

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Série B, Botanique, Tome XXVII

ENTRETIENS DU MUSÉUM

PALYNOLOGIE ET CLIMATS

16-18 octobre 1979

ÉVIDENCES PALYNOLOGIQUES SUR LES RELATIONS ENTRE LE CLIMAT ET LA DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DES FLORES DÉVONIENNES ET DINANTIENNES

PAR

M. STROEL *

Résumé. — La distribution de spores caractéristiques dévoniennes est analysée à partir d'une nouvelle paléogéographie (HECKEL & WITZE) basée avant tout sur la répartition de sédiments considérés comme indicateurs paléoclimatiques. L'influence des courants océaniques modifiant l'ordonnance régulière des climats en fonction de la latitude a pu jouer un rôle important dans la distribution des végétaux au Dévonien. Une zonation phytogéographique latitudinale est cependant évidente au Dévonien supérieur. Elle semble s'atténuer à l'extrême sommet du Dévonien et au Tournaisien. Au sommet du Tournaisien et au Viséen, la migration des continents vers le Nord interfère avec la différenciation progressive de la grande glaciation gondwanienne comme causes probables de la zonation phytogéographique.

Summary. — The world distribution patterns of some characteristic Devonian spores is considered, taking into account a new palaeogeography (HECKEL & WITZE) which is based entirely on lithic indicators of palaeoclimates. Ocean currents, which may well have had a considerable modifying effect on the latitudinal zonation of Devonian climates, probably played an important role in determining the distribution patterns of the vegetation during much of the Devonian. However, in the Upper Devonian there is evidence that the phytogeographical zonation was essentially latitudinal. This zonation becomes less obvious in the uppermost Devonian and the Tournaisian; in the late Tournaisian and Viséan, northward drift of the continents probably modified the effects of the progressive onset of the great Gondwanian glaciation and aided in determining the phytogeographical zonation.

1. Introduction.

L'origine des plantes vasculaires au Silurien est un fait généralement, sinon unanimement, accepté. Il faut attendre cependant le Dévonien moyen (Givétien) pour que des plantes d'une taille importante, avec manifestement des parties aériennes perennes, se propagent largement sur les continents. En effet, pendant le Dévonien inférieur, les végétaux fossiles montrent une grande diversification de structures de plus en plus complexes (CHALONER & SHEERIN, 1979) qui semble s'opérer de manière synchrone à la surface des continents, ce qui est un argument en faveur d'une pangée en formation dès cette époque. Les continents ainsi associés supportent des climats apparemment peu contrastés puisque l'on trouve des microfossiles végétaux d'âge Emsien à très courtes distances du pôle qui se situe alors à l'extrémité sud de l'Afrique (MCGREGOR, 1979, text-fig. 12) et qui, ainsi, ne semble pas porter de calotte glaciaire.

La distribution des végétaux n'est évidemment pas uniforme à la surface de ces continents. Le taux d'endémisme est probablement considérable. On peut l'apprécier au travers d'une étude faite

* Paléobotanique et Paléopalynologie, Université, 7 place du Vingt Août, 4000 Liège, Belgique.

par McGREGOR (1977) et qui compare des assemblages de spores, d'âges emsien-eifélien du Sud de la baie d'Hudson, de Gaspé et de l'Eifel. Sur 89 taxa connus à Gaspé, 59 seulement ont été vus dans les autres assemblages, ce qui correspond à un endémisme de 33 %. Les dissemblances des microflores américaines entre elles et avec celles de l'Eifel sont grosso modo fonction de la distance qui les sépare. Confrontées aux assemblages de même âge étudiés dans l'Antarctique, les différences sont, comme on peut s'y attendre, encore plus importantes. BAR & RIEGEL (1974) qui comparent entre elles des microflores, d'âges givetien-frasnien, du Ghana et du Brésil alors très proches, concluent à leur identité et s'étonnent de leur ressemblance avec les assemblages d'Afrique du Nord malgré une nette différence en latitude. De ces comparaisons, sur la portée desquelles nous nous sommes expliqué par ailleurs (STREEL, 1974) en donnant d'autres exemples, ne semble ressortir aucune image d'une distribution de végétaux liée plus particulièrement à leur position latitudinale, même dans les régions polaires (contrairement à l'opinion d'EDWARDS, 1973). Il est difficile de faire correspondre cet endémisme prononcé avec un quelconque compartimentage climatique sans une meilleure connaissance de la paléogéographie.

Or, les reconstitutions paléogéographiques du Dévonien sont relativement nombreuses et souvent contradictoires. La plupart se fondent sur les études de paléomagnétisme, assumant une identité de position entre pôle magnétique et pôle de rotation (pôle géographique). Elles diffèrent notamment dans la mesure où le paléomagnétisme ne permet pas de fixer les positions en longitude des continents.

À l'occasion du symposium sur le Système Dévonien, qui s'est tenu à Bristol en 1978, une nouvelle carte a été présentée (HECKEL & WITZKE, 1979). Reconstituée essentiellement pour le Dévonien moyen (Fig. 1), elle a le mérite d'être construite à partir d'une étude des répartitions actuelles de

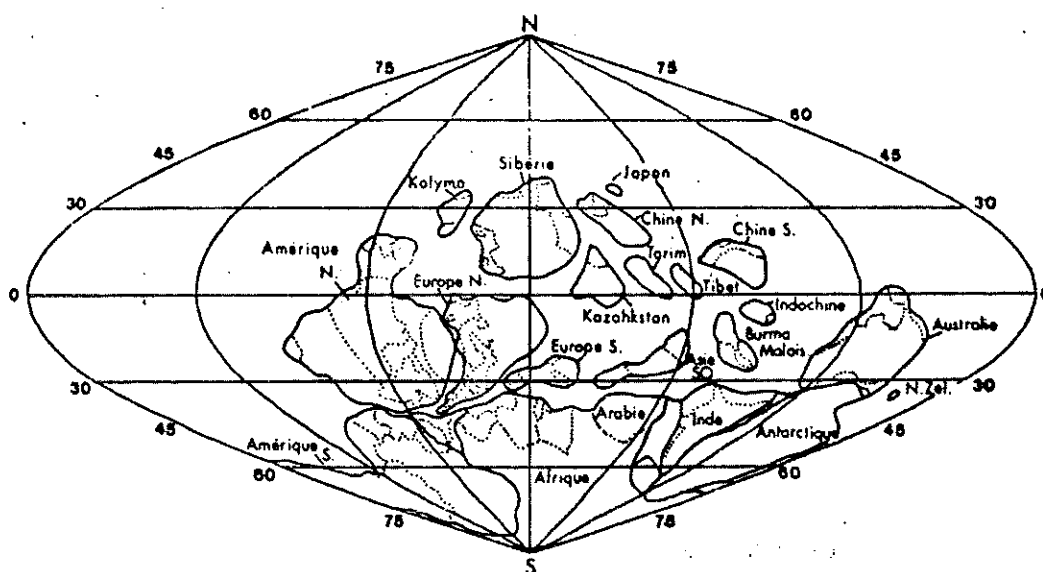


FIG. 1. — La position des continents actuels au Dévonien moyen d'après HECKEL & WITZKE (1979).

caractéristiques sédimentaires considérées comme indicateurs climatiques et appliquée ensuite au Dévonien. Elle se réconcilie avec les cartes basées sur le paléomagnétisme, moyennant une disjonction entre pôle magnétique et pôle de rotation. Elle se différencie principalement des reconstitutions qui l'ont précédée par une position de l'équateur sur le continent des Vieux Grès Rouges, située au niveau de l'Alaska et de l'Oural, déplaçant ainsi la masse des continents vers l'hémisphère sud. Cette reconstitution est assortie d'un schéma provisoire des courants océaniques qu'elle impose (Fig. 2 à 5). Nous avons tenté de lui confronter les dernières informations paléobotaniques et palynologiques disponibles.

2. Distributions cosmopolites de microfossiles végétaux et influence des courants océaniques modifiant les climats.

Parmi les espèces que MCGREGOR (1977) propose comme représentant des distributions cosmopolites typiques, nous avons retenu : *Dibolisporites echinaceus* à l'Emsien (Fig. 2) et *Spelaeotriletes lepidophytus* au sommet du Dévonien (Fig. 3). Chacune est un élément abondant des populations de spores de leurs assemblages respectifs. La deuxième, par la fréquence des observations, se prête cependant le mieux à une analyse plus détaillée, et nous l'avons entreprise précédemment (STREEL, 1974). Cette étude était basée sur le calcul des coefficients de similitude de SIMPSON et de JACCARD, à partir de 184 espèces dans l'intervalle stratigraphique Famennien-Tournaisien. Nous avons conclu, en particulier au niveau de la zone à *S. lepidophytus*, à une affinité plus marquée entre les flores nord-africaine et nord-américaine que ne le suggérait la reconstitution paléogéographique (SMITH, BRIDEN & DREWY, 1973) utilisée alors (STREEL, 1974, fig. 1). Celle que nous utilisons aujourd'hui rapproche plus encore en mer épicontinentale les points d'échantillonnage africains et ouest-européens, mais propose clairement d'autre part une meilleure connection continentale entre l'Afrique et l'Amérique du Nord par l'intermédiaire de l'Amérique du Sud.

Plus importante peut-être est la différence climatique qui est proposée par HECKEL & WITZKE (1979) entre une paléotéthys où circulaient des courants océaniques chauds et l'océan sud-ouest d'où des courants plus froids auraient pu pénétrer profondément, jusqu'à l'extrémité occidentale de la paléotéthys, affectant les côtes de l'Afrique occidentale.

Si l'on accepte une telle circulation océanique avec son incidence au moins sur les climats côtiers, l'image de la distribution climatique latitudinale peut s'en trouver profondément modifiée. On comprend mieux alors les observations de BAR & RIEGEL (1974), rappelées plus haut, sur les affinités entre les assemblages du Ghana et ceux de l'Afrique du Nord.

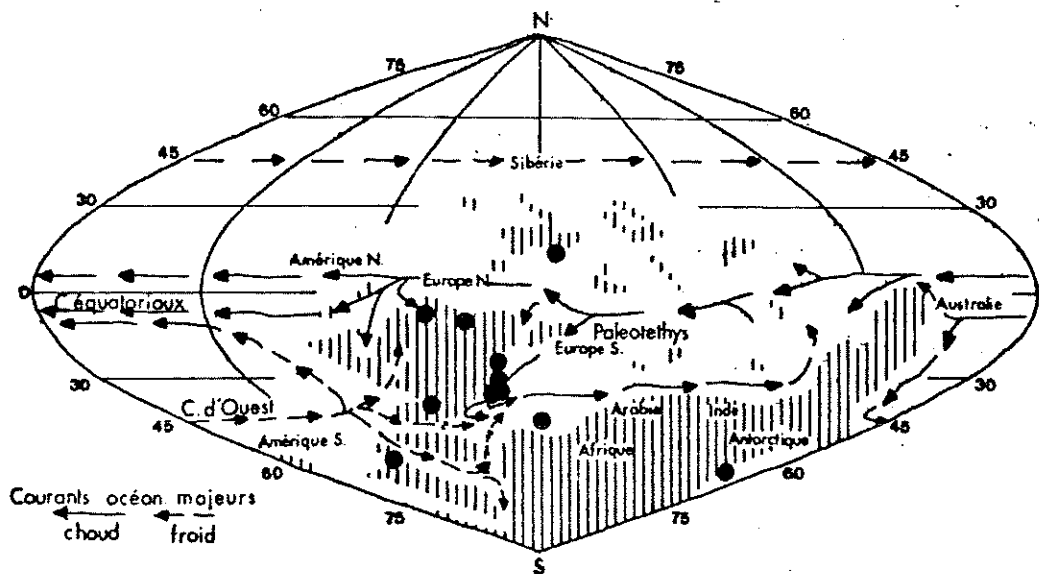


FIG. 2. — Distribution géographique de *Dibolisporites echinaceus* au Dévonien inférieur, d'après MCGREGOR (1979). Les hachures verticales représentent les continents au Dévonien moyen, les flèches les courants océaniques principaux d'après HECKEL & WITZKE (1979).

3. Zonation climatique latitudinale au Dévonien supérieur.

Le cosmopolitisme des végétaux dévoniens (et dinantiens) est une notion répandue que peu de faits ont pu ébranler jusqu'ici. La nouvelle carte paléogéographique permet des observations nou-

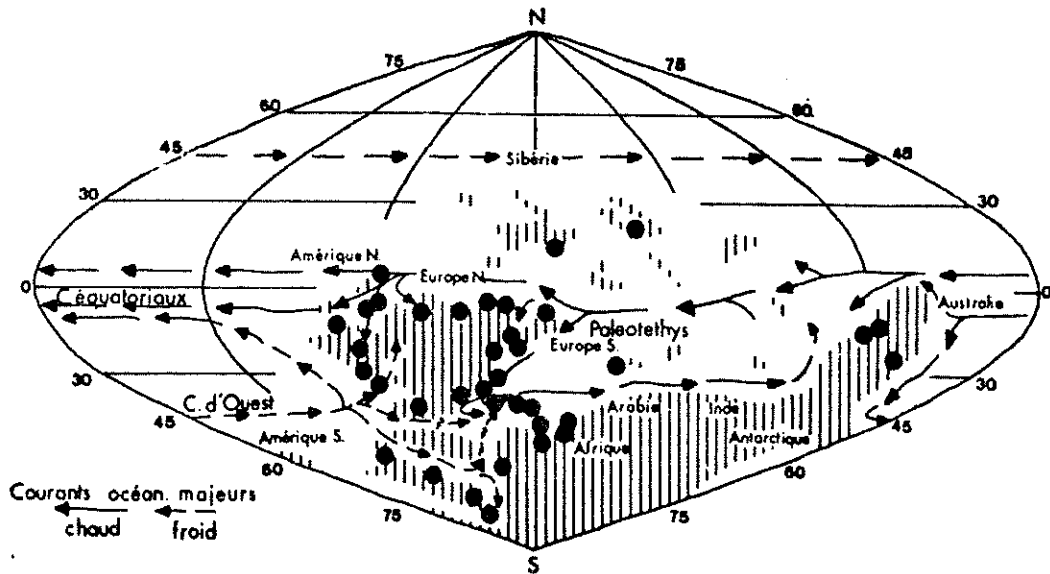


FIG. 3. — Distribution géographique de *Spelaotriletes lepidophytus* au sommet du Dévonien d'après STREEL (1974), MCGREGOR (1979) et observations inédites.

Les hachures verticales représentent les continents au Dévonien moyen, les flèches les courants océaniques principaux d'après HECKEL & WITZKE (1979).

velles à ce sujet. Le complexe fossile formé (MCGREGOR, 1969) par la plante *Kryshstofovichia africana*, sa mégaspore *Nikitinsporites* et sa microspore *Archaeoperisaccus* est assurément le meilleur exemple d'une distribution phytogéographique dévonienne localisée. Confrontée jusqu'à présent aux seules cartes paléogéographiques basées exclusivement sur le paléomagnétisme, elle montrerait une localisation curieusement centrée sur l'aire tropicale de l'hémisphère nord (MCGREGOR, 1979, text-fig. 13), sans contrepartie au Sud alors que des assemblages de même âge (frasnien) y sont connus en nombre comparable (*op. cit.*, text-fig. 11).

L'ensemble de ces observations a été reporté (Fig. 4) sur la nouvelle carte paléogéographique. Elle indique sans ambiguïté une distribution intertropicale de ce complexe fossile, démontrant ainsi l'existence d'une zonation climatique latitudinale particulièrement nette au Frasnien. Des formations glaciaires ont été signalées dans les sédiments du Dévonien Supérieur d'Amérique du Sud (voir SALOP, 1977) qui pourraient expliquer ces contrastes climatiques.

La distribution de ce complexe fossile restreinte au continent des Vieux Grès Rouges et à la plaque sibérienne, suggère de plus deux remarques alternatives : soit que ces espèces sont strictement équatoriales, impliquant alors un rapprochement plus important dès le Frasnien, de la plaque sibérienne vers l'Europe du Nord, soit que ces espèces sont au contraire intertropicales comme proposé plus haut, avec le corollaire que leur distribution serait limitée au Sud par la pénétration des courants plus froids auxquels nous avons déjà fait allusion.

Cyrtospora cristifer est une espèce à morphologie très caractéristique, qui apparaît au sommet du Frasnien et se poursuit dans le Dinantien.

Au Dévonien Supérieur (non compris l'extrême sommet), elle paraît aussi liée à la région équatoriale sur le continent des Vieux Grès Rouges (Fig. 5). Cette observation renforce donc l'impression d'une zonation climatique à contrastes marqués au Dévonien Supérieur.

4. Atténuation des contrastes climatiques à l'extrême sommet du Dévonien et au Tournaisien.

En revanche, à l'extrême sommet du Dévonien et au Tournaisien (Fig. 5), la distribution de *C. cristifer* s'élargit en latitude (VAN DER ZWAN, 1979, fig. 3 : *C. cristifer* variant A + B). Dans l'hémis-

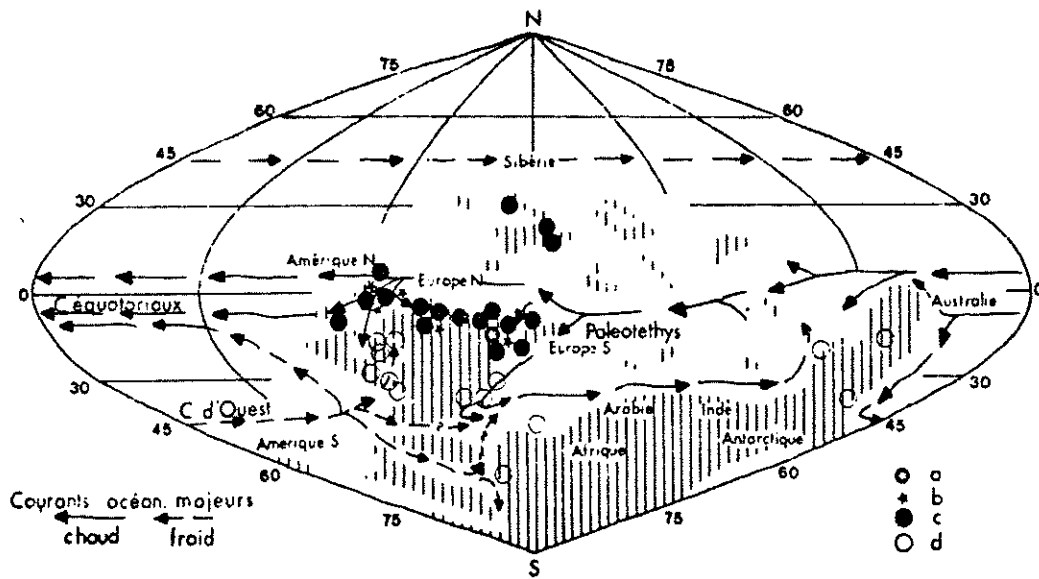


FIG. 4. — Distribution géographique de *Kryštofovichia africana* (a), *Nikitinsporites* (b) et *Archaeoperisaccus* (c), d'après MCGREGOR (1969 et 1979). Distribution géographique d'assemblages frasniens dépourvus de ces espèces (d), en partie d'après MCGREGOR (1979, text-fig. 11).
Les hachures verticales représentent les continents au Dévonien moyen, les flèches les courants océaniques principaux d'après HECKEL & WITZKE (1979).

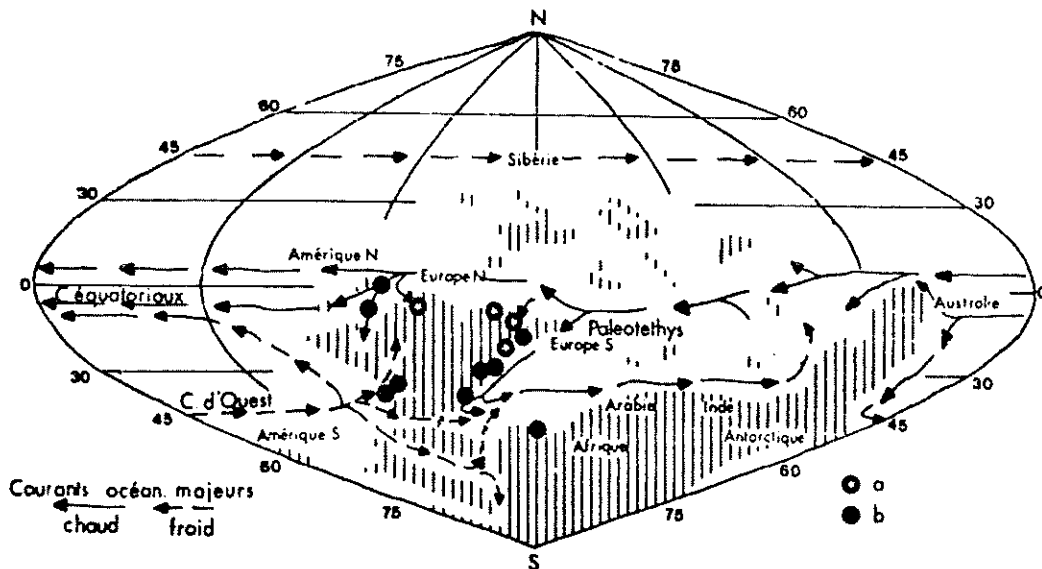


FIG. 5. — Distribution géographique de *Cyrtospora cristifer*, au Famennien (pré-lepidophytus z.) (a), au Famennien et à l'extrême sommet du Dévonien (*lepidophytus z.*) (b) en partie d'après VAN DER ZWAN 1979 fig. 3.
Les hachures verticales représentent les continents au Dévonien moyen, les flèches les courants océaniques principaux d'après HECKEL & WITZKE. (1979)

phère sud, l'espèce est devenue largement inter- à subtropicale, n'atteignant cependant le continent gondwanien qu'exceptionnellement. On peut y voir le résultat d'une atténuation, dès l'extrême sommet du Dévonien, des contrastes climatiques mis en évidence au Dévonien Supérieur.

5. Amorce de la grande glaciation gondwanienne dès le Tournaisien supérieur et le Viséen.

Il faut attendre le sommet du Tournaisien pour voir se développer à nouveau des contrastes climatiques mieux marqués. Ce sont par exemple les « suites à *Vallatisporites* et à *Lophozonotriletes* » de SULLIVAN, 1967. Ces contrastes vont s'accroître au Viséen (SULLIVAN, 1965). Nous avons discuté ailleurs (STREEL, 1971, ALPERN & STREEL, 1973) des modalités d'installation, notamment sur la partie européenne des continents, de flores carbonifères à distribution régionale à caractère latitudinal. Il semble que cette installation pourrait résulter de deux causes : d'une part, l'amorce d'une différenciation des grandes calottes glaciaires polaires carbonifères et permienues ; d'autre part, le déplacement généralisé des continents vers le Nord.

Cette migration continentale vers le Nord entraîne, en particulier pour le bloc que forment de plus en plus solidairement au Carbonifère, la plaque sibérienne et l'ensemble euraméricain, un lent balayage par l'équateur qui se déplace virtuellement de l'Oural au sommet du Dévonien vers l'Ouest de l'Europe au Carbonifère Supérieur (Silésien).

Si l'on s'en tient à la liaison énoncée par HECKEL & WITZKE (1979) entre charbons et régions inter-tropicales humides, on comprend mieux, dans ce contexte d'un déplacement climatique progressif dû à la dérive des continents, la migration des faciès à « densosporés » et à « durites » (BUTTERWORTH, 1966) du Spitzberg et de l'Est de la plate-forme russe au Viséen, vers la Grande-Bretagne et les régions ardenno-rhénales au Carbonifère Supérieur (voir aussi HART, 1976).

Conclusions.

La reconstitution paléogéographique des continents et des courants océaniques dévoniens de HECKEL & WITZKE (1979) se prête particulièrement bien à l'interprétation des données palynologiques contemporaines. Une analyse systématique de ces données, dont seuls quelques exemples ont été démontrés ici, devrait permettre des progrès substantiels dans la compréhension des relations entre la flore fossile dévonienne et le climat.

BIBLIOGRAPHIE

- ALPERN, B. & STREEL, M. (1973). — Palynologie et Stratigraphie du Paléozoïque moyen et supérieur. *Mém. B.R.G.M.*, n° 77 (1972), t. 1 : 217-240.
- BAR, P. & RIEGEL, W. (1974). — Les microflores des séries paléozoïques du Ghana (Afrique occidentale) et leurs relations paléofloristiques. *Sci. Géol., Bull.*, vol. 27 : 39-58.
- BUTTERWORTH, M. A. (1966). — The distribution of Densosporés. *The Palaeobotanist*, 15, 1-2 : 16-28.
- CHALONER, W. G. & SHEERIN, A. (1979). — Devonian Macrofloras. In *The Devonian System* (Ed. HOUSE, SCRUTTON & BASSETT). *Special papers in Palaeontology* n° 23 : 145-161.
- EDWARDS, D. (1973). — Devonian floras : 105-115. In HALLAM, A. (Ed.). *Atlas of Palaeobiogeography*. xii + 531 pp., Elsevier, Amsterdam, London and New York.
- HART, G. F. (1976). — Floral Realms, Palaeomagnetism, and the Drifting of the USSR during the Phanerozoic. *Geoscience and Man*, vol. XV : 133-139.
- HECKEL, P. H. & WITZKE, B. J. (1979). — Devonian World Palaeogeography determined from distribution of carbonates and related lithic Palaeoclimatic indicators. In *The Devonian System* (Ed. HOUSE, SCRUTTON & BASSETT). *Special papers in Palaeontology* n° 23 : 99-123.
- MCGREGOR, D. C. (1969). — Devonian plant fossils of the genera *Kryshstofovichia*, *Nikitinsporites*, and *Archaeoperisaccus*. In *Contributions to Canadian Palaeontology. Geological Survey of Canada Bull.* 182 : 91-106.

- MCGREGOR, D. C. (1977). — Lower and Middle Devonian spores of eastern Gaspé, Canada. II. Biostratigraphy. *Palaeontographica*, 163 B : 111-142.
- MCGREGOR, D. C. (1979). — Spores in Devonian stratigraphical correlation. In *The Devonian System* (Ed. HOUSE, SCRUTTON & BASSETT). *Special papers in Palaeontology* n° 23 : 163-184.
- SALOP, L. J. (1977). — Glaciations, crises biologiques et supernovae (en russe). *Bull. M.O.I.P., Sec. Geologie*, 1 : 1-32.
- SMITH, A. G., BRIDEN, J. C. & DREWRY, G. E. (1973). — Phanerozoic world maps. In *Organisms and Continents through time. Special papers Palaeontology*, 12 : 1-42.
- STREEL, M. (1971). — Distribution stratigraphique et géographique d'Hymenozonotriletes lepidophytus KEDO, d'Hymenozonotriletes pusillites KEDO et des assemblages tournaisiens. Synthèse du Projet B du 3^e séminaire C.I.M.P. sur la Stratigraphie du Paléozoïque, Colloque sur la Stratigraphie du Carbonifère. Les congrès et colloques de l'Université de Liège, 55 : 121-147.
- STREEL, M. (1974). — Similitudes des assemblages de spores d'Europe, d'Afrique du Nord et d'Amérique du Nord au Dévonien terminal. *Sci. Géol., Bull.*, 27, 1-2 : 25-38.
- SULLIVAN, H. J. (1965). — Palynological evidence concerning the regional differentiation of Upper Mississippian floras. *Pollen et Spores*, VII, 3 : 539-560.
- SULLIVAN, H. J. (1967). — Regional differences in Mississippian spore assemblages. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, 1 : 185-192.
- VAN DER ZWAN, C. J. (1979). — Aspects of Late Devonian and Early Carboniferous palynology of southern Ireland. I. The *Cyrtospora cristifer* morphon. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 28 : 1-20.

