la dislocation Agadir — Tizi n'Test — Tazzeka — Melilla et au Nord de l'accident sud-atlasien (Termier et Termier, 1974) et l'ensemble composé par le Sahara, le Présahara (Anti-Atlas et Tafilelt) et le couloir de Béchar (Kenadza) — Oujda (Djerada). Ces différences apparaissent à certaines époques, l'orogène moghrabin offrant des particularités qui pourraient être attribuées à l'instabilité de son fond par exemple. Au Dévonien, l'Équateur traversant obliquement l'Europe occidentale et l'Afrique du Nord, la Moghrabia était dans la zone chaude, avec ses récifs givéliens-frasnien et la présence de microfaunes (à *Nanicella*) qui l'apparentent à l'Europe moyenne, intertropicale ou subéquatoriale. La répartition des Goniatites, continue dans la vallée de la Saoura (Sahara septentrional) depuis l'Emsien supérieur jusqu'au Carbonifère, a justifié alors l'expression de « Sillon de la Saoura » (Menchikoff, 1930; H. Termier, 1936), entité paléogéographique se prolongeant dans la Montagne Noire et jusqu'en Allemagne, avec une stratigraphie zonale identique (H. Termier, 1931). Cette entité pousse des diverticules à certains moments vers l'orogène moghrabin mais elle reste typiquement, par continuité écologique, un phénomène de mer épicontinentale à fond stable (« shelf »), ce que le Sahara demeurera jusqu'à l'orée du Stéphanien. Ainsi la Moghrabia se montre-t-elle bien distincte dès le Paléozoïque, constituant tout ou partie d'une petite plaque relativement indépendante du bâti africain. Cette indépendance sera particulièrement nette au Carbonifère : l'aire moghrabine, plissée, subit des phases orogéniques dont les pulsations sont souvent à l'unisson de la chaîne Varisque avec, en gros, une régression tournaisienne et une grande transgression au Viséen moyen V2b (Termier et Termier, 1957; tabl. 26, p. 540-54, tabl. 40, p. 734-735; Termier, Termier et Vachard, 1974). Le Sahara et ses deux annexes marocaines, le Présahara (Anti Atlas — Tafilelt) et le couloir d'Oujda, ont une histoire différente qui se traduira pour le seul couloir d'Oujda par la persistance de la mer jusqu'au Moscovien.

II. PANORAMA BIOLOGIQUE ET CLIMATIQUE — fig. 5

L'originalité de la Moghrabia est d'être un carrefour biologique en même temps que le siège d'une succession de phases orogéniques gênant les longues évolutions sur place de transients mais qui ont parfois favorisé les spéciations locales. Quant aux bassins de la plate-forme saharienne, leur caractère essentiel fut d'être souvent à la limite de l'assèchement, comme toute mer épicontinentale, ce qui favorisa l'endémisme en bassins à salinité variable.

zone fracturale de Méditerranée occidentale, tel le « sillon de la Saoura » (voir plus haut).

L'importance des grandes variations climatiques dans la distribution des faunes marines est davantage inscrite sur la plate-forme saharienne stable que dans la Moghrabia, instable, ou dans la zone fracturale aujourd'hui incomplète sans doute. Pendant le Cambrien, l'Ordovicien et une grande partie du Silurien, le climat y fut subpolaire (voir plus haut) et les bassins marins du Nord du bouclier Africain (par exemple ceux de Libye occidentale), nés de la fonte des inlandsis, furent longtemps de type « Baltique ». Au contraire, dès la fin du Silurien et surtout au Dévonien inférieur et moyen, sur la lisière du continent et sur les crêtes géanticlinales de l'orogène moghrabin se sont installés des récifs, souvent réduits à l'état de « knolls » mais construits par des Spongiaires à squelette calcaire et à spicules siliceux (Stromatopores) et des Cnidaires à test carbonaté. Au Dévonien, d'ailleurs, l'ensemble du système varisque coïncidait avec la zone équatoriale chaude. En effet, le pôle, à la suite d'une migration continentale commencée au Silurien, en particulier de la Gondwanie vers le Nord, voit son emplacement relatif se modifier : il a gagné le Sud de l'Afrique dès le Siluronien. En principe donc, la marge Téthys-bouclier Saharien, au Dévonien et au début du Carbonifère, demeure sous des climats chauds et doux. Il en est de même beaucoup plus à l'Est, par exemple en Australie où s'installent aussi des récifs.

Dès le début du Carbonifère, l'opposition de la Moghrabia et du Sahara en tant que matériel tectonique se manifeste. Des phases orogéniques acado-bretonnes ont amené de fréquentes émergences dans l'orogène moghrabin durant le Tournaisien et le Viséen inférieur, tandis que la mer s'étendait tranquillement sur les bassins sahariens.

Strunien

Auparavant, dernière faune dévonienne, celle du Strunien to VI d'Europe et d'Eurasie, et du Kinderhookien nord-américain, se montre encore largement répartie dans l'ensemble des régions considérées, mais elle présente des caractères d'appauvrissement sans doute concomitants d'un refroidissement général dont témoigne la disparition de la plupart des récifs. Les faciès calcaires font souvent place à des schistes et à des grès provenant du démantèlement de terres élevées et de cordillères.

Le stock de faunes struniennes a frappé les paléontologues par son caractère hybride puisqu'il renferme les derniers Phacopidés, les dernières Clyménies et les premiers Clisiophyllides, par exemple.

L'association de *Cyrtospirifer*, du Dévonien supérieur, avec *Fusella*, du Tournaisien, y semble symptomatique; sont également présents des Productides de petite taille (*Acanthoplecta*, *Mesolobus*). Plus symptomatique encore est l'apparition des Syringothyridés, Spiriféroïdes adaptés aux faciès gréseux et probablement de mer agitée, ce qui peut expliquer le développement des structures d'insertion pédonculaire (la syrinx).

Tournaisien

Une ceinture biostratigraphique peut être délimitée longeant la bordure gondwanienne dans les parties les plus avancées à l'intérieur de la plate-forme saharienne. Les sédiments sont alors essentiellement détritiques, généralement gréseux, ce qui suggère que les territoires émergés du continent africain subissaient alors une phase fortement érosive. Ces sédiments sont souvent rongés par des sels de fer oxydé passant parfois à de véritables minerais. La partie orientale des nappes de la Montagne

Noire, celle de Cabrières, offre une lacune probable du Famennien supérieur au Viséen inférieur (Vachard 1974).

Ces faciès gréseux sont souvent riches en Syringothyrides (voir p. 424), dans le Nord de l'Afrique et en Moyen-Orient.

Passage Tournaisien-Viséen. — Une certaine homogénéisation des faunes téthysiennes s'est produite avant et après la limite Tournaisien-Viséen. Elle semble laisser de côté encore une fois la Moghrabia, en grande partie émergée, et une fraction des nappes orientales de la Montagne Noire, mais la mer est présente dans les monts Cantabriques d'Espagne nord-occidentale (couches de Vegamian, Comte 1959). Une faune d'Invertébrés marins, aujourd'hui datée du Tn3c par la zone à *Scaliognathus anchoralis*, comptant des Brachiopodes caractéristiques (*Leptagonia analoga*, *Rhipidomella michelini*, *Rotaia* (gr. *subtrigona*), *Athyris lamellosa*) est présente au Présahara et dans le Sahara occidental (voir Pareyn, Lemosquet et Weyant 1974), en Libye avec quelques variantes [M'Rar inférieur à *Histosyrinx* et *Septacamera* (Massa, Termier et Termier 1974)], ainsi qu'en Iran (Geirud C). En Afghanistan, elle s'élève dans le Viséen inférieur et moyen (Wakakien = série de Wakak, Lapparent, Termier et Termier 1972); en Nouvelles Galles du Sud, la faune de Babbinboon du « Late Lower Burindi » (Campbell 1957) en est très voisine. La même faune est bien connue en Eurasie.

En Amérique du Nord, l'Osagéen (du Kansas oriental) débute par le calcaire de Burlington qui correspond au Tn3, avec *Muensteroceras* et *Marginatia burlingtonensis*, ubiquiste au Nord de l'Afrique et en Eurasie. Cette faune correspond à une phase transgressive de mer relativement chaude, encore que pratiquement dépourvue de récifs dans les régions qui nous intéressent.

Nous retrouvons sans surprise de nombreux éléments qui lui font cortège dans l'ensemencement d'âge Viséen moyen V2b par lequel débute le Carbonifère marin du Maroc central. Ainsi le Daviesiellidé *Delepinea* (Muir-Wood 1962), connu en Europe du Tournaisien terminal au Viséen supérieur, est fréquent en Moghrabia pendant le V2b, avec *D. comoides*. Une autre espèce de ce Chonetoïde géant a été signalée en Russie septentrionale et dans le Viséen inférieur du Nord-Ouest de l'Australie. Le même genre existe dans le Queensland et les Nouvelles Galles du Sud, où l'accompagnent *Echinoconchus* gr. *punctatus* (fréquent dans le Nord de l'Afrique), *Dictyoclostus*, *Brachythyris*, *Fusella* (= *Unispirifer*), *Phricodothyris* et *Lithostrotion columnare*, polypier signalé comme un peu plus tardif au Maroc et en Europe. Les premiers *Tomioopsis*, non encore spécialisés aux faunes froides, sont connus dans le bassin du Kouznetzk et en Afghanistan central.

Viséen moyen et supérieur (V2-3)

L'étude des macrofaunes et des microfaunes montre que la plus grande partie, sinon la totalité, des mers épicontinentales jouissait d'une température également chaude et que, presque sans barrières, les mêmes organismes s'y répandirent d'un bout à l'autre de la Laurasie (Mamet, 1968), s'étendant même au Sud de la Téthys (Afrique du Nord, Sinai, Afghanistan central). Cette continuité fut particulièrement durable sur les mers dépendant le plus étroitement de la Téthys.

La faune qui a envahi la Montagne Noire et la Moghrabia, surtout lors de la transgression du Viséen moyen V2b, est peu différente de celle du Tournaisien supérieur — Viséen inférieur (M'Rar inférieur de Libye, Wakakien d'Afghanistan). Cette faune V2b, ni son équivalent, n'a pu être mise en évidence au Sahara, encore

qu'aucune lacune stratigraphique ne permette de conclure à une émergence, mais en plusieurs points on trouve alors des couches renfermant des végétaux. Elle est au contraire contemporaine d'un ensemble du Sinai (Mamet et Omara, 1969).

En Europe et dans le Nord de l'Afrique, cependant, la série des transients de la famille des Goniatitidés permet une zonation précise pour les faciès où peuvent se rencontrer des fossiles : *Muensteroceras* du Tournaisien supérieur et du Viséen inférieur Pe γ (Kullmann 1961) passe graduellement à *Beyrichoceras*, à la fin du Viséen moyen ou à la base du Viséen supérieur, lequel passe lui-même insensiblement au genre *Goniatites*. L'espèce *Goniatites crenistria*, et ses avatars, a largement débordé le cadre téthysien. Elle caractérise le V3b-c dans le complexe varisque-cantabrique-Moghrabia-Sahara-Turquie, atteignant d'autre part l'Amérique du Nord; par ses transients, cette seule espèce permet d'identifier au moins deux zones. Appartenant plus strictement au V3c, *Goniatites striatus* déborde en Afrique jusque dans les bassins de l'Est algérien (Illizi), les récifs à Gigantoproductides commencent alors dans la bande intertropicale.

Dans la zone chaude se développent des faciès construits pendant tout le Chestérien (Viséen supérieur (V3) et le Namurien A), dont le fondement est composé de Rugueux (*Lithostrotion*, *Lonsdaleia*) en colonies phacelloïdes ou cérioïdes, mais qui ne forment de récifs qu'avec l'aide d'algues ou d'autres organismes. Parmi ceux-ci les Gigantoproductidés, groupés en « knolls » ou en barrières limitant des lagunes tranquilles de la zone tidale, rappellent des bancs d'Huîtres (exemple : Akerchi dans le Maroc central). Cette zone récifale est connue depuis l'Angleterre et la Montagne Noire jusqu'à la Moghrabia et la région de Béchar, en pleine bande intertropicale piquetée de récifs, tandis qu'à l'Est elle se retrouve en Eurasie et en Turquie. Cependant, les polypiers récifaux manquent dans toute la bordure méridionale de la Téthys, entre la Libye et l'Afghanistan central et même en Australie; les Gigantoproductidés et les microfaunes de Foraminifères et d'Algues y sont rares. Dans les lagunes péricéfales d'Angleterre (D1-2) et de Belgique (V2b ϵ) se développent alors maints dépôts stromatolithiques (niveaux à *Collenia*). Dans les bassins du Sahara oriental (Edgelé, Fezzan, Libye) d'où sont exclus les récifs coralliens et où les Gigantoproductides se raréfient, les niveaux à *Collenia* sont bien développés et d'autant plus individualisés qu'ils sont les seuls calcaires construits (Productide endémique : *Libys*). Ce niveau daté V3a β est au Sahara celui de l'espèce endémique *Neospirifer fascicostatus*. Cette province qui se prolonge sans doute vers le Sinai fait transition aux faciès plus orientaux. A cet ensemble appartiennent aussi des Bivalves (Pectinacés) ostréiformes (*Saharopteria gevini* du Sahara mauritanien et *S. pareyni* du Sahara de Béchar) que l'on trouve dans les faciès argileux de la périphérie des « récifs » à *Gigantoproductus* et *Lithostrotion* (calcaires organo-détritiques de la Saoura = V3b) (Pareyn, Termier et Termier 1971).

La faune du Viséen supérieur ne parvient qu'appauvrie dans le Nord de la Gondwanie orientale. Cependant, *Spirifer striatus* (Martin), membre important du stock eurafricain, y est représenté, par exemple en Afghanistan central et dans le Sinkiang, sous le nom de *Spirifer maylkensis* Yang.

En deux points du territoire envisagé dans cette étude, des couches à *Goniatites* initialement déterminées à tort comme du Permien ont finalement été reconnues comme appartenant au Viséen supérieur (voir Delépine 1941) : il s'agit du gisement de Mondette au Sud de Saint-Girons dans les Pyrénées et de celui de Minorque (*Epicanites* ayant été pris pour *Daraelites*). Il est important de souligner ce fait puisque l'on voit encore aujourd'hui des synthèses paléogéographiques fondées sur ces assertions depuis longtemps reconnues fausses (Kamen-Kaye 1972).

Chestérien et couches de passage du Viséen au Namurien inférieur (Silésien inférieur, Serpukhovien)

Connues en Europe occidentale sous le signe V3c supérieur, les couches à *Neoglyphioceras subcirculare*, et le Namurien E1-E2 sont représentés dans l'Est de l'Amérique du Nord par le Chestérien (Furnish et Saunders, 1971) et en Russie par le Serpukhovien. Cet ensemble est présent jusqu'en Indochine. Dans ces divers pays, les surrections, même éloignées, de chaînes montagneuses, apportent un changement des conditions dans les mers : restrictions dans la circulation, augmentation des dépôts de haute énergie, sableux ou conglomératiques (pour l'Amérique du Nord, voir par exemple Mamet, Skipp, Sando et Mapel, 1971).

Les couches du V3c supérieur et du Namurien E1-E2 sont présentes dans la Moghrabia et dans un grand nombre de bassins sahariens. Déjà contemporaines des premières surrections de l'épeirogénèse méso-carbonifère (Termier et Termier 1960), les faunes de cet âge offrent en de nombreux points des tendances lagunaires : il y a développement de Bivalves de mer saumâtre, par exemple des Myalinidés et des Trigoniacés (*Eoschizodus*) dans les faciès les plus gréseux. Les Brachiopodes comptent des Chonétidés en abondance. En Libye occidentale, la partie inférieure de la formation Assedjefar correspond en partie au Chestérien et son peuplement cosmopolite (on y trouve même un Gastéropode, *Glabrocingulum quadrigatum* Sadlick et Nielsen, du Namurien E de Californie) compte une endofaune abondante de Bivalves et de Brachiopodes. La tendance à l'émersion délimite temporairement une sorte de mer intérieure saharienne où s'effectuent des spéciations intéressantes : *Syringothyris jourdyi* et le Gigantoproductide *Titanaria africana*.

Dans la Moghrabia et la région de Béchar, les « knolls » à *Gigantoproductus* montent jusque dans le Namurien inférieur (Akerchi). Tout ou partie de l'ensemble « Chestérien » correspond à la dernière station de la mer en Moghrabia comme dans la Montagne Noire ainsi que sur le Présahara, le Sahara occidental et le Mouydir.

Vers l'Est il faut noter l'existence de la microfaune cosmopolite de cet âge sur le versant méridional de l'Hindou-Kouch (Boulin, Bouyx et Lys 1973).

Bachkirien

Le modèle paléogéographique a été complètement modifié par l'épeirogénèse méso-carbonifère.

La bordure sud de la Téthys fracturale ne reste inondée au Bachkirien que dans le couloir Djérada-Kenadza et dans les bassins d'Illizi, de Libye occidentale et du Djado. Dans le Sud tunisien, la série du Carbonifère-Permien commence avec la zone à *Millerella* et *Archaediscus* (Glantzboeckel et Rabaté, 1964), correspondant au Namurien C (Solowieva et Kracheninnikov, 1965) c'est-à-dire à une partie du Bachkirien. Un passage marin était située dans la chaîne kabyle du Constantinois septentrional où l'on a trouvé la même microfaune bachkirienne que dans les bassins sahariens (Lys et Raoult, 1970). Ce passage marin continuera jusqu'à la fin du Moscovien. De grandes affinités existent alors avec les faunes du Bachkirien de la plate-forme Russe, ainsi qu'avec le Lampasan-Atokan d'Amérique du Nord (St-Jean, 1957). Il s'agit, dans les divers points de la plate-forme saharienne, en ce qui concerne les bassins orientaux, d'une mer plus chaude que les précédentes ainsi qu'en témoigne l'apparition de Foraminifères (*Bradyina*, *Tuberitina*, *Millerella*) apparentés à ceux de la « mer à Fusulines ». Dans l'Est du bassin de Mourzouk, la partie supérieure de la formation Assedjefar indique un isolement partiel ayant fait persister l'endémisme de *Syringothyris jourdyi* et apparaître celui de *Choristites africanus*. A la même époque,

un phénomène intéressant est l'instabilité morphologique du Spiriféridé *Brachythyryna* (voir plus loin).

Une tendance à l'homogénéisation de la Téthys malgré tous les isolements est confirmée par la présence d'espèces cosmopolites telles que *Orthotetes radiata* Fischer de Waldheim, du Vereyen-Podolskien de la plate-forme Russe, que l'on suit en Libye et jusqu'au Niger (région de Kafra).

Enfin, cet ensemble est riche en Bryozoaires (Massa, Termier et Termier 1974).

Dans la région de Kenadza, une série à *Goniatites* représente le Morrowan américain et le Bachkirien d'Eurasie (zones R et G1) (Deleau, Termier et Termier 1951; Termier et Termier, 1952).

En Afghanistan, la Téthys chaude paraît absente du Sud de l'Hindou Kouch, tandis que sur le versant Nord, la microfaune de mer chaude de la base du Bachkirien (zone à *Millerella*) marque le début d'une série marine qui sera continue jusqu'au Permien (Boulin et Lys 1971).

Moscovien supérieur — Cantabrien — fig. 6

Les derniers niveaux marins sur le Nord de l'Afrique correspondent à une transgression de la mer à Fusulines sur une partie des bassins. Elle s'infiltré même le long de l'accident Sud Atlasien jusqu'à Bordj-Nili (Sud de Laghouat). Mais après le Kashirien, des formations continentales à plantes s'installent en Egypte, sur le Sahara algérien et dans le Maroc oriental (Djerada) où se déposent localement des charbons (Moscovien supérieur-Stéphanien). Là aucune formation marine n'est connue de la fin du Paléozoïque. Un ensemble cosmopolite composé de *Bradyina*, *Ozawainella*, *Millerella*, *Enteletes lamarcki* Fischer de Waldheim, *Brachythyryna strangwaysi*, forme stabilisée du genre; *Choristites mosquensis* et *Ch. myatsckhovensis*, des Chonétidés (*Eolissochonetes*) et des Productides (*Cancrinella boonensis* du Virgilien, *Reticulatia hucoensis* du Moscovien, *Antiquatonia portlockiana* var. *crassicostata* du

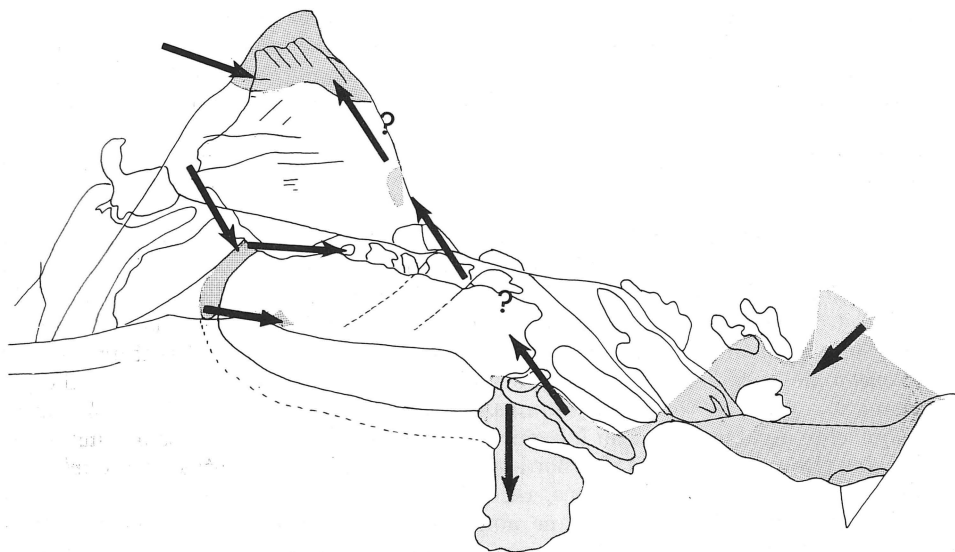


Fig. 6. — Essai de reconstitution de la répartition du Moscovien marin dans la Téthys fracturale (les noms des régions sont portés sur la fig. 1 dont le fond est identique à celui de la fig. 6; en grisé, les régions immergées au Moscovien, les flèches indiquent les liaisons marines possibles).

Virgilien-Missourien) constitue un stock commun à la cordillère Cantabrique (Cantabrien inférieur), à la Russie (Myatschkovien-Kasimovien) et à l'Amérique du Nord (Desmoinesien, Missourien, Virgilien); nous le retrouverons dans les bassins du Sahara oriental (Edgelé, Illizi, Serdelès, Mourzouk Est), tandis qu'une faune de Céphalopodes Goniatites (*Pseudoparalegoceras clariondi*) et Nautilés (*Ephippioceras*, *Metacoceras costatum*, *Paradomatoceras*) indique des échanges actifs entre l'Amérique du Nord et le Sahara pendant le Kashirien.

Ainsi vers l'Ouest, un chenal excluant la Moghrabia assurait des transits constants entre le Nord de l'Afrique et le Sud-Est des États-Unis. La parenté avec le Cantabrien nous amène à penser que ce chenal reliait encore pendant le Myatschkovien et peut-être une partie du Kasimovien la Libye occidentale et le Sud tunisien aux Chaînes cantabriques en passant par un hiatus pyrénéo-biscayen (*).

Du côté du reste de la Téthys fracturale, les Alpes Carniques constituent un important bassin contemporain (Westphalien B + C et qui, de plus, restera marin jusque dans le Permien) dont les affinités avec la Cantabria ne s'étendent pas cette fois au Sahara. On voit dans ces deux régions, par exemple, les Productacés *Echinaria* et *Karavankina* dont nous ne connaissons pas de représentants jusqu'à présent dans les faunes africaines. On peut penser soit à une légère différence de climat, soit à un niveau stratigraphique un peu plus élevé. On doit supposer que ces bassins ont servi à des spéciations en anachorèse : les *Karavankina* et les premiers Spongiaires Sphinctozoaires s'y développent. En tout cas, l'étude des faunes d'Invertébrés des niveaux marins de l'Europe occidentale montre des affinités avec la Cantabria et les Alpes Carniques [*Echinaria*, *Karavankina* et *Wellerella* dans le Sud du Pays de Galles (Winkler Prins, rapport G.B. 1153)].

Après l'épisode du Cantabrien inférieur, la plate-forme saharienne fut entièrement exondée, des lagunes à flore terrestre s'installant dans les points bas (formation Tiguentourine de Libye). Seul le bassin subsident du Djebel Tebaga restait marin.

L'histoire de la Téthys méridionale continuait encore dans le Cantabrien supérieur de la Cantabria d'où la mer se retirait d'ailleurs après le Kasimovien, ainsi que dans les Alpes Carniques et la Serbie où elle persistait comme en Grèce et dans le Sud de la Turquie. À cet âge, sous le nom d'« *Echinoconchus punctatus* » et *E. cf. « elegans »*, il est probable que *Karavankina* passe dans la synéclyse de Moscou.

Autunien (Gjélien, Assélien, Sakmarien) — fig. 7a-b. Définition d'une faune marine froide

À partir du Gjélien et jusqu'à la fin de l'ère Primaire, le régime paléogéographique téthysien a été bouleversé par la rupture des relations entre la Téthys fracturale et l'Ouest, c'est-à-dire les bassins de l'Amérique du Nord. L'Europe occidentale et le Nord-Ouest de l'Afrique furent alors parfaitement soudés en une *Eurafrica émergée*, leur faune et leur flore essentiellement continentales constituant en premier lieu l'ensemble autunien qui comprend trois termes (Igornay — Muse — Millery), occupant une position temporelle équivalant à celle du Gjélien-Assélien-Sakmarien de la synéclyse de Moscou, ou du Missourien-Virgilien-Wolfcampien des bassins nord-américains (Doubinger, 1973). La bordure sud de la Téthys orientale, qui ourlait la Gondwanie en grande partie glacée, recevait, à la faveur des transgressions interglaciaires et postglaciaires, une faune nouvelle. Celle-ci, héritière des faunes téthysiennes précédentes, a des affinités avec celles de la synéclyse de Moscou et du bassin de Kouznetsk.

(*) Une faune moscovienne, non encore décrite, a été signalée dans le bassin de l'Èbre.

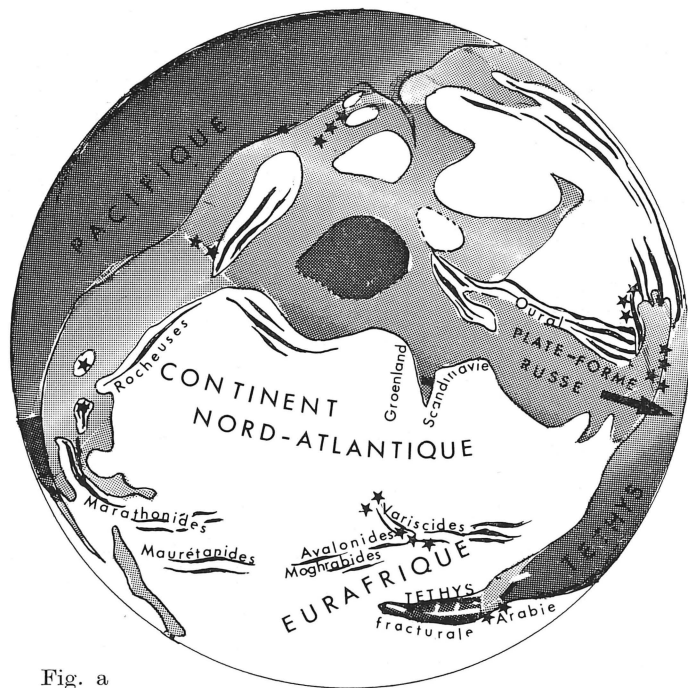


Fig. a

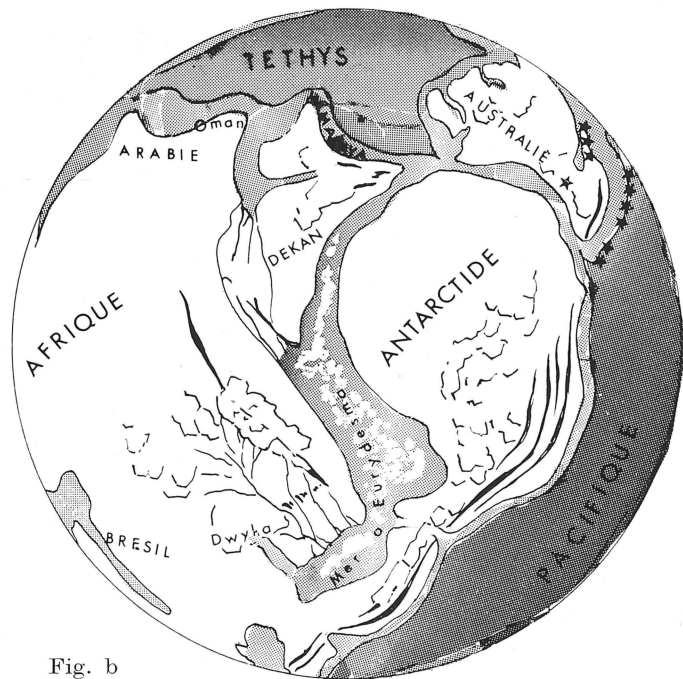


Fig. b

Fig. 7 a-b. — Esquisse paléogéographique globale au Sakmarien. a : hémisphère Nord (Laurasie et Téthys fracturale); b : hémisphère Sud (Gondwanie et golfe Téthysien). Les étoiles symbolisent des volcans, les taches blanches représentent la répartition des glaces.

Au niveau de l'Afghanistan, il est intéressant de noter l'opposition entre l'« Autunien » marin du Nord (Darwaz), analogue à celui décrit dans le Pamir septentrional (Lapparent et Lys, 1972; Leven, 1971), et celui situé au Sud de l'Hindou-Kouch (Afghanistan central). Celui du Nord reste dans la mer à Fusulines où ont pu être reconnus l'Assélien et le Sakmarien (Tastubien et Sterlitamakien). Les Foraminifères (*Bradyina*, Fusulines, etc.), les algues calcaires, les Ungdarellacés, les Polypiers Cyathopsidés et des Tabulés, quelques Bryozoaires et Brachiopodes, indiquent un faciès de mer chaude comparable à celui du Nord de l'Afrique du Carbonifère inférieur au Moscovien. Au Sud de l'Hindou-Kouch (Afghanistan central) au contraire, les faunes marines se trouvent dans des schistes, des grès souvent franchement arkosiques, des conglomérats, et ne sont associées à aucune microfaune. On est amené à envisager un espacement plus grand entre ces deux régions aujourd'hui proches l'une de l'autre, et cette vue est confirmée par l'installation de climats différents : elle corrobore le fait que l'Afghanistan au Sud de l'Hindou-Kouch et à l'Ouest de la faille de Chaman faisait alors partie des bordures gondwanes, étant étroitement lié au bloc indien de la *Lemuria*. Il voisinait alors comme aujourd'hui non seulement avec la Salt Range, laquelle occupait sans doute avec la région de Kaboul située à l'Est de la faille de Chaman, une position un peu décalée vers le Sud, mais aussi avec les territoires himalayens, Kashmir et Népal. Dans l'Afghanistan, le Kashmir et le Népal, l'« Autunien » correspond à une transgression probablement d'origine eustatique venant de la Téthys située au Nord.

Revenons en arrière. La *période glaciaire* paraît avoir débuté en Australie, dans les Nouvelles Galles du Sud, avec la phase de Kuttung datée du Moscovien par la faune de Booral et du Stéphanien par la faune d'Isaacs. Ces faunes sont insérées entre des couches à *Rhacopteris* qui matérialisent des régressions glaciaires (Campbell, 1961). Il s'agit de faunes froides dans lesquelles se rencontrent des Conulaires, des Productacés épineux (*Levipustula*), un Syringothyroïde qui compte parmi les représentants les plus primitifs du groupe. Mention spéciale doit être faite d'Elythidés particuliers rapportés à *Phricodothyris* et se distinguant par leur gigantisme (*Phr. booralensis* et *Phr. immensa*). Plusieurs Spiriférinidés, Athyridés, Térébratulacés, Rhynchonellacés les accompagnent. On notera l'abondance des Ectoproctes attribués à des espèces particulières (*Rhombopora*, *Fenestella*, *Polypora*, *Fistulammina*, *Stenocladia*). Enfin des Bivalves : *Limipecten*, *Sanguinolites*, *Posidonia*. Le Gastéropode Pleurotomariacé *Peruwispira*, que l'on retrouvera dans les couches à *Eurydesma* de Dwyka et d'Umaria (Dickins, 1961), apparaît ici.

La température franchement froide des mers voisines des glaciers gondwans ne peut faire de doute. L'absence quasi totale de Goniatites peut en être considérée comme une confirmation. Cependant il y a le cas d'*Eoasianites modestus*. Cette espèce de taille médiocre offre une curieuse répartition géographique (Martin, Walliser et Wilczewski, 1970). Le genre apparaît dans le Pennsylvanien du Texas (Millsap Lake, Des Moines) où il dure jusqu'au Virgilien (Finis Shale et Gaptank); on le trouve aussi sur la plate-forme Russe dans l'Orenburgien, l'Assélien et le Sakmarien. Mais alors il se rencontre dans les mers froides de la Gondwanie, lors de transgressions eustatiques locales, par exemple entre deux tillites des couches de Dwyka (Afrique du Sud) et en une position comparable dans la formation d'Itararé en Uruguay, alors très proche de l'Afrique. L'espèce moyenne *Eoasianites modestus* est présente également dans la série de Bokan (Afghanistan) que nous avons rapportée à l'Assélien (Lapparent, Termier et Termier, 1970). Il est à noter que la faune de Bokan présente des ressemblances avec le Virgilien du Nouveau Mexique (sommet de la formation de Madera; Sutherland et Harlow, 1967), soulignées en particulier par la présence d'*Hystriculina* (*H. armata* (Dunbar et Condra)) et de *Canocrinella* [*C. boonensis*

(Swallow) de la même faune et d'ailleurs présent également dans le Cantabrien du bassin de Mourzouk]. Ce ne peut être un hasard que le seul genre *Eoasianites*, et probablement la même espèce *E. modestus*, se rencontre en trois points bien distincts de la mer froide qui s'avancéait en transgression eustatique sur les marges de la Gondwanie à l'Assélien. Nous pensons que l'on peut alors isoler une zone à *Eoasianites modestus*. Cette zone, qui correspond approximativement à la zone à *Uddenites* de l'Amérique du Nord, a l'intérêt de constituer un niveau marin précis auquel se référer aussi pour la Gondwanie. On notera que, en Afrique du Sud, elle s'insère entre deux tillites, c'est-à-dire entre deux phases glaciaires, et que du même coup elle donne un âge pour la limite supérieure de la première. En Afghanistan central (Dacht-e-Nawar), elle se place entre une lacune de la majeure partie du Pennsylvanien et des couches continentales (à charbon), donc entre deux phases de régression qui correspondraient bien aux deux poussées glaciaires de l'Afrique du Sud. Ces deux phases glaciaires sont également présentes dans l'Est de l'Australie.

Cependant la pauvreté de la faune gondwane de l'Assélien est grande, de même que l'endémisme de certains genres qui caractérisent les mers froides gondwanes s'accroît. L'un des endémismes les plus célèbres de l'époque est celui du Myalinide *Eurydesma*, qui pourrait provenir d'une évolution tachytélique sous l'action de la température anormalement froide de l'eau (Dickins, 1961). Il est connu en Afrique du Sud et en Argentine, dans l'Inde (Kashmir, Salt Range, Inde péninsulaire), dans l'Ouest et l'Est de l'Australie, pendant la période s'étendant du Sakmarien à la base de l'Artinskien, c'est-à-dire lors de l'apparition de la flore à *Glossopteris*. En Afghanistan (Wardak), un exemplaire d'*Eurydesma* accompagne une faune que nous attribuons à l'Assélien et dans laquelle le genre voisin *Atomodesma* est aussi présent. A la même époque, le Bivalve *Oriocrassatella* prend également son essor sur la bordure gondwane froide, en Australie et Afghanistan.

On peut citer parmi les Brachiopodes du même faciès le Spiriféroïde *Tomioopsis* (Campbell, 1959), dont les racines plongent dans le Tournaisien supérieur-Viséen, et le Productide *Stepanoviella* (Waterhouse, 1968). La répartition stratigraphique et géographique de ces deux genres jusqu'au Permien supérieur exclut nettement les mers chaudes.

Le plein de la transgression eustatique, marqué par les caractéristiques de la mer à *Eurydesma*, se termine dans la Salt Range (Talchirien) par une couche à *Conularia*. Celle-ci correspond au niveau d'Umaria de l'Inde et de Bini Darzak en Afghanistan central (Lapparent, Termier et Termier, 1971). Elle n'est guère distincte de la couche à *Eurydesma* dans la coupe de Wardak, où ce genre coexiste avec *Tomioopsis*, *Conularia* et *Oriocrassatella queenslandica* Dickins, espèce connue aussi des couches à *Eurydesma* du Queensland (formation de Cattle Creek et Tiverton).

On notera que cet ensemble « autunien » d'Invertébrés marins du Sud de la Téthys orientale est en grande partie composé de descendants de la faune tournaisienne-mississippienne et qu'elle a fort peu d'affinités avec les peuplements « namuro-moscoviens » de la Téthys fracturale, de l'Amérique du Nord et de l'Eurasie.

La transgression artinskienne

Parmi les premiers Licharewidés, *Cyrtella nagmargensis* du Kashmir, de l'Assélien d'Afghanistan central et de l'Oman, passe dans le Pamir au Sakmarien supérieur, où il côtoie *Wardakia grandis* (Waagen). Cette dernière espèce, probablement de mer assez chaude (niveau Basleo à Timor) est largement représentée dans le Sakmarien supérieur de Wardak, lequel montre encore une coexistence révélatrice avec des espèces de mer froide (*Tomioopsis angulata* et *Taeniothaerus permixtus*) ainsi qu'avec

l'espèce endémique *Licharewia spinosa* (Plodowsky). Le même phénomène s'est produit alors dans la Salt Range où quelques espèces de l'Artinskien (= Artinskien) sont communes avec le Sakmarien supérieur, un peu plus ancien, de l'Afghanistan central (*Orthotichia bistriata*). Cet ensemble, qui correspond probablement au Karatchatyrien du Pamir et à l'Aktastinien (à *Pseudofusulina* et *Parafusulina*) de la plate-forme Russe et de l'Oural, équivaut vraisemblablement au groupe de Wooramel d'Australie occidentale. La transgression qui s'est produite à la limite sakmaro-artiskienne apportait des Ammonoïdes (*Metalegoceras*) en Australie occidentale (Teichert 1942) et en Oman. Épisodiquement des Fusulines (*Parafusulina*) pénétraient en Afghanistan central (Wardak) et en Salt Range. Certains Brachiopodes (*Spiriferella*) et de nombreux Ectoproctes caractérisent cette période en Afghanistan central (H. Termier et G. Termier, 1971).

La répartition téthysienne de l'Artinskien marin marque une continuité certaine : il est connu dans les Alpes Carniques, en Anatolie, Irak, Iran, Oman, Afghanistan (Nord et Pamir d'une part, centre d'autre part), dans la Salt Range, à Timor, en Australie et au Japon. Il est bien représenté en Amérique du Nord.

Artinskien supérieur : la zone à Perrinites hilli

Le réchauffement du climat, matérialisé par la transgression de la mer à Fusulines sur le bord sud de la Téthys, est confirmé un peu plus tard par la faune artinskienne de Goniatites de Bamyân (Hindou Kouch), laquelle a fourni *Perrinites hilli* (Bouyx, Lapparent, Termier et Termier 1970; Termier et Termier 1970). Les exemplaires afghans de cette espèce caractéristique d'une biozone mondiale correspondant à la limite Artinskien-Kubergandien, sont identiques aux formes typiques du Nouveau Mexique (Furnish et Glenister *in litt.*), ce que nous interprétons comme le résultat d'une prochorèse très rapide. La répartition de *Perrinites hilli* est d'ailleurs limitée à la mer chaude, ce qui confirme l'appartenance totale de l'Afghanistan central à ce domaine, tandis que la Salt Range conserve encore quelques indices d'une mer froide (*Taeniothaerus*), renforcés par la disparition définitive des Fusulines. Nous restons donc très près de la limite méridionale de la mer chaude à Fusulines, *mer tropico-équatoriale qui ne coïncide donc pas avec l'ensemble de la Téthys*. Une question paléogéographique se pose d'ailleurs, à savoir le chemin parcouru par les courants marins charriant des faunes chaudes comme celle à *Perrinites* depuis l'Amérique occidentale jusque dans le Sud-Est asiatique et l'Afghanistan. Force nous est d'envisager un passage direct à travers le Pacifique (avec escale probable au Japon), puisque toute liaison marine par l'Atlantique et l'Ouest de la Méditerranée (Téthys fracturale) est rendue impossible par la présence du continent Eurafricain.

Un Artinskien sans Goniatites existe en Afghanistan central sous forme de calcaires parfois oolithiques riches en Brachiopodes, Bivalves et Gastéropodes. On y voit immigrer *Karavankina* (voir plus bas p. 417).

Le Kubergandien

La faune de Céphalopodes des environs de Tezak (Afghanistan central) accompagnée de Fusulines de la zone à *Cancellina*, correspond au Kungurien de la plate-forme Russe, au Kubergandien du Pamir (Toumansky, 1935), au Wordien du Texas, au niveau Lidak (?) de Timor ainsi qu'à des jalons de même âge (Soramanien, Burnien) en Crimée, et en Sicile. On peut dire qu'au droit de l'Afghanistan les bordures nord et sud de la Téthys orientale jouissent alors des mêmes conditions climatiques. Cette homogénéisation s'accompagne de la transgression la plus large du Permien sur la Téthys fracturale où la mer recouvre une partie de la Sicile, l'extrême Sud tunisien

(série d'Oum el Afia, avec petits récifs à *Ipciphyllum*), les Alpes Carniques et la Grèce. Cette expansion, peut-être originaire des bassins isolés de la Téthys fracturale, s'est en tout cas réalisée d'une façon presque instantanée (à l'échelle des temps géologiques) dans l'ensemble des mers chaudes.

Il faut remarquer que *Waagenoceras* Gemmellaro, initialement décrit en Sicile, ne figure point parmi les douze espèces d'Ammonoïdes de type sicilien du Kubergandien de Tezak. Constatons que la large répartition stratigraphique de ce genre, très variable avec les lieux où il est présent (Waterhouse, 1972), ne permet plus de le considérer comme un bon fossile de zone, mais en revanche nous donne le moyen de suivre avec lui une prochorèse à peu près restreinte (la Sicile mise à part) à la bordure septentrionale de la Téthys. En effet, ce genre apparaît à la même époque (Ufimien) en URSS, en Chine, au Japon et en Amérique du Nord où il persistera jusqu'au « Chhidruen ». Tous ces gisements (y compris la Sicile) étaient situés dans la zone intertropicale, donc la plus chaude.

Le Murghabien — Kazanien-Guadalupien — fig. 8-9

Avec la zone à *Neoschwagerina simplex*, on entre dans le Murghabien, équivalent du Kazanien russe et du Guadalupien supérieur (Capitanien) texan. On y trouve une riche faune pratiquement commune à l'Afghanistan central et au Virgalien de la Salt Range, avec les espèces *Waagenoconcha abichi*, *Costiferina redacta* et *Spiriferella tibetana*. Le caractère de mer chaude est attesté par la présence de *Martiniopsis* (*M. nucula*) dans la Salt Range, où les Fusulines ne se réinstallent pas pour autant. On constate aussi l'immigration tardive en Afghanistan de genres et d'espèces que

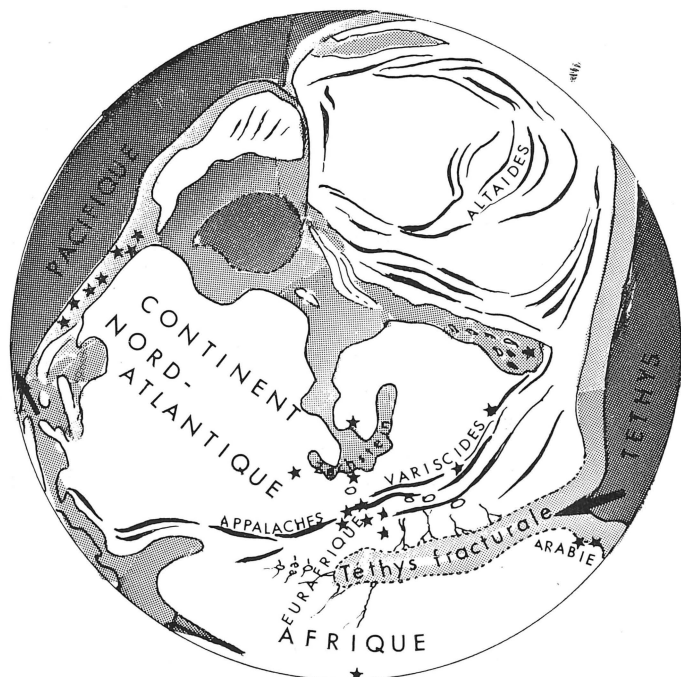


Fig. 8. — Esquisse paléogéographique globale au Permien. Hémisphère Nord et Téthys fracturale.

l'on connaît à des âges antérieurs en plusieurs pays. Nous citons les espèces *Lino-productus cora* (d'Orbigny), qui est de l'Artinskien en Bolivie, et *Permundaria siphonensis*, qui est de l'Artinskien au Japon; les genres *Chonetella*, apparu au Missourien dans l'Oklahoma, et *Kutorginella* de l'Autunien de la plate-forme Russe et de Bolivie. Enfin il faut noter le maintien et l'épanouissement de *Karavankina*, la présence du Lyttonniidé *Oldhamina decipiens* de Koninck et celle de rares Richthofénidés.

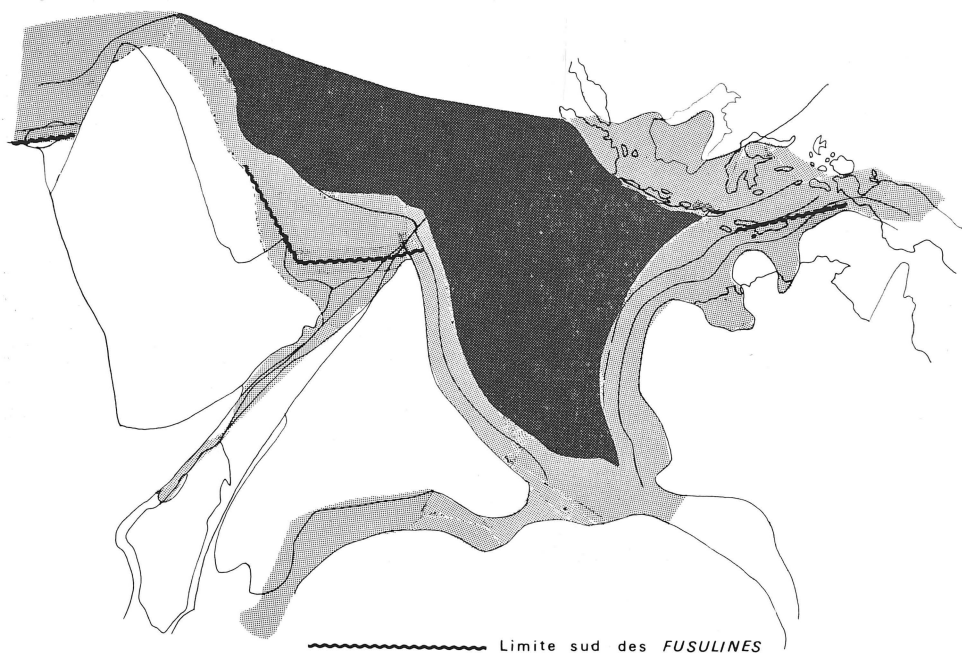


Fig. 9. — Essai de reconstitution schématique de la répartition du Permien supérieur (Murghabien-Pamirien) marin autour du golfe Téthysien. La limite Sud des Fusulines au Sakmarien indiquée ici apparaît comme climatique mais coïncide aussi avec une suture tectonique. Les noms des régions sont portés sur la fig. 2 dont le fond est identique à celui de la fig. 9.

La série afghane se prolonge dans le Murghabien supérieur avec des faciès à silex et des dolomies qui, par places, fournissent des Fusulinidés et ailleurs des nids à *Chonetella nasuta*, *Phricodothyris*, *Uncinunellina timorensis* et *Marginifera typica*, caractéristiques de ce niveau élevé dans la Salt Range. On y voit apparaître *Spinomarginifera*; ailleurs ce sont des constructions de Bivalves particuliers : *Alatoconcha vampyra* (Termier, Termier et Lapparent, 1973), datés par les Fusulines de la zone à *Neoschwagerina margaritae*.

La série normale à Brachiopodes, Ectoproctes et Bivalves du Murghabien supérieur existe en outre dans une unité structurale différente, les montagnes au Sud de Kaboul dont la faune est très proche de celle de Timor (Basleo) et où Mennessier a recueilli aussi *Spiriferella rajah* du Kashmir et du Nepal.

L'âge des couches fossilifères de la série subsidente du Djebel Tebaga (extrême Sud tunisien) semble plus récent que celui du Sosio avec lequel cependant la plupart

des Goniatites recueillies l'identifieraient (*Adrianites elegans*, *Popanoceras multi-striatum*, *Stacheoceras*, *Agathiceras suessi*) (Miller et Furnish 1957). En effet, les Fusulines, qui y sont nombreuses, désignent pour la plus grande partie le Murghabien supérieur (Yabéines primitives indiquant, d'après M. Lys, la zone à *Neoschwagerina margaritae*). Au-dessus de ce niveau, la série tébagienne, riche en Spongiaires (Ischyrosponges), accompagnés de Brachiopodes constructeurs (*Leptodus* et *Cyclacantharia*), appartient plutôt au Murghabien. Le cul-de-sac tébagien se présente alors comme un bassin sublagunaire riche en dolomie favorisant la spéciation. Il renferme plusieurs formes de Richthofénéidés dont certaines ont eu un rôle constructeur, mais montre une grande pauvreté en Productacés normaux et en Ectoproctes, les uns et les autres si abondants dans les régions orientales.

Pamirien — Djoulfien

Le Pamirien du Pamir correspond aux dernières zones à Fusulines présentes avec *Codonofusiella*, *Reichelina* et *Paleofusulina* jusque dans l'Oghbinien à *Djoulfites* d'Arménie. C'est le Djoulfien inférieur de Djoulfa, le Chhidruen de la Salt Range, l'Amarassien de Timor, les séries de Lamar et le niveau supérieur de la Colorada dans l'Ouest de l'Amérique du Nord.

Il se produit alors un morcellement des bordures téthysiennes en bassins de plus en plus isolés. Paléogéographiquement, cette modification du terrain accompagne un événement très important : la rupture entre la côte occidentale de la Lémurie et la côte orientale de l'Afrique par l'ouverture du canal de Mozambique. Il s'agit probablement de fractures parallèles à l'actuelle zone faillée sous-marine d'Owen, peut-être déjà prolongées par la faille de Chaman. Les mers vont déposer les premières faunes marines à *Cyclolobus* sur la côte occidentale de Madagascar. En revanche, la mer se retire peu à peu de la zone fracturale méditerranéenne, persistant dans les Alpes Carniques et en Grèce, sur l'emplacement de l'île d'Idhra, à un niveau contemporain du Kalabaghien-Chhidruen de la Salt Range (Grant, 1972), et au Djebel Tebaga, où les niveaux à Algues (*Otonosia*) des « calcaires » à *Bellerophon* et *Reticularia* terminent la série avant le retour de la mer au Trias moyen.

La faune orientale commune de cet âge compte l'Ammonoïde *Cyclolobus* (Salt Range, Timor, Himalaya, Madagascar) et le Spiriféride *Spiriferella rajah*, très typique par sa morphologie pectinée. Dans les régions de Timor, du Népal, du Kashmir et de la Salt Range règne *Septoconcha purdoni*, grand Productoïde voisin de *Waagenoconcha* et apparu au Murghabien supérieur. Cette faune est particulièrement typique dans l'Amarassien de Timor qui, situé dans l'axe de la Téthys, ne subit pratiquement pas d'isolement.

Au Cambodge la richesse en Brachiopodes des calcaires de Sisophon, que la présence de *Yabeina* situe encore à la base du Pamirien, permet de faire le point sur la faune. Celle-ci, qui offre de nombreuses espèces subcontemporaines de la Salt Range, du Tibet et de l'Himalaya, montre aussi l'immigration de plusieurs genres venus de loin (Termier et Termier, 1970) : entre autre, *Institella* qui se trouve dans le Léonardien au Texas, et *Urushkenia* connu dans le Sakmarien de l'Oural. Le genre *Megousia*, Productacé de mer froide, a subi une longue migration que l'on peut suivre depuis le Sakmarien (Bolivie) en passant par l'Artinskien (Texas, Tasmanie, Australie), le Wordien inférieur (West Texas, Mexique, Oregon) et le Guadalupien (Japon, Nakamura 1972). *Spyridiophora*, présent depuis le Virgilien jusqu'au Léonardien (Artinskien) dans le Texas, est apparu vers le Wordien à Timor et s'épanouit dans les calcaires de Sisophon.

Cependant, le Pamirien s'avère riche en nouveautés, fait attribuable à l'isolement

concomitant de la régression qui sépare des bassins à faune endémique; d'ailleurs ces bassins n'ont pas tous persisté jusqu'au Trias.

Les Marginiféridés (parmi lesquels *Marginifera* est un genre déjà abondant du Murghabien d'Afghanistan, des couches à *Productus* de la Salt Range et des calcaires de Sisophon au Cambodge) acquièrent un représentant qui, apparu dès le Murghabien, est presque localisé à tout le Djouffien : *Spinomarginifera* d'Arménie, d'Iran, de la Salt Range et du Pakistan, pénétrera dans les premiers niveaux du Trias.

Compressoproductus (Djoulfia, Salt Range, Cambodge) et *Haydenella* (Lopingien de Chine, Cambodge, Salt Range, Djoulfia) sont aussi pratiquement localisés au Djouffien *sensu lato*.

Mention spéciale doit être faite du Strophalosiacé *Tschernychewia typica* du Pamirien que l'on connaît en Yougoslavie, à Djoulfia, dans la Salt Range, au Cambodge et en Chine.

Fin du Paléozoïque et base du Trias

Le Djouffien *sensu stricto*, caractérisé par *Pseudotoceras*, se termine peut-être dans le Trias : c'est une question d'accolade (voir Waterhouse, 1972) qui n'entre pas dans le propos de cet article.

Prise dans son ensemble, la limite supérieure de l'ère Primaire est caractérisée par un retrait de la mer, en particulier sur les bordures téthysiennes. Le passage au Trias sous des faciès marins n'est observable que dans la région de Djoulfia (Arménie-Iran) et dans la Salt Range ainsi qu'au Groenland : dans ces régions la dernière zone du Permien est considérée comme l'étage de *Cyclolobus*, la première zone du Trias étant celui d'*Otoceras*. En ce qui concerne les Invertébrés marins téthysiens qui nous occupent, Grant (1970) et Teichert, Kummel et Kapoor (1970) ont signalé en Salt Range et au Kashmir la persistance dans la base du Trias (Scythien) de *Spinomarginifera*, ainsi que de *Araxathyris*, *Enteletes*, *Orthotichia*, *Orthothetina* et *Haydenella*. Ces formes, auxquelles s'ajoutent forcément des représentants des Cyrtinidés et des Spiriférinidés puisqu'ils continueront jusqu'au Lias, des Térébratulacés, des Rhynchonellacés et des Thécidéacés qui persisteront jusqu'à nos jours, constituent tout le stock de Brachiopodes rescapés du Paléozoïque téthysien. L'extinction de tous les genres cités plus haut donne une idée des conditions extrêmement défavorables qui ont présidé pendant le Djouffien *sensu lato* à l'« agonie des phylums ». Au nombre de ces conditions comptent certainement l'assèchement de presque tous les bassins dans lesquels s'élaborent les espèces, et leur transformation, au mieux, en lagunes sursalées comme celles de la mer du Zechstein dont la partie supérieure correspond au Djouffien.

A partir du Trias, la structure des régions téthysiennes se modifie. La téthys fracturale (méditerranéenne) va s'ouvrir et les différents fragments qui étaient proches les uns des autres pendant l'ère Primaire et servaient alors de substratum à des bassins de spéciation et à des couloirs de transit, s'écartent les uns des autres en modifiant leurs connexions. Cependant, jusqu'au Miocène, la Téthys coïncidera avec la zone tropico-équatoriale. Ce sera la Mésogée d'où partiront les grandes distributions de faunes chaudes, lors des « transgressions téthysiennes » (Termier et Termier, 1951, 1952, 1972).

III. ÉCOLOGIE, FILIATIONS, MIGRATIONS

La connaissance de la répartition dans l'espace et le temps d'un certain nombre d'Invertébrés du Paléozoïque supérieur fait apparaître l'existence de deux sortes de

fossiles signifiants. Les dateurs, auxquels autrefois on réduisait les « bons fossiles », sont surtout les Foraminifères, les Conodontes et les Ammonoïdes. On s'aperçoit, à la faveur de la glaciation gondwane du Carbonifère supérieur, que ces dateurs ont fréquenté les mers chaudes, les Ammonoïdes ne pénétrant qu'épisodiquement dans les mers froides. Les autres fossiles signifiants appartiennent à des groupes divers. Ici nous utiliserons surtout des Brachiopodes, quelques Ectoproctes et des Bivalves. Ils assument leur rôle d'index en effectuant des migrations dans l'espace et le temps, migrations qui dessinent sur les cartes le tracé des passages marins et souvent des isothermes.

Dès l'orée du Carbonifère, une faune robuste, résistant au choc des vagues et à l'ensablement, s'est différenciée. C'est elle qui a pu le mieux continuer de se manifester dans les mers froides pénécotemporaines de la glaciation. Au contraire, le plus grand nombre des fossiles, restés liés aux mers chaudes, ont constamment évité les zones froides. Les fossiles de cette deuxième catégorie entrent peut-être dans ce que l'on considérerait autrefois comme le « mauvais » groupe, c'est-à-dire les fossiles de faciès. Ils se montrent en tout cas d'une remarquable précision dans les renseignements qu'ils nous fournissent.

Algues calcaires et Foraminifères, indices de mers chaudes

En tant qu'indicateurs d'un certain seuil de température, les Algues calcaires et les Foraminifères sont parmi les meilleurs fossiles dans le Carbonifère et le Permien.

Concrétions initiées par des Algues Bleues, les stromatolithes et les oncolithes, ainsi que les oolithes, ont leur place surtout dans le Mississipien. Les calcaires oolithiques y sont fréquemment associés non seulement à des Algues Bleues (*Girvanella*, *Sphaerocodium*) mais encore à *Koninckopora* et à la microfaune des Foraminifères. C'est typiquement une association de mer chaude bien connue dans le V2b de Moghribia par exemple. On retrouve des microfaciès oolithiques comparables dans lesquels s'insèrent les Fusulines et une plus grande variété d'Algues calcaires dans le Sakmarien (au Nord de l'Hindou Kouch) et l'Artinskien du Sud (en Afghanistan central). Les Codiacées (*Gymnocodium*, *Permocalculus*) et les Dasycladacées (*Mizzia*) abondent dans le Permien supérieur de la Téthys fracturale et du Moyen-Orient. Il s'y ajoute quelques Solénopores. L'ensemble indique la proximité de la zone littorale.

Les faciès stromatolithiques conservent une importance inattendue dans le Viséen d'Europe occidentale (Belgique, Angleterre) où ils frangent des lagunes en arrière de véritables récifs. En Libye occidentale, on en trouve dans le Viséen supérieur, tandis qu'ils montent jusque dans le Bachkirien du bassin d'Illizi, où ils se révèlent indépendants des coraux de récifs, lesquels sont complètement absents. On doit les considérer comme appartenant à des biotopes sublittoraux, et ils sont parfois riches en faunes marines pour lesquelles ils fournissent une ambiance alguaire calcicole. La présence des *Collenia*, mise en parallèle avec l'absence de récifs coralliens, nous propose une fourchette climatique ni tropicale ni froide, suggérant une zone subtropicale analogue à la bordure méditerranéenne actuelle. Dans la partie supérieure (Pamirien) du Permien du Djebel Tebaga existent plusieurs niveaux de quelque épaisseur exclusivement composés de « biscuits » d'*Ottonosia*, englobant des coquilles mortes de Gastéropodes (*Trachydomia*) et de Brachiopodes (*Reticularia*) (Termier et Termier, 1955).

Depuis la fin du Dévonien jusqu'au Bachkirien (= Atokan), des faunes de Foraminifères et d'Algues calcaires ont envahi les mers cratoniques épicontinentales : au Nord de la Téthys, la province eurasiatique, avec l'Eurasie, l'Europe moyenne et

la Moravie, l'Europe occidentale (Belgique, Angleterre, Massif Armoricain), la plate-forme Canadienne et l'Alaska; l'Indochine pourrait y être située. Les principaux faits paléobiologiques sont groupés dans le tableau suivant :

TABLEAU I

Chestérien	V3c-NmA	assemblage : <i>Bradyina</i> , <i>Howchinia</i> , <i>Neoarchaediscus</i> , <i>Planospirodiscus</i> , <i>Valvulinella</i>	
Viséen <i>s.s.</i>	Transgression	V3 b-c	apparition d' <i>Howchinia</i> , <i>Rugosoarchaediscus</i>
		moyen-sup. V2-V3a	zone à <i>Koninckopora inflata</i> Palaeotextularides et Bradyinés primitifs
	inférieur V1	apparition de Pseudoendothyridés, Eostaffellidés, Archaediscidés	
Tournaisien	supérieur Tn3	apparition des Tétrataxidés, Forschiidés, acmé de <i>Spinoendothyra</i>	
	moyen inférieur	Tournayellidés, Endothyridés, Earlandiidés	

Au Sud de la Téthys, la Cantabria, les Pyrénées centrales, la Montagne Noire, les Dinarides, le Nord de l'Afrique et, plus à l'Est, le Sud de la Turquie, le Sinaï, l'Iran et l'Afghanistan ont une histoire similaire. Le V2-3 est bien représenté en Moghrabia et au Sinaï par la zone à *Koninckopora inflata*. V1, V2 et V3 ont la microfaune normale en Afghanistan. Le Chestérien V3c-NmA offre la même répartition, mais en Afrique, il dépasse les limites de la Moghrabia car il s'étend sur le Présahara (coupe de l'Ouarkziz, Mamet, Choubert et Hottinger, 1966) et sur la région de Béchar.

Au Bachkirien et au Moscovien-Cantabrien, la microfaune à *Millerella*, *Ozawainella*, *Bradyina* et *Tuberitina* se répand dans la Téthys fracturale : Cantabria Kabylie, Tunisie, Libye, Sahara, et gagne d'ailleurs vers l'Est l'Afghanistan au Nord de l'Hindou Kouch (dans la partie septentrionale de la Téthys), mais elle n'est pas connue dans le Sud de la Téthys, dans la partie qu'on peut considérer comme un « golfe du Pacifique ».

En cette période d'orogénèse varisque, d'épeirogénèse méso-carbonifère et du début du refroidissement glaciaire de la Gondwanie, apparaît nettement la distinction entre les mers chaudes et la Téthys.

Une faune chaude composée de *Schwagerina*, *Pseudoschwagerina*, *Pseudofusulinella* et *Parafusulina* caractérise durant le Sakmarien et l'Artinskien la mer à Fusulines qui déborde largement la Téthys, jusqu'au Spitzberg entre autres régions. Cette faune fait complètement défaut en Australie, en Nouvelle Zélande, dans l'Himalaya *sensu lato*, dans l'Afghanistan au Sud de l'Hindou Kouch et dans la Salt Range à l'Est de la faille de Chaman.

A partir de l'Artinskien, que nous avons vu être une période transgressive chaude, et jusqu'au Pamirien (fin des Fusulines) apparaît la famille exclusivement téthysienne des Verbeekinidés (*Neoschwagerina*, *Yabeina*, *Pseudodoliolina*) ainsi que le genre *Dunbarula*. Cette faune s'accompagne d'Algues calcaires, par exemple *Mizzia*. On ne doit pas opposer les deux faunes comme le font Bostwick et Nestell

(1967) mais noter que la seconde, bien postérieure à l'installation de la première, ne s'est mise en place que lors de l'amélioration du climat sur le Sud de la Téthys dans la zone du Moyen-Orient. Cette amélioration est zonale : elle a eu lieu dès la zone à *Parafusulina*, mais alors que les Fusulines semblent avoir gagné en même temps l'Afghanistan central et la Salt Range (Artinskien-Ambien), la première de ces régions, seule, va conserver une série de Fusulines assez complète jusqu'au Murghabien supérieur, tandis qu'en Salt Range l'incursion des Fusulines s'est aussitôt terminée. Le pivot climatique semble donc précis, dans la mesure où les macrofaunes sont assez semblables : les Fusulinides sont les indicateurs thermiques les plus précis de tous les fossiles du Paléozoïque supérieur. Leur répartition en Insulinde est le seul indice clair permettant de situer celle-ci par rapport à la Laurasia et à la Gondwanie.

Seuls de petits Foraminifères ont assuré la relève entre Permien et Trias, par exemple divers *Miliolina*, rangés dans les Fischerinidés, en particulier *Hemigordiopsis* Reichel à test porcelané.

Spongiaires

Ce groupe comprend les derniers Heteractinellides dans le Carbonifère (*Asteractinella* Hinde en Belgique et Angleterre) et le Permien de la Laurasia; et des Hexactinellides. Mais ce sont les Démosponges qui se développent le plus. A leur voisinage se rangent les Ischyrosponges à squelette massif calcaire dont une partie, les Sclérosponges, sont classés parmi eux. Au stock ancien de Sclérosponges, représentés encore par les Stromatopores déclinants et les Chaetetidés, s'ajoutent de nouveaux types comme *Heliospongia* et *Stellispongia* d'Orbigny 1849 (Termier et Termier, 1974 a et b) ainsi que les *Permosphincta* apparus dans le Moscovien des Asturies (van de Graaf 1909). Ces formes sont toutes de structure apparentée et ne semblent pas posséder les spicules calcaires qu'ils acquerront au Crétacé. En tout cas ils sont strictement téthysiens : Sud de la Téthys fracturale [Cantabria au Moscovien, Texas au Pennsylvanien supérieur-Permien, Sicile au Wordien; Tunisie au Kazanien-Pamirien; Eubée au Kazanien (Guernet et Termier, 1973); Nord du Caucase, Arménie, Pamir et Salt Range au Pamirien]. On pourra les suivre jusque dans le Trias supérieur du Nevada (Seilacher, 1961).

Les Ischyrosponges sont cantonnés dans les mers chaudes. Cependant si, en gros, les Sphinctozoaires et les Stellispongidés du Permien sont liés à la mer à Fusulines, ceux de la Salt Range font exception puisque nous savons que les Fusulines ne sont entrées dans cette région que pendant une très courte période de l'Artinskien. Dans la reconstitution du gradient des températures, les Sphinctozoaires indiquent donc un niveau un peu moins élevé que celui des Fusulines.

Cnidaires

Après le Dévonien, le déclin des Stromatopores (Sclérosponges) laisse vide la place du phénomène récifal que l'on a connu jusqu'au Givétien-Frasnien. On retrouve aux constructions biologiques une base algiaire (*Stromatactis*) à laquelle s'adjoignent des Ectoproctes (faciès waulsortien).

Les Rugueux définissent des ensembles écologiques bien distincts. Les *Cyathaxonicae* caractérisent la faune à *Cyathaxonina* (D. Hill 1941), laquelle est composée de petites formes isolées, résistantes, supportant certainement des températures diverses, en tous cas ne convenant pas à l'établissement de récifs. Cette faune, avec des variantes, est largement répartie dans le Tournaisien et le Viséen du Sud de la Téthys. Seules des formes minuscules, manifestement mutantes, sont associées plutôt aux

microfaunes des mers chaudes : par exemple les Hétérophyllidés d'affinités indécises, du Viséen moyen au Namurien inférieur, les Tachylasmatides dans le Permien téthysien (Timor, Tebaga).

Un deuxième ensemble, absent de la bordure sud de la Téthys orientale au Carbonifère supérieur, strictement de mers chaudes, mais non récifal, est composé des *Caniniina* (Cyathopsidés, Paléosmiliidés, Dibunophyllidés, Carcinophyllidés).

Enfin, deux grandes familles, les Lonsdaléidés que relaieront les Waagenophyllidés à partir du Sakmarien, et les Lithostrotionidés, sont composées de polypiers coloniaux de type récifal. *Lithostrotion*, en touffes souvent ramifiées, fait partie des petits récifs (« knolls ») du Viséen et Chestérien d'Europe, de Moghrabia et du Sahara occidental. *Lonsdaleia* vit dans des mers un peu plus chaudes du Viséen, dépassant très peu, en Afrique, les limites de la Moghrabia. A partir du Carbonifère supérieur, la mer chaude, téthysienne, à Fusulines, offre une zonation de Waagenophyllidés surtout, qui ne construisent pas de grands récifs.

TABLEAU II

Kazanien supérieur	faune à <i>Lophophyllidium kayseri</i> (Huang) faune à <i>Ipciphyllum timoricum</i> (Gerth) Chine méridionale, Japon
Murghabien inférieur Kubergandien	faune à <i>Hayasakaia</i> , <i>Polythecalis</i> , <i>Wentzellella</i> et <i>Ipciphyllum</i> Sicile, base du Permien du Tebaga, Serbie, Anatolie, Iraq, Iran, Afghanistan, Salt Range, Cambodge, Timor, Chine méridionale, Japon
Artinskien Sakmarien	faune à <i>Wentzellophyllum volzi</i> Yabe et Hayasaka (Alpes Carniques, Anatolie, Iran, Chine méridionale, Japon; Oural)

La dernière de ces faunes, trouvée au Japon dans la zone à *Yabeina*, est inconnue dans la Téthys proprement dite. C'est un indice de modification climatique : baisse de température sans doute et installation de conditions lagunaires évaporatoires sur la bordure méridionale de la Téthys.

Ectoproctes

Les Trépostomes se sont adaptés à un très large gradient de températures. *Dyscritella* Girty 1911, connu dès le Mississippien d'Amérique du Nord, est parmi les rares fossiles qui ont été découverts dans les sédiments interglaciaires asséliens d'Afrique du Sud; mais on le trouve aussi dans l'Artinskien (chaud) en Afghanistan central et dans le Permien supérieur de Chine (Monts Silians). De même, *Stenopora lyndoni* Ross, du Sakmarien d'Australie, se rencontre dans l'Assélien d'Afghanistan central : on peut donc encore l'interpréter comme un organisme de mer froide. D'autres représentants du même genre montent dans le Kazanien inférieur de la plate-forme Russe. *Tabulipora* Young 1883 semble également accepter des températures diverses. Il est largement répandu dans le Paléozoïque supérieur des différentes parties de la Téthys.

Les Cryptostomes Médullaires (Termier et Termier, 1971) se sont partagés suivant les régions et les faciès. *Rhabdomeson* Young et Young 1874 est présent dans le Sakmarien (Upper marine series) des Nouvelles Galles du Sud (Australie), présumé froid, et dans le Permien supérieur chaud de Timor et du Japon. En Afghanistan, il est rare dans l'Artinskien et le Murghabien chauds. *Rhombopora* Meek 1872 est l'un

des plus anciens puisqu'il est apparu à l'Ordovicien, et on l'a recueilli dans le Carbonifère inférieur en Afghanistan. Différents groupes (sous-genres) en sont connus au Carbonifère inférieur : *Nicklesopora* Bassler 1952 dans l'Osagéen américain; *Neorhombopora* Shishova 1964 apparaît dans le Carbonifère supérieur d'Amérique du Nord et du Kazakhstan. Au Sakmarien, il est présent en Afghanistan central et en Australie, donc dans les mers froides. On le retrouve pendant tout le Permien à Timor, donc en mer chaude, puis il pénètre sur la plate-forme Russe au Kazanien. Ce genre abondant ne manifeste donc en apparence aucune préférence climatique. En revanche, il semble curieux de noter que les régions où il est représenté n'offrent guère de synchronisme entre elles. Un élément différent qu'il ne nous a pas été possible de déceler a donc pu influencer sur sa répartition.

Rhombotrypella Nikiforova 1933 est connu en Amérique du Nord et du Sud (Bolivie) et en URSS dès le Moscovien; il demeure sur la plate-forme Russe et le pré-Oural de l'Artinskien au Kazanien, ce qui correspond à sa répartition en Afghanistan central (Artinskien-Murghabien). Il n'a pas été signalé plus à l'Est, par exemple au Japon ou à Timor. Il s'agit d'un genre de mer chaude, affecté de provincialisme au Permien.

Les *Hyphasmoporidae* Vine 1885 sont apparus au Dévonien. Au Carbonifère inférieur, on connaît *Streblotrypa* Vine 1885 en Amérique du Nord et en Angleterre, dans le V2b de la Moghrabia (Termier, Termier et Vachard, 1974), dans le Chestérien de Libye (Massa, Termier et Termier, 1974) et probablement dans le Tournaisien supérieur — Viséen inférieur du Kazakhstan. Il se prolonge dans le Kazanien de la plate-forme Russe et le Djoulfien de Transcaucasie. *Streblasopora* Bassler 1952 apparaît dans le Carbonifère inférieur du Japon, qui sera son lieu d'élection et de développement jusqu'au Permien supérieur. Sur la plate-forme Russe, identifié à partir du Moscovien, il atteint le pré-Oural au Kungurien. En Afghanistan central, il est connu de l'Artinskien au Murghabien, époque où il gagne la région de Kaboul. Aux USA on le trouve dans le Permien inférieur. *Str. marmionensis* (Etheridge), apparu dans le Sakmarien en Australie, est l'une des deux espèces les plus répandues : Japon, Thaïlande, Afghanistan (Artinskien-Murghabien), Timor (Basleo et Amarassi), plate-forme Russe, Transcaucasie, Kandalakcha, île de Vancouver (Canada). L'autre espèce répandue est *Str. fasciculata* (Bassler) du Permien de Timor, du Murghabien de la région de Kaboul, du Kazanien de la plate-forme Russe et du Guadalupien de Transcaucasie. Ces répartitions indiquent encore des mers chaudes mais une possibilité de mer tempérée au Sakmarien (formation de Callytharra en Australie).

Les *Ceramoporoidea* Bassler 1913 comptent les *Fistuliporidae* Ulrich 1882, assez fréquents de l'Ordovicien au Permien. *Fistulipora* McCoy 1850 est bien représenté dans les niveaux qui nous intéressent; nous le connaissons dans le Viséen supérieur du Sahara. Cependant le long de la Téthys, c'est *Cyclotrypa* Ulrich 1896 qui se montre le plus souvent. Ce genre, apparu au Silurien (USA), gagne au Dévonien le bassin de Kouznetsk, puis au Carbonifère l'Altaï et la Sibérie. Il pénètre en Afghanistan central au Sakmarien avec une espèce du Missourien américain; au Permien inférieur, dans le Pré-Oural et le Timan d'une part, le Texas et le Kansas d'autre part. En Afghanistan il se maintient de l'Artinskien au Murghabien. Plusieurs espèces ont été décrites du Kazanien russe et du Guadalupien d'Arménie (Gnishik).

Plus complexes, les *Cheilotrypidae* Moore et Dudley 1944 (qui constituent le sous-ordre des *Hexagonelloidea* Morozova 1970) sont représentés par *Meekopora* Ulrich 1889, apparu dans le Silurien des USA. Il n'est donc pas étonnant qu'au Carbonifère inférieur il soit déjà en Amérique du Nord, en URSS (Kouzbass) ainsi qu'au Japon et en Chine. Il apparaît dans le Sahara du Viséen inférieur au Moscovien.

Il existe encore au Moscovien dans la plate-forme Russe et dans le pré-Oural ainsi que dans le Carbonifère supérieur des États-Unis. Sa carrière continue dans l'Artinskien aux USA et au Pérou. C'est à cette époque qu'il est présent en Afghanistan central où il ne semble pas s'être maintenu. Au Permien supérieur, on le retrouvera encore au Japon, aux USA et dans le Kazanien d'URSS. Manifestement *Meekopora* est un genre de mer très chaude qui n'est apparu qu'épisodiquement sur le tracé de la Téthys, à des périodes particulièrement favorables : au Viséen-Chestérien, laps de temps très chaud dans le Sahara occidental et central, au Moscovien, très chaud dans la région de Béchar; enfin à l'Artinskien, où a été atteint le maximum de température pour l'Afghanistan central.

Coscinotrypa Hall et Simpson 1887, genre strictement nord-américain au Dévonien et au Carbonifère, atteint le Timan et le Japon à l'Artinskien. Il est présent dans le Murghabien de la région de Kaboul et dans le Permien supérieur du Verkhoïansk et d'Europe.

Hexagonella Waagen et Wentzel 1886 apparaît dans le Sakmarien d'Australie où il compte plusieurs espèces. Ce genre est connu dans le pré-Oural à l'Artinskien, puis par diverses espèces dans le Permien moyen de la Salt Range, le Basleo de Timor. L'espèce la plus connue, *H. ramosa* Waagen et Wentzel, est limitée au Permien supérieur de la Téthys orientale, à savoir le Virgalien de la Salt Range, le Murghabien supérieur de la région de Kaboul, enfin le Guadalupien de Transcaucasie, d'Iran et de Mongolie. Ce genre offre une valeur stratigraphique locale; il semble peu sensible aux climats mais reste confiné à une province orientale : on ne le connaît pas en effet dans la Téthys fracturale, ce qui atteste sans doute l'existence de seuils entre les deux parties de la Téthys au Sakmarien et à l'Artinskien.

Les Cryptostomes *Mesothecalia* sont représentés par *Sulcoretopora* d'Orbigny 1849 (Dévonien-Permien), fréquent au Carbonifère en Eurasie, aux USA et au Japon. Il est présent dans le Tournaisien d'Afghanistan central et assez abondant dans le Viséen V2b de Moghrabia. A la fin du Carbonifère, on le trouve dans le Gjélien du bassin de Moscou et le Sakmarien d'Afghanistan central. A l'Artinskien, *Sulcoretopora* prend un nouvel essor dans les couches à Fusulines avec *S. nipponica* Sakagami, du Japon et d'Afghanistan.

Des *Gonoclaidiidae* Nikiforova 1938, *Gonocladia* Etheridge 1876 se rencontre dès le Carbonifère inférieur en Europe occidentale, dans le Sahara central et en Australie. Au Moscovien et au Carbonifère supérieur, ce genre ne se montre plus que dans l'Union Soviétique (Donbass, plate-forme Russe, pré-Oural) et les États-Unis. Au Sakmarien-Artinskien, on le trouve au Pérou et dans le pré-Oural. Puis il passe à Timor, au Laos et au Canada, revient aux USA au Guadalupien, atteint le Japon au Permien supérieur et se répand dans le Sud-Est de la Téthys : on le trouve dans la Salt Range au Virgalien et au Chhidruen. L'espèce la plus largement distribuée géographiquement, *G. timorensis* Bassler, se rencontre depuis l'Artinskien d'Australie (Noonkanbah) d'une part jusqu'au Basleo de Timor et au Tchandalaksha d'URSS d'autre part. Elle abonde dans l'Artinskien de l'Afghanistan central et le Murghabien supérieur de la région de Kaboul. *Gonocladia* caractérise des mers chaudes.

Les *Fenestelloidea* Astrova et Morozova 1956 constituent l'essentiel des Bryozoaires du Carbonifère et du Permien. Ce sont des Cryptostomes apparus à l'Ordovicien. Parmi eux, les *Polyporidae* Vine 1883 sont abondants. *Polypora* McCoy 1845 fourmille dans le Carbonifère inférieur d'Europe occidentale, de Moghrabia et du Sahara. *Pustulopora* Termier et Termier 1971, connu dans le Chestérien des USA et le Stechevien-Kasimovien-Gjélien de la plate-forme Russe et du Timan, apparaît en Afghanistan central dans le Sakmarien et s'y maintient à l'Artinskien; ce genre

est très bien représenté dans le Murghabien supérieur de la région de Kaboul et dans le Virgalien de la Salt Range. Au Japon, il se rencontre de l'Artinskien au Pamirien; en Malaisie, dans le Kungurien. Proche du faciès récifal, *Pustulopora* est lié aux mers chaudes mais sa présence en Salt Range le révèle plus tolérant que les Fusulinides. En tous cas, l'épaisseur du zoarium de certaines espèces montre une tendance aux faciès construits. *Paucipora* Termier et Termier 1971 offre des espèces du Gjélien russe, du Missourien-Virgilien américain, du Sakmarien japonais. Ce genre atteint l'Afghanistan central au Sakmarien et Timor à l'Artinskien. *Thamniscus* King 1849, apparu au Silurien, se développe dans le Carbonifère asiatique. *Th. dubius* (Schlotheim) est une espèce cosmopolite (Timor, Murghabien de la région de Kaboul, Zechstein d'Angleterre). *Protoretepora* de Koninck 1876, dont le type est du Carbonifère des Nouvelles Galles du Sud, a été, en fait, créé pour une espèce du Virgalien de la Salt Range et du Murghabien supérieur de la région de Kaboul.

Les diverses formes du genre *Fenestella* s.l. sont très largement réparties et semblent peu sensibles aux gradients de température.

Le genre *Archimedes* Hall, probablement un consortium de Fénestelles et d'Algues, est largement réparti depuis le Dévonien inférieur et surtout dans le Carbonifère et s'éteint dans le Pennsylvanien inférieur en Amérique du Nord, mais en Russie il s'étend du Carbonifère supérieur au Permien inférieur (Condra et Elias 1944).

On doit noter que les Ectoproctes sont surtout répartis dans des couches particulières où ils abondent parfois jusqu'à former des biostromes, voire de petits biohermes (par exemple dans le Waulsortien de Belgique). En règle générale, les Ectoproctes du Carbonifère et du Permien étaient littoraux et on les trouve souvent sous forme de fragments réunis en bancs. Cependant, en Tunisie, dans les faciès littoraux du Djebel Tebaga, on peut s'étonner qu'il n'y ait qu'un nombre infime de fragments d'Ectoproctes (*Fenestella*, *Fistulipora*? avec plus tard, *Polypora*). Peut-être cette surprenante absence est-elle due à une véritable confiscation par les Spongiaires d'un biotope qui aurait pu être le leur.

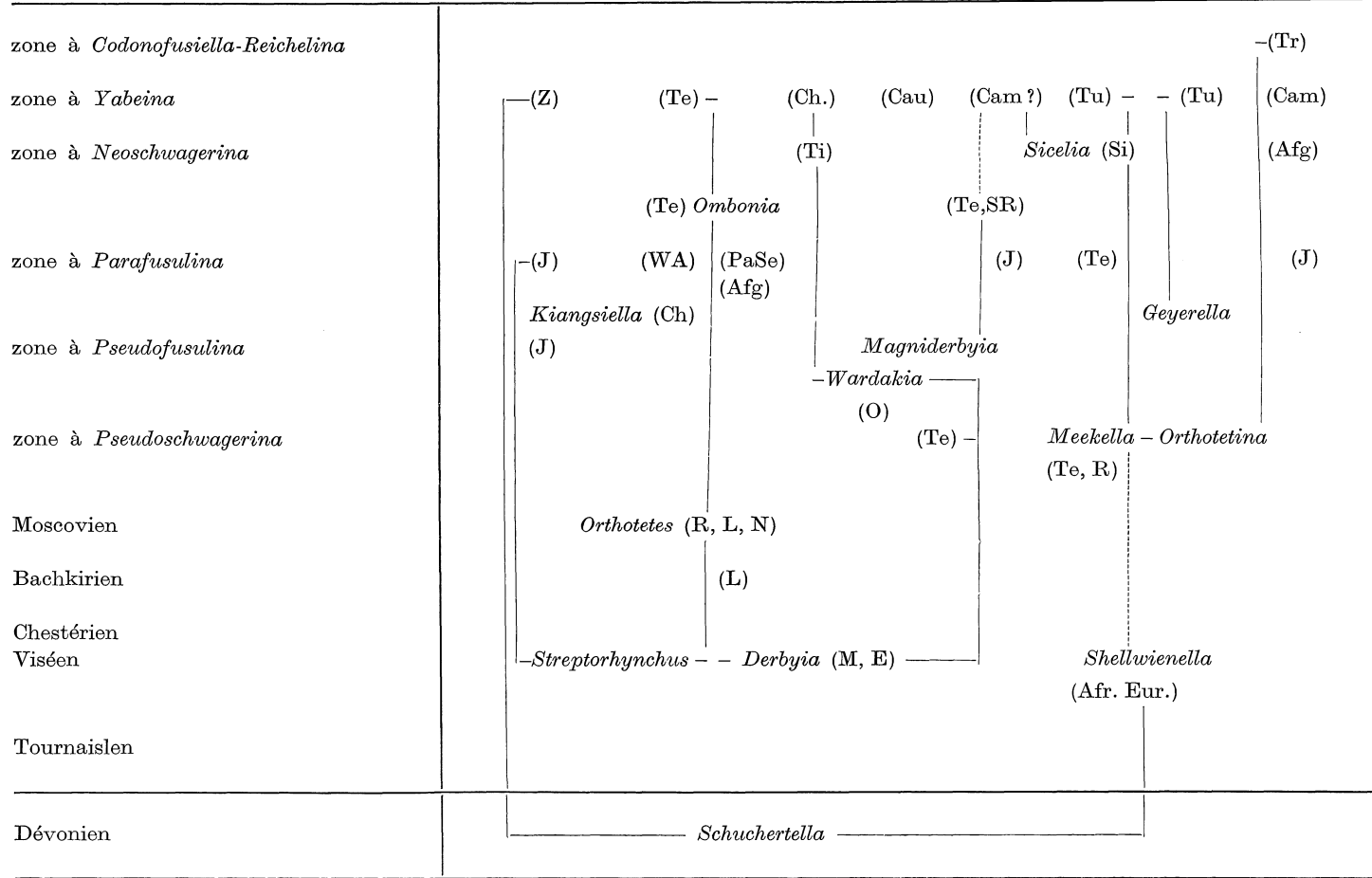
Brachiopodes

Le groupe des Enteletacés est bien représenté dans le Carbonifère et le Permien de la Téthys. *Rhipidomella* Ehlert 1890, au Carbonifère inférieur, se rencontre depuis la Moghrabia jusqu'en Afghanistan. *Orthotichia* Hall et Clarke 1892, qui en est voisin, se trouve dans le Sakmarien supérieur d'Afghanistan central et l'Artinskien (Ambien) de la Salt Range. *Schizophoria* King, possède plusieurs espèces, héritières du stock dévonien, depuis le Tournaisien supérieur (Libye, Australie) jusqu'au Murghabien inférieur (Afghanistan central, Salt Range). Enfin *Enteletes* Fischer de Waldheim 1825, représentant plissé du groupe, nous est connu dans le Myatschkovien de la plate-forme Russe et de Libye (*E. lamarcki* Fischer de Waldheim), dans le Murghabien inférieur de l'Afghanistan central et de la Salt Range (*E. disjunctus*), enfin dans le Kazanien supérieur — Pamirien de Tunisie où il produit une espèce atteinte de gigantisme (*E. waageni* Gemmellaro). Cet ensemble suit assez bien les limites de la Téthys quand elle est chaude.

Le dernier Strophoménacé, *Leptagonia* McCoy 1844, se rencontre du Tournaisien supérieur au Viséen en Europe, en Moghrabia, en Afghanistan central et en Australie (Nouvelles Galles du Sud), suivant sans doute la bordure méridionale de la Téthys.

Les Davidsoniacés ont une valeur incontestable dans les corrélations téthysiennes car ils semblent bien liés aux mers chaudes (Campbell 1957; Nakamura 1972). Voici un tableau de la répartition de leurs principaux genres :

TABLEAU III

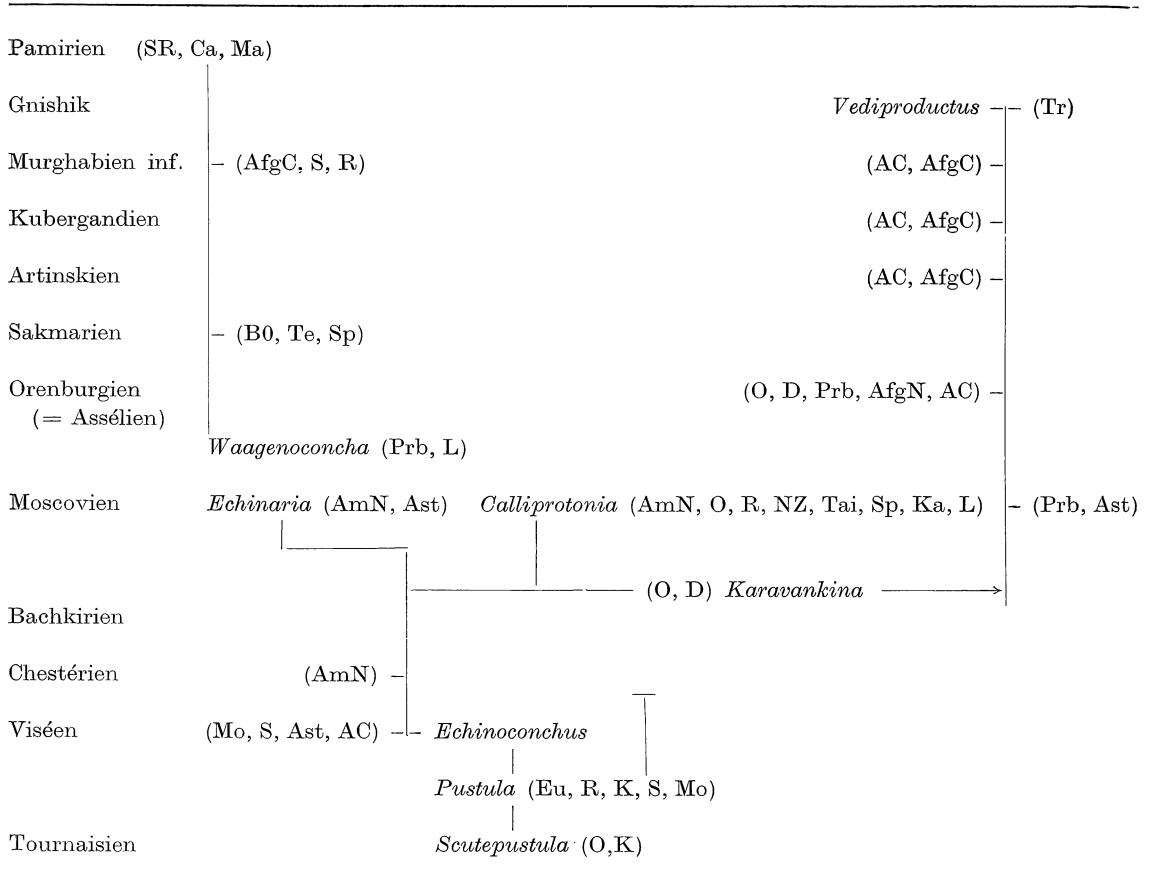


Afg. : Afghanistan central; Afr. : Afrique (Nord); Cam : Cambodge; Cau : Caucase; Ch : Chine; Eu : Europe; J : Japon; L : Libye; O : Oural; Pa SE : Pamir SE; R : plate-forme Russe; Si : Sicile; Te : Texas; Ti : Timor; Tr : Transcaucasie; Tu : Tunisie; WA : Australie occidentale; Z : mer du Zechstein.

Les *Productides* ont une importance majeure dans la faune du Carbonifère et du Permien. Nous les étudierons de la même façon en les groupant en tableau.

TABLEAU IV

Echinoconchidae Stehli 1954 :



AC : Alpes Carniques; Afg C : Afghanistan central; Afg N : Afghanistan Nord; AmN : Amérique du Nord; Ast : Cantabria; Bo : Bolivie; Ca : Cambodge; D : Donbass; K : Kouznetsk; Ka : Kazakhstan; L : Libye; Ma : Madagascar; Mo : Moghrabia; NZ : Nouvelle Zemble; O : Oural; Prb : Prébalkash; R : Plate-forme Russe; S : Sahara; Sp : Spitzberg; Tai : Taimyr; Tr : Transcaucasie; Te : Texas.

Cette famille, associée à un habitat d'endofaune, est liée dans sa totalité aux mers chaudes. Le genre *Karavankina* Ramovs 1969 ne pénètre dans la partie orientale du Sud de la Téthys, en Afghanistan central qu'avec la transgression chaude artinskienne.

TABLEAU V

Linoproductidae Stehli 1954

	Zone chaude		Zone froide	
Pamirien	(Ca)			(Z, Ir, Ko)
Sakmarien				(Au, Ir)
Assélien				<i>Stepanoviella</i> (AfgC)
Gjélien				
Moscovien <i>s.l.</i>	(L)			
Kasimovien	(R)			
Kashirien	(R)			
Bachkirien	(S)	(L)		
Chestérien				
				<i>Linoproductus</i> (Eu, L)
Viséen				<i>Marginirugus</i> ?
Tournaisien		(NSW, Ne, Mo, USA)	– (USA, Mo)	
Strunien				<i>Ovatia</i> ? (USA)

Afg C : Afghanistan central; Au : Australie; Ca : Cambodge; Eu : Europe occidentale; In : Inde; Ir : Iran; Ko : Kolyma; L : Libye; Mo : Moghrabia; Ne : Népal; NSW : Nouvelles Galles du Sud; R : plate-forme Russe; S : Sahara; USA : États-Unis; Z : mer du Zechstein.

Cette famille fut d'abord nettement liée aux mers chaudes. Une espèce un peu particulière, « *Linoproductus* » *glyptus* Termier et Termier 1974, du Bachkirien de Libye, explique peut-être l'écologie de *Linoproductus*, par la sculpture très profonde de l'ornementation interne qui traduit le développement de la circulation sinusaire, donc de la partie extérieure au lophophore des échanges respiratoires, ainsi que des canaux d'évacuation des produits sexuels. Ce genre est limité à la zone chaude. *Stepanoviella* Zavodowsky 1960 a été voué aux mers froides ou correspondant à des conditions climatiques et écologiques fortement perturbées.

TABLEAU VI

Striatiferidae Muir-Wood et Cooper 1960

Pamirien	(Dj, P, Ch, Ca)	(Ch, Ca, K, J)
Murghabien	<i>Compressoproductus</i> - <i>Permundaria</i> (Afg, C) (AfgC, SR)	<i>Selloproductus</i> (AfgC)
Wordien	(AmN)	(Au)
Artinskien	(R, NZ, B)	(Au, In, K, AfgC)
Sakmarien	mers chaudes	mers froides
Assélien		
Gjélien-Missourien	(AmN)	
Moscovien	<i>Canocrinella</i>	(L)
Bachkirien	?	?
Chestérien	— <i>Striatifera</i> (Eu, Mo, AmN)	
Viséen Vaß	<i>Fluctuaria</i> (Eu, R, Ast, S, L)	

Afg C : Afghanistan central; AmN : Amérique du Nord; Ast : Cantabria; Au : Australie; B : Bolivie; Ca : Cambodge; Ch : Chine; Dj : Djoulfa; Eu : Europe; In : Inde; K : Kashmir; L : Libye; Mo : Moghrabia; NZ : Nouvelle Zemble; P : Pamir; R : plate-forme Russe; S : Sahara.

Dans cette famille liée initialement aux mers chaudes, le genre-pivot *Canocrinella* a pu s'adapter aux mers froides du Sakmarien à l'Artinskien.

TABLEAU VII

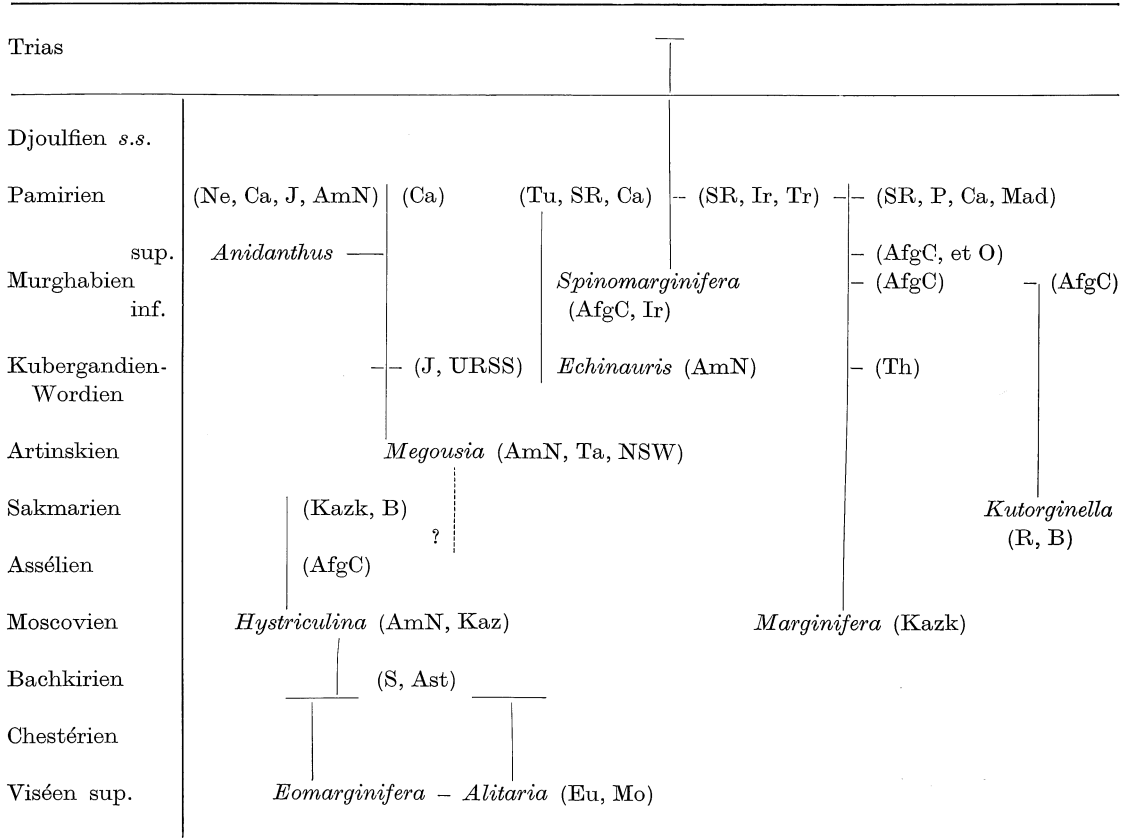
Dictyoclostidae Stehli 1954

Pamirien			(SR, Ne, Ca)
			(AfgO, SR)
Murghabien			(SR, AfgC)
Wordien		(Th ?)	<i>Peniculauris</i> (AmN)
Artinskien			(SR, P)
			<i>Costiferina</i> — (AmN)
Sakmarien		(AmN)	(Eu, URSS, L, AmN)
Myatschkovien	Chaoiella (URSS, AC, B, Sp)	(Ast, L)	(L)
Moscovien <i>s.s.</i>			
Bachkirien		<i>Reticulatia</i> (URSS, Ast)	(L, AmN)
Chestérien- Serpukhovien	<i>Productus</i> (Eu, MN, Mo)		
	<i>Libys</i> (L)		
Viséen			
sup.		<i>Pugilis</i> (URSS, L, AfgC, K)	<i>Antiquatonia</i> (Eu, URSS, Mo, S)
Tournaisien	<i>Dictyoclostus</i> (Eu, Mo, S)	<i>Tolmatchoffia</i> (URSS, L)	

AC : Alpes Carniques; Afg C : Afghanistan central; Afg O : Afghanistan oriental (Kaboul); AmN : Amérique du Nord; Ast : Cantabria; B : Bolivie; Eu : Europe; K : Kashmir; L : Libye; MN : Montagne Noire; Mo : Moghrabia; Ne : Népal; S : Sahara; SR : Salt Range; Sp : Spitzberg; Th : Thaïlande; URSS : Eurasie.

Cette famille couvre l'ensemble du Carbonifère et du Permien. On notera l'importance de son rôle dans les mers chaudes, sa quasi-absence des mers froides, sa non-spécialisation à la Téthys et sa faible représentation en Amérique du Nord lorsque la rupture des relations avec l'Eurafricque l'a privée d'apports de ce côté.

TABLEAU VIII

Marginiferidae Stehli 1954 (*sensu lato*)

Afg C et O : Afghanistan central et oriental; AmN : Amérique du Nord; Ast : Cantabria; B : Bolivie; Ca : Cambodge; Ir : Iran; J : Japon; Kazk : Kazakhstan; Mad : Madagascar; Ne : Népal; NSW : Nouvelles Galles du Sud; Pa : Pamir; R : plate-forme Russe; Ta : Tasmanie; Th : Thaïlande; Tr : Transcaucasie; Tu : Tunisie; URSS : Eurasie.

Cette famille, typiquement d'endofaune chaude, a gagné la Téthys orientale en plusieurs circonstances : 1) avec *Hystriculina* dans la faune assélienne froide de l'Afghanistan central; 2) avec *Marginifera*, venant d'Asie centrale à partir du Kubergandien; 3) avec *Echinauris* issu de l'Amérique du Nord à partir du Murghabien; 4) avec *Megousia-Anidanthus*, originaire de l'Amérique du Nord et venu par un tout autre chemin, passant par le Sud de l'Australie à l'Artinskien, puis par le Japon au Kubergandien, le Cambodge et la Tunisie au Pamirien; 5) avec *Kutorginella*, apparu en Bolivie et sur la plate-forme Russe à l'Artinskien, en Afghanistan central au Murghabien inférieur.

Nous avons rapproché *Spyridiophora* Cooper et Stehli 1955 des *Marginiferidae* (Termier et Termier, 1970). De l'Assélien à l'Artinskien au Texas, à Timor, au Laos, au Cambodge, en Chine et dans les Alpes Carniques, il se maintient jusque dans le Pamirien au Cambodge.

De même, *Chonetella* Waagen 1884 semble être apparu dans le Missourien de l'Oklahoma mais il est passé ensuite dans le Murghabien-Kazanien de la Téthys chaude (Timor, Mongolie, Salt Range, Afghanistan, Caucase) et il atteint le Pamirien au Cambodge.

Haydenella Reed 1944 caractérise le Djouffien *s.l.* (Pamir, Chine, Cambodge, Salt Range, Transcaucasie) et on le trouve jusqu'à la base du Trias (Djoulf).

Ainsi, cet ensemble de petits Productides se montre lié aux mers chaudes (à la seule exception d'*Hystriulina*) mais chacun des genres paraît avoir subi des prochorèses d'ampleur planétaire. C'est dans ce groupe que se rencontrent les Productacés les plus récents, *Spinomarginifera* et *Haydenella* atteignant la base du Trias.

Gigantoproductides

Les Gigantoproductides entrent en scène dans le Viséen moyen de la zone chaude varisque et de l'Eurasie soviétique avec le groupe de *G. maximus* et le genre voisin épineux *Semiplanus*. Dans le domaine qui nous intéresse *Gigantoproductus* apparaît en Moghrabia dans les premiers niveaux du Viséen supérieur (V3b α) avec *G. maximus*. Une forme spéciale, *Wakakella* nov. gen., d'Afghanistan central dans les couches à *Rotaia*, se range parmi les plus anciens représentants de la famille (récolte A. F. de Lapparent, série de Wakak). C'est dès la base du Viséen supérieur et surtout à la limite du V3c inférieur et du V3c supérieur que *G. giganteus*, très grande espèce à chape plissée, occupe une place dominante dans les calcaires construits où il forme des bancs semblables à ceux des Huîtres modernes et s'accompagne de touffes de *Lithostrotion* en Europe, en Turquie et dans le bassin de Moscou ainsi que dans la Montagne Noire et en Moghrabia (gisement d'Akerchi) (Termier, Termier et Vachard, 1974).

Au Sahara, en particulier dans la région de Béchar, la série des Gigantoproductidés qui débute à ce niveau ne contient toutefois pas *G. giganteus* mais se prolonge comme en Eurasie par des formes analogues à celles de cette région jusqu'au sommet du Namurien inférieur. En fait, leur distribution au Sahara correspond au Chestérien (Pareyn, 1961; Legrand-Blain, 1973).

Cette répartition chestérienne doit être étendue jusqu'aux bassins de la Libye occidentale (Massa, Termier et Termier, 1974). L'absence de *G. giganteus* à la base de cette série coïncide avec une température des mers moins élevée que dans la Moghrabia et la zone varisco-russe, mais reflète peut-être aussi une salinité différente, à tendances lagunaires.

Ce semble être le cas du genre *Titanaria* Muir-Wood et Cooper 1960, décrit dans le Mississippien (probablement Chestérien) de Californie et retrouvé au sommet du Namurien A (zone H) dans les bassins sahariens de Tindouf, de Béchar, de Reggan et de l'Ahnet (Dj. Berga), où il se rencontre dans des argiles parfois gypseuses renfermant localement *Lithostrotion* cf. *junceum* et *Syringopora*, argiles qui indiquent en tout cas un épisode régressif (Conrad et Legrand-Blain, 1971). Nous avons déterminé un exemplaire de très petite taille appartenant à ce genre dans la formation Assedjefar supérieur d'âge Bachkiriien de la Libye occidentale (bassin de Mourzouk Est) (Massa, Termier et Termier, 1974); il provient des petits niveaux marins inclus dans la série régressive de cet âge.

Strophalosiacés

Parallèlement aux Productacés dans l'ensemble Productoïde, les Strophalosiacés ont fourni des types fort intéressants pour la paléogéographie téthysienne et pour l'évolution générale des Brachiopodes.

Le genre de mer froide *Taeniothaerus* Whitehouse 1928 s'est différencié à la fin du Carbonifère, et sa répartition coïncide approximativement avec les dernières phases de la mer à *Eurydesma* : Sakmarien du Kashmir et de l'Afghanistan central, Artinskien de la Salt Range, du Queensland, de l'Australie occidentale et de la Tasmanie. Cependant des genres très voisins se trouvent dans les mers chaudes, tel par exemple *Echinosteges* Muir-Wood et Cooper, du Wordien texan.

Il importe de citer les Richthofénidés, connus depuis le Wolfcampien au Texas, avec *Cyclacantharia* (Cooper et Grant 1972). Ils sont beaucoup plus strictement répartis et cette fois dans les mers chaudes, à savoir toute la Téthys depuis sa partie occidentale fracturale jusqu'en Extrême-Orient (Sicile, Tunisie, Caucase Nord, plateforme Russe, Afghanistan, Salt Range, Thaïlande, Cambodge, Timor, Chine). En forme de polypier, leurs coquilles construisent de véritables récifs (Cooper et Grant, 1973).

Au voisinage, peut-être avec un genre commun, *Cardinocrania* Waagen 1885, les Oldhaminidés, également très spécialisés et constructeurs, connus en Amérique du Nord depuis le Gjélien, ont gagné la Téthys fracturale (Alpes Carniques) et l'Oural au Sakmarien, Sumatra et Timor à l'Artinskien (*Poikilosakos*). Enfin toute la Téthys est envahie au Wordien et surtout au Kazanien par plusieurs genres, parmi lesquels *Oldhamina*, restreint au Moyen et à l'Extrême Orient, et *Leptodus*. Une espèce de ce dernier genre, *L. nobilis*, a été repérée dans toute la Téthys jusque dans la zone à *Yabeina* de Tunisie et du Cambodge.

Des Strophalosiacés aberrants, comme les Richthofénidés et les Oldhaminidés, sont sans doute à l'origine des Thécidéacés. *Cooperina* Termier, Termier et Pajaud 1967, le premier de cette superfamille, date du Wordien du Texas. D'autres genres ont été trouvés dans le Virgalien de la Salt Range (*Ceocybea*), puis le Pamirien du Cambodge (*Cyrtalasia* et *Ansehia*) et de la Grèce (Idhra) (*Falafer* et *Epichelia*) (Termier et Termier, 1970; Grant, 1972).

Notons encore les Chonostegides : *Urushtenia*, apparu au Sakmarien dans le Sud de l'Oural, qui, au Pamirien, gagne le Caucase et la Téthys fracturale, le Darwas, le Cambodge ainsi que l'Amérique du Sud; *Strophalosiina*, surtout Pamirien à Timor, au Cambodge, dans l'Himalaya (Spiti) et au Tibet.

*Rhynchonellides**Tetracameridae*

Les Rhynchonellides sont apparus dès l'Ordovicien. Aussi leurs représentants du Carbonifère et du Permien appartiennent-ils à des phylums ayant déjà de longues histoires indépendantes. Parmi les plus significatifs comptent des descendants des *Uncinulidae* du Dévonien, à diducteurs petits mais puissants, enfoncés dans un myoglyphe profond de la pédonculaire, les *Tetracameridae* Likharev (*in* Rjonsnitskaya 1956), qui en ont hérité une partie des caractères. Le genre *Septacamera* Stepanov 1937 a été décrit dans le Sakmarien et l'Artinskien de l'Oural, puis du Svalbard et de l'Alaska, et enfin signalé de l'Artinskien des États-Unis (Léonardien); nous en avons reconnu une espèce dans le Tournaisien supérieur — Viséen de Libye occidentale (Massa, Termier et Termier, 1974). Ce genre, qui atteint une grande taille (3 cm),

paraît donc s'enraciner beaucoup plus tôt qu'on ne le pensait dans la série stratigraphique et relayer directement les genres du Dévonien. Les dispositifs commissuraux existent chez *S. libyca* comme chez les Uncinulidés, à savoir la protrusion des axes de côtes antérieures qui constituent de longues et fragiles épines, dont l'ensemble forme un système de filtre. De telles épines sont bien connues chez *Uncinulus* et ses voisins du Dévonien. L'habitat a été reconstitué par Grant (1971) pour *S. stupenda* de l'Alaska, dont la forme est très comparable à celle de l'espèce libyenne. Le delthyrium pourvu d'un large foramen et la présence d'un spondylium dénotent un pédoncule puissamment ancré, probablement sur un substratum solide; le mécanisme de tamisage établi par les épines commissurales entrecroisées suggère cependant un tri dimensionnel des particules, peut-être un sédiment fin qui aurait provoqué un ensevelissement progressif. En tenant compte du contexte paléontologique de l'espèce libyenne, qui est dans le même faciès que des Syringothyridés, nous ajouterons qu'il s'agit certainement d'une association faunique de la zone à haute énergie.

Au Tournaisien-Viséen, la même association à Syringothyridés s'enrichissait d'un autre genre de Tétracaméridés, *Rotaia* Rjonsnitskaya 1959. C'est l'un des plus grands Rhynchonellides. La commissure forme un large sinus portant de fortes côtes arrondies. Nous rapportons à ce genre « *Rhynchonella* » *laticosta* Phillips du Tournaisien surtout gréseux de Mauritanie (Aouinet Legra) et du Présahara. Ici les extrémités commissurales des côtes sont « armées » d'une crête ondulée (Termier et Termier, 1950). *Rotaia* est connu dans le Mississippien inférieur de l'Illinois, du Tournaisien inférieur au Viséen inférieur dans les bassins de Kouznetsk et du Kazakhstan, enfin dans le Tournaisien supérieur-Viséen de l'Afghanistan central où il est très abondant, associé à *Syringothyris*. On le connaît aussi dans les mêmes niveaux des Nouvelles Galles du Sud (Australie).

Un autre genre mérite l'attention par son homéomorphie avec *Uncinulus*, dont il se distingue par l'absence d'un septum médian à la brachiale et par sa répartition stratigraphique bien limitée au Permien : il s'agit du genre cosmopolite *Uncinunellina* Grabau 1932. Signalé dans le Sakmarien-Artinskien par Grunt (1973) dans le Nord de l'Afghanistan, *U. timorensis* (Beyrich) apparaît en Afghanistan central dans le Murghabien inférieur où il est rare mais il devient très abondant dans le Murghabien supérieur. Au Pamir méridional, c'est une espèce du Pamirien-Djouffien; Basleo de Timor, Pamirien du Cambodge, Chine, Caucase septentrional, Transcaucasie et Tunisie, donc pratiquement étendue à toute la mer chaude à Fusulines et à ses dépendances téthysiennes.

Spiriférides

Plusieurs groupes de Spiriférides ont évolué dans la Téthys, et le ruban Sud de cette entité, bien pourvu en bassins de spéciation, est riche d'enseignements sur leurs filiations.

Nous nous occuperons des groupes suivants : Syringothyracés, Spiriféracés et Réticulariacés.

Syringothyracés

Cantonnés pour la plupart dans des faciès détritiques à haute énergie et des mers tempérées ou fraîches, les Syringothyracés atteignent une grande taille (15 cm). La partie postérieure de leur corps est développée, sous une immense aréa. Fonctionnellement, cet accroissement intéresse en premier lieu le dispositif d'ancrage de

l'animal : insertion pédonculaire au niveau de la syrinx qui se présente comme une apophyse de la coquille dans le prolongement du pédoncule. En second lieu, la charnière est renforcée par de très fortes lames dentales. En troisième lieu, dans l'espace vacant du crochet semblent avoir pris place les gonades si l'on en juge par le caractère granuleux et fortement irrigué des canaux sinusaires de la paroi interne de la coquille. Parmi les formes du Tournaisien, on peut distinguer deux groupes téthysiens. Le type *Syringothyridae* Fredericks 1926 (*Syringothyris* Winchell 1863) où la syrinx partant de l'apex s'accrole au plan de la courte plaque delthyriale. Il n'y a alors ni septum médian ventral, ni formations deltidiales. Ce genre a une grande longévité (Strunien-Permien). Chez les *Septosyringothyridae* Termier et Termier 1974, la présence d'un septum médian ventral modifie la position de la Syrinx, laquelle se présente comme une apophyse du septum. Chez *Septosyringothyris* Vandercammen, la syrinx est orientée comme chez *Syringothyris*, parallèlement au plan delthyrial. Chez *Histosyrinx*, elle part du septum médian perpendiculairement au plan delthyrial et l'ouverture delthyriale est rétrécie autour du foramen pédonculaire.

Voici un tableau indiquant la place stratigraphique des principaux genres de cette famille :

TABLEAU IX

Permien	<i>S. lyddekeri</i> ? (H)	
Moscovien		« <i>Syringothyris</i> » <i>bifida</i> (NSW)
Bachkirien		
Chestérien	<i>S. jourdyi</i> (S)	
Viséen	<i>Syringothyris</i> (cosmopolite)	
Tn3		<i>Histosyrinx</i> (L, Ko)
Tournaisien		[<i>Asyrinxia</i> ? (NSW)]
Tn2		<i>Septosyringothyris</i>
Strunien		(B, S, AfgC, Arg)

Afg C : Afghanistan central; Arg : Argentine; B : Belgique; H : Himalaya; Ko : Kouznetzk; L : Libye; NSW : Nouvelles Galles du Sud; S : Sahara.

A partir du Viséen, les *Syringothyridae* paraissent limités à la seule bordure gondwane. Une nouvelle famille, celle des *Licharewidae* Slusareva 1958, en est issue au Moscovien. Cette fois, il n'y a plus de syrinx mais les autres caractères persistent, tels que la grande taille, l'interaréa élevée et le delthyrium largement ouvert. La texture du test, généralement granuleuse, est souvent finement perforée comme celle des *Syringothyridés*. Parmi les *Licharewidés*, *Orulgania* Solomina et Tschernjak 1961

TABLEAU X

Permien supérieur			(URSS, Ch, Au)
Artinskien	sup.		
	inf.	— — (P)	
Sakmarien	sup.	<i>Cyrtella robusta</i> (AfgC, Om)	<i>Licharewia spinosa</i> (AfgC)
	inf.	<i>Cyrtella nagmargensis</i> — — (K) (mer à Eurydesma, froide)	
Assélien			(AfgC)

Afg C : Afghanistan central; AU : Australie; Ch : Chine; K : Kashmir; Om : Oman; P : Pamir; URSS : Eurasie.

apparaît dans le Moscovien (Transbaikalie, Prébalkash). *Cyrtella nagmargensis* (Bion) est connu de l'Assélien (Afghanistan) au Sakmarien (Kashmir, Oman) et une forme voisine apparue au Sakmarien supérieur en Afghanistan central (*C. robusta* Legrand-Blain) pénètre dans la mer à Fusulines (Pamir) à l'Artinskien inférieur. Peut-être *C. nagmargensis* est-il à l'origine d'une autre forme avec laquelle il a parfois été confondu, *Licharewia spinosa* (Plodowski), abondante dans le Sakmarien supérieur de tout l'Afghanistan central. Les Licharewiidés gagnent en même temps l'Oural et la synéclyse de Moscou où ils se maintiendront jusqu'à la fin du Permien marin. Leur répartition montre qu'ils se sont adaptés aux mers froides sans s'y restreindre exactement. Comme les Syringothyridés, ils sont surtout liés aux sédiments détritiques. Certains auteurs considèrent que le genre *Licharewia* est strictement limité à l'équivalent du Capitanien (Kazanien?).

Spiriféracés

À la base du Carbonifère persistent plusieurs types de Spiriféracés dévoniens bien délimités, se groupant autour des *Acrospiriferidae* Termier et Termier 1949, à pédonculaire pourvue de lames dentales courtes et d'un profond myoglyphe indiquant la puissance des muscles diducteurs; et des *Cyrtospiriferidae* Termier et Termier 1949, à pédonculaire pourvue de longues lames dentales et myoglyphe ne s'enfonçant pas à l'intérieur de la coquille.

L'ornementation des Acrospiriféridés se compose de plis simples, le pli médian de la brachiale n'étant pas divisé. Sauf une exception (*Alispirifer* Campbell 1961, du Cantabrien ? d'Australie), ils n'ont pas persisté sous cette forme dans le Carbonifère. Mais leurs caractères internes peuvent être suivis dans les *Spiriferidae* King 1846, dont le pli et le sinus médians ainsi que les ailes sont pourvus de plusieurs plis et de plis latéraux bifurqués. Ces plis portent eux-mêmes de fines capilles.

L'ornementation des Cyrtospiriféridés se compose de plis qui couvrent l'ensemble de la coquille, plis porteurs de capilles intéressant seulement la couche externe (primaire) du test (Termier et Termier, 1972). Les caractères distinctifs choisis ici, à savoir les caractères internes et l'ornementation, toujours en relation avec des éléments fonctionnels, sont de bons guides pour la distinction des phylums.

Spiriféridés

Les Spiriféridés apparaissent à la base du Carbonifère (Strunien-Tournaisien) avec le genre *Fusella* McCoy 1844, groupé avec *Unispirifer* Campbell 1957, et dans lequel se range « *Spirifer* » *tornacensis* de Koninck. Ce genre cosmopolite est bien représenté dans la bordure sud de la Téthys depuis le Sahara jusqu'en Australie (Nouvelles Galles du Sud). La caractéristique de ces formes est d'avoir des plis fort peu divisés sur les ailes car les bifurcations, se propageant à partir du pli médian, n'affectent que le premier ou le deuxième pli alaire.

Dans le genre viséen *Spirifer*, cosmopolite, toutes les côtes sont bifurquées [*Sp. striatus* (Martin) en Europe et en Moghrabia; *Sp. mylkensis* (Yang) dans le Sinkiang et en Afghanistan central]. Dans l'Ouest de l'Amérique du Nord, *Anthracospirifer* Lane 1963 se trouve à cheval sur la limite Viséen-Namurien (*A. curvilateralis*) et dans le Morrowan (*A. birdspringensis* Lane). L'apparition de *Neospirifer*, dont l'ornementation se complique, l'unité étant composée de plis fasciculés, date du Tournaisien supérieur où il est signalé dans le bassin du Kouznetsk, avec *N. denis* (Rotai) et plus tard, au Viséen, *N. tomiensis* et *N. derjavini* (Yanichewski), au Chestérien, *N. kumpani* (Rotai), *N. annae* Besnossova. Des formes voisines de *N. derjavini* ont été trouvées dans le Viséen d'Afghanistan, de Malaisie, et dans le Viséen supérieur D3 à *Gigantoproductus* du Ferghana. *Neospirifer* a gagné la bordure méridionale de la Téthys au Viséen : *Neospirifer fascicostatus* Menchikoff au Sahara et *N. gwinneri* dans le Sud de la Turquie (Legrand-Blain 1971; Massa, Termier et Termier 1974). On retrouve le même genre en Amérique du Nord, dans le Colorado, avec *N. coloradoensis* qui existe en Libye occidentale dans le Bachkirien. Or, dans ce gisement on observe le passage de cette espèce à un type *Trigonotreta*. *Neospirifer* continue sa carrière dans l'Assélien de la mer à *Eurydesma* (Kashmir, Afghanistan), puis au Sakmarien il passe dans le Pamir où il donne naissance, dans la même zone, à *Aperispirifer* dont l'ornementation de faisceaux de côtes fines accompagne un pli assez aigu. [Mentionnons *A. condor* (d'Orbigny) en Bolivie et d'autres formes en Afghanistan, dans la Salt Range, en Nouvelle Zélande]. Waterhouse (1968) suggère que *Neospirifer* présente deux formes selon la température : dans les mers chaudes il posséderait une plaque delthyriale, tandis que dans les mers froides, celle-ci disparaîtrait dès les premiers stades ontogéniques. *N. moosakhailensis* (Davidson) est le dernier représentant du genre dans le Murghabien et le Pamirien de l'Himalaya (Kashmir, Sikkim, Népal), de la Salt Range, du Tibet, de Mongolie, de Thaïlande et probablement de Madagascar, avec des représentants jusqu'en Taimyr, en Oussouri et au Spitzberg (Waterhouse et Piyasin, 1970). Notons qu'au Texas, *Gypospirifer* Cooper et Grant 1972 est limité au Gaptank et au Wolfcampien.

Trigonotreta Koenig 1825 a été décrit du « Permien » de Tasmanie. Nous lui rapportons dans l'Assélien d'Afghanistan central « *Sp.* » *bokanensis* Legrand-Blain. Les plis se bifurquent une seule fois et tendent à s'émousser chez l'adulte. On notera l'épaississement considérable de la valve pédonculaire dans laquelle le myoglyphe s'enfonce très profondément, ainsi que l'existence d'une série de canaux sinusaires. Au contraire, la valve brachiale est mince, ce qui, dans les faciès à haute énergie, entraîne qu'elle est rarement conservée. *Spiriferella* Tschernyshev 1902 doit, à notre avis, être considéré comme un très proche parent de *Trigonotreta* et pour cette raison séparé des *Brachythyrididae* Fredericks 1913. Certes la forme haute et non transverse, brachythyride (c'est-à-dire dont la ligne cardinale est plus étroite que la plus grande largeur de la coquille) l'a fait inclure dans les *Brachythyrididae*. Mais les caractères internes sont bien différents, identiques à ceux de *Trigonotreta* : l'épaississement de la valve pédonculaire dans lequel s'enfonce profondément le myoglyphe, les lames

dentales très courtes, l'amincissement de la valve brachiale, sont autant de caractères communs aux deux genres. Le style de division des plis est le même. Quant à la microornementation, pourvue de lamelles d'accroissement et de capilles chez *Trigonotreta*, il s'y ajoute des pustules chez les *Spiriferella* quand la couche externe est très bien conservée. Le caractère brachythyride de *Spiriferella* s'accompagne d'un aspect pectinomorphe qui doit être pris en considération écologiquement.

TABLEAU XI

Pamirien	Spiriferella rajah (SR, Ne)	Spiriferella (Gro)	
Murghabien	Spriferella rajah (AfgC, E, T)		Guadalupien
Kubergandien	Spiriferella (SR, AfgC)	Spriferella rajah (Yuk, AmN)	Wordien
Artinskien	...Spiriferella (URSS, Yuk, AfgC)	Leonardien
Sakmarien	Spiriferella (Kazk, Yuk)		Wolfcampien
Assélien	Trigonotreta (AfgC, Ta)		Virgilien
Gjélien			Missourien
Cantabrien			
Moscovien			
Bachkirien	Neospirifer coloradoensis	(Col) (L)	...Desmoinesien

Afg C, E : Afghanistan central, Est; AmN : Amérique du Nord; Col : Colorado; Gro : Groenland; Kazk : Kazakhstan; L : Libye; Ne : Népal; SR : Salt Range; Ta : Tasmanie; URSS : Eurasie; Yuk : Yukon.

L'extension de *Spiriferella* déborde largement l'étendue de la Téthys. Elle a d'abord gagné la presque totalité de la mer à Fusulines à partir du Sakmarien : on trouve ce genre depuis lors en URSS et en Alaska jusqu'au Guadalupien, dans le Léonardien et le Wordien en Amérique du Nord (Mexique, Texas), puis il gagne le Groenland au moment de la mer du Zechstein (Pamirien).

Bien que *Trigonotreta* ait vécu dans l'Assélien subglaciaire d'Afghanistan, *Spiriferella* pénétra aussi dans des mers chaudes. Il n'atteint l'Afghanistan qu'à l'Artinskien (comme *Perrinites hilli*) et s'y maintient jusque dans le Murghabien supérieur. Dans la Salt Range, il durera jusque dans le Pamirien. *Sp. rajah* Salter est d'ailleurs largement répandu de Timor à l'Himalaya (Népal).

Parmi les *Spiriferidae* un autre phylum est celui de *Brachythyrina* Fredericks 1929, genre de forme transverse et de taille médiocre. Nous le mentionnons ici pour sa répartition stratigraphique qui correspond pratiquement au Pennsylvanien. C'est un genre téthysien de mer chaude qui fournit un groupe mutant bachkirien, celui de *Br. libyca* (Massa, Termier et Termier, 1974) en Libye et un autre groupe mutant

de même âge (= Derryen) : celui de *Br. occiduus* (Sadlick) et de *Br. rockymontanus* (Marcou) dans le Colorado (Stevens, 1962), puis des groupes mutants échelonnés sur les divers étages de la synéclyse de Moscou. Une forme unique, *Br. strangwaysi* (de Verneuil), du Cantabrien, beaucoup plus stable, cosmopolite, pourrait résulter de l'évolution convergente des précédentes espèces, ou plus exactement de la stabilisation du groupe qui jusque là avait oscillé entre un grand nombre de souches mutantes.

Autre groupe de Spirifères liés à la mer à Fusulines, celui des *Choristitidae* nov. fam. que nous pensons devoir extraire des *Brachythyrididae* Fredericks 1919 (1924). Cette famille, essentiellement fondée sur le genre *Choristites* Fischer de Waldheim 1825, compte des Spiriférides à plication de *Spiriferidae* et dont la valve pédonculaire possède des lames dentales allongées, tendant généralement à être parallèles l'une à l'autre, ce qui n'a rien à voir avec le dispositif de *Spiriferella* par exemple. En revanche, le myoglyphe ne s'enfonce pas dans la coquille. Comme dans le groupe qui aboutit à *Spiriferella*, la coquille tend vers une forme brachythyride, mais ce critère est loin d'être absolu. Une autre tendance commune se situe dans la denticulation de l'aréa chez *Trigonotreta* et chez *Choristites*. Les *Choristitidae* apparaissent dans le Tournaisien d'Australie (*Ectochoristites* Campbell 1957) et leur descendance semble pouvoir être suivie en Chine (*Eochoristites* Chu 1933), en URSS (*Palaeochoristites* Sokolskaja 1941) et peut être en Europe occidentale et en Moghrabia (« *Spirifer* » *bisulcatus*). *Choristites africanus* Termier et Termier 1950, espèce saharienne connue dans le Bachkiriën, de Béchar à la Libye (Legrand-Blain, 1970), est l'un des plus anciens représentants de *Choristites*, par ses lames dentales peu divergentes, ses plis peu bifurqués, à section assez arrondie, ornés de lamelles d'accroissement et de capilles superficielles, enfin par les stries et les crénelations de son interaréa. Il est relativement transverse et rarement brachythyride. Dans le Vereyen de la synéclyse de Moscou, les *Choristites* cités sont également pas ou peu brachythyrides. Une deuxième apparition de *Choristites* au Sahara a lieu au niveau de la formation Dem-baba des bassins occidentaux de la Libye, en accord avec l'URSS et la Cantabria. Le genre *Choristites* a toujours été lié au climat chaud de la mer à Fusulines.

Un autre *Choristitidae*, caractérisé par de grandes dimensions et des côtes émoussées, est *Purdonella* Reed 1944, lequel apparaît au Cantabrien en Thaïlande et au Sakmarien en URSS, et se répand en Asie et dans l'Arctique avec la mer à Fusulines pendant le Permien, gagnant la Salt Range et l'Afghanistan au Murghabien inférieur. *Purdonella alisangensis* Termier, Termier, Lapparent et Marin 1974 relève de la mer à Fusulines.

Réticulariacés

Les *Reticulariacea* Waagen 1883 comptent trois familles : les *Reticulariidae* Waagen 1883, les *Elythidae* Fredericks 1919 (1924) et les *Martiniidae* Waagen 1883. Les deux premières familles s'enracinent profondément dans le Dévonien, la troisième n'apparaît qu'à la base du Carbonifère. Les caractères internes sont assez homogènes : un fort myoglyphe parfois encadré par des lames dentales à la pédonculaire, mais surtout le développement d'une très importante vascularisation sinusaire sur l'ensemble de la surface interne des valves. Cette hypervascularisation pourrait, à notre sens, reproduire à l'intérieur le rôle, réservé normalement aux plis externes, de support à l'irrigation et aux échanges respiratoires. Le développement de la microornementation paraît, en contre-partie, lié à celui des capteurs sensoriels (tactiles ?) comparables aux soies marginales des Lingules ; une telle sensorialisation peut avoir présenté un intérêt dans l'ectofaune comme dans l'endofaune.

Les *Reticulariidae* Waagen 1883 sont caractérisés par une microornementation

de fortes lamelles d'accroissement, donc concentrique, qu'accompagnent des épines uniramées et souvent des granules. La plupart des genres rapportés par Pitrat (1965) à cette famille sont du Dévonien, encore qu'il en cite un certain nombre entre le Ludlow et le Trias.

Pour les *Elythidae*, la perte des plis se produit dès le Dévonien (*Elita* est le seul genre à en posséder). Ils ne conservent ensuite qu'un pli médian, souvent obsolète, et une microornementation externe d'épines à base creuse et bifurquée en relation avec l'hypervascularisation palléale. Ainsi apparaît *Torynifer* Hall et Clarke 1894, dès le Dévonien moyen et surtout le Frasnien. C'est un genre cosmopolite, en particulier dans la Téthys, avec *T. pseudolineatus* (Hall), espèce qui, peut-être apparue dès le Dévonien supérieur (Afghanistan, Bhoutan), a persisté durant le Tournaisien-Viséen inférieur. Les divers représentants attribués à *Phricodothyris* en Nouvelles Galles du Sud (Campbell, 1955; Cvancara, 1958; Campbell, 1961) sont des *Torynifer*. Ceux du Carbonifère inférieur (*Phr. campbelli* Cvancara, par exemple) se montrent pourvus de lames dentales et d'un septum médian et n'offrent guère de différence avec *Torynifer pseudolineatus* tel qu'il se présente par exemple dans le Tournaisien supérieur-Viséen de Libye (ce genre existe encore dans l'Artinskien du Pamir); dans le possible « Cantabrien » de la même région (Kasimovien et Gjélien), deux espèces de très grande taille (62 mm de large) offrent les mêmes caractères internes et externes : *Phr. booralensis* Campbell et *Phr. immensa* Campbell. Nous rapportons à *Phr. immensa* quelques exemplaires de même taille recueillis en Afghanistan central (Doni Yarchi) dans le Sakmarien supérieur. Ces formes « géantes » se révèlent donc, en Afghanistan central comme dans les Nouvelles Galles du Sud, être les hôtes d'une mer subglaciaire encore froide. Ce sont finalement les derniers représentants du genre *Torynifer* au sens large, réfugié alors dans les mers glacées, et il nous semble improbable qu'ils n'en soient que des homéomorphes comme l'a suggéré Campbell (1955). On doit enfin citer les *Permaphrycodothyris* Pavlova 1965 du Kubergandien-Pamirien de mer chaude (à Fusulines) de Sicile et de Tunisie, où ils sont les seuls Brachiopodes abondants, ainsi que de la Chine, qui composent la majorité des Brachiopodes permien de ces pays (Gemmellaro 1888; Termier et Termier 1957). Il s'agit de coquilles sans pli médian et pourvues d'une interaréa bien marquée. La pédonculaire possède des plaques dentales relativement courtes tandis que la brachiale possède un myoglyphe très allongé : ces caractères sont voisins de ceux des Martiniidés *Tomiopsis* et *Martiniopsis*.

Phricodothyris George 1932 offre des caractères externes identiques, en particulier l'ornementation, mais il est dépourvu de lames dentales et de septum médian. Cosmopolite, il perdure à travers tout le Carbonifère et le Permien. Il est présent dans presque tous les gisements téthysiens de mer chaude dans le Murghabien supérieur d'Afghanistan jusque dans le Djouffien (Pamir, Transcaucasie). Des formes voisines existent dans le sommet du Capitanien texan (*Anomaloria* Cooper et Grant 1969).

Avec les *Martiniidae* Waagen 1883, nous trouvons un troisième type de Réticulariacés, caractérisé par une microornementation de capilles et de granules très superficiels. Pendant le Mississippien apparaissent trois genres de base : *Martinia* MacCoy 1844, presque lisse et dont les valves manquent de plaques dentales et crurales. Il est alors cosmopolite dans le Viséen des mers chaudes (Europe et Moghribia), mais absent par exemple des faciès à Syringothyracés et Tétracaméridés du Kouznetsk, de Libye et d'Afghanistan.

Eomartiniopsis Sokolskaya 1941, possesseur de plaques crurales, est présent dans le Tournaisien et le Viséen des bassins de Moscou et de Kouznetsk, conçu sans doute dès le Dévonien moyen dans ce dernier.

Tomioopsis Benediktova 1956 surgit dans les couches à Syringothyracés du bassin de Kouznetzk au sommet du Tournaisien-Viséen inférieur. Il persiste en URSS jusqu'au Namurien. La coquille porte des plis mousses et offre des lames dentales et des lames crurales. Il se rencontre dans les couches à Syringothyracés du Tournaisien supérieur-Viséen d'Afghanistan central.

Dès le Mississipien, en fait, deux de ces genres semblent avoir déjà opté pour leur position écologique. *Martinia* restera dans les mers chaudes; on le trouve en abondance dans l'Artinskien du Pamir (Grunt, 1973), puis dans le Murghabien de la Salt Range et de l'Afghanistan central, ainsi qu'à Timor. *M. nucula* Broili, espèce mutante, y représente le géant du genre (5 cm).

Tomioopsis abonde dès l'Assélien dans les mers froides gondwanes, où il est parfois associé à des Licharewiidés. On le trouve alors dans la mer à *Eurydesma* d'Argentine et d'Australie; en Nouvelle Zélande, il persistera jusqu'à la fin du Permien. En Afghanistan central, on l'a recueilli depuis l'Assélien jusqu'au Sakmarien supérieur, c'est-à-dire que sa présence coïncide exactement avec la phase froide. On peut aussi le voir dans les mêmes niveaux de la Salt Range et, peut-être, du Kashmir.

Martiniopsis Waagen 1883, qui se distingue de *Tomioopsis* par sa coquille entièrement lisse, est signalé dès la fin du Carbonifère (Sakmarien de l'Oural et de la Chine), dans l'Artinskien (Salt Range, Oural et peut-être Chine) et jusque dans le Permien Supérieur (étage Gnishik du Caucase, Chhidruen de la Salt Range et des États Shan). Plus rare que le genre précédent, il est strictement limité aux mers chaudes. La rencontre des eaux marines froides à *Tomioopsis* et des eaux marines chaudes à *Martiniopsis* s'est rarement produite. Dans le Sakmarien inférieur d'Afghanistan central, ce semble être le cas: un *Tomioopsis*, d'ailleurs presque lisse, est accompagné de fragments de *Martiniopsis* tout à fait lisse. Aussi ne nous paraît-il pas impossible que ces genres très voisins se soient séparés l'un de l'autre sous l'action même du climat.

Ambocoeliidae

Cette famille groupe de petits Spiriférides intéressants dans la période considérée, surtout pour le Sakmarien et le Permien. Nous citerons *Ambocoelia* Hall 1860 qui est le chef de file du Dévonien-Mississipien, *Attenuatella* Stehli 1954 du Texas, et *Crurithyris* George 1931 du Dévonien-Permien, encore bien représenté dans le Pamirien du Djebel Tebaga.

Athyracea

Athyridae

Athyris lamellosa Lèveillé est une espèce intéressante par sa vaste distribution géographique et sa répartition verticale depuis le Tournaisien supérieur jusqu'à la base du Viséen supérieur selon les régions. En Belgique, cette espèce ne pénètre pas dans le Viséen. En Libye, on la rencontre dans la formation M'Rar, à la limite Tournaisien-Viséen (M'Rar inférieur) et à la base du Viséen supérieur (M'Rar supérieur). Au Sinai (Um Bogma), elle est accompagnée d'Archaeidiscidés et de *Neospirifer* sp., qui indiquent au moins le V2b, plutôt même déjà le Viséen supérieur. En Afghanistan central, les couches à *Rotania* (Tournaisien supérieur — Viséen inférieur) ont fourni quelques exemplaires de très grande taille d'une forme voisine sinon identique. Le genre *Athyris* MacCoy 1844 persiste dans le Trias.

Cleiothyridina Buckman 1906 et *Composita* Brown 1849 sont représentés du Famennien au Permien dans les mers chaudes. *Cl. deroissyi* Lèveillé est connu dans le Dinantien d'Europe, de la Moghrabia et de l'Afghanistan central. *C. pectinifera* Sowerby est présent dans les diverses parties de la mer du Zechstein (Allemagne, plate-forme Russe, Angleterre, Groenland), mais aussi dans le Chhidruen (Salt Range, Himalaya, Angleterre).

Spirigerella Waagen 1883, dont la paroi du crochet est très épaisse, indice d'une implantation dans la zone de haute énergie du littoral, apparaît dans le Sakmarien et il est bien connu dans tout le Permien, y compris le Djouffien de Transcaucasie.

Mollusques

L'histoire de tous les groupes de Mollusques a franchi une étape considérable au Carbonifère-Permien.

Gastéropodes

Presque tous les types de Gastéropodes prennent leur essor dans le Pennsylvanien supérieur (Missourien) après avoir végété au Mississipien-Moscovien. La plupart sont, dès le départ, des genres de mer chaude. Dans les eaux habitées par certains Crinoïdes (*Camerata* et *Adunata*), les Platycératidés commensaux vivent sans changement depuis le Silurien; ce ne fut pas le cas dans le Kazanien-Pamirien du Djebel Tebaga où les Crinoïdes sont surtout des *Inadunata*. En ce qui concerne les Bellérophontacés, ils sont présents durant toute la période considérée dans la zone varisque et dans la Téthys, mais ils atteignent un maximum de diversification et leurs dimensions les plus grandes à l'Artinskien-Murghabien (Afghanistan central) et surtout au Pamirien dans les divers bassins de la Téthys avec les calcaires à *Bellerophon* des Alpes Carniques et ceux du Djebel Tebaga.

Les Pleurotomariacés sont bien représentés avec un assez grand nombre de genres particuliers au Permien en Sicile, en Tunisie et au Cambodge. Les Murchisoniidés et les Loxonématacés se développent. Les Subulitacés, probablement carnivores, jouent un rôle important, en particulier en Tunisie au Djebel Tebaga. Les Cérithiacés débute.

Les espèces communes à travers les bassins téthysiens, même pour des couches à peu près contemporaines, sont très rares. Ces bassins furent des bassins de spéciation en anachorèse.

Bivalves

Les Bivalves du Carbonifère et du Permien ont aussi préparé les types modernes. Au sein des Pectinacés s'individualisent, dans les mers téthysiennes chaudes, des types ostréiformes et spondyliformes proches de *Pseudomonotis*. Les plus anciens sont *Pachypteria* de Koninck, du Viséen supérieur belge, et *Saharopteria* Pareyn, Termier et Termier 1972 du Viséen supérieur saharien (Termier et Termier, 1949). On les retrouve dans le Texas du Wolfcampien au Guadalupien avec le Terquemiidé *Paleowaagia* Newell et Boyd 1970 (qui est aussi présent dans le Murghabien supérieur d'Afghanistan central et le Pamirien du Djebel Tebaga). Dans la même région, *Permanomia* Newell et Boyd 1970 inaugure les Anomiidés. *Claraia* Bittner 1901, genre dont l'espèce-type *Cl. clarai* caractérise la première zone du Trias, semble déjà représenté par une espèce un peu moins typée dans le Kazanien-Pamirien du Djebel Tebaga.

Les mers froides de la bordure sud-est de la Téthys ont fait se développer des groupes importants de Bivalves, en particulier ceux qui acceptent certaines variations de salinité : ainsi les Myalinidés ont fourni le célèbre *Eurydesma* Morris 1845 et, à ses côtés, *Atomodesma* von Beyrich 1864, surtout liés à la mer de déglaciation gondwane dans l'Assélien et le Sakmarien d'Amérique du Sud, d'Australie et de Nouvelle Zélande, dans la Salt Range et l'Himalaya (Kashmir) ainsi qu'en Afghanistan central (Termier, Termier, Lapparent et Marin, 1974).

Dans cette mer froide apparaissent aussi des Hétérodontes : parmi les Crasatellidés (apparus au Dévonien), *Oriocrassatella* Etheridge Jr 1907 débute dans l'Assélien d'Australie, de l'Himalaya (Kashmir) et de l'Afghanistan central, puis il atteindra le Groenland et le Wyoming.

Les Pholadomyoides sont également connus depuis le Dévonien et les mers chaudes du Carbonifère inférieur (zone varisque, Moghrabia, Sahara); ils offrent, dans l'endofaune, par exemple *Sanguinolites* McCoy 1844 et *Sedgwickia* McCoy 1844. *Edmondia* de Koninck 1841 fit partie de l'endofaune de toutes les mers et il abonde même aussi bien dans les eaux froides à *Eurydesma* (Assélien de l'Afghanistan central) que dans les eaux chaudes du Texas au Permien inférieur et de la Tunisie au Pamirien. Dans la mer froide à *Eurydesma* ont évolué *Megadesmus* Sowerby 1839 et *Astartila* Dana 1847 en Australie, Tasmanie, Inde, Afghanistan central et Argentine.

Dans l'annexe téthysienne d'Amérique du Nord, les Astartidés apparaissent avec *Astartella* Hall 1858 dans le Missourien et *Eoastarte* Ciracks 1963 dans le Sakmarien (?). Nous avons trouvé *Astartella* dans le Pamirien du Djebel Tebaga. Les premiers Astartidés furent donc liés alors à des mers chaudes subissant peut-être des changements de salinité.

Les Myophoriidés sont représentés par des formes voisines de *Schizodus* dans le Carbonifère et le Permien. Comme les Astartidés, ils se rencontrent dans des couches de salinité variable, plutôt dans les mers chaudes ou tempérées. Une ressemblance certaine existe d'ailleurs entre la charnière des Myophoriidés et celle d'*Eoastarte*.

L'adaptation des Bivalves au phénomène récifal s'est produite dès le Silurien dans le groupe des *Coniconchia* (Conocardiidés) (Pojeta, Runnegar, Morris, Newell, 1972), considérés comme un phylum latéral. Ceux-ci se rencontrent dans le Carbonifère, le Permien, et sont même encore présents au Trias. Ils sont rares sur le trajet de la Téthys (on en connaît un dans le Myatschkovien de Libye). Cependant la texture de leur test les apparente aux Rudistes de l'ère Secondaire, ce qui les rapprocherait des Mégalontidés, connus depuis le Silurien. La spécialisation de type constructeur de cette famille débute dès le Permien dans le Sud de la Téthys, avec *Alatoconcha vampyra* Termier, Termier et Lapparent 1973, des dolomies du Murghabien supérieur de l'Afghanistan central.

Céphalopodes

Ammonoïdes

Les Goniatites ont souvent une signification stratigraphique précise. En outre, leur écologie les enferme entre plusieurs enceintes : salinité marine sans mélanges; température relativement élevée mais outrepassant largement la limite thermique inférieure des Fusulines, encore que, sans doute, cet impératif ait été différent selon les genres; enfin, elles semblent presque toujours avoir longé les côtes.

Les faunes du Nord de l'Afrique montrent une continuité entre les séries de Goniatites du Dévonien et du Carbonifère inférieur, c'est le cas du Sahara dont le

Strunien à *Wocklumeria* Wedekind 1918 n'a d'équivalent qu'en Allemagne. L'entité paléogéographique du sillon de la Saoura se prolonge non seulement vers le Sahara central mais aussi vers Minorque, la Montagne Noire et Cantabria. La zonation reste discontinue en Moghrabia où les principaux niveaux se rencontrent dans le Viséen supérieur du V3b α avec les diverses variétés de *Goniatites crenistria*, *Girtyoceras* Wedekind 1918, *Goniatites striatus*, le V3c à *Neoglyphioceras* Brüning 1923, le Namurien A à *Dimorphoceras* Hyatt 1884. En Libye occidentale, les *Goniatites* sont rares : la zone à *Muensteroceras* Hyatt 1884 à la limite du Tournaisien et du Viséen, celle à *Beyrichoceras hodderense* du V3a, laquelle est largement répartie dans tout le Sahara. Dans le bassin d'Illizi, le Namurien A renferme *Cravenoceras* Bisat 1928.

L'homogénéité des zones de *Goniatites* entre l'Europe occidentale et le Sahara (et, au Viséen, la Moghrabia) s'étend vers l'Ouest à la province américaine. Des jeunes néaniques d'*Imitoceras*, du Cu I, ont été identifiés dans la formation d'Exshaw en Alberta (Schindewolf 1959) et au même niveau en Montagne Noire (Vachard 1974). Les *Goniatites* du Kinderhookien et du calcaire de Chouteau renferment *Imitoceras* Schindewolf 1923, *Gattendorfia* Schindewolf 1920, *Protocanites* Schmidt 1922, *Prodromites* Schmith et Weller 1901 ainsi que les premiers *Muensteroceras*, genre qui ensuite caractérisera l'Osagéen : cette faune est caractéristique du Tournaisien supérieur, c'est-à-dire du niveau à *Pericyclus* Mojsisovics 1882, Cu II α . Le calcaire de Burlington, type de l'Osagéen, renferme *Muensteroceras* et des *Conodontes* de la zone à *Scaliognathus anchoralis* (Cu II $\beta \gamma = \text{Tn}3c$); il s'agit de la partie inférieure du calcaire d'Osage.

La partie supérieure du calcaire d'Osage renferme aussi *Beyrichoceras* Foord 1903, qui indique en Belgique et au Sahara la base du Viséen supérieur V3a-b (Furnish et Manger, 1973) donc le Méramécien américain. Dans l'Illinois, les couches méraméciennes sous-jacentes au Chestérien contiennent *Prolecanites monroensis* et *Goniatites greencastlensis*, faunule du V2b-c, tandis que le Chestérien moyen (Hombergien) à *Lyrogoniatites hartmani* Furnish et Saunders, équivalent des Caney Shales de l'Oklahoma, représente le V3c juste au-dessous de la limite Viséen-Namurien. Le Chestérien de l'Illinois et de l'Arkansas comprend des niveaux allant du Viséen supérieur au Namurien inférieur. Cependant les *Goniatites* qu'il a pu fournir ne comportent pas la zone à *Homoceras* Hyatt 1884. On notera son analogie avec les couches de la Téthys fracturale et du Sahara dans la succession des niveaux à partir de *Goniatites crenistria* (à la base du Gaspérien). Des Néoglyphiocératidés (*Neoglyphioceras*, *Goniatites granosus* et *Lyrogoniatites* Miller et Furnish 1940) caractérisent la base du Hombergien; *Paracravenoceras* indique sa partie supérieure; enfin plusieurs *Eumorphoceras* (dont *E. bisulcatus*) et *Cravenoceras* désignent l'Elviran (= Arnsbergien d'Angleterre), ces trois étages trouvent leurs équivalents en Angleterre et en URSS (Saunders 1971). *Eosianites* Librovitch 1938, *Somoholites* Rujencev 1938 et *Delepinoceras* Miller et Furnish 1954 sont communs au Chestérien américain et à la Cantabria, aux Alpes Carniques et au Nord de l'Afrique. *Anthracoceras discus* Frech appartient à la zone E2 à *Eumorphoceras* et *Cravenoceras* de Haute Silésie et du Sud de la Pologne centrale et au sommet de l'Elviran américain (Saunders 1973).

La série des *Goniatites* du Carbonifère supérieur, interrompue nombre de fois par des couches continentales dans le Houiller d'Europe, est plus complète au Sahara pendant le Bachkirien et le Moscovien dans la région de Kenadza et d'Oujda. La série africaine est comparable, en plus pauvre, avec surtout des *Gastriocératides*, à celle du Morrowan d'Amérique du Nord (*Schistocératides*, *Néodimorphocératides*). Dans le Nord de l'Arkansas ont été trouvés *Bachkirites* Librovitch 1957 et *Hudsonoceras* Moore 1946, deux genres caractéristiques du Bachkirien d'Eurasie, ainsi que

le Gastriocératidé *Reticuloceras* Bisat 1924, caractéristique du Namurien supérieur (zone R) : c'est la faune du Morrowan inférieur (= Halian). *Gastrioceras* Hyatt 1884 apparaît dans le Morrowan supérieur (= Bloydien) au même niveau que dans le Sahara de Kenadza (Termier et Termier, 1952). Les Gastriocératidés du Bachkirien semblent manquer en Libye et dans le reste du Sahara où les mers se dessèchent et n'ont donc plus la salinité convenable aux Céphalopodes.

Les Somoholitidés Rujencev 1938 établissent une liaison continue entre *Goniatites* du Viséen, *Somoholites* et *Neoshumardites* Rujencev 1936, au Sahara, dans la Cantabria et les USA jusqu'à la fin du Moscovien. Ils atteignent l'Oural et Timor du Gjélien à l'Artinskien (Saunders, 1971). La faune sakmarienne de *Goniatites* est surtout abondante en Bachkirie et dans le Kazakhstan; elle offre des équivalents dans le Wolfcampien du Texas et, dans le niveau Somohole de Timor.

Le Sakmarien *sensu lato* inférieur est l'Assélien, caractérisé par un Gastriocératidé hérité de formes abondantes dans le Bachkirien et le Moscovien, mais d'une ornementation lisse, très simple : *Eoasianites* Rujencev 1933 qui, particulièrement tolérant, avec son espèce *E. modestus*, a pu vivre dans des mers froides, directement en contact avec les glaciers en Afrique du Sud et en Afghanistan central (Bokan). Schistocératides et Néodimorphocératides ont complètement disparu. Dans ce Carbonifère terminal persistent les groupes suivants : Pronoritides, Daraelitides, Uddenitides, Goniolobocératides, Thalassocératides, Adrianitides, Vidriocératides, avec des Métalegocératides, Paragastriocératides, Popanocératides et les premiers Sicanitidés. *Artinskia* Karpinsky 1925, *Paragastrioceras* Tchernow 1907 et *Propopanceras* Toumansky 1938 apparaissent en URSS et gagnent la Sibérie jusque dans le Verkhoïansk. Aux USA naît la famille des *Perrinitidae* avec *Properrinites* Elias 1938 dont l'évolution se continuera dans le Wolfcampien supérieur, pendant lequel il atteint Timor (étage Somohole), l'Australie occidentale et l'Oman, gisements dans lesquels se rencontrent *Juresanites* Maximova 1960 et *Metalegoceras* Schindewolf 1931 (Glenister, Windle et Furnish, 1973). Le Sterlitamakien verra se développer *Metalegoceras*, *Medlicottia* et les derniers *Properrinites*. On constate donc pendant le Sakmarien une bipolarité USA-URSS avec liaison arctique entre les deux. Mais au Sakmarien supérieur, cette faune se répand dans les parties sud de la Téthys qui avaient des eaux froides, ce qui implique un net réchauffement climatique. Cette amélioration du climat continuera à l'Artinskien et portera à la fin de cet étage les *Goniatites* en de nouveaux points de la Téthys où se mélangent les groupes des deux grandes régions. La fraction inférieure de l'Artinskien encore restreinte en étendue est l'Aktastinien où l'on voit apparaître *Eothinites* et *Popanoceras* en Russie, au Texas et à Timor; *Uraloceras* et des *Medlicottiidae* (*Aktubinskia*, *Artioceras* en URSS et *Medlicottia* aux USA); *Metalegoceras* et *Metaperrinites* au Texas et à Timor. *Metalegoceras* est également présent en Oman. L'Artinskien supérieur est le Baïgendjinien russe semblable au Léonardien texan : il marque un maximum de température et de brassage des faunes dans la transgressions téthysienne, en particulier par la répartition de *Perrinites* Böse 1919 (Texas, Mexique, Afghanistan, Timor). La faune léonardienne compte encore *Medlicottia*, *Eumedlicottia*, *Pseudohalorites*, *Neocrinites*, *Almites*. A Bamyan (Afghanistan), l'Artinskien supérieur a fourni : *Bamyaniceras* Termier et Termier 1970, *Agathiceras*, *Perrinites hilli* (Smith), *Prostacheoceras* (Bouyx, Lapparent, Termier et Termier 1970; Termier et Termier 1970). Dans le Pamir, la faune du Darwasien supérieur un peu plus haute comprend : *Bamyaniceras*, *Artinskia*, *Prosicranites*, *Popanoceras* Hyatt 1884, *Agathiceras*, *Pronoritides*. Ces deux dernières faunes sont d'un âge artinskien élevé, celle du Pamir correspondrait au Kungurien inférieur, peut-être au Roadien, étage qui, pour Furnish (1973) est à la base du Wordien mais renferme le fossile de zone *Perrinites hilli*

(Smith). D'ailleurs, pour cet auteur, le Kungurien typique correspondrait à un équivalent à évaporites et sans Ammonoïdes du Baigendjinien.

Le Permien supérieur équivaut en Amérique du Nord au Guadalupien (Texas, Coahuila). Sa partie inférieure, le Wordien, a fourni une belle faune : *Agathiceras*, *Popanoceras*, *Stacheoceras*, *Waagenoceras*, *Pseudogastriceras*, *Atsabites*, *Neocrimites*, *Doryceras*, *Epithalassoceras*, *Propinacoceras*, *Medlicottia*, *Neogeoceras*, *Paraceltites*. Cette faune est à peu de choses près la même que celle de Sicile (Gemmellaro, 1887), celle du Bournien de Crimée à *Parapronorites* Gemmellaro 1887, *Thalassoceras* et *Stacheoceras*, du Kubergandien du Pamir à *Propinacoceras* Gemmellaro 1887, *Medlicottia* Waagen 1880, *Paraceltites*, *Adrianites*, *Agathiceras* et *Popanoceras*, du Kubergandien de Tezak (Afghanistan central) à *Daraelites* Gemmellaro 1887, *Paraceltites*, *Parapronorites*, *Propinacoceras*, *Neogeoceras*, *Epiglyphioceras*, *Agathiceras*, *Adrianites*, *Stacheoceras* et *Popanoceras* (Termier, Termier, Desparmet et Montenat, 1972), enfin de la partie inférieure du niveau de Basleo de Timor. Quelques espèces de Sicile se rencontrent dans les couches plus élevées à *Yabeina* (*Adrianites elegans*) et le calcaire à *Bellerophon* de Tunisie (*Popanoceras multistriatum*, *Agathiceras darae*). L'homogénéisation des faunes téthysiennes semble donc atteindre ici son point culminant. On notera cependant la restriction apportée par la distribution de *Waagenoceras*, qui n'est connu à cet âge qu'en Sicile et au Texas, c'est-à-dire probablement dans la zone la plus chaude des mers du globe.

La partie supérieure du Guadalupien est le Capitanien, zone à *Timorites* Haniel 1915, genre voisin de *Waagenoceras* Gemmellaro 1887, mais plus jeune que lui (équivalent du Basleo supérieur de Timor).

L'Amarassien défini à Timor renferme *Strigogoniatites* Spath 1934, *Adrianites* Gemmellaro 1887, *Stacheoceras*, *Timorites*, *Cyclolobus*, *Hyattoceras*, « *Parapronorites* », *Sundaites*, « *Propinacoceras* », *Episagoceras* Noetling 1904 et *Xenodiscus*. Il est représenté dans le Coahuila mexicain où il renferme les plus primitifs des *Araxoceratidae* (Spinosa, Furnish et Glenister 1970). Les dépôts de cette période sont assez importants sur la rive Sud de la Téthys en Iran central dans le Palmrien ou Djoulfien inférieur de Djoulfa et du Pamir, et surtout dans le Chhidruen de la Salt Range ainsi que dans les couches de Zewan au Kashmir, où la présence de *Cyclolobus* Waagen 1879 est incontestable. Le genre *Strigogoniatites*, qui appartient à cette faune, a été observé dans les calcaires à *Bellerophon* du Djebel Tebaga.

Le Permien tout à fait supérieur, le Djoulfien s. s., est caractérisé par une série de Goniatites à cachet déjà fortement triasique, surtout connue dans la région de Djoulfa, en Transcaucasie, de part et d'autre de la frontière entre l'URSS et l'Iran. Les genres *Protoceras* Spath 1930, *Pseudogastriceras* Spath 1930, *Dzhulfites* Shevyrev 1965, *Bernhardites* Shevyrev 1965, *Abichites* Shevyrev 1965 et *Paratirolites* Stoyanow 1910 entre autres, caractérisent cet étage (Taraz 1969, 1971, 1973).

Echinodermes

Les Echinodermes ont subi une crise incontestable pendant le Carbonifère et le Permien.

Avec les Blastoides dont le grand développement est d'âge Carbonifère (en Europe occidentale), les Cystoides jettent leurs derniers feux. Fort rares alors au Sud de la Téthys (un exemplaire de *Pentremitidea* en Moghrabia au Strunien), ils ont donné plusieurs genres dans le Permien de Timor (normaux dans le niveau Somohole, aberrants dans celui de Basleo).

Crinoïdes

Les bassins américains du Carbonifère et du Permien sont de beaucoup les plus riches. Cependant, en Grande-Bretagne, les Crinoïdes sont abondants du Tournaisien au Namurien inférieur (Wright 1955-1960) si bien que des corrélations sont possibles, par exemple avec le Chestérien (Burdick et Strimple, 1971). Dans le Nord de l'Afrique, les *Inadunata* sont connus sporadiquement, mise à part l'exceptionnelle abondance des gros pédoncules de Dendrocrinines « *Poteriocrinidés* ». Ceux-ci sont généralement référables à *Poteriocrinus crassus* Miller, lequel, Tournaisien supérieur — Viséen en Grande-Bretagne, se trouve dans le Viséen moyen-supérieur en Moghrabia et semble persister jusque dans le Bachkiriien (une coupe dorsale ressemblant beaucoup au type qui a été recueillie dans l'Assedjefar supérieur de Libye occidentale). A leur voisinage, les Rhabdocrinidés se sont développés à la périphérie du massif Hespérique, par exemple à Minorque avec *Balearcocrinus* Bourrouilh et Termier 1974, d'âge Viséen supérieur, pratiquement synchrone de *Rhabdocrinus* Wright, d'Écosse (Wright, 1944). Les Phanocrinidés montent plus haut, jusque dans le Wolfcampien (Sakmarien). *Phanocrinus* Kirk 1937 est présent dans le Chestérien des USA, d'Angleterre et au même âge dans le Sahara de Béchar (Termier et Termier, 1950; niveau d'El Guemouna à *Cravenoceras* et *Girtyceras* (Pareyn 1961).

Les Apographiocrinidés du Pennsylvanien américain sont représentés dans le Bachkiriien du bassin de Béchar où se rencontrent aussi d'autres genres du Pennsylvanien américain (*Erisocrinus*, *Stuartwellerocrinus*, *Parulocrinus*, *Abrotocrinus*).

Dans le Tournaisien supérieur (M'Rar inférieur) de Libye occidentale, nous avons pu identifier le Scytalectrinide *Hypselocrinus* Kirk, présent dès le Keokuk aux USA.

Dans l'Est de la Téthys, l'endémisme des *Calceolispongiidae* Teichert 1954 est intéressant parce qu'il rend compte de la crise climatique de la mer à *Eurydesma*. *Calceolispongia* est connu dans le Sakmarien de l'Australie occidentale et d'Umaria (Inde); *Jimbacrinus* Teichert, dans l'Artinskien, plus chaud, d'Australie occidentale.

Entre le Wordien et le Pamirien, les Crinoïdes sont devenus rares, répartis en des bassins souvent isolés. La plupart sont des *Inadunata*, parmi lesquels, des Spaniocrinidés comme *Stuartwellerocrinus* dont nous avons recueilli une coupe dorsale dans le Kazanien supérieur du Djebel Tebaga. Le genre voisin *Parspaniocrinus* Strimple est connu dans le Wordien du Coahuila (Mexique). Les Graphiocrinidés sont représentés au Tebaga par *Tebagacrinus* Termier et Termier 1958.

Timorocidaris Wanner 1920, genre endémique de Timor connu du Sakmarien (Somohole) au Kazanien (Basleo) est pratiquement dépourvu de pédoncule.

Musivocrinus Termier et Termier 1949, dont le pédoncule est couvert d'un manchon d'ossicules, est endémique à la zone à *Yabeina* du Djebel Tebaga.

Les autres Crinoïdes permien de la Téthys sont surtout représentés par des fragments de pédoncules.

Nous noterons la présence d'*Adunata* surtout au Viséen en Moghrabia et dans la région de Béchar, avec en particulier *Platyocrinites* (*P. spinifer elongatus* Wachsmuth et Springer) et dans le Bachkiriien de la région de Béchar.

Les *Camerata* ont été plutôt abondants dans le Viséen supérieur et le Bachkiriien de la Moghrabia et du Sahara de Béchar. (*Rhodocrinus* Miller 1821, *Amphoracrinus* Austin 1848, *Actinocrinus* Miller 1821 (Delpy 1939; Termier et Termier 1950; Pareyn 1961 (1, p. 89). *Pimlicocrinus* Wright 1943 souligne les relations entre les Chaînes Cantabriques et la région de Béchar (Breimer, 1962) dès le Bachkiriien.

Les *Flexibilia* sont représentés dans les mêmes gisements de la Moghrabia et du Sahara par *Eutaxocrinus*.

Tout cet ensemble du Carbonifère inférieur appartient à la province Mississippienne; les gisements de Crinoïdes en bon état de conservation sont relativement rares mais peuvent presque toujours servir à des corrélations chronologiques entre l'Afrique et l'Amérique. Jusqu'au Chestérien, les Crinoïdes ont une répartition assez comparable à celle des Goniatites, ayant d'ailleurs à peu près les mêmes impératifs quant à la salinité et à la température de l'eau que les Céphalopodes. Leur dispersion indique que les divers bassins de la Téthys fracturale ne leur offraient pas les conditions les plus favorables. Vers l'Est, en Afghanistan par exemple, qui ne nous a fourni que de rares calcaires à entroques, les conditions de mers déjà moins chaudes étaient encore moins bonnes pour les Crinoïdes.

Echinides

Les Echinides tiennent une place non dominante mais cependant presque permanente dans les faciès littoraux chauds du Carbonifère et du Permien. Les Perischoechinides sont présents avec le genre *Lepidesthes* Meek et Worthen 1868 dans le Viséen supérieur de la Moghrabia, ce qui confirme encore les relations au Mississippien de cet élément extrême-occidental de la Téthys fracturale avec l'Est des États-Unis et avec l'URSS. Les Cidaroides ont davantage figurés dans les sédiments plus calcaires par leurs plaques coronales et par leurs radioles. L'abondance des Archaeocidaridés atteint un maximum au Permien supérieur, période durant laquelle ils caractérisent certains niveaux, en particulier au Djebel Tebaga, et dans les Alpes carniques à la base des calcaires à *Bellerophon*.

Trilobites

Aucun groupe d'Invertébrés marins n'est aussi caractéristique du Carbonifère et du Permien que la dernière radiation des Trilobites, tous des Proetacés (cf. Hahn et Hahn, 1967).

Du stock dévonien sont issus surtout les quatre rameaux des *Phillipsiidae*. Les *Cyrtosymbolinae* ont duré jusqu'au Viséen supérieur; ils abondent surtout dans le Strunien et le Tournaisien; il y en a dans le Tournaisien supérieur des bassins sahariens du Gourara et du Mouydir (Conrad et Termier, 1970). Les *Phillipsiinae*, connus du Dévonien et du Carbonifère principalement, ont un seul représentant dans le Permien de Timor; ils sont bien représentés dans la Téthys du Carbonifère inférieur (Moghrabia, Libye, Malaisie, Australie). Un autre ensemble, celui des *Cunningellidae*, paraît absent de la Téthys. Au contraire, les *Griffithidinae*, souvent ornés, sont surtout abondants dans le Carbonifère et le Permien téthysiens: ils comptent les plus récents des Trilobites, qu'il s'agisse d'*Anisopyge* Newell 1931, d'Amérique du Nord, ou de *Pseudophillipsia* Gemmellaro 1892, précieux fossile du Permien supérieur des régions comprises entre la Tunisie (Termier et Termier, 1974) et Sumatra-Timor. Les *Brachymetopidae*, autre rameau dévonien qui n'appartient pas aux *Phillipsiidae*, s'épanouissent dans le Carbonifère téthysien et surtout oriental. Il s'agit de formes très ornées. Parmi eux, *Australosutura* Amos, Campbell et Goldring (1960) offre une large répartition géographique: Viséen d'Argentine (Tepuel System) et Westphalien des Nouvelles Galles du Sud (Burindi et Kuttung); il semble exister en Moghrabia au Strunien.

CONCLUSIONS

Au Paléozoïque supérieur, la Téthys, entité paléogéographique située entre Laurasie et Gondwanie, était dans la tectonique globale un complexe relativement disparate : 1) le « golfe téthysien », annexe occidentale de l'océan Pacifique; 2) la Téthys fracturale correspondant approximativement à l'aire méditerranéenne. De ces deux domaines, la bordure méridionale, au Nord du supercontinent gondwan, compte des terres (Inde, Iran, Dinarides) qui, lors de l'évolution ultérieure aboutissant aux plissements alpins, se sont séparées de la Gondwanie pour aller s'accoler au Sud de la Laurasie.

Des annexes de la Téthys peuvent être reconnues par le fait des migrations d'Invertébrés marins qui les ont affectées, et correspondent aux grands cercles prolongeant la zone téthysienne. Ce sont des « passages faciles ».

Dans le Sud-Est asiatique se pose le problème de l'Insulinde, liée en partie à la Gondwanie par Timor et Sumatra, mais qui nous paraît avoir joui d'une certaine autonomie autour de la Terre de la Sonde, en Thaïlande et au Cambodge dont les faunes marines n'eurent jamais le cachet gondwan (*). L'ouverture du « golfe téthysien » sur l'océan Pacifique était donc au moins en partie rétrécie par un vieil ensemble continental plus ou moins submergé.

En ce qui concerne les annexes américaines, la disposition de leurs relations avec la Téthys s'est modifiée au cours de la période considérée. Au Carbonifère inférieur (Mississippien), la certitude d'une continuité marine s'impose vers l'Ouest avec l'Oklahoma, l'Arkansas et l'Illinois : la succession des zones de Goniates du Chestérien y suit de très près celle de la Cantabria, de la Moghrabia et du Sahara, qui étaient alors dans le voisinage de la zone appalachienne. On peut considérer les prochorèses comme pratiquement instantanées, à l'échelle du million d'années, entre cette annexe américaine et la Téthys fracturale. L'épeirogénèse mésocarbonifère, puis surtout la phase asturienne des orogénèses d'âge varisque ont eu pour corollaire la rupture de ces communications par l'assèchement progressif des bassins occidentaux de la Téthys, au Bachkirien (Montagne Noire, Moghrabia, Sahara) puis définitivement après le Moscovien (Libye, Niger, couloir de Béchar-Oujda, Cantabria). La mer de la Téthys fracturale se termine dès lors en cul-de-sac à l'Ouest, au niveau de la Tunisie.

Après cet épisode qui fit émerger *un continent eurafricain*, soudé au continent Nord-Atlantique, l'annexe américaine de la Téthys se déplaça vers l'Ouest avec regard sur l'océan Pacifique. Son axe se situa dans le Texas occidental et le Mexique (Coahuila, Sonora). Les faunes du Pennsylvanien supérieur et du Permien de cette région parvinrent à traverser le Pacifique, atteignirent le « golfe téthysien » et s'y insinuèrent mais les temps de prochorèses ne furent pas les mêmes pour tous. Les animaux à dispersion aisée, soit par leurs semences ou leurs larves soit par leurs adultes nageurs (Goniates), conservèrent un temps de prochorèse normal. Ceux qui se fixent après une très courte vie larvaire (Brachiopodes) ont eu des temps de prochorèse très lents, pouvant atteindre plusieurs millions d'années. Ces temps ont été accrus pour les organismes réfractaires aux mers froides du sud du « golfe Téthysien ».

En effet, le bord sud du « golfe Téthysien » fut en relation directe avec la glaciation gondwane, implantée essentiellement pendant l'Autunien, au sens large.

(*) Les données du paléomagnétisme confirment que la Malaisie ne fut pas Gondwane (Mac Elhinny, Haile et Crawford, *Nature*, 1974, 252, p. 641-645).

Cette zone froide était baignée par une mer transgressive lors des interglaciaires, de salinité variable, généralement assez faible. Une partie seulement des faunes téthysiennes put s'adapter à de telles conditions. Cette « mer à *Eurydesma* » a été la principale barrière à la progression des faunes chaudes dans un sens comme dans l'autre. Ce n'est qu'à partir de l'Artinskien que l'ensemble de ces faunes a pu gagner le bord sud du « golfe téthysien » et progresser vers la Téthys fracturale.

Une certaine homogénéisation des faunes de la zone téthysienne coïncide alors avec le développement des Verbeekiniidés de mer chaude. Cependant, les dernières séquences du Permien, précédant juste le Trias, montrent que la Téthys subissait alors une crise biologique presque insoutenable. En Téthys fracturale et dans une grande partie du golfe téthysien, les couches marines présentent les signes d'une réduction de profondeur avoisinant la cote zéro. Les mattes algaires, qui se multiplient, dessinent un immense ruban depuis le Tebaga (Tunisie) au moins jusqu'en Irak. Y vivent surtout des Bellérophons, qui caractérisent le niveau, mais le reste des Invertébrés marins varie d'un point à l'autre au hasard de la situation des bassins de spéciation. A la suite de cette période, sans doute très courte, l'ensemble s'exondait, mis à part quelques points très rares (Djoulfa, Salt Range).

Au terme de l'ère Primaire, la configuration de la ceinture téthysienne se présente de la manière suivante. Sa bordure septentrionale, constituant un bourrelet montagneux à peu près continu, part des monts de Marathon et compte les Appalaches, les chaînes Varisques d'Europe et les monts d'Asie centrale : c'est l'ensemble varisque, aussi nommé Altaïdes par E. Suess. Au Sud, la zone qui fait l'objet du présent article, composée par la bordure septentrionale de la Gondwanie, est relativement hétérogène. Il s'agit soit de terres ayant subi des mouvements contemporains de l'orogénèse varisque (la Cantabria, la Moghrabia; l'Hindou-Kouch aussi peut-être), soit de fragments de socle. Dès le Permien au plus tard, ces terres furent disloquées, du fait des contraintes occasionnées par les déplacements continentaux. En effet, l'ensemble pangéen, incomplètement divisé en deux au niveau de la Téthys fracturale qui avait subi un *mouvement général vers le Nord*, attesté par le déplacement relatif du pôle vers le Sud, se trouva dès lors freiné par le blocage eurafricain, conséquence de l'orogénèse varisque. La région continentale ancienne occupée par la Téthys fracturale fut la première frappée, fragmentée en petites plaques, tandis qu'apparaissait à la frontière avec le bourrelet varisque un rift, puis une zone comparable à une crête médio-océanique, engendrant au cours du Trias un océan méditerranéen, de largeur variable, plus grande vers le golfe téthysien, par exemple au niveau de l'Arabie alors longée par une zone ophiolitique (subduction). Des rifts secondaires développèrent d'autres écartements entre les plaques et la bordure nord-gondwané : pour la Téthys fracturale, ces petites plaques constituèrent l'essentiel des futurs Dinarides (au sens large) du système alpin.

Pour le golfe téthysien, un phénomène analogue mais plus tardif sépara du grand corps africain, pratiquement stabilisé, plusieurs lambeaux très importants : Madagascar à la fin du Permien, l'Inde péninsulaire (Dekan) au Secondaire et au Tertiaire, enfin l'Arabie au Pliocène. Plusieurs de ces lambeaux ont rejoint la Laurasie pendant l'ère Tertiaire et la contrainte qui en est résultée a provoqué le plissement d'une bonne partie des chaînes alpines : Alpes d'Europe, chaînes de Turquie, Zagros, Himalaya. Les causes géophysiques de cette *migration vers le Nord* sont encore à élucider. Si l'on veut comprendre l'actuelle mosaïque des abords de la Méditerranée, il faut pouvoir reconstituer la paléogéographie de la Pangée quand elle était encore presque intacte et pour cela continuer d'étudier les événements qui se sont passés au Carbonifère et au Permien.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMOS, A. J., 1957. — New Syringothyrid Brachiopods from Mendoza, Argentina. *Journ. of Pal.*, **31** (1), p. 99-104.
- AMOS, A. J., CAMPBELL, K. S. W. et GOLDRING, R., 1960. — *Australosutura* gen. nov. (Trilobite) from the Carboniferous of Australia and Argentina. *Palaeontology*, **3** (2), p. 227-236.
- ANDRIEUX, J. et BRUNEL, M., 1974. — Le décrochement de Chaman (Pakistan occidental). (2^e Réunion annuelle des Sc. de la Terre, Pont-à-Mousson, p. 8).
- ARGYRIADIS, I., 1974. — Mésogée permienne, chaîne hercynienne et cassure téthysienne. (2^e Réunion annuelle Sc. de la Terre, Pont-à-Mousson, p. 13).
- ARMSTRONG, J., 1970. — Micro-ornaments of the Spiriferid Brachiopods *Notospirifer*, *Ingelarella* and *Subansiria*. *Lethaia*, **3**, p. 287-300.
- ARMSTRONG, A. K., MAMET, B. L. et DUTRO, J. T., 1970. — Foraminiferal zonation and carbonate facies of Carboniferous (Mississippian and Pennsylvanian) Lisburne Group, central end eastern Brooks Range, Arctic Alaska. *Am. Ass. Pet. Geol. Bull.* **54**, (5), p. 687-698.
- AUDLEY-CHARLES, M. G., 1965. — Permian palaeogeography of the Northern Australia-Timor region. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeocol.*, **1**, p. 297-305.
- BOSTWICK, D. A. et NESTELL, M. K., 1967. — Permian Tethyan Fusulinid faunas of the Northwestern United States. *The Syst. Ass.*, n° 7, p. 93-102.
- BOULIN, J. et LYS, M., 1971. — Découverte de Carbonifère et de Permien marins à Khinjan sur le Versant nord de l'Hindou Kouch en Afghanistan. *C. R. Ac. Sc.*, **273**, p. 555-557.
- BOULIN, J., BOUYX, E. et LYS, M., 1973. — Découverte de Carbonifère inférieur marin (Viséen et Namurien A) à l'Est du col de Shabar, dans le versant méridional de l'Hindou Kouch en Afghanistan. *C. R. Ac. Sc.*, **277**, p. 129-132.
- BOURROUILH, R., 1973. — Stratigraphie, sédimentologie et tectonique de l'île de Minorque et du NE de Majorque (Baléares). *Thèse*, Paris VI.
- BOURROUILH, R. et TERMIER, G., 1974. — *Balearocrinus breimeri* nov. gen. Nov. sp. *Ann. Soc. Géol. Nord* (sous presse).
- BOYD, D. W. et NEWELL, N. D., 1972. — Taphonomy and diagenesis of a Permian fossil assemblage from Wyoming. *Journ. of Pal.*, **46**, 1, p. 1-14.
- BURRETT, C. F., 1972. — Plate tectonics and the Hercynian orogeny. *Nature*, **239**, p. 155-157.
- CAMPBELL, K. S. W., 1959. — The *Martiniopsis*-like Spiriferids of the Queensland Permian. *Palaeontology*, **1**, **4**, p. 333-350.
- CAMPBELL, K. S. W., 1959. — The type species of three Upper Palaeozoic punctate Spiriferoids. *Ibid.* **1** (4), p. 351-363.
- CHABRIER, G. et MASCLE, G., 1974. — Les rapports de la Provence et du domaine sarde. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. **278**, série D, p. 2881-4.
- CHANTON, N., 1963. — Étude de la microfaune du Viséen au Moscovien de différents bassins sahariens. *B.S.G.F.* (7) 5/3, p. 383-392.
- CHI-TUAN, T. T., 1961. — Les Brachiopodes permien de Phnom-Tup (Sisophon, Cambodge). *Ann. Fac. Sci. Saïgon*, p. 257-308.
- CHI-TUAN, T. T., 1962. — Les Brachiopodes permien de Cam-Lo (Province de Quang-Tri). *Ibid.*, p. 485-498.
- CONIL, R. et LYS, M., 1964. — Matériaux pour l'étude micropaléontologique du Dinantien de la Belgique et de la France (Avesnois). I. Algues et Foraminifères. *M.I.G.U.L.*, **23**, 372 p., 42 pl.
- CONRAD, J. et TERMIER, G., 1970. — Trilobites tournaisiens du Sahara occidental et central. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, **60** (3-4), p. 67-79.

- CONRAD, J. et LEGRAND-BLAIN, M., 1971. — *Titanaria africana* nov. sp., un nouveau Gigantoproductide du Namurien saharien. *Ibid.*, **62** (3-4), p. 107-128.
- COOPER, G. A. et GRANT, R. E. — Permian Brachiopods of West Texas, I. *Smithson. Contrib. to Paleobiol.*, **14** (1972). II. *Ibid.*, **15** (1974).
- DEAN, W. T., 1972. — The Trilobite genus *Holasaphus* Matthew 1895 in the Middle Cambrian Rocks of Nova Scotia and Eastern Turkey. *Canad. Journ. of Earth Sci.*, **9**, p. 266-279.
- DELEAU, P. et MARIE, P., 1961. — Les Fusulines du Westphalien C du bassin d'Abadla et quelques Foraminifères du Carbonifère algérien (région de Colomb-Béchar). *Serv. Carte Géol. Algérie, Bull.* **25**, p. 45-160.
- DELPEY, G., 1939. — Crinoïdes du Viséen supérieur dans le Pays de Skoura (Haut-Atlas, Maroc). *B. S. Sc. Nat. Maroc*, **19**, p. 214-220.
- DEWEY, J. F., PITMAN III, W. C., RYAN, W. B. F. et BONNIN, J., 1973. — Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **84**, p. 3137-3180.
- DIETZ, R. C. et HOLDEN, J. C., 1971. — Pre-mesozoic oceanic crust in the eastern Indian ocean (Wharton Basin). *Nature*, **229**, p. 309-312.
- DOUBINGER, J., 1973. — Études palynologiques dans l'Autunien : comparaison des associations sporologiques avec celles du Permien des séries marines. *Rev. Palaeob., Palyn.* coll. C.I.M.P. Boussens.
- FURNISH, W. M., 1972. — Permian stages names. The Permian and Triassic systems and their mutual boundary. *Bull. Can. Petr. Geol.*, **21**, p. 522-548.
- FURNISH, W. M., GLENISTER, B. F., NAKASAWA, K. et KAPOOR, H. M., 1973. — Permian Ammonoid *Cyclolobus* from the Zewan formation, Guryul Ravine, Kashmir. *Science*, **180**, p. 188-190.
- FURNISH, W. M. et SAUNDERS, W. B., 1971. — Ammonoids from the Middle Chester Beach Creek Limestone, St Clair County. *Univ. Kansas Pal. Contr.*, **51**, p. 1-14.
- FURNISH, W. M. et MANGER, W. L., 1973. — Type Kinderhook Ammonoids. *Proc. Iowa Ac. Sci.*, **80**.
- GLENISTER, B. F., WINDLE, D. L. Jr et FURNISH, W. M., 1973. — Australasian Metalegoceratidae (Lower Permian Ammonoids). *Journ. of Pal.*, **47** (6), p. 1031-1043.
- GLINTZBOECKEL, Ch. et RABATÉ, J., 1964. — Microfaunes et microfaciès du Permio-Carbonifère du Sud Tunisien. Leiden : E. J. Brill.
- GRANT, R. E., 1970. — Brachiopods from Permian-Triassic boundary beds and age of the Chhidru Formation, West Pakistan, p. 117-151, 3 pl. in Kummel B et Teichert C : Stratigraphic boundary problems : Permian and Triassic of West Pakistan. *Univ. Kansas, Dep. Geol., Sp. Publ.* 4.
- GRANT, R. E., 1972. — The lophophore and feeding mechanism of the *Productina*. (Brachiopoda). *Journ. of Pal.*, **46** (2), p. 213-248.
- GUERNET, Cl. et TERMIER, G., 1971. — Sur un Sphinctozoaire (Spongiaire) du Permien de l'Eubée (Grèce) : *Amblysiphonella canaliculata* nov. sp. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **91** (2), p. 141-143.
- HAHN, G. et HAHN, R., 1967. — Zur Philogenie der Proetidae (Trilobita) des Karbons und Perms. *Zool. Beitr.*, N.F., **13**, p. 303-349.
- HEWITT, P. C. et CONIL, R., 1969. — Foraminifères du Méramécien et du Chestérien des États-Unis (Tennessee). *Bull. Soc. Géol. Belgique*, **78** (3-4), p. 175-185.
- ISHII, K. I. et NOGAMI, Y., 1964. — Contributions to the geology and palaeontology of Cambodia. I. Permian Fusulinids. *J. Geosc. Ozaka Univ.*, **8** (2).
- HILL, D., 1948. — The distribution and sequence of Carboniferous coral faunas. *Geol. Mag.*, **85** (3), p. 121-148.
- JOHNSON, G. A. L., 1973. — Closing of the Carboniferous Sea in Western Europe. *Implic. Contin. Drift to Earth Sci.*, **2**, p. 843-850.
- KAMEN-KAYE, M., 1972. — Permian Tethys and Indian Ocean. *The Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, **56** (10), p. 1984-1999.

- KULLMANN, J., 1961. — Die Goniaticites des Unterkarbons im Kantabrischen Gebirge (Nordspanien). *N. Jb. Geol. Pal.*, **113** (3), p. 219-326.
- LAPPARENT, A. F. de, TERMIER, H. et TERMIER, G., 1970. — Sur la stratigraphie et la paléobiologie de la série permo-carbonifère du Dacht-e-Nawar (Afghanistan). *B.S.G.F.* (7), p. 565-572.
- LAPPARENT, A. F. de, TERMIER, H. et TERMIER, G., 1971. — Découverte de la faune d'Umaria en Afghanistan. *C. R. Ac. Sc.*, **272**, D, p. 381-384.
- LEGRAND-BLAIN, M., 1970. — Quelques *Choristites* (Spiriferacea) du Namuro-Moscovien de la région de Béchar, Algérie. *CR 6^e Congr. Intern. Strat. Géol. Carbon. Sheffield*, p. 1066-1076.
- LEGRAND-BLAIN, M., 1973. — Les Gigantoproductides (Brachiopodes) du Sahara algérien. I. Gigantoproductides viséens. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, **64**, (1-2), p. 79-158.
- MAMET, B. L., 1968. — Sur une microfaune du Viséen supérieur de Terre-Neuve. *Naturaliste Canad.*, **95**, p. 1357-1372.
- MAMET, B. L., CHOUBERT, G. et HOTTINGER, L., 1966. — Notes sur le Carbonifère du Jebel Ouarkiz. Étude du passage du Viséen au Namurien d'après les Foraminifères. *Notes Serv. Géol. Maroc*, **198**, 27, p. 7-21.
- MAMET, B. L. et OMARA, S., 1969. — Microfacies of the Lower Carboniferous dolomitic limestone formation of the Um Bogma Terrane (Sinai, Egypt). *Contr. Cush. Found. Research*, XX (3), 372, p. 106-109.
- MAMET, B. L. et SAURIN, E., 1970. — Sur la microfaune de Foraminifères carbonifères du Sud-Est asiatique. *B.S.G.F.* (7) XII (2), p. 356-363.
- MARTIN, H., WALLISER, O. H. et WILCZEWSKI, N., 1970. — A Goniaticite from the Glaciomarine Dwyka beds near Schlip, South West Africa. 2^e *Gondw. Symp.*, p. 621-625.
- MASSA, D., TERMIER, H. et TERMIER, G., 1974. — Le Carbonifère de Libye occidentale. Stratigraphie et Paléontologie. *Mém. H. Vautrin, C.F.P.*, p. 139-206, 5 + 11 fig., 2 tabl., 7 textfig., 12 pl.
- MOROZOVA, I. P., 1970. — Mchanki Pozdnei Permi. *Akad. Nauk SSSR, Trud. Pal. Inst.*, **122**, 407 p., 17 tabl., 64 pl.
- NEWELL, N. D. et BOYD, D. W., 1970. — Oyster-like Permian Bivalvia. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **143** (4), p. 219-281.
- OMARA, S. et CONIL, R., 1965. — Lower Carboniferous Foraminifera from South-Western Sinai, Egypt. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **88** (5), p. 221-242.
- OMARA, S. et SCHULTZ, G. 1965. — A Lower Carboniferous microflora from South Western Sinai. *Palaeontographica* (B) **117**, p. 47-58.
- OMARA, S. et VANGEROW, E., 1965. — Carboniferous (Westphalian) Foraminifera from Abu Darag, Eastern Desert, Egypt. *Geol. e. Mijnbouw*, **44** (3), p. 87-93.
- OMARA, S. et KENAWY, A. 1966. — Upper Carboniferous microfossils from Wadi Araba, Eastern Desert, Egypt. *N. Jb. Geol. Pal. Abh.*, **124** (1), p. 56-83.
- ORGANOVA, N. M., 1964. — Stratigraphy of Permian deposits of the region of conjunction of Sino-Korean Platform and Sikhote-Alin and their correlation with Permian deposits of Southern Asia. *Geol. and Geof.*, **3**, *Acad. Sci. USSR, Siber.*, **3**, p. 58-66.
- PANTIC, Sm., 1970. — Litostratigraphy and micropaleontology of the Middle and Upper Permian of Western Serbia. *Bull. Inst. Geol. and Geoph. Res.* (Geology), ser. A (27), 1969, p. 201-215.
- PAREYN, Cl., TERMIER, H. et TERMIER, G., 1971. — Les Bivalves ostréiformes du Sahara. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **91** (4), p. 229-239, pl. 37-40.
- PAREYN, Cl., LEMOSQUET, Y. et WEYANT, M., 1974. — Zones de Conodontes dans le Carbonifère du Sahara nord-occidental. 2^e Réunion ann. Sci. de la Terre, Pont-à-Mousson, p. 304.
- PETRYK, A. A., MAMET, B. L. et MacQUEEN, R. W., 1970. — Preliminary Foraminiferal zonation, Rundle group and uppermost Banff Formation (Lower Carboniferous), Southwestern Alberta. *Bull. Canada Pétrol. Géol.*, **18** (1), p. 84-103.

- POJETA, J., RUNNEGAR, B., MORRIS, N. J. et NEWELL, N. D., 1972. — *Rostroconchia* : a new class of Bivalved Mollusks. *Science*, **117** (4045), p. 264-267.
- QUINN, H. H. et SAUNDERS, W. B., 1968. — The Ammonoids *Hudsonoceras* and *Baschirites* in the Morrowan series of Arkansas. *Journ. of Pal.*, **42** (2), p. 397-402.
- RAMOVŠ, A., 1956. — Razvoj zgornjega Perma v Loskih in Polhograjskih hribih.
- RIGBY, J. K., 1971. — Sponges and Reef and related facies through time. *Proc. North Amer. Pal. Conv.*, J, p. 1374-1388.
- RIGBY, J. K. et SWENSEN, A. G., 1972. — Pennsylvanian Sponges from the Oquirrh group of Central Utah. *Brigham Young Univ. Geol. Stud.*, **19** (2), p. 127-132.
- RIGBY, J. K. et WASHBURN, A. T., 1972. — A new Hexactinellid Sponge from the Mississippian-Pennsylvanian Diamond Peak Formation, in Eastern Nevada. *Journ. of Pal.*, **46** (2), p. 266-270.
- RIGBY, J. K., 1973. — Permian Sponges from Northwestern British Columbia. *Can. Journ. Earth Sci.*, **10** (11), p. 1600-1606.
- RIGBY, J. K. et TERRELL, F. M., 1973. — Permian Sponges from Western Ellesmere Island, Arctic Canada. *Can. Journ. Earth Sci.*, **10** (9), p. 1431-1443.
- SAUNDERS, W. B., 1971. — The Somoholitidae : Mississippian to Permian Ammonoidea. *Journ. of Pal.*, **45** (1), p. 100-118.
- SAUNDERS, W. B., 1973. — Upper Mississippian Ammonoids from Arkansas and Oklahoma. *Geol. Soc. Amer. Sp. Pap.* 145.
- SCHENK, P. E., 1971. — Southeastern Atlantic Canada, Northwestern Africa and continental drift. *Can. Journ. Earth Sci.*, **8**, p. 1218-1251.
- SCHROEDER, R., CHERCHI, A., GUELLAL, S. et VILA, J. M., 1974. — Biozonation par les grands Foraminifères du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur et moyen des séries néritiques en Algérie NE. Considérations paléobiogéographiques. VI^e Coll. Afr. Micropal. Tunis.
- SEILACHER, A., 1961. — Die Sphinctozoa, eine gruppe fossiler Kalkschwämme. *Abhand. Math. Naturw.*, **10**, p. 725-790.
- SOLOVIEVA, M. N. et KRACHENINNIKOV, V. A., 1965. — Nekotorye obchie osobennosti kompleksov Foraminifer i stratigraphy srednego Carbona Afrikanskoy i Russkoï Platform. *Geol. Inst. Ak. Nauk URSS*, **9**, 44 p.
- SPINOSA, C., FURNISH, W. M. et GLENISTER, B. F., 1970. — Araxoceratidae, Upper Permian Ammonoids from the Western Hemisphere. *Journ. of Pal.*, **44**, p. 730-736.
- TARAZ, H., 1969. — Permo-Triassic section in Central Iran. *Amer. Ass. Petr. Geol. Bull.*, **53** (3), p. 688-693.
- TARAZ, H., 1971. — Uppermost Permian and permo-triassic transition beds in Central Iran. *Ibid.*, **55** (8), p. 1280-1294.
- TARAZ, H., 1973. — Correlation of Uppermost Permian in Iran, Central Asia and South China. *Ibid.*, **57** (6), p. 1117-1133.
- TEICHERT C., KUMMEL, B. et KAPOOR, H. M., 1970. — Mixed Permian-Triassic fauna, Guryul Ravine, Kashmir. *Science*, **167**, p. 174-175.
- TEN DAM, A. et TOLUN, N., 1961. — Struttura della Turchia. *Boll. Geol. Soc. Ital.*, **80** (3), p. 45-80.
- TERMIER, H., 1931. — Sur un trait paléogéographique important du Dévonien et du Carbonifère de la province méditerranéenne. *C. R. Som. S. G. F.*, **68**.
- TERMIER, H., 1936. — Études géologiques sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional. 1423 p., 26 tabl., 63 fig., 61 pl. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1948. — Les phénomènes de spéciation dans le genre *Halorella*. *Notes Serv. Géol. Maroc*, n° 1, p. 47-63.

- TERMIER, H. et TERMIER, G. 1950. — Paléontologie marocaine. *Actualités Scientifiques*, Hermann.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1950. — Affinités des faunes nord-africaines au cours de l'ère Primaire. *La Revue Scientif.*, **3308**, p. 209-216.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1955. — Sur un faciès à « Algues » (*Ortonosia laminata*) observé dans le Permien du Djebel Tebaga, Extrême Sud Tunisien. *C. R. som. S. G. F.*, 9-10, p. 204-206.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1957. — L'évolution de la Lithosphère. Orogénèse II. (Masson).
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1958. — Les grandes phases arides des temps géologiques. Leur place dans l'histoire de la Terre et leurs répercussions sur l'histoire de la Vie : exemple du Permien. *Revue Génér. des Sciences*, LXV, 3-4, p. 83-91.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1960. — L'épeirogénèse méso-carbonifère et ses conséquences. *Bull. Soc. Géol. France*, 7^e, II, p. 677-686.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1970. — Ammonoïdes de l'Artinskien (Zygarien) de la montagne de Bamyan (Afghanistan). *Ann. Soc. Géol. Nord*, XC (2), p. 93-100.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1970. — Les Productoides du Djoufien (Permien supérieur) dans la Téthys orientale : essai sur l'agonie d'un phylum. *Centen. Soc. Géol. Nord*, XC (4), p. 443-461.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1971. — Bryozoaires du Paléozoïque supérieur d'Afghanistan. *Doc. Labo. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **47**.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1973. — Stromatopores, Sclérosponges et Pharétrones : les Ischyrospongia. Livre Jubil. Marcel Solignac, *Ann. Mines et Géol., Tunis*, **26**, p. 285-297.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1974. — Sedimentary behaviour and skeletal textures available in growth cycles analysis. *NATO Symp.*, Newcastle-upon-Tyne.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1974. — Spongiaires permien du Djebel Tebaga (Tunisie). *C. R. Ac. Sc.*, **278**, p. 2111-2114.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1974. — Les Gastéropodes du Djebel Tebaga (Sud tunisien) dans le contexte téthysien. *C. R. Ac. Sc.*, **278**.
- TERMIER, H. et TERMIER, G., 1974. — *Pseudophillipsia azzouzi* nov. sp., Trilobite Grifithididé permien du Djebel Tebaga. (Tunisie).
- TERMIER, G., TERMIER, H., MARIN, Ph., DESPARMET, R. et LAPPARENT, A. F. de, 1973. — Données nouvelles sur la transgression glacio-eustatique permocarbonifère (Gzhélien-Sakmarien) en Afghanistan central. *C. R. Ac. Sc.*, **276**, p. 943-947.
- TERMIER, H., TERMIER, G., DESPARMET, R. et MONTENAT, C., 1972. — Les Ammonoïdes du Permien (Kubergandien) de Tezak (Afghanistan central). *Ann. Soc. Géol. Nord*, XCII, p. 105-115.
- TERMIER, H., TERMIER, G. et LAPPARENT, A. F. de, 1973. — Grands Bivalves récifaux du Permien supérieur de l'Afghanistan central. *Ann. Soc. Géol. Nord*, XCIII, p. 75-80, pl. 13-14, 6 textfig.
- TERMIER, H., TERMIER, G. et VACHARD, D., 1974. — Stratigraphie des microfaunes et des macrofaunes du Givétien au Namurien dans le Maroc central. VI^e Congrès Africain de Micropal.
- TERMIER, H., TERMIER, G. et VACHARD, D., 1975. — Monographie paléontologique des affleurements permien du Djebel Tebaga (Sud Tunisien). *Palaeontographica*, (sous presse).
- TISCHLER, H., 1963. — Fossils, faunal zonation and depositional environment of the Madera formation, Huerfano Parc, Colorado. *Journ. of Pal.*, **37** (5), p. 1054-1068.
- VACHARD, D., 1974. — Contribution à l'étude stratigraphique et micropaléontologique (Algues et Foraminifères) du Dévonien-Carbonifère inférieur du versant méridional de la Montagne Noire (Hérault, France). Thèse 3^e cycle, Paris VI; 400 p., 28 pl.

- VILMINOT, J. C. et ROBERT, U., 1974. — A propos des relations entre le volcanisme et la tectonique en Mer Egée. *C. R. Ac. Sc.*, **278**, 17, p. 2099-2102.
- WAAGEN, W. et WENTZEL, 1887. — Salt Range Fossils. I. Productus Limestones fossils. *Pal. Indica*, ser. 13, vol. 1 : part 6, p. 854-892, 904-924; part 7, p. 963-966.
- WATERHOUSE, J. B., 1970. — Correlation of marine Permian faunas for Gondwana. *2nd Sump. Gondwana*, p. 381-394.
- WATERHOUSE, J. B. et PIYASIN, S., 1970. — Mid-Permian Brachiopods from Khao Phrik, Thailand. *Palaeontogr. A*, **135** (3-6), p. 83-197.
- WINKLER PRINS, C. F., 1970. — The Brachiopod faunas from the AEGIR marine Band and of the British, Belgian and Dutch Marine sands of the same age. *Rapport G.B.* **1153**.