

## Biostratigraphie par spores du Dévonien ardenno-rhénan

### Spore stratigraphy of the Ardenne-Rhenish Devonian

par Maurice STREEL (\*)

*Résumé.* — Vingt-cinq années de recherches palynologiques dans le Dévonien ardenno-rhénan permettent d'y reconnaître une quarantaine d'unités biostratigraphiques fondées sur l'apparition, l'évolution ou l'extinction de spores vraisemblablement produites par les plantes vasculaires qui colonisaient le continent.

L'originalité de cette zonation repose sur plusieurs caractéristiques. Tout d'abord, elle a été établie exclusivement à partir de roches sédimentaires d'origine marine, bien que généralement littorale, particularité qui présente du point de vue théorique de la distribution latérale des spores, des avantages mais aussi des inconvénients qui sont discutés. Ensuite, l'existence, dans les séquences étudiées, de faunes marines et plus rarement de fragments de mégaflore d'origine continentale, permet de calibrer cette zonation par rapport à d'autres. Ceci présente d'autant plus d'intérêt que ces mêmes séquences sont souvent aussi les coupes de référence d'unités chronostratigraphiques utilisées sur un plan international.

Cette zonation a été édiflée progressivement, corrigée et augmentée au fil des années dans des revues diverses. Les étapes principales de cette démarche sont expliquées dans une analyse commentée de 77 publications.

*Abstract.* — Twenty five years of palynological researches in the Ardenne-Rhine Devonian allow to identify, through 77 papers, about 40 spore-zones, erected exclusively in marine facies. Correlations within the Ardenne-Rhine basins and outside are emphasized as well as the relations with megaflores and marine faunas, particularly in the Stage type-areas.

#### 1. — INTRODUCTION

Il y a vingt-cinq ans, Leclercq [33] attirait l'attention sur la grande diversité des spores qu'elle observait dans un échantillon du Givétien de Goé (Synclinorium de Verviers) et sur leur potentialité d'application en stratigraphie. Les paléontologues occidentaux venaient de découvrir le travail monumental de Naumova [43] sur le Dévonien de la plate-forme russe. Ils prenaient conscience d'une évidence nouvelle : les spores, comme celles que dispersent, chaque année, en quantité énorme, les plantes vasculaires, sont fossilisées non seulement dans les sédiments organiques comme la tourbe, mais aussi dans les sédiments détritiques fins, tant en milieu marin qu'en milieu continental.

On savait depuis longtemps (essentiellement depuis les travaux conduits dès les années trente sur les spores des charbons paléozoïques) que la paroi des spores avait évolué, du plus simple vers le plus complexe, parallèlement à la diversification des sporophytes qui

les produisaient. On pouvait donc identifier des végétaux par leurs spores seules et construire une biostratigraphie précise d'autant plus utile qu'étant très petites (quelques dizaines de microns), et leur paroi très résistante, elles sont souvent très abondantes dans les sédiments (plusieurs milliers par gramme).

L'application, au Dévonien ardenno-rhénan, des techniques palynologiques, présentait un double intérêt. D'une part, les plantes vasculaires montrent l'essentiel de leur radiation évolutive au Dévonien puisque à l'issue de cette période, la plupart des grandes unités systématiques peuvent être définies. D'autre part, le schéma stratigraphique de référence fondé sur les faunes marines qui permet de subdiviser le Dévonien, a été établi en majeure partie dans les régions ardenno-rhénanes (fig. 1). Il s'imposait donc d'y mettre au point une zonation détaillée des spores. Celles-ci sont en effet les seuls organismes qui soient dispersés à la fois sur le continent et en milieu marin, offrant ainsi un intérêt exceptionnel en biostratigraphie,

(\*) Paléontologie, Université de Liège, 7, place du Vingt-Août, B-4000 Liège (Belgique).

dans la mesure où ils montrent une certaine indépendance par rapport aux faciès sédimentaires. Cependant, il faut lever toute équivoque : la distribution des spores ne se fait pas (et ne s'est pas faite au Paléozoïque) principalement par les courants aériens et on ne peut parler à leur sujet de « pluie pollinique » comme agent de transport prépondérant. Au contraire, c'est surtout le réseau hydrographique puis les courants marins qui assurent leur transport. Ces courants homogénéisent le matériel qu'ils incorporent puis déposent et, plus ce matériel sera échantillonné loin de ses sources (les végétations qui l'ont produit), plus vaste sera l'hinterland qu'il représentera. En contrepartie, les spores, comme n'importe quelle particule détritique de diamètre et poids correspondants, subissent les lois hydrodynamiques qui régissent le transport de ces particules. Enfin, fossiles à paroi entièrement organique, les spores peuvent subir, après leur dépôt, pendant la diagenèse du sédiment, une altération plus ou moins importante limitant leur utilisation en stratigraphie.

Avant de dégager les résultats stratigraphiques acquis après vingt-cinq ans de recherches palynologiques dans le Dévonien ardennes-rhénan, il n'est pas inutile de résumer d'abord les observations qui y ont été faites en relation avec le transport latéral des spores par les courants et leur fossilisation.

## II. — DISTRIBUTION LATÉRALE DES SPORES DANS LE DÉVONIEN ARDENNO-RHENAN

L'analyse qualitative et quantitative détaillée [61] de l'échantillon givétien de Goé (A, fig. 2) dont la richesse en spores avait attiré l'attention de Leclercq [33] avait permis d'émettre l'hypothèse que cet assemblage (\*) de spores résultait de deux sources distinctes : « une flore riveraine dont les débris macro- et microscopiques sont directement distribués, en grand nombre, dans l'aire sédimentaire (ici littorale) et une flore de l'arrière-pays dont seuls les micro-restes sont fossilisés, ... » [61, p. B 24]. Le travail plus complet, publié en 1969 et fondé sur une séquence d'échantillons [34] et l'analyse d'échantillons dispersés appartenant au Dévonien inférieur [64] conduisent à des conclusions semblables augmentées de l'observation selon laquelle une même flore côtière (flore marginale) pouvait caractériser au Dévonien moyen le pourtour du continent « ORS ».

Le conglomérat frasnien [62, 66] rencontré dans le sondage de Booischoot (B, fig. 2), en marge du bassin de Campine, représente les sédiments à caractères continentaux les plus accusés, étudiés dans les bassins ardennes-rhénaux avec les mêmes techniques palynologiques quantitatives [5, p. 22 et enclosure II, 2]. On

(\*) Nous préférons l'anglicisme « assemblage » au français « association » qui nous paraît impliquer entre les composants des relations étroites que les spores qui peuvent être d'origines écologiques très diverses, n'ont pas nécessairement entre elles.

y reconnaît, avec des caractéristiques morphologiques semblables à celles de l'assemblage de Goé (mais appartenant à d'autres espèces) une dualité d'origine, locale (*Aneurospora* dominant) et d'arrière-pays (« *Hystricosporas* » dominant). On y met en évidence combien l'importance relative de l'un ou de l'autre apport dépend des caractéristiques granulométriques du sédiment.

En revanche, les schistes de la Famenne, étudiés dans le site classique de Senzeilles (C, fig. 2) [12] sont parmi les sédiments dévoniens les plus marins dont les spores ont été isolées. L'analyse de leur taille, en particulier de la seule forme relativement abondante *Aneurospora*, montre combien la pauvreté de l'assemblage est liée à un effet de triage des particules sédimentaires [5, p. 22 et enclosure II, 3]. Dans le même article [5, p. 23], on attire d'ailleurs l'attention sur l'incertitude que cette observation fait peser sur le point d'apparition réelle des spores identifiées dans des faciès sédimentaires aussi éloignés des sites de production des spores. Il n'est pas surprenant, dès lors, de constater que certains taxons figurés [12, hors-texte III, N<sup>os</sup> 4, 5, 8, 9, 10] comme apparaissant dans les schistes de Senzeilles aient été retrouvés plus récemment [38] dans le Frasnien supérieur du Boulonnais.

Les Psammites du Condroz (D, fig. 2) contiennent des assemblages de spores beaucoup plus riches en espèces et en spécimens dont les quantités varient entre 20 000 et 85 000 spores par gramme de sédiment. Dans ces assemblages riches, les notions de point d'apparition [10] et d'abondance relative [5, p. 23 et enclosure II, 6] ont incontestablement un meilleur support statistique.

La décroissance des fréquences pondérales de spores avec l'éloignement du rivage est mise en évidence à l'échelle des bassins ardennes-rhénaux au Famennien terminal (« Strunien ») dans une séquence latérale qui joint les faciès littoraux du Tournaisien (E, fig. 2) aux faciès à caractères bathyaux du Sauerland (F, fig. 2) [45]. Ces critères ont été appliqués [45] à l'interprétation de l'origine sédimentaire des Hangenberg Schiefer (F, fig. 2).

## III. — CONSERVATION DES SPORES DANS LES SÉDIMENTS DU DÉVONIEN ARDENNO-RHENAN

L'évolution diagénétique de la paroi organique des spores peut déterminer son opacité et rendre leur examen difficile en lumière transmise. Sous l'effet d'accroissement de pression et/ou de température, la couleur de l'exine passe du vert-jaune au moment du dépôt, au jaune, puis au brun de plus en plus sombre correspondant à un enrichissement progressif en carbone (et à une perte progressive des substances volatiles). On mesure cette transformation, soit en étalonnant la couleur des spores, soit par l'analyse du pouvoir réflecteur de certains « microlithotypes » organiques comme la vitrinite.

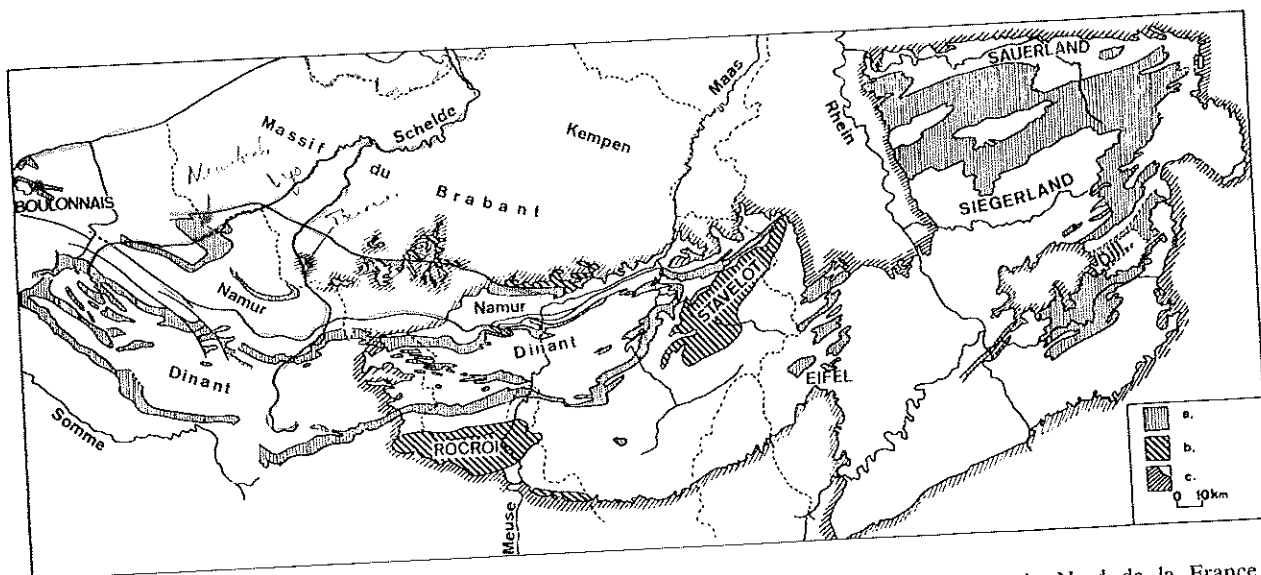


Fig. 1. — Le Dévonien ardennes-rhénan en affleurement et sous la couverture mésozoïque du Nord de la France. — b: Cambrien à Silurien. — a: le Dévonien moyen et le Frasnien à faciès carbonaté, souvent récifal. — c: couverture post-paléozoïque.

Fig. 1. — The Ardenne-Rhenish Devonian, outcropping and below the Northern France Mesozoic cover. — b: Cambrian to Silurian. — c: Post-paleozoic cover. — a: Middle Devonian and Frasnian with limy, often reefal, facies.

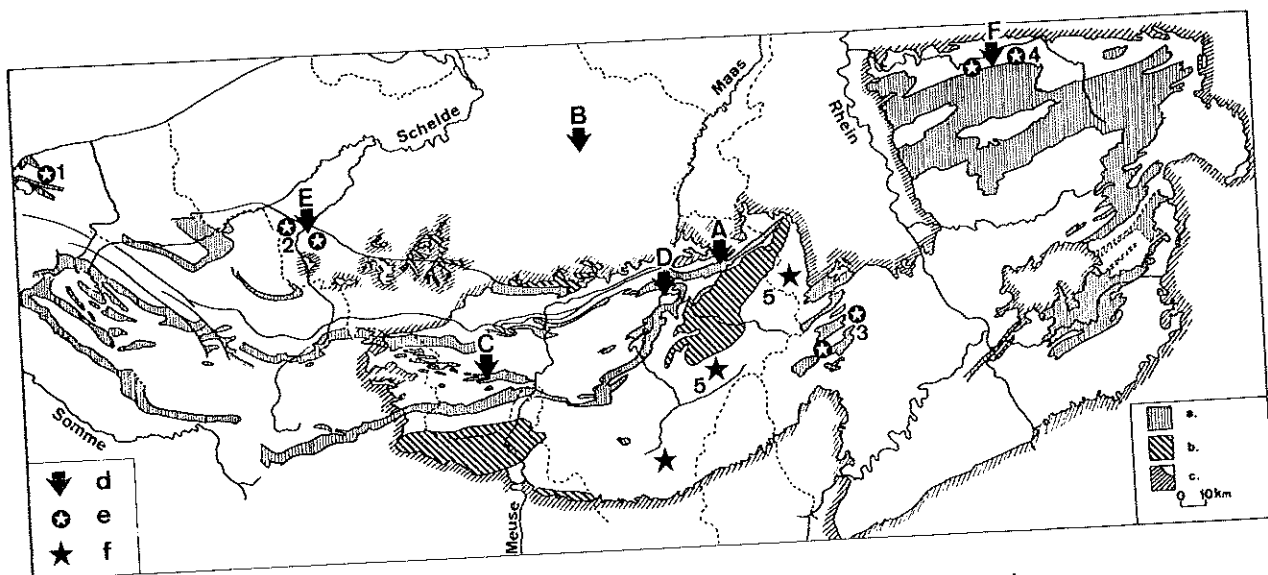


Fig. 2. — Distribution latérale et état de conservation des spores dévoniennes. — d: localités où la distribution latérale des spores a été étudiée. — e et f: états de conservation des spores (e, très bon; f, très mauvais).

Fig. 2. — Lateral distribution and preservation state of Devonian spores. — d: localities where the lateral distribution of spores has been investigated. — e and f: preservation state of spores (e, very good; f, very bad).

Des études comparées des deux techniques [55] ont montré ainsi l'influence d'intrusions volcaniques dans une séquence sédimentaire du Famennien terminal dans le Synclinal de la Dill (R.F.A.).

Plus généralement cependant, des effets comparables résultent de l'enfouissement des fossiles sous des charges sédimentaires très considérables. Ce phénomène peut être invoqué pour expliquer le mauvais état de conservation des spores du Famennien terminal du sondage Kastanjelaan 2 [6] près de Maastricht (Pays-Bas) ou, au contraire, l'exceptionnelle conservation des spores de même âge dans l'Hönnetal (Sauerland, R.F.A.) là où l'enfouissement a été peu important [7, p. 102]. Il a été invoqué pour localiser dans l'Eifel la source de spores méso- et néodévonienues redistribuées dans du Westphalien C du Limbourg méridional, aux Pays-Bas [9].

Les spores sont exceptionnellement très bien conservées (couleur jaune-brun) dans le Dévonien moyen et le Frasnien du Boulonnais [39] (1, fig. 2), dans le Famennien terminal et le Tournaisien basal du Tournais [67] (2, fig. 2), dans le Dévonien moyen de l'Eifel [49] (3, fig. 2) et dans le Famennien terminal du Sauerland [29] (4, fig. 2). Ailleurs, leur conservation est moyenne (brun à brun foncé) sauf dans le Dévonien inférieur métamorphique au sud et à l'est du Massif cambro-ordovicien de Stavelot (5, fig. 2) où elles sont rares et tout à fait opaques.

#### IV. — STRATIGRAPHIE DES SPORES DANS LE DEVONNIEN ARDENNO-RHENAN

Au fur et à mesure de l'avancement des recherches, les auteurs de travaux paléopalynologiques sont confrontés à une grande mobilité des concepts tant taxonomiques que nomenclaturaux. Les travaux effectués sur le Dévonien ardenno-rhénan depuis vingt-cinq ans n'ont pas échappé à cette contrainte de devoir réactualiser ces concepts, de publication en publication. Une analyse de la littérature a donc tout intérêt à commencer par les travaux les plus récents afin d'utiliser les données les plus « à jour » et ne pas s'encombrer de celles qui sont devenues désuètes. En complément, un retour aux publications plus anciennes s'impose cependant puisqu'elles contiennent généralement, non seulement l'iconographie, mais aussi l'essentiel de ce qui n'a pas été modifié avec le temps. C'est la démarche que nous avons adoptée dans les lignes qui suivent où, d'autre part, les données sont regroupées stratigraphiquement, des plus anciennes aux plus récentes.

Enfin, la parution de nouvelles données biostratigraphiques peut avoir contraint les auteurs à modifier leurs conclusions stratigraphiques premières. C'est le cas, en particulier, des travaux les plus anciens élaborés simultanément ou antérieurement aux diverses publications consacrées aux spores des faciès « Old Red Sandstones » en dehors des régions ardenno-rhénanes et publiés à partir de 1965.

##### 1) Du Gedinnien à l'Emsien moyen.

La synthèse palynologique la plus complète actuellement disponible concerne la séquence stratigraphique qui va du Gedinnien à l'Emsien inférieur dans le Synclorium de Dinant [58]. Ce travail, augmenté de la description des données publiées dans le livret-guide accompagnant [27] s'appuie essentiellement sur deux travaux antérieurs, l'un consacré au « Gedinnien-Siegenien » du bord oriental de ce synclorium [56] (1, fig. 3), l'autre [68] comparant le Dévonien inférieur du bord sud (2, fig. 3) et du bord nord (3, fig. 3) du même synclorium et qui reprend les données d'un travail préliminaire plus ancien [64]. Ces derniers travaux comprennent une partie descriptive du support lithologique des observations, de la systématique et des illustrations des spores. Le premier papier, en revanche [58], s'intéresse plus aux corrélations régionales et interrégionales. Il met en évidence les premières données biostratigraphiques précises permettant de relier entre elles les formations lithologiques différentes qui encadrent le Synclorium de Dinant. Il propose des corrélations du domaine ardenno-rhénan avec la Bretagne, la Podolie (U.R.S.S.), le Canada et les Iles Britanniques [voir aussi 47].

La datation de la base du Dévonien, au nord du Massif de Rocroi par rapport au profil standard de Bohême fait l'objet d'une note particulière [57] où sont illustrées des spores bien conservées de la base des couches de Fépin et où sont discutés aussi les apports respectifs des faunes marines (Conodontes, graptolites, thélodontes) au problème général de l'âge de la transgression dévonienne au bord sud du Synclorium de Dinant. La datation précise de sites à Ostracodermes est mentionnée dans les travaux précédents. La mégaflore est aussi datée, en particulier dans un travail très fouillé sur la stratigraphie du sommet du Gedinnien dans le Synclorium de Verviers [59] (4, fig. 3). Dans ce dernier papier, la zonation palynologique du Gedinnien est affinée, appuyée par des faits d'ordre phylogénique qui sont décrits et illustrés. Enfin, dans l'étude sur le sondage de Porcheresse-Havelange (5, fig. 3), les auteurs [60] utilisent une zonation encore inédite de la transition Gedinnien-Siegenien et de ce dernier étage. Onze zones d'intervalle se partagent ainsi la séquence stratigraphique concernée par ce paragraphe. Si l'on y ajoute une note brève [41] sur des microfossiles très mal conservés de l'arkose de Haybes, ce sont là toutes les données publiées disponibles dans les Syncloria de Dinant et de Verviers.

D'autres informations sont disponibles dans l'Eifel et le Bergisches Land mais elles ne concernent que la transition Siegenien-Emsien, pas le Gedinnien, ni la transition Gedinnien-Siegenien. Il n'y a pas de zonation décrite de ces régions rhénanes. La distribution des spores est donnée par rapport à la succession lithologique, les points d'apparition des espèces coïncidant toujours avec la base des formations. La synthèse la plus récente [52] présente aussi les données systémati-

ques les plus à jour et concernent le SE de l'Eifel (7, fig. 3) où on peut les corrélérer avec des faunes de brachiopodes. Les travaux conduits dans le SW de l'Eifel [32, 54] (8, fig. 3) doivent être revus sur le plan de la nomenclature. C'est aussi le cas du matériel du N de l'Eifel [26] (9, fig. 3) et du Bergisches Land [25, 76, 78] (6, fig. 3) relativement mal conservé et trop sommairement décrit.

La limite Siegenien/Emsien caractérisée par l'apparition de la zone A [60] en Belgique est acceptable dans l'Eifel [52, p. 202].

## 2) De l'Emsien supérieur au Frasnien moyen.

Cet intervalle stratigraphique est représenté dans la majeure partie des bassins ardennes-rhénans par des roches carbonatées qui ne se prêtent guère à l'examen des spores puisqu'elles sont relativement pauvres en apports détritiques.

Dans l'Eifel, l'intervalle Emsien supérieur - Givétien inférieur est cependant bien documenté, les spores y étant particulièrement bien conservées. Basées sur une thèse de doctorat malheureusement non publiée, les informations les plus détaillées et les plus « à jour » disponibles [51] proviennent de l'ensemble de l'Eifel (1, 2 et 3, fig. 4) [voir aussi 42]. Il n'y a pas de zonation formellement définie dans cette étude mais un tableau de distribution des principales espèces [51, p. 281] permet de dégager un assemblage caractérisant les couches de Heisdorf, Lauch et Nohn (Emsien-Eifélien) et un assemblage caractérisant les couches d'Ahrdorf (Eifélien) à Rodert (Givétien). Cependant,

une échelle biostratigraphique plus détaillée est certainement possible (5 zones?) et l'auteur discute en particulier des critères palynologiques permettant d'identifier (notamment dans la coupe-type) la limite Emsien/Eifélien (Dévonien inférieur / Dévonien moyen) bien définie dans l'Eifel par une succession de conodontes, brachiopodes, ostracodes et autres faunes marines. Des corrélations avec la Bohême sont possibles [51, p. 287]. Ce travail s'appuie sur des recherches antérieures où l'on peut trouver des détails sur la morphologie des spores [49] ou sur des critères de zonation [50]. Dans l'Eifel du sud, deux autres travaux concernent le même intervalle stratigraphique. L'un [77] présente une analyse systématique très fouillée, une bonne illustration et une biozonation détaillée en seize zones essentiellement fondées sur l'abondance respective de certains genres ou types morphologiques. L'autre [32], plus ancien, devrait être revu sur le plan de la nomenclature.

Dans le Bergisches Land (4, fig. 4), un matériel plus pauvre, provenant de sites plus ponctuels [28, 48] où de la mégaflore est connue, permet des corrélations avec l'Eifel. On peut citer également les spores eiféliennes ou givéliennes du sondage Schwarzbachtal 1 [69] dans l'Anticlinal de Velbert (5a, fig. 4) et du sondage Pulheim-Randkanal 1 [16] près de Cologne (5b, fig. 4).

En bordure du Synclinorium de Dinant, quelques observations très ponctuelles existent sur la transition Emsien-Eifélien à Couvin [68] (8, fig. 4) et à Grupont [64] (7, fig. 4) et sur l'Emsien (Cola)-Givélien de Jemelle à Remouchamps [36] (6, fig. 4).

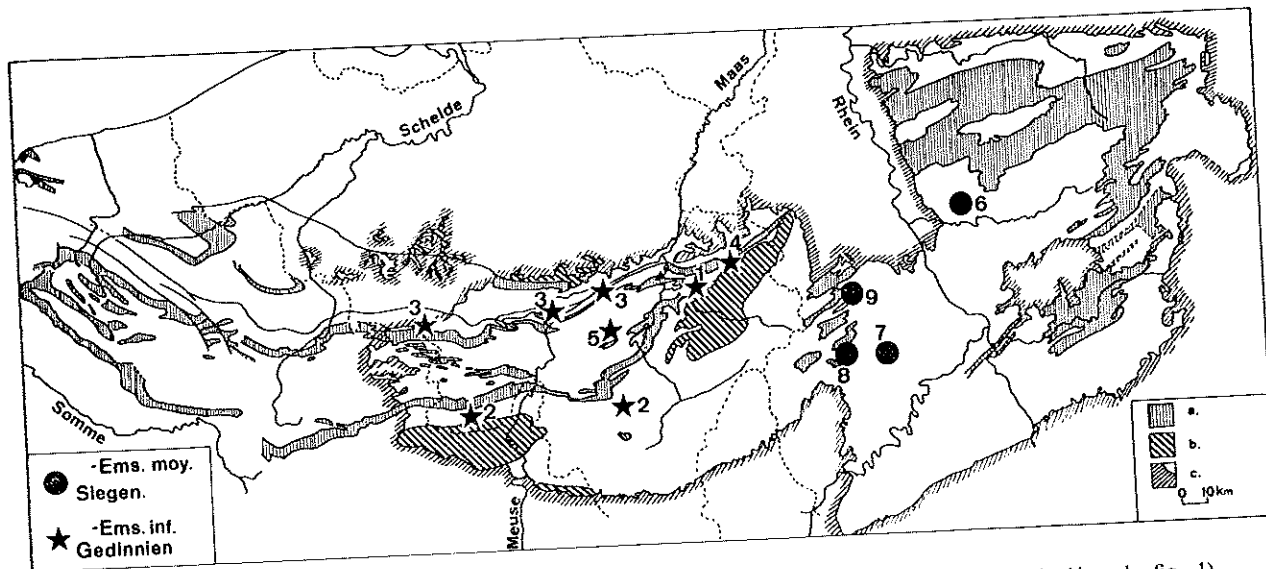


Fig. 3. — Localisations des sites étudiés aux différents étages du Dévonien (a, b, c : voir légende fig. 1).  
 Fig. 3. — Studied localities corresponding to the different Devonian stages (a, b, c : see legend of fig. 1).

Dans le Boulonnais (Synclinal de Namur), les spores sont très bien conservées dans l'intervalle Givétien inférieur-Famennien inférieur (9, fig. 4 et 1, fig. 5). La région présente un grand intérêt dans la mesure où des faciès détritiques et carbonatés sont souvent interdigités, permettant de bonnes corrélations entre les spores et les faunes marines telles que conodontes, brachiopodes, ostracodes, coraux et autres [17, 18]. On peut y caractériser palynologiquement la limite Givétien/Frasnien. La synthèse la plus récente [39] résume (et réillustre) la distribution stratigraphique d'une quarantaine d'espèces se répartissant en six zones principales. Une de ces zones qui recouvre l'intervalle stratigraphique Frasnien supérieur-Famennien inférieur, particulièrement condensé dans le Boulonnais, peut être subdivisée en cinq sous-zones [40]. Cette synthèse repose sur des travaux plus détaillés [37, 38 et 40] qui complètent plusieurs travaux plus anciens [71 à 74].

A l'Est du Synclinorium de Dinant, à Niaster [35] (11, fig. 4), dans le Synclinorium de Verviers, à Goé [34 et 61] (10, fig. 4) et dans le Synclinal de Namur, à Ronquières [46] (12, fig. 4), des spores givétiennes permettent de dater [35, p. 170] une abondante mégaflore.

Le Frasnien du sondage de Tournai dans le synclinal de Namur (14, fig. 4) et surtout le Frasnien du sondage de Booischot (13, fig. 4), dans le bassin de Campine, contiennent des spores dont l'étude, jusqu'à présent sommaire [5, enclosure II; 1, zone LT; 62 et 66], pourrait être complétée maintenant que la zonation du Boulonnais est disponible et que des informations plus récentes ont été publiées sur la faune marine [31, p. 59].

### 3) Du Frasnien supérieur au Famennien terminal (Strunien).

Bien que l'étendue des faciès détritiques soit redevenue importante, les données palynologiques sur les spores des couches de passage du Frasnien au Famennien sont relativement pauvres.

En effet, en dehors du Synclinal de Namur, ces faciès correspondent à des dépôts défavorables, éloignés des rivages et, dans le Synclinal de Namur, ces couches sont généralement ou très condensées ou en lacune. Les rares données, en dehors du Boulonnais (1, fig. 5) (voir plus haut : § 2), proviennent de Gages et Mévergnies (4, fig. 5) dans le Synclinal de Namur [67], du sondage de Booischot [62] (3, fig. 5) et de la carrière « La Folie » près de Visé [31] (20, fig. 5) dans le bassin de Campine et de la région-type de Senzeilles (2, fig. 5) dans le Synclinorium de Dinant [5, enclosure II; 1 et 12, 13, 14]. Les espèces identifiées sont peu nombreuses mais présentent néanmoins l'intérêt d'être bien datées par des faunes à conodontes qui permettent notamment de fixer la base du Famennien [voir 31, p. 59]. Les corrélations entre spores, conodontes et brachiopodes sont le mieux définies dans la version allemande [14] des travaux repris ci-dessus. Rappelons cependant, en ce qui concerne les spores, les réserves faites au début du présent travail.

En revanche, le Famennien supérieur dans sa région-type (Psammites du Condroz) a fait l'objet d'études nombreuses grâce à l'abondance du matériel disponible dans des faciès très favorables aux spores. Le travail le plus complet [5] date d'une dizaine d'années et une révision est en cours. Il permet de définir, dans la

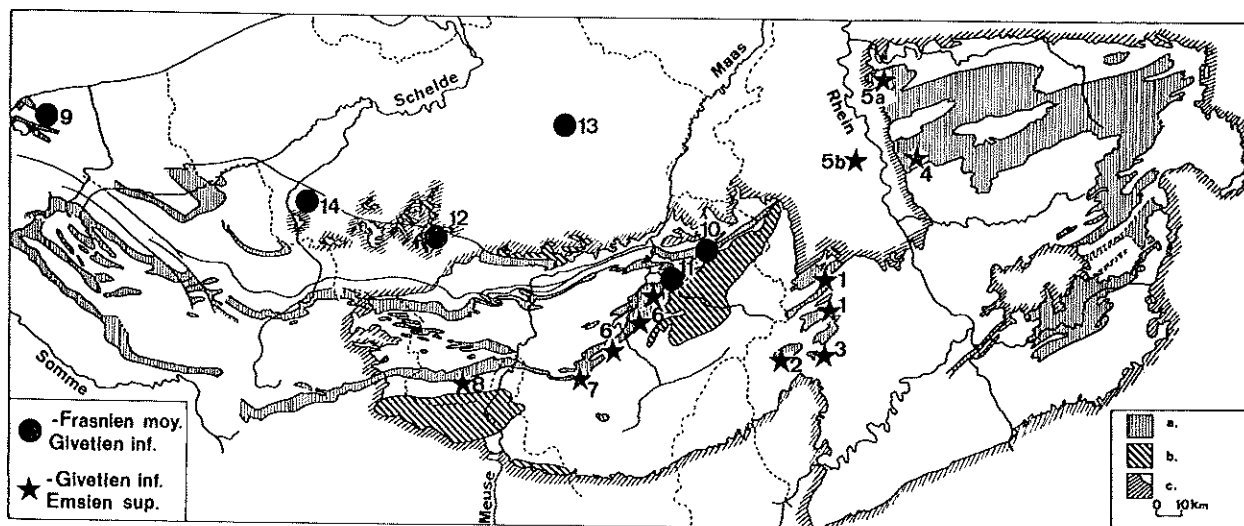


Fig. 4. — Localisations des sites étudiés aux différents étages du Dévonien (a, b, c : voir légende fig. 1).

Fig. 4. — Studied localities corresponding to the different Devonian stages (a, b, c : see legend of fig. 1).

vallée de l'Ourthe (6, fig. 5), cinq zones [5, enclosure II ; 1, 10+11, 12, 13+14, 15 et 16] fondées sur l'apparition d'espèces caractéristiques. La zonation initiale, plus détaillée [13, 14, 15], s'appuyait essentiellement sur des variations majeures dans l'abondance des espèces principales. Au fur et à mesure de l'avancement des recherches, cette démarche a été progressivement mise à l'arrière-plan en faveur d'une zonation plus documentée sur le point d'apparition de ces espèces et d'autres moins abondantes [8, 11, 15, 23 et 45]. L'illustration photographique des spores caractéristiques est disséminée dans plusieurs publications [5, 13, 21, 45].

Cette zonation a été appliquée à la reconstitution du bassin sédimentaire de la partie orientale du Synclinorium de Dinant [75], au travers des vallées de l'Ourthe (6, fig. 5), du Hoyoux (8, fig. 5) et du Bocq (9, fig. 5).

Elle a aussi permis des corrélations [12] avec les localités de Villers sur Lesse (5, fig. 5) et Silenriex (2, fig. 5) dans le Synclinorium de Dinant et avec le sondage de Wépion [63 et 66] dans le Synclinal de Namur (7, fig. 5). Des corrélations à plus grandes distances avec la Plate-forme Russe et les Appalaches sont à l'étude.

Le Famennien terminal (« Fa2d » à « Tn1b » basal ou Strunien) est le niveau stratigraphique dont les spores sont connues dans le plus grand nombre de localités des bassins ardenno-rhénans du Pas-de-Calais au Sauerland (fig. 5). Les faits d'observation nous imposent de distinguer deux entités stratigraphiques dans le Famennien terminal séparées par un change-

ment de faciès majeur et apparemment brutal correspondant au contact des formations d'Etrœungt et d'Hastièrre dans le Synclinorium de Dinant, du Wocklumer Kalk et des Hangenberg Schiefer dans le Sauerland. Les faciès détritiques favorables à la présence des spores sont situés sous le contact dans le premier cas, au-dessus du contact dans le second cas.

Deux zonations ont donc été développées indépendamment de l'une de l'autre. Aucune section située dans les bassins ardenno-rhénans n'a montré ces faciès favorables en succession. De telles sections existent cependant ailleurs, notamment sur la Plate-forme Russe [19].

La mise au point la plus récente de la zonation établie sous le changement lithologique majeur remonte à quelques années et tient compte de trois zones [5, enclosure II ; 1, 17, 18 et 19]. Elle amende un travail antérieur [45] en revoyant quelques concepts spécifiques à la lumière d'observations nouvelles (par exemple, en adoptant un concept plus étroit de *Verrucosporites nitidus*, qui l'exclut de cette zonation). Une note récente [44, p. 173] introduit un simple changement d'ordre nomenclatural dans la terminologie de ces zones afin de la rendre compatible avec la zonation établie au-dessus du changement lithologique majeur.

Cette zonation, basée sur l'apparition d'espèces nouvelles, a été construite indépendamment d'une première zonation à caractère phylogénique [63] basée sur l'évolution de la taille de *Retispora lepidophyta* (« zonation biométrique »). Cette dernière a été appliquée à des corrélations très précises entre le sondage de Wépion dans le Synclinal de Namur (7, fig. 5), les val-

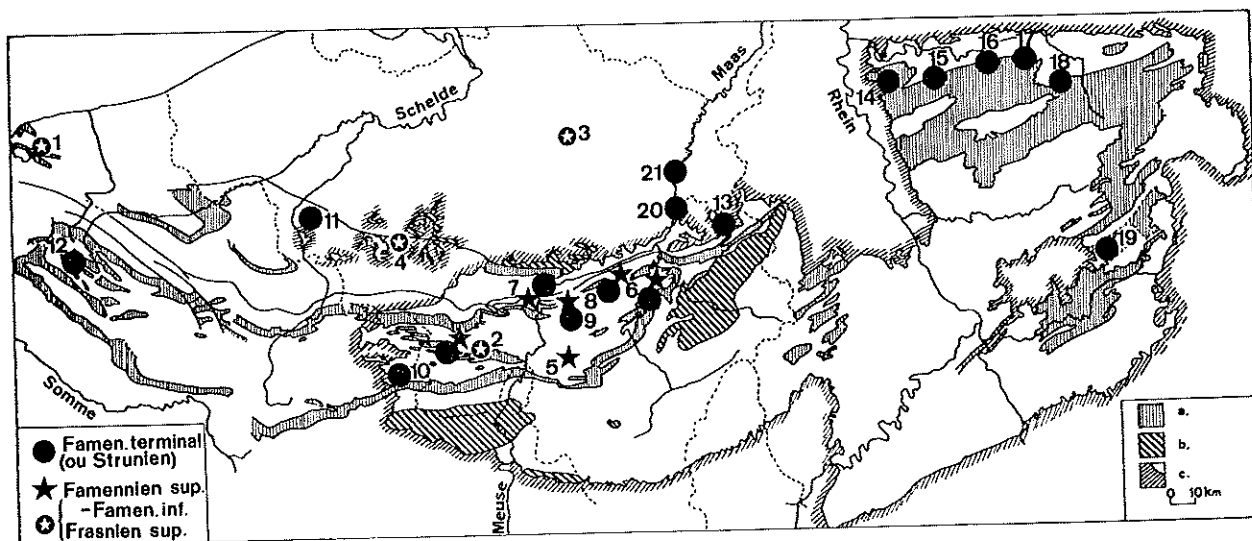


Fig. 5. — Localisations des sites étudiés aux différents étages du Dévonien (a, b, c : voir légende fig. 1).

Fig. 5. — Studied localities corresponding to the different Devonian stages (a, b, c : see legend of fig. 1).

lées du Hoyoux (8, fig. 5) et de l'Ourthe (6, fig. 5) dans le Synclinal de Dinant, la région de Welkenraedt (13, fig. 5) dans le Synclinal de Verviers et l'Anticlinal de Velbert (14, fig. 5). Ces corrélations ont été encore précisées dans les vallées du Hoyoux [2] et de l'Ourthe (sondage de Tohogne) [10] où des faunes de conodontes et des foraminifères sont abondantes. La zonation biométrique a été appliquée avec succès jusque dans le Synclinal de la Dill (19, fig. 5) où elle permet la datation de phénomènes volcaniques [55]. La zonation basée sur l'apparition d'espèces nouvelles accroît ces corrélations à l'Avesnois (10, fig. 5) et à la vallée du Bocq [45 et 65] (9, fig. 5), à la région de Walcourt [24] (4, fig. 5), au sondage de Chertal [31, p. 52] (20, fig. 5) et au sondage de Kastanjelaan [6] (21, fig. 5).

Au-dessus du changement lithologique majeur, une mise au point très récente [29] permet de reconnaître quatre zones, antérieurement définies dans le sud de l'Irlande. Ce travail complète les travaux antérieurs [1 et 45] réalisés dans le Sauerland, en illustrant les spores des sections de Riescheid (15, fig. 5), de Seiler et Hasselbachtal (16, fig. 5), de plusieurs localités de l'Hönnetal (17, fig. 5) et de Stockum (18, fig. 5). Ces sections contiennent d'abondantes faunes à conodontes, ostracodes, céphalopodes, trilobites, etc. L'une d'elles (Hasselbachtal) est candidate comme coupe de référence de la limite Dévonien/Carbonifère. On peut y définir cette limite par les spores avec une très grande précision.

Cette zonation, non identifiable dans les calcaires de la plate-forme à caractère récifal qui s'étend de l'Avesnois à l'Anticlinal de Velbert, est cependant reconnaissable dans le sondage de Brévillers [22] (12, fig. 5), dans le Synclinal de la Dill [55] (19, fig. 5) et aussi dans quelques niveaux détritiques surmontant des calcaires frasniens dans le sondage de Tournai (11, fig. 5). Ces niveaux détritiques, attribués d'abord au Famennien inférieur [20], ont été reconnus dès 1966 comme appartenant au Famennien terminal [63, p. 90 ; 65 et 67]. Ils y soulignent l'importante condensation ou lacune sédimentaire famennienne du bord nord du Synclinal de Namur.

Les zonations du Famennien terminal ont été utilisées à des corrélations à longue distance, de l'Irlande à l'Allemagne de l'Est [3] mais aussi avec l'Arizona [53], la Pennsylvanie [70] et l'Udmurtie (U.R.S.S.) [19].

#### 4) En conclusion.

Les bassins ardenno-rhéens ont permis, en quelque vingt-cinq années, au travers de soixante dix-sept publications, la définition d'une quarantaine de zones biostratigraphiques basées sur l'étude des spores. Ces zones s'appuient sur des critères phylogéniques au Gedinnien supérieur et au Famennien terminal. Elles sont définies, selon les étages, dans des régions différentes en fonction des conditions de sédimentation et de conservation des fossiles (fig. 6).

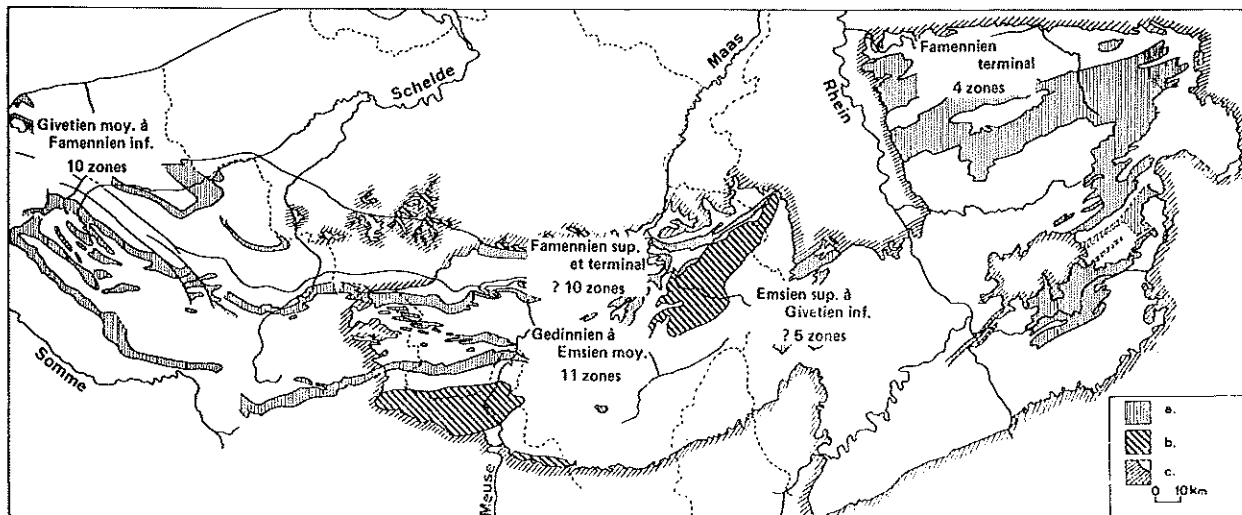


Fig. 6. — Régions de référence où les zonations ont été établies (a, b, c : voir légende fig. 1).  
(les ? 10 zones du Famennien supérieur et terminal tiennent compte de la zonation biométrique du Famennien terminal).

Fig. 6. — Reference regions where zonation schemes have been established (a, b, c : see legend fig. 1).  
(The Upper and Uppermost Famennian ? 10 zones include the Uppermost Famennian biometric zonation).



BIBLIOGRAPHIE

- 1) ALBERTI H., GROOS-UFFENORDE H., STREEL M., UFFENORDE H. et WALLISER O.H. (1974). — The stratigraphical significance of the *Protognathodus* fauna from Stockum (Devonian / Carboniferous boundary, Rheinisches Schiefergebirge). *Newsl. Stratigr.*, 3, 4, p. 263-276.
- 2) AUSTIN R., CONIL R., RHODES F. et STREEL M. (1970). — Conodontes, spores et foraminifères du Tournaisien inférieur dans la vallée de Hoyoux. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 93, p. 305-315.
- 3) AUSTIN R., CONIL R., DOLBY G., LYS M., PAPROTH E., RHODES F., STREEL M., UTTINGS J. et WEYER D. (1971). — Les couches de passage du Dévonien au Carbonifère de Hook Head (Irlande) au Bohlen (D.D.R.). *Congrès et Coll. Univ. Liège*, 55, p. 167-178.
- 4) BECKER T., BLESS M.J.M., BRAUCKMANN C., FRIMAN C., HIGGS K., KEUPP H., KORN D., LANGER W., PAPROTH E., RACHEBEUF P., STOPPEL D., STREEL M. et ZAKOWA H. (1984). — Hasselbachtal, the section best displaying the Devonian-Carboniferous boundary beds in the Rheinisch Massif (Rheinisches Schiefergebirge). *Courier Forsch. Senckenberg.*, 67, p. 181-191.
- 5) BECKER G., BLESS M.J.M., STREEL M. et THOREZ J. (1974). — Palynology and ostracode distribution in the Upper Devonian and basal Dinantian of Belgium and their dependence on sedimentary facies. *Mededelingen rijks geologische dienst*. N. serie, 25 (2), p. 9-99 + 2 enclosures.
- 6) BLESS M.J.M., BOONEN P., BOUCKAERT J., BRAUCKMANN C., CONIL R., DUSAR M., FELDER P.J., FELDER W.M., GOKDAG H., KOCKEL F., LALOUX M., LANGGUTH H.R., VAN der MEER MOHR C.G., MEESSEN J.P.M.Th., OP het VELD F., PAPROTH E., PIETZNER H., PLUM J., POTY E., SCHERP A., SCHULZ R., STREEL M., THOREZ J., VAN ROOIJEN P., VANGUESTAINE M., VIESLET J.L., WIERSMA D.J., PRINS WINKLER C.F. et WOLF M. (1981). — Preliminary report on lower tertiary-upper cretaceous and dinantian-famennian rocks in the boreholes Heugem-1/1a and Kastanjelaan-2 (Maastricht, the Netherlands). *Mededelingen rijks geologische dienst*, 35, p. 333-415.
- 7) BLESS M.J.M., BOUCKAERT J., BOUZET Ph., CONIL R., CORNET P., FAIRON-DEMARET M., GROESSENS E., LONGERSTAEY P.J., MEESSEN J.P.M.Th., PAPROTH E., PIRLET H., STREEL M., VAN AMERON H.W.J. et WOLF M. (1976). — Dinantian rocks in the subsurface North of the Brabant and Ardenno-Rhenish massifs in Belgium, the Netherlands and the Federal Republic of Germany. *Mededelingen rijks geologische dienst*, 27, (3), p. 81-193.
- 8) BLESS M.J.M., BOUCKAERT J., CONIL R., DREESEN R., GROESSENS E., STREEL M. et THOREZ J. (1974). — Excursion D. *Int. Symp. Belg. Micropal. limits*, Namur, 1974, Guidebook, Geological Survey of Belgium.
- 9) BLESS M.J.M. et STREEL M. (1976). — The occurrence of reworked miospores in a Westphalian C microflora from South Limburg (the Netherlands) and its bearing on paleogeography. *Mededelingen rijks geologische dienst*, N. serie, 27 (1), p. 1-39.
- 10) BOUCKAERT J., CONIL R., DUSAR M. et STREEL M. (1978). — Stratigraphic interpretation of the Tohogne Borehole (province of Luxembourg). Devonian of Carboniferous transition. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 160, p. 87-101.
- 11) BOUCKAERT J., CONIL R., GROESSENS E., SANDBERG C. et STREEL M. (1974). — Excursion C. *Int. Symp. Belg. Micropal. limits*, Namur, 1974, Guidebook, Geological Survey of Belgium.
- 12) BOUCKAERT J., STREEL M. et THOREZ J. (1968). — Schéma biostratigraphique et coupes de références du Famennien belge. Note préliminaire. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 91 (3), p. 317-336.
- 13) BOUCKAERT J., STREEL M., THOREZ J. et MOUND M.C. (1969). — Biostratigraphic chart of the Famennian stage (Upper Devonian) in the type localities of Belgium: a preliminary report. *Journal of Paleontology*, 43 (3), p. 727-734.
- 14) BOUCKAERT J., STREEL M. et THOREZ J. (1970). — Zur Biostratigraphischen Gliederung und zur den Referenz-Schichten des Famenniums in Belgien. *Z. Deutsch. Geol. Hannover*, 120, p. 283-291.
- 15) BOUCKAERT J., STREEL M. et THOREZ J. (1971). — Le Famennien supérieur et les couches de transition dévono-carbonifère dans la vallée de l'Ourthe. *Congrès et Coll. Univ. Liège*, 55, p. 29-46.
- 16) BREIL A. (1984). — Mitteldevonische Sedimente der Bohrung Pulheim Randkanal 1 (Niederrheinische Bucht). *Z. dt. geol. Ges.*, 135, p. 529-549.
- 17) BRICE D., BULTYNCK P., DEUNFF J., LOBOZIAK S. et STREEL M. (1978). — Données biostratigraphiques nouvelles sur le Givétien et le Frasnien de Ferques (Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XCVIII, p. 325-344.
- 18) BRICE D., COEN M., LOBOZIAK S. et STREEL M. (1980). — Précisions biostratigraphiques relatives au Dévonien supérieur de Ferques (Boulonnais). *Ann. Soc. géol. du Nord*, t. C, p. 159-166.
- 19) BYVSHEVA T.V., HIGGS K. et STREEL M. (1984). — Spore correlations between the Rhenish Slate Mountains and the Russian platform near the Devonian-Carboniferous boundary. *Courier Forsch. Senckenberg*, 67, p. 37-45.
- 20) CARO-MONIEZ M. (1962). — Sur un niveau à spores du Dévonien supérieur du sondage de Tournai (Belgique). *Ann. Soc. géol. du Nord*, t. LXXXII, p. 111-115.
- 21) CLAYTON G., COQUEL R., DOUBINGER J., GUEINN K.J., LOBOZIAK S., OWENS B. et STREEL M. (1977). — Carboniferous miospores of western Europe: illustration and zonation. *Mededelingen rijks geologische dienst*, N. série, 29, p. 1-71.

- 22) COMBAZ A. et STREEL M. (1971). — Microfossiles végétaux du Tournaisien inférieur dans le core-drill de Brévillers (Pas-de-Calais). *Congrès et Coll. Univ., Liège*, 55, p. 227-240.
- 23) CONIL R., GROESSENS E. et STREEL M. (1974). — Excursion H. *Int. Symp. Belg. Micropal. limits*, Namur, 1974. Guidebook, Geological Survey of Belgium.
- 24) DREESEN R., DUSAR M. et GROESSENS E. (1976). — Biostratigraphy of the Yves-Gomezée Road Section. *Service géologique de Belgique, Prof. paper 1976, n° 6*, p. 1-20.
- 25) EDALAT B. (1974). — Sporenvergesellschaftungen und Acritarchen aus dem Unterdevon (Ems) des Südlichen Bergischen Landes (Rheinisches Schiefergebirge). *Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln*, 24, p. 1-75.
- 26) FRANKE F. (1965). — Mikrofossilien eines unterdevonischen Brandschieferprofils nahe Münstereifel. *Math.-Naturw. Fak. der Freien Univ. Berlin*, p. 1-82.
- 27) GODEFROID J., STAINIER P. et STEEMANS Ph. (1982). — Gedinnian and Siegenian lithostratigraphy and biostratigraphy of Belgium. Guidebook.
- 28) HAMID M.E.P. (1974). — Sporenvergesellschaftungen aus dem unteren Mitteldevon (Eifel-Stufe) des Südlichen Bergischen Landes (Rheinisches Schiefergebirge). *N. Jb. Geol. Paläont.*, 147 (2), p. 163-217.
- 29) HIGGS K. et STREEL M. (1984). — Spore stratigraphy at the Devonian-Carboniferous boundary in the northern « Rheinisches Schiefergebirge », Germany. *Courier Forsch. Senckenberg*, 67, p. 157-179.
- 30) KARATHANASOPOULOS S. et RIEGEL W. (1977). — Palynologische Kriterien für die Verbindung der Huntrückschiefer mit der Schichtenfolge der Eifel. *Nachr. dt. geol. Ges.*, 17, p. 22.
- 31) KIMPE W.F.M., BLESS M.J.M., BOUCKAERT J., CONIL R., GROESSENS E., MEESSEN J.P.M.Th., POTY E., STREEL M., THOREZ J. et VANGUESTAINE M. (1978). — Paleozoic deposits east of the Brabant massif in Belgium and the Netherlands. *Mededelingen rijks geologische dienst*, N. série. 30 (2), p. 37-103.
- 32) LANNINGER E.P. (1968). — Sporengesellschaften aus dem Ems der SW-Eifel. *Palaeontographica B*, 122, p. 95-170.
- 33) LECLERCQ S. (1960). — Sporomorphes du Dévonien de Belgique. *Acad. roy. de Belgique, Bull. Cl. Sc.*, 5<sup>e</sup> série, 46, p. 250-256.
- 34) LELE K.M. et STREEL M. (1969). — Middle Devonian (Givetian) plant microfossils from Goé (Belgium). *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 92, p. 89-121.
- 35) LESUISSE A. et FAIRON-DEMARET M. (1980). — Le gisement à plantes de Niaster (Aywaille, Belgique). repère biostratigraphique nouveau aux abords de la limite Couvinien-Givétien. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 103, p. 157-181.
- 36) LESUISSE A., STREEL M. et VANGUESTAINE M. (1979). — Observations palynologiques dans le Couvinien (Emsien terminal et Eifelien) du bord oriental du Synclinorium de Dinant, Belgique. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 102, p. 325-355.
- 37) LOBOZIAK S. et STREEL M. (1980). — Miospores in Givetian to Lower Frasnian sediments dated by conodonts from the Boulonnais, France. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 29, p. 285-299.
- 38) LOBOZIAK S. et STREEL M. (1981). — Miospores in Middle-Upper Frasnian to Famennian sediments partly dated by Conodonts (Boulonnais, France). *Palaeobot. Palynol.*, 34, p. 49-66.
- 39) LOBOZIAK S. et STREEL M. — Synthèse palynostratigraphique de l'intervalle Givétien-Famennien du Boulonnais. In Collection « Biostratigraphie du Paléozoïque ». Université de Bretagne occidentale (sous presse).
- 40) LOBOZIAK S., STREEL M. et VANGUESTAINE M. (1983). — Miospores et acritarches de la formation d'Hydrequant (Frasnien supérieur à Famennien inférieur, Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 106, p. 173-183.
- 41) MARTIN F. (1970). — Observations microscopiques sur les schistes noirs de l'arkose de Haybes (Gedinnien inférieur) à Fépin (Ardenne française). *Bull. Inst. r. Sc. nat. Belg.*, 47 (42), p. 1-4.
- 42) Mc GREGOR D.C. (1982). — Spores in the Lower/Middle Devonian beds of the Eifel hills. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*, 55, p. 293-296.
- 43) NAUMOVA S.N. (1953). — Spore-pollen Complexes of the Upper Devonian of the Russian Platform and their stratigraphic significance. *Tr. Inst. Geol. Akad. Nauk SSSR*, 143 (Geol. ser. 60), p. 204 (en russe).
- 44) PAPROTH E., CONIL R., BLESS M.J.M., BOONEN P., BOUCKAERT J., CARPENTIER N., COEN M., DELCAMBRE B., DEPRIJCK Ch., DEUZON S., DREESEN R., GROESSENS E., HANCE L., HENNEBERT M., HIBO D., HAHN G. et R., HISLAIRE O., KASIG W., LALOUX M., LAUWERS A., LEES A., LYS M., OP DE BEEK K., OVERLAU P., PIRLET H., POTY E., RAMSBOTTOM W., STREEL M., SWENNEN R., THOREZ J., VANGUESTAINE M., VAN STEENWINKEL M. et VIESLET J.L. (1983). — Bio- and lithostratigraphic subdivisions of the Dinantian in Belgium. A review. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 106, p. 185-239.
- 45) PAPROTH E. et STREEL M. (1971). — Corrélations biostratigraphiques près de la limite Dévonien-Carbonifère entre les faciès littoraux ardennais et les faciès bathyaux rhénans. *Congrès et Coll. Univ. Liège*, 55, p. 365-398.
- 46) PIERART P. (1964). — Découverte de mégaspores et miospores dans le Givétien de Ronquières (Brabant, Belgique). — *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléont., et d'Hydrol.*, 73, p. 81-100.
- 47) RICHARDSON J.B., STREEL M., HASSAN A. et STEEMANS Ph. (1982). — A new spore assemblage to correlate between the Breconian (British Isles) and the Gedinnian (Belgium). *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 105, p. 135-143.
- 48) RIEGEL W. (1968). — Die Mitteldevonflora von Lindlar (Rheinland) 2. Sporae dispersae. *Palaeontographica B*, 123, p. 76-96.
- 49) RIEGEL W. (1973). — Sporenformen aus den Heisdorf-, Lauch- und Nohn-Schichten (Emsium und Eifelium) der Eifel, Rheinland. *Palaeontographica B*, 142, p. 78-104.

- 50) RIEGEL W. (1977). — Florencia und Normalentwicklung in den Mikroflora des Unter- und Mitteldevons der Eifel. *Nachr. dt. geol. Ges.*, 17, p. 70-71.
- 51) RIEGEL W. (1982). — Palynological aspects of the Lower/Middle Devonian transition in the Eifel region. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*, 55, p. 279-292.
- 52) RIEGEL W. et KARATHANASOPOULOS S. (1982). — Palynological criteria for the Siegenian/Emsian transition in the Rhineland. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*, 55, p. 199-206.
- 53) SANDBERG C.A., STREEL M. et SCOTT R. (1972). — Comparison between conodont zonation and spore assemblages at the Devonian-Carboniferous boundary in the Western and Central United States and in Europe. *7th Intern. Congress of Carb. Strat. and Geol., Krefeld*, 1, p. 179-203.
- 54) SCHULTZ G. (1968). — Eine unterdevonische Mikroflora aus den Klerfer Schichten der Eifel (Rheinisches Schiefergebirge). *Palaeontographica B*, 123, p. 5-42.
- 55) SOMERS Y. et STREEL M. (1978). — Spores du sommet du Dévonien à Langenaubach (synclinal de la Dill, R.F.A.). Relations entre la conservation des spores, le pouvoir réflecteur de la vitrinite et des intrusions diabasiques. *Ann. des Mines de Belgique*, p. 7-8.
- 56) STEEMANS Ph. (1981). — Etude stratigraphique des spores dans les couches de transition « Gedinnien-Siegenien » à Nonceveux et à Spa (Belgique). *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 104, p. 41-59.
- 57) STEEMANS Ph. (1982a). — L'âge du poudingue de Fépin (base du Gedinnien) à Lahonry (Belgique). *Bull. Soc. belge de Géol.*, 90 (4), p. 331-340.
- 58) STEEMANS Ph. (1982b). — Gedinnian and Siegenian spore stratigraphy in Belgium. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*, 55, p. 165-180.
- 59) STEEMANS Ph. et GERRIENNE Ph. (1984). — La micro- et macroflore du Gedinnien de la Gileppe. Synclinorium de la Vesdre, Belgique. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 107, p. 51-71.
- 60) STEEMANS Ph. et GRAULICH J.M. (1985). — Etude palynologique de la partie profonde du sondage de Porcheresse-Havelange (Province de Namur, Belgique). *Ann. Soc. géol. du Nord*, t. CV, p. 77-83.
- 61) STREEL M. (1964). — Une association de spores du Givétien inférieur de la Vesdre, Goé. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 87 (7), p. 1-29.
- 62) STREEL M. (1965). — Etude palynologique du Dévonien du sondage de Booischoot. Note préliminaire. *Bull. Soc. belge Géol., Hydrol., Paléont.*, 73 (2), p. 159-175.
- 63) STREEL M. (1966). — Critères palynologiques du Dévonien pour une stratigraphie détaillée du Tn1a dans les bassins ardennes-rhénans. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 89, p. 65-95.
- 64) STREEL M. (1967). — Association de spores du Dévonien inférieur belge et de leur signification stratigraphique. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 90 (3), p. 11-54.
- 65) STREEL M. (1969). — Corrélations palynologiques entre les sédiments de transition Dévonien/Dinantien dans les bassins ardennes-rhénans. *6th Intern. Congress of Carb. Strat. and Geol. Sheffield*, 1, p. 3-18.
- 66) STREEL M. (1972). — Dispersed spores associated with *Leclercqia complexa* Banks. Bonamo and Grierson from the Late Middle Devonian of Eastern New York State (U.S.A.). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 14, p. 205-215.
- 67) STREEL M. (1977). — Corrélations palynologiques dans le Tournaisien du Synclinorium de Namur. *Bull. Soc. belge Géol.*, 82 (2), (1973), p. 397-415.
- 68) STREEL M., FAIRON-DEMARET M., OTAZO-BOZO et STEEMANS Ph. (1981). — Etude stratigraphique des spores du Dévonien inférieur au bord Sud du Synclinorium de Dinant (Belgique) et leurs applications. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 104, p. 173-191.
- 69) STREEL M. et PAPROTH E. (1982). — Mitteldevonische Sporen aus der Bohrung Schwarzbachtal 1. *Senckenbergiana lethaea*, 63, p. 175-181.
- 70) STREEL M. et TRAVERSE A. (1978). — Spores from the Devonian/Mississippian transition near the Horseshoe curve section, Altoona, Pennsylvania, U.S.A. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 26, p. 21-39.
- 71) TAUGOURDEAU-LANTZ J. (1960). — Sur la microflore du Frasnien inférieur de Beaulieu (Boulonnais). *Rev. Micropaléont.*, 3 (3), p. 144-154.
- 72) TAUGOURDEAU-LANTZ J. (1967a). — Les spores du Frasnien du Bas-Boulonnais (France). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 1 (1-4), p. 131-139.
- 73) TAUGOURDEAU-LANTZ J. (1967b). — Spores nouvelles du Frasnien du Bas-Boulonnais (France). *Rev. Micropaléont.*, 10 (1), p. 48-60.
- 74) TAUGOURDEAU-LANTZ J. (1971). — Les spores du Frasnien d'une région privilégiée: le Boulonnais. *Mém. Soc. géol. Fr., N. S.*, L (114), p. 1-86.
- 75) THOREZ J., STREEL M., BOUCKAERT J. et BLESS M.J.M. (1977). — Stratigraphie et paléogéographie de la partie orientale du Synclinorium de Dinant (Belgique) au Famennien supérieur: un modèle de bassin sédimentaire reconstitué par analyse pluridisciplinaire sédimentologique et micropaléontologique. *Mededelingen rijks geologische dienst, N. série*, 28 (2), p. 17-32.
- 76) TILLMANN W. (1978). — Zur Sporenführung der Obersten Siegener Schichten bei Unkelmühle (Eitorf/Sieg). *Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln*, 33, p. 81-90.
- 77) TIWARI R.S. et SCHAARSCHMIDT F. (1975). — Palynological studies in the Lower and Middle Devonian of the Prüm syncline, Eifel (Germany). *Abh. Senckenberg Naturforsch. Ges.*, 534, p. 1-129.
- 78) VOLKMER U. (1984). — Palynologie des Unterdevons (Siegen-Ems) im Ostlichen Rheinischen Schiefergebirge. *Sonderveröff. Ges. Inst. Univ. Köln*, 54, p. 1-159.

