

CRITÈRES PALYNOLOGIQUES
POUR UNE STRATIGRAPHIE DÉTAILLÉE DU Tn1a
DANS LES BASSINS ARDENNO-RHÉNANS

par M. STREEL
Chef de travaux
Maître de Conférences à l'Université de Liège

(5 figures dans le texte, 2 hors-texte et 2 planches)

ABSTRACT

Palynological data for a detailed stratigraphy of Tn1a (Strunian) in Ardennes and Rhineland.

Upper Devonian and Lower Carboniferous deposits ranging from the littoral facies of the Namur basin to the more neretic facies of the Velberter Sattel (Rhineland), are investigated using quantitative palynological methods. A detailed regional, palynological zonation based on biometrical and morphological changes within the key-species *Hymenozonotriletes lepidophytus* KEDO is established. The stratigraphic limits of Tn1a strata and correlations with equivalent strata in other regions is discussed. Correlations between the Assise de Comblain-au-Pont stratotype and the Upper Devonian beds of the German succession are attempted. The stratigraphic value of some key-species such as *Dicropora multifurcata* WINSLOW, *Lophozonotriletes rarituberculatus* (LUBER) KEDO, *Hymenozonotriletes pusillites* KEDO and *Spinozonotriletes uncatius* HACQUEBARD and the systematic position of other widely distributed, longer ranging species which transgress the Devonian / Lower Carboniferous boundary, are discussed.

Le Tn1a désigne, dans les bassins franco-belges la sous-assise de Comblain-au-Pont ou encore la sous-assise d'Étrœungt appelée aussi Strunien. Cette sous-assise se place dans le contexte stratigraphique régional suivant :

Tn. moyen	Tn2a	— Schistes à <i>Spiriferellina peracuta</i>
Tournaisien	Tn1b	— Sous-assise d'Hastière
	Tn1a	— Sous-assise de Comblain-au-Pont ou d'Étrœungt (Strunien)
Famennien	Fm2b	— Assise d'Évieux
	Fm2a	— Assise de Montfort

Cette échelle stratigraphique est basée en ordre principal sur de très nombreuses études de la macrofaune (Brachiopodes, Trilobites, etc.). Elle a longtemps servi de standard européen pour la délimitation des systèmes Dévonien et Carbonifère. Depuis le Congrès de stratigraphie du Carbonifère à Heerlen, en 1935, l'échelle (allemande) qui s'appuie sur l'étude des Céphalopodes est plus généralement utilisée comme échelle de référence internationale.

DEMANET (1958) et CONIL et Coll. (1964) ont particulièrement étudié le Tn1a et ses équivalents stratigraphiques. Ils ont montré les difficultés d'application dans les bassins mêmes où les formations types du Famennien et du Tournaisien ont été définies, des limites adoptées à Heerlen en 1935. Le problème des corrélations entre les échelles stratigraphiques franco-belge et allemande reste donc d'actualité et l'on comprend l'intérêt qu'il y a à tenter ces corrélations par des critères nouveaux.

Les sédiments schisteux du Famennien supérieur et du Tournaisien inférieur belge contiennent des associations de spores généralement bien conservées. Leur étude est en cours dans le cadre d'un travail plus vaste sur les spores du Dévonien et du Dinantien de Belgique. Dans la présente note, plus restreinte, nous précisons quelques critères palynologiques qui permettent de mieux définir les limites et les caractéristiques sédimentaires de cette sous-assise de transition qu'est le Tn1a, entre la sédimentation détritique du Famennien et la sédimentation carbonatée du Tournaisien.

Les critères paléontologiques utilisés jusqu'ici proviennent exclusivement de l'examen de roches carbonatées. L'étude la plus complète du Tn1a est celle que CONIL et Coll. (1964) ont basé sur les Foraminifères, depuis le stratotype d'Étrœungt dans l'Avennois (France) jusqu'à l'anticlinal de Velbert, à l'est du Rhin. L'étude de ces foraminifères, liée à la présence de roches carbonatées ne permet des corrélations complètes que dans les facies néritiques. La base du Tn1a notamment ne peut pas toujours être précisée par ce moyen dans les facies plus littoraux du bassin de Namur ou dans la partie septentrionale du Condroz. D'où l'intérêt d'une étude des spores des sédiments schisteux qui sont fréquents à la fois dans les facies littoraux et dans les facies plus néritiques.

Les sédiments schisteux étudiés se répartissent en un certain

nombre d'affleurements et de sondages le long d'une ligne idéale qui s'éloigne progressivement du rivage famennien depuis les facies littoraux du bord sud du Bassin de Namur jusqu'à l'Anticlinal de Velbert, au seuil des facies bathyaux du Sauerland (Voir la carte, fig. 1).

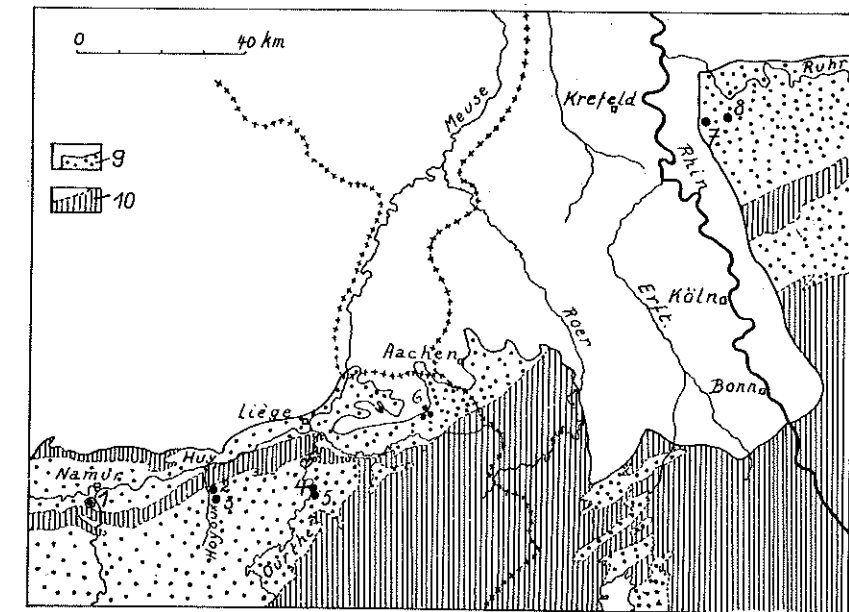


Fig. 1. — Carte de localisation des sondages et affleurements échantillonnés.

- | | |
|-----------------------|--|
| 1. Sondage de Wépion. | 6. Sondages de Welkenraedt. |
| 2. Royseux. | 7. Ratingen. |
| 3. Modave. | 8. Klein Steinkothen. |
| 4. Chanxhe. | 9. Carbonifère à Dévonien moyen. |
| 5. Rivage-gare. | 10. Dévonien inférieur et plus ancien. |

Ce sont d'ouest en est :

1. Le sondage de Wépion, effectué par le Service géologique de Belgique. Étudié par GRAULICH (1960), il recoupe deux fois le Tn1a : en place, dans le massif autochtone, vers 1750 m et dans un lambeau de poussée, renversé, associé au massif de Malonne, vers 770 m. De plus un redoublement de couches intervient dans le massif autochtone à l'intervention d'une faille.

2. Les coupes en affleurements de la vallée du Hoyoux. Elles

ont été échantillonnées à Royseux et à Modave sur la base des descriptions lithologiques de CONIL (CONIL et Coll., 1964). Une faune à Conodontes, datée to VI a été décrite récemment par BOUCKAERT et ZIEGLER (1965) dans la coupe de Royseux.

3. Les coupes en affleurement de la vallée de l'Ourthe. Elles ont été échantillonnées à Chanxhe et à Rivage-gare sur la base des descriptions lithologiques de CONIL (CONIL et Coll., 1964). En 1875 MOURLON a défini à Rivage-gare l'« assise de Comblain-au-Pont ».

4. Plusieurs sondages entreprises à Welkenraedt pour l'implantation de l'autoroute Liège-Aachen.

5. Les coupes en affleurement de l'Anticlinal de Velbert. Elles ont été échantillonnées à Ratingen (Cromford) et à Klein-Steinkothen sur la base des descriptions lithologiques de PAUL (1939). Ces coupes ont fait l'objet d'une étude des Conodontes par BÖGER (1962) qui a tenté d'y préciser la limite to VI/cu I.

De ces différents sédiments, 72 niveaux schisteux ont livré des spores. Les techniques de préparation de ce matériel ont été décrites en détail (STREEL, 1965). Les préparations microscopiques de référence sont déposées dans les collections du Laboratoire de Paléontologie végétale de l'Université de Liège. Mademoiselle S. LECLERCQ, qui dirige ce laboratoire, a mis à ma disposition des moyens techniques importants sans lesquels cette étude n'aurait pu être menée à bien. Je désire l'en remercier tout particulièrement.

Je désire remercier également MM. DELMER et GRAULICH qui ont bien voulu me confier les échantillons des sondages effectués par le Service géologique de Belgique, R. CONIL pour avoir mis à ma disposition ses coupes et ses repères de terrain, J. THOREZ qui m'a guidé à plusieurs reprises dans le prélèvement des échantillons et Mesdemoiselles H. GREBE et E. PAPROTH pour m'avoir facilité l'accès aux coupes de l'Anticlinal de Velbert. Ma gratitude va également à MM. M. DISCRY, J. JACQUET et M. LHODE pour leur aide technique très précieuse.

Lorsqu'on aborde l'examen des préparations microscopiques du matériel délimité ci-dessus, on est frappé immédiatement par l'abondance dans la plupart des niveaux observés d'une spore à morphologie très caractéristique.

DESCRIPTION DE LA POPULATION
d'*Hymenozonotriletes lepidophytus* KEDO

C'est une spore zonée de section polaire lenticulaire et à contour arrondi (ph. 1 (*)) ou plus souvent triangulaire-arrondi. Le diamètre de l'aire centrale varie de 50 à 80 % du diamètre total de la spore. L'exoexine est séparée de l'intexine sur la face distale comme le prouve l'existence de plis de l'exoexine qui n'affectent pas le corps central de la spore (ph. 5, 8, 10). La marque proximale atteint généralement la périphérie de la zone ou plus exactement la périphérie des aires de contact qui coïncident souvent avec l'équateur. Ces aires de contact sont bien différenciées par l'absence d'ornementation, du reste de la surface de l'exine qui est ornementée. L'ornementation consiste en un grand nombre de lacunes circulaires à polygonales, plus ou moins jointives de telle sorte que la surface générale de l'exine est le plus souvent réduite aux murs d'un véritable réticule. Cette variation dans la sculpture de l'exine peut apparaître sur un même spécimen (ph. 2). Lorsque la périphérie des aires de contact se place à l'équateur de la spore, on constate, sans équivoque, que seule la surface distale est ornementée. Ceci est plus évident encore lorsqu'un fragment distal de l'exine est accidentellement détruit (ph. 7) Les lacunes entament très rarement l'équateur où l'exine conservant son épaisseur normale semble cependant former un limbus. Une section transversale réalisée dans la spore (ph. 5) après inclusion dans du plastic montre bien (ph. 4) l'apparence de limbus bien qu'il ne soit pas possible de décider s'il y a réellement accollement des parois proximale et distale à l'équateur. Cette section montre également les murs du réticule localisé à la surface distale. Entre les lacunes, l'exine infraréticulée porte de très petits cones (1 μ) espacés qui saillent quelques fois à l'équateur (ph. 2 et 3).

Chez certaines formes atypiques, qui font néanmoins partie de la population d'*H. lepidophytus*, les murs du réticule apparaissent plus ou moins interrompus par la confluence des lacunes (ph. 10). Dans quelques cas, situés en limite de la population, les murs du réticule se réduisent à quelques crêtes en forme de verrues (ph. 11).

(*) Les photographies sont signalées par le sigle ph., numérotées de 1 à 28 et réparties en fin du travail dans les planches I et II.

C'est la tendance atypique (a.). Sur la ph. 9 on reconnaît sur la zone (en haut, à droite) la trace de deux lacunes circulaires et les verrues intercalées. La ph. 12 montre un spécimen que nous considérons hors des limites de la population d'*H. lepidophytus* du fait de l'absence de lacune ou de réticule différencié, même partiellement. Il n'est pas exclu cependant que cette spore représente l'aboutissement d'une dégradation progressive de l'ornementation d'*H. lepidophytus*.

Dans une autre tendance atypique (b.) l'exoexine paraît s'épaissir si l'on compare son opacité à celle du corps central. Ce caractère coïncide si l'on compare son opacité à celle du corps central. Ce caractère coïncide souvent avec un rétrécissement de la largeur de la zone (ph. 10).

Il faut noter que toutes ces formes, typiques et atypiques, conservent en commun leur structure « cavate » à exoexine infraréticulée, une ornementation distale au moins irrégulièrement verrueuse et lacuneuse avec de petits cones espacés et l'apparence d'un limbus. Les tendances atypiques (a.) et (b.) ne s'excluent d'ailleurs pas (ph. 11). La diagnose de KEDO (1957) ne s'appuyant que sur la publication d'un dessin, nous appellerons provisoirement les spores appartenant à la population définie ci-dessus *Hymenozonotriletes lepidophytus* KEDO *sensu lato*.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE ET PALÉOGÉOGRAPHIQUE D'*H. lepidophytus* KEDO *sensu lato*

H. lepidophytus KEDO a été décrit pour la première fois dans les couches de Dankov-Lebedyan (Fm. sup.) de la dépression du Pripet en Biélorussie. Elle y est très abondante et strictement limitée aux parties moyenne et supérieure de ces couches. Cette spore a été décrite sous d'autres noms dans d'autres régions du monde. Il est curieux de constater qu'elle y est toujours très abondante dans les sédiments où elle apparaît et restreinte à un intervalle sédimentaire relativement court. WINSLOW (1962) en a donné la diagnose la plus complète sous le nom d'*Endosporites lacunosus*, insistant notamment sur la position distale de l'ornementation lacuneuse. Cette espèce est très abondante dans les Ohio- et Bedford shales de l'Ohio (USA), couches de transition Devonien-Mississipien. BALME et HASSELL (1962), sous le nom de *Leiozonotriletes noumovae* inter-

prête une forme comparable en reconstituant une section polaire qui montre une ornementation lacuneuse sur les deux faces de la spore. Mais les photographies des deux paratypes publiés révèlent cependant que la face proximale de ces spores pourrait bien être lisse. Cette forme est très abondante au sommet du Famennien du Canning bassin (W. Australia). WRAY (1964) figure la même forme et signale son abondance dans le Famennien supérieur de Lybie.

Dans le cadre de ce travail, nous n'entrerons pas plus avant dans le processus de comparaison du matériel belge et du matériel décrit sur les 4 continents. Ce travail de comparaison est en cours, en collaboration avec M. B. OWENS (Geological Survey of Great Britain) et sera publié ultérieurement. Nous voulons insister ici sur l'importance stratigraphique et paléogéographique considérable de cette spore et justifier ainsi la place prépondérante que nous lui avons faite dans les pages qui suivent. En effet, avant d'arriver à des conclusions interrégionales, de portées plus vastes, il faut étudier la forme, en détail, dans les différents bassins de sédimentation et d'abord là où les couches de transition Famennien Tournaisien ont été définies.

SIGNIFICATION STRATIGRAPHIQUE DE L'ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOMÉTRIQUE DE *H. lepidophytus* KEDO *sensu lato*

Considérons d'abord les coupes de la vallée de l'Ourthe puisqu'elles sont les plus complètes, que leurs niveaux à spores sont les plus nombreux et qu'elles comprennent les stratotypes de la sous-assise de Comblain-au-Pont et de l'assise d'Évieux (Voir hors texte 2).

Entre les coupes de Chanxhe et de Rivage-gare, la lithologie peut être facilement mise en parallèle. Les premiers niveaux schisteux intercalés dans les grès du sommet de l'assise d'Évieux ne contiennent pas *H. lepidophytus*. La forme apparaît, par quelques spécimens seulement au banc Ch. 96. Elle devient très abondante dès le banc Ch. 100. Tous les échantillons récoltés à partir de ce banc jusqu'aux derniers schistes situés sous le massif de calcaire crinoïdique de la sous-assise d'Hastière (Tn1b) contiennent en abondance (à l'exception du dernier banc Ch. 169) *H. lepidophytus*.

Par contre les schistes à *Spiriferellina peracuta* (Tn2a) ne contiennent pas cette espèce.

L'examen d'une vingtaine de niveaux superposés nous a suggéré que les variations dans la morphologie de l'espèce esquissées dans un paragraphe précédent pouvait avoir une signification stratigraphique.

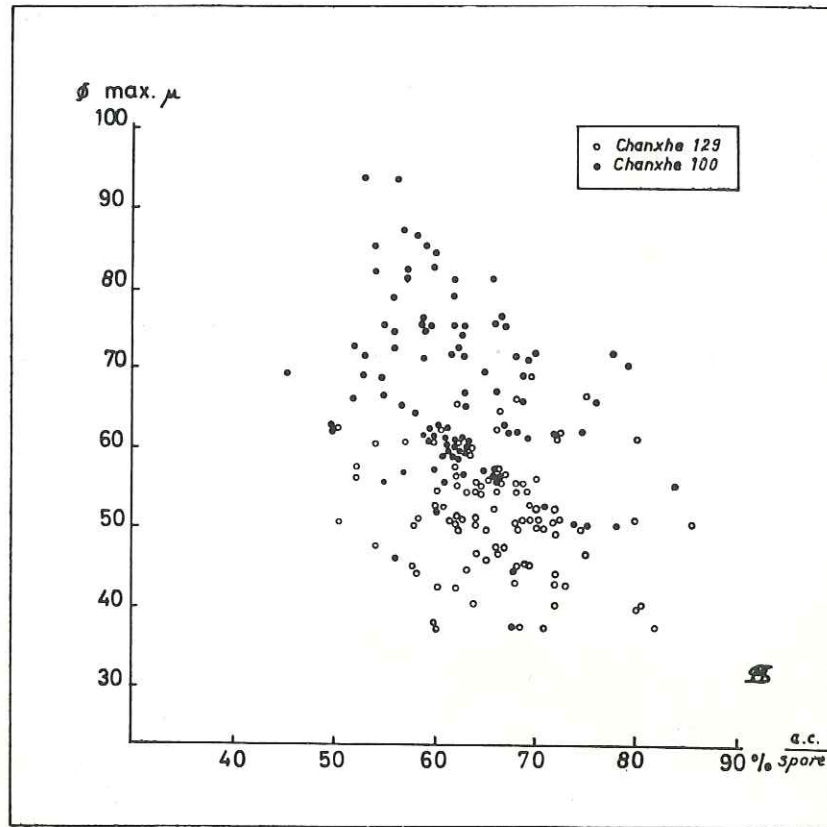


Fig. 2. — Diagramme combiné de deux variables biométriques d'*H. lepidophytus* dans deux niveaux stratigraphiquement distincts.

En ordonnée : diamètre maximum de chaque spécimen.

En abscisse : rapport $\frac{\text{diamètre de l'aire centrale}}{\text{diamètre de la spore}}$ en %.

1. On peut mettre en évidence un aspect de cette variabilité en mesurant le diamètre maximum et le diamètre de l'aire centrale

de cent spécimens dans deux niveaux bien distincts (Ch. 100 et Ch. 129) et en calculant pour chaque spécimen le rapport

$$\frac{\text{diamètre de l'aire centrale}}{\text{diamètre de la spore}} (= a. c./spore).$$

Sur le diagramme de la fig. 2, chaque spécimen de chacune des 2 populations mesurées est représenté par un point situé en ordonnée en fonction de son diamètre maximum et en abscisse en fonction du rapport a. c./spore. Dans ce nuage de points, les deux populations se dégagent incontestablement : faiblement en ce qui concerne le rapport a. c./spore dont l'optimum se situe dans l'intervalle 60-64% pour Ch. 100 et dans l'intervalle 64-70% pour Ch. 129 ; beaucoup plus nettement en ce qui concerne le diamètre maximum dont l'optimum se situe dans l'intervalle 56-76 µ pour Ch. 100 et 46-51 µ pour Ch. 129. Donc, dans le temps nécessaire au dépôt des vingt mètres de sédiments qui séparent ces deux bancs de schistes, on assiste à une réduction de la taille de *H. lepidophytus* accompagné d'un rétrécissement de la zone. A priori, on pourrait objecter que cette réduction de la taille est simplement le résultat d'un tri dans la masse des spores transportées par les courants marins. La compétence des courants diminuant au fur et à mesure que s'installe le régime de sédimentation carbonatée au dépens de la sédimentation détritique, on pourrait s'attendre à trouver des organismes de taille de plus en plus petite. La réalité est cependant bien différente. D'abord le phénomène de réduction de taille mis en évidence chez *H. lepidophytus* n'affecte apparemment pas les autres spores ou plus généralement le reste de la matière organique dispersée. Ainsi le niveau supérieur Ch. 129 est notablement plus riche en tétrades de spores, en fragments de cuticules et de trachéides que le niveau inférieur Ch. 100. Ensuite l'évolution de la taille d'*H. lepidophytus* est évidente dans un intervalle sédimentaire dont les composantes lithologiques varient très peu (des grès apparaissent encore au sommet de cette séquence) alors que l'évolution de la taille n'est plus aussi accusée au dessus de cette séquence là où pourtant le régime de sédimentation carbonatée s'installe bien plus nettement.

2. Au-dessus de Ch. 129, dans l'intervalle sédimentaire intercalé entre des biostromes que CONIL et Coll. (1964) rattachent à un important facies récifal dans la vallée de la Vesdre (biostrome

principal) on constate, en remontant la séquence stratigraphique, l'apparition d'une proportion croissante de formes atypiques à réticule interrompu (a.).

Considérons maintenant les autres coupes ou sondages détaillés fig. hors texte 2 où chaque niveau schisteux analysé est représenté par un cercle noir ou blanc selon qu'il contient ou ne contient pas *H. lepidophytus*. Nous avons réalisé l'étude biométrique de la population de cette espèce dans la plupart des niveaux marqués d'un cercle noir, dressant pour chacun d'eux un histogramme de fréquence établi en fonction du diamètre maximum de chaque spécimen et mentionnant la proportion des formes atypiques. Un choix de ces histogrammes de fréquence est représenté fig. hors texte 1. A l'exception du niveau 47 de la coupe de Modave et des niveaux 18 à Ratingen, tous les histogrammes de fréquence peuvent être comparés aux histogrammes de référence établis dans les coupes de l'Ourthe. A Mod. 47 et Cr. 18 les caractéristiques de la population sont un peu différentes. D'abord le diamètre moyen est encore plus petit que celui de la population étudiée au sommet de Chanxhe et de Rivage-gare. Ensuite, parmi les formes atypiques très abondantes cette fois (près de la moitié de la population) on trouve beaucoup de formes à corps central peu distinct et à zone étroite (b.). En fonction de ces caractéristiques, ces niveaux schisteux doivent être situés stratigraphiquement immédiatement au-dessus des derniers niveaux riches en *H. lepidophytus* dans la vallée de l'Ourthe. Le niveau schisteux Mod. 47 est situé à 4 mètres environ sous la limite Tn1a-Tn1b. Il est probable que le niveau 169 de Rivage-gare appartient à la même zone stratigraphique que Mod. 47 et Cr. 18 : les caractéristiques des formes de *H. lepidophytus* atypiques sont comparables mais le niveau Rg. 169 est trop pauvre pour une étude statistique de la population de cette spore.

Le contour de l'histogramme de fréquence de Mod. 47 a été reproduit, fig. hors texte 1, au sommet de la série des histogrammes de référence de l'Ourthe, de telle manière que l'on ait une vue d'ensemble de l'évolution de la taille chez *H. lepidophytus* depuis l'apparition massive de cette forme jusqu'au sommet du Tn1a.

De Ch. 100 à Mod. 47 la taille moyenne de *H. lepidophytus* se rétrécit très progressivement. De plus, l'écart entre les tailles extrêmes de la population se rétrécit également en faveur d'une accen-

tuation des optima. Les spécimens de grande taille (70 μ et plus) ne se rencontrent que dans les couches inférieures ; quelques unes atteignent 100 μ mais deviennent assez rares à partir de Ch. 112 immédiatement au-dessus du 1^{er} biostrome. Indépendamment de la mesure de leur diamètre, ils se reconnaissent au fait qu'une partie de la surface distale déborde souvent d'un côté le contour équatorial, montrant alors localement une superposition de lacunes ou du réticule là où la paroi distale de l'exine est redoublée. Ceci est dû à une compression latérale de la spore au moment du dépôt avec le sédiment mais témoigne probablement aussi d'un allongement de l'axe polaire dans les spécimens de grandes tailles.

ZONATION PALYNOLOGIQUE BASÉE SUR LES CARACTÉRISTIQUES D'*H. lepidophytus* KEDO *sensu lato*

Une zonation peut être établie sur la base de cette étude biométrique et morphologique. Nous considérons de bas en haut :

- une zone A qui ne contient pas cette espèce.
- une zone B, très étroite (3 mètres de sédiments à Chanxhe) où l'espèce apparaît en quelques exemplaires seulement.
- une zone C (11 m) débutant avec l'apparition massive de l'espèce et se poursuivant jusqu'au sommet du 1^{er} biostrome à Chanxhe, caractérisée par la présence de nombreuses grandes formes (plus de 70 μ).
- une zone D de Ch. 112 à Ch. 129, à la base du biostrome principal (11 m). Elle comprend encore quelques rares grandes formes.
- une zone E de Ch. 129 à Ch. 165 (16 m), caractérisée par l'absence des grandes formes et la présence de formes atypiques (a.).
- une zone F à partir de Mod. 47 (ou Ch. 169?) par définition jusqu'au point, non localisé jusqu'ici, de la disparition de l'espèce ; caractérisée par l'absence de grandes formes et l'abondance des formes atypiques (a) et (b).
- une zone G qui ne contient pas l'espèce.

Le schéma, fig. 3 résume les caractères biométriques de chacune des zones. Les limites C/D et D/E intervenant dans une série progressive continue sont forcément arbitraires. Par convention,

nous considérons respectivement les caractéristiques des populations de Ch. 112 et de Ch. 129 comme points limites entre ces zones.

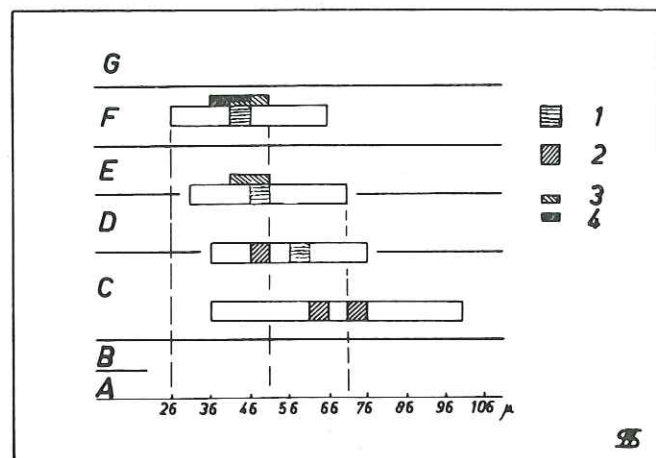


Fig. 3. — Caractéristiques synthétiques de la zonation basée sur *H. lepidophytus*.

En ordonnée : zonation palynologique.

En abscisse : classes de taille (Intervalle 5 µ).

1. Optimum des histogrammes de fréquence.
2. Plus d'un cinquième de la population.
3. Optimum des formes atypiques (a).
4. Optimum des formes atypiques (b).

Sur la fig. hors texte 1 les histogrammes de fréquence de taille obtenus des niveaux de schistes en dehors de la vallée de l'Ourthe sont ainsi facilement replacés dans la zonation principalement établie à Chauxhe et à Rivage. Le contour de quelques-uns de ces histogrammes est reproduit en pointillé sur les histogrammes de référence. Par exemple à Cr. 3 l'optimum de fréquence se place dans la classe de taille 51-56 µ. Il fait donc partie de la zone D ce que confirme l'absence de formes atypiques et de formes de grande taille. A. Wép. 1750 m, les deux maxima de fréquence se place dans les classes de taille 51-56 µ et 61-66 µ donc avec les histogrammes de la zone C ; appartenance confirmée à Wép. 1753 m par l'abondance des grandes formes.

ÉQUIVALENTS STRATIGRAPHIQUES DES ZONES PALYNOLOGIQUES]

La limite inférieure de la sous-assise de Comblain-au-Pont, telle qu'elle a été placée sous le 1^{er} biostrome à Rivage-gare par MOURLON en 1875, correspond approximativement à notre limite C/D. La limite supérieure, basée sur la seule extinction des *Phacops* est sujette à caution ; nous y reviendrons dans la suite (*). CONIL et Coll. (1964) ont proposé de descendre la limite inférieure du Tn1a dans les couches gréseuses attribuées jusqu'alors à l'assise d'Évieux, fixant la base du Tn1a à l'extinction des *Umbellina* ornementées et à l'apparition de Girvanelles de petite taille, cette limite locale étant caractéristique. Notre limite A/B se situe trois mètres au-dessus de la limite Fm2b/Tn1a sensu CONIL ; notre limite B/C se trouve trois mètres plus haut encore dans la partie supérieure de la zone à petites Girvanelles. MICHOT, CONIL et PIRLET (1966) subdivisent le Tn1a en trois zones α, β et γ. La limite α/β n'est pas définie dans la vallée de l'Ourthe. La limite β/γ correspond étroitement à notre limite C/D.

La proposition de CONIL et Coll. (1964) de déplacer dans les grès la limite Fm2b/Tn1a n'est pas acceptée par MAMET, MORTELMANS et SARTENAER (1965) qui s'en tiennent à une limite correspondant grosso-modo à la base de la sous-assise de Comblain-au-Pont, ou plus précisément la limite β/γ de CONIL ou encore notre limite C/D.

MICHOT, CONIL et PIRLET (1966) suggère de placer la limite Tn1a/Tn1b au sommet du biostrome principal à Rivage-gare, ce qui a pour conséquence de rejeter dans le Tn1a la zone E et ce que nous connaissons de la zone F en Belgique. Ceci est en bon accord avec la palynologie qui ne pouvait accepter que la limite Tn1a/Tn1b (CONIL et Coll., 1964) se place dans la zone E dans la vallée de l'Ourthe et dans la zone F dans la vallée du Hoyoux (**).

La limite Tn1bγ/Tn2a est peu nette dans les facies littoraux. Il est probable cependant que la base de la zone G à Wépion se situe en dessous de cette limite soit encore dans le Tn1b.

(*) M. L. FRANSSSEN (1965, inédit) a trouvé le genre *Cryptophyllus* plusieurs mètres au-dessus du dernier *Phacops* signalé par LOHEST et FORIR (1895). (Voir Fig. hors-texte 2). Or cet ostracode n'apparaît généralement plus au Tn1b.

(**) « R. CONIL a découvert récemment un *Phacops* de grande taille dans la coupe d'Anthistes (entre les vallées du Hoyoux et de l'Ourthe), à un niveau stratigraphique équivalent au dernier banc à stromatopores de l'Ourthe, soit à une distance d'une dizaine de mètres sous les Tn1b.

CORRÉLATIONS STRATIGRAPHIQUES OURTHE-HOYOUX

En dehors du problème que nous venons d'évoquer concernant la limite Tn1a/Tn1b, les corrélations se limitent à la zone D à laquelle appartiennent les schistes qui encadrent les niveaux 9 et 11 de BOUCKAERT et ZIEGLER (1965). La zone D qui représente la majeure partie de l'assise de Comblain-au-Pont sensu MOURLON 1875, est ainsi datée to VI par les conodontes. L'apparition massive d'*H. lepidophytus* (B/C) n'a pu encore être repérée dans les grès de Modave, faute de niveaux schisteux contenant des spores.

CORRÉLATIONS STRATIGRAPHIQUES OURTHE-SONDAGE DE WÉPION

Le contact Fm2b/Tn1a reconnu par GRAULICH (1960) à 1747m30 correspond probablement à la base de la sous-assise de Comblain-au-Pont. Le contact Fm2b/Tn1a sensu CONIL doit être cherché dans les grès du sondage de Wépion situés en dessous des niveaux 1751-1753 m qui appartiennent à la zone C. Cette limite peut être avantageusement placée à 1759,50 m dans le massif autochtone et à 753,55 m dans le tronçon renversé, là où une épaisse couche de conglomérats traduit probablement un maximum dans la régression marine qui a précédé le dépôt des sédiments tournaisiens.

Le contact Tn1a/Tn1b reconnu par GRAULICH (1960) correspond au sommet de la sous-assise de Comblain-au-Pont, dans la zone E. Si l'on adopte la limite Tn1a/Tn1b proposée par MICHOT, CONIL et PIRLET (1966), les cinq niveaux à spores de la zone E rentrent dans le Tn1a.

Mais quel que soit le découpage stratigraphique adopté, le niveau 1739 m, immédiatement situé sous la faille XIII, ne peut être attribué au Tn2a puisqu'il appartient au sommet de la zone E. Si, en l'absence de fossiles, il paraît rationnel de placer un banc massif de schistes (2 m 60) dans le Tn2a, ce choix entraîne néanmoins l'existence d'une importante réduction de puissance du Tn1b sensu GRAULICH, du massif de Malonne (12 m) au massif autochtone (2 m 70 sous la faille XIII ; 3 m 80 au-dessus de cette faille). En fait, les limites Tn1b/Tn2a adoptée par GRAULICH de part et d'autre de la faille XIII (faille à faible rejet) sont en contradiction avec la zonation palynologique puisque le niveau 1722 m, soit 1 m 10 au-

dessus de la base du Tn2a appartient à la zone G (Pas d'*H. lepidophytus*) alors que le niveau 1739 m, soit 2 m 45 au-dessus de la base Tn2a proposée, appartient au sommet de la zone E. Nous préférons, pour notre part, adopter la solution qui consiste à faire, de part et d'autre de la faille XIII, l'intervalle sédimentaire 1731,90-1726,90 grosso-modo équivalent à l'intervalle 1744,15-1741,45 dont il constituerait un simple facies plus gréseux. De telles variations de facies sont évidentes dans la zone D de la vallée de l'Ourthe ; on ne voit pas pourquoi elles n'existeraient pas dans la zone E en milieu littoral. (*)

CORRÉLATIONS STRATIGRAPHIQUES OURTHE-SONDAGES DE WELKENRAEDT

Douze niveaux ont été étudiés dans les sondages de Welkenraedt : S. 710 ; S. 714 ; S. 715. Huit sont situés dans les schistes sous-jacents au biostrome principal, très développé dans cette région et correspondent à la zone D. Les quatre autres échantillons appartiennent à la zone G et vraisemblablement aux schistes à *Spiriferellina peracuta* (Tn2a). Ces niveaux ne sont pas représentés sur la figure hors-texte 2.

CORRÉLATIONS STRATIGRAPHIQUES OURTHE-ANTICLINAL DE VELBERT

Le premier niveau schisteux accessible à la base de la coupe de Ratingen (Cr. 3) appartient déjà à la zone D (Voir son histogramme de fréquence, fig. hors-texte 1). La corrélation entre la base de la coupe de Ratingen et la base du Tn1a sensu CONIL dans la vallée de l'Ourthe, telle qu'elle est suggérée par MAMET, MORTELMANS et SARTENAER (1965, fig. 2) devrait donc être rejetée. D'autre part nous

(*) Dans une lettre datée du 12 avril 1966, M. J. M. GRAULICH nous écrit que nos résultats mettent en cause l'existence même de la faille XIII qu'il a invoquée dans l'interprétation du sondage pour expliquer la présence des calcaires crinoïdiques inférieurs qu'il rangeait sans preuve paléontologique dans l'assise d'Hastière. Ces calcaires inférieurs pouvant être d'âge strunien, M. GRAULICH considère que l'hypothèse d'une série continue entre 1723,10 et 1747,20 aurait l'avantage de ne pas devoir admettre une si grande variation de facies de part et d'autre d'une problématique faille à si faible rejet.

confirmons, en première approximation, le point de vue de CONIL et Coll. (1964) qui, utilisant le critère des apparitions d'*Endothyridae*, fait correspondre la base de la coupe de Ratingen (Cromford) avec la base de la sous-assise de Comblain-au-Pont. Mais, pour être plus précis, l'histogramme de fréquence Cr. 3 se plaçant entre les histogrammes de fréquence Ch. 116 et Ch. 129 (voir fig. hors-texte 1), nous suggérons de relier les niveaux à stromatopores et coraux de la base de la coupe de Ratingen avec le 2^e biostrome plutôt que le 1^{er} biostrome de la région récifale de la Vesdre.

La zone schisteuse E_z de PAUL (1939) correspond à la transition E/F. En fait, ces schistes nous paraissent devoir être intercalés dans le biostrome principal de la région de la Vesdre plutôt que surmonter ce biostrome comme cela est proposé conditionnellement par CONIL et Coll. (1964). Grosso-modo, ils seraient l'équivalent des schistes 159 à 169 de Rivage-gare. Il est difficile de les rapporter à la base de la sous-assise de Comblain-au-Pont comme le proposent MAMET, MORTELMANS et SARTENAER (1965, fig. 2) alors que les caractéristiques de leur population d'*H. lepidophytus* sont celles que l'on trouve à Rivage-gare au-dessus de la sous-assise de Comblain-au-Pont. Le T II schiefer de PAUL (1939) correspondant au Tn2a et daté cu II_α. (Voir CONIL et Collab., 1964 et PAPROTH, 1964) ne contient pas *H. lepidophytus*. De même, une laie schisteuse intercalée dans les couches datée cu I sup. par BÖGER (1962), équivalentes à Klein-Steinkothen de l'Ostracoden kalk de Ratingen, a livré un niveau à spores suffisamment bien conservé pour qu'on y constate l'absence d'*H. lepidophytus*. La limite to VI/cu I doit probablement être cherchée dans l'Ostracoden kalk (Voir BÖGER, 1962, p. 155). Tous les niveaux contenant *H. lepidophytus* étudiés dans cette note sont donc d'âge dévonien dans le système de référence international adopté à Heerlen en 1935.

Le premier *Siphonodella* a été trouvé en Belgique (CONIL et Coll. 1964) au sein du calcaire crinoïdique massif (Tn1b_β) de la coupe de Gendron-Celles, près de Dinant. Une partie au moins du Tn1b_β appartient donc indiscutablement au cu I. La masse de calcaire du Tn1b_β est très constante dans les facies néritiques du Bassin de Dinant et on l'identifie sans difficultés dans les coupes du Hoyoux et de l'Ourthe. La limite to VI/cu I doit donc être cherchée en Belgique vers la base du Tn1b c'est-à-dire dans une séquence de roches carbonatées d'une dizaine de mètres d'épaisseur.

DESCRIPTION DE QUELQUES SPORES LIÉES A LA LIMITE
DÉVONIEN/DINANTIEN

En dehors de l'abondance de *H. lepidophytus*, d'autres espèces sont intéressantes à signaler dans ce travail parce qu'elles ont été décrites dans d'autres régions où leur apparition, leur abondance ou leur extinction sont mentionnées pour caractériser les couches de transition Dévonien/Dinantien.

cf. *Punctatisporites irrasus* HACQ. 1957 in SULLIVAN 1964 a
Pl. II, ph. 26

Description de la population : Spore lisse à contour arrondi. Diamètre 45-68 μ. Marque proximale très fine à lèvres rectilignes jamais proéminentes, atteignant les 2/3 du rayon de la spore, reliée par des curvaturae perfectae ou imperfectae, très fins, délimitant des aires de contact à structure différenciée par rapport au reste de la surface de l'exine, souvent accentuée par un épaississement apical étiré le long de la marque proximale sans l'atteindre. Exine très fine : inférieure à 1 μ. Plis à extrémités effilées du type *Calamospora*, typiquement localisés à la face distale ou alors parallèles au bord de la spore.

Répartition stratigraphique : Assise d'Évieux — Tn2a (A-G).

Remarques : Ces formes attribuées ici à titre provisoire au genre *Punctatisporites* appartiennent à un groupe de spores connu depuis le Gedinnien et classés selon les auteurs dans des genres très divers. Signalons notamment :

Calamospora nigrata (Naoumova) ALLEN, 1965, p. 693.

Calamospora witneyana CHALONER 1963, p. 693.

Calamospora atava (NAOUMOVA) MC GREGOR 1964, p. 6.

Retusotriletes biarealis MC GREGOR 1964, p. 7.

Phyllothecotriletes rotundus STREEL 1964, p. B 4.

Phyllothecotriletes triangulatus STREEL 1964, p. B 5.

Phyllothecotriletes cf. *nigritellus* LUBER in STREEL 1965b, p. 175.

Phyllothecotriletes microgranulatus VIGRAN 1964, p. 8.

Ce groupe de spores qui appartiennent certainement à une même unité générique se distingue par la finesse de l'exine, des genres

Punctatisporites et *Retusotriletes* qui devraient être restreints aux spores à exine épaisse. L'attribution de ces formes à facettes proximales différenciées au genre *Calamospora* élargit considérablement l'acception de ce genre où typiquement la marque proximale (inférieure à $\frac{1}{2}$ rayon) occupe souvent, après fossilisation, une position excentrique. Celle-ci témoigne à la fois de la non-différentiation des facettes proximales et d'un axe polaire proportionnellement plus long que chez les formes ci-dessus. Néanmoins le statut exact du genre *Phyllothecotriletes* LUBER repose seulement sur un dessin très sommaire et une diagnose laconique et on peut hésiter à utiliser ce nom.

Retusotriletes incohatatus SULLIVAN 1964 a
Pl. II, ph. 22 et 23

Description de la population : Spore à contour arrondi. Diamètre 40-58 μ . Marque proximale légèrement proéminente, parfois ondulée, souvent accompagnée de plis. Extrémités des branches parfois terminées par des *curvaturae imperfectae*. Exine plus ou moins lisse, infragranulée (?). Structure de l'exine moins accentuée sur les facettes proximales. Épaisseur de l'exine 1 à 2 μ .

Répartition stratigraphique : Assise d'Évieux — Tn2a (A-G).

Remarques : L'attribution de cette forme au genre *Retusotriletes* n'est pas complètement satisfaisante, la structure de l'exine paraissant plus complexe que chez les *Retusotriletes* typiques du Dévonien. Le très nombreux matériel examiné suggère qu'une très fine « lamelle » externe de l'exine forme indépendamment des couches sous-jacente une infinité de très fins plis, déterminant ainsi l'aspect irrégulier de la surface de l'exine. Cependant cette séparation des « lamelles » de l'exine est peut-être d'origine secondaire, acquise par exemple pendant la macération des sédiments.

Raistrickia sp. A in SULLIVAN 1964 a
Pl. II, ph. 18 et 19

Description de la population : Spore arrondie. Diamètre 45 à 78 μ (sans l'ornementation). Exine épaisse de 3 μ environ, portant des

des appendices de formes complexes « bi- ou triform » : plus ou moins verruqueux ou coniques (base des éléments : 3 à 4 μ), chaque élément porte, lorsqu'on le voit en périphérie, des bâtonnets de 2-4 μ de haut et de 1-2 μ de large, typiquement étranglés à 1 μ du sommet. Le nombre des appendices visibles à l'équateur varie de 20 à 32.

Répartition stratigraphique : Tn1a-Tn2a (C-G).

cf. *Dicrospora multifurcata* WINSLOW 1962
Pl. II, ph. 13, 14 et 15

Description de la population : spore (mégaspore?) généralement opaque dans les sédiments considérés mais bien reconnaissable par ses grands appendices à extrémités plurifurquées. Le diamètre comprenant les appendices varie entre 150 μ et 350 μ . Le corps de la spore, généralement supérieur à 100 μ , vu en compression latérale, montre une surface proximale aplatie et une surface distale pansue. Marque proximale élevée et membraneuse. Nombre d'appendices dépassant souvent la trentaine ; légèrement coniques de la base jusqu'à la moitié ou les 2/3 de leur hauteur devenant ensuite cylindriques et se terminant par une partie élargie portant 2 (ph. 13) ou plusieurs (jusqu'à 5) épines arquées insérées latéralement (ph. 14).

Répartition stratigraphique : Assise d'Évieux, sommet du Tn1a (A-F?). La ph. 15 représente le spécimen, très mal conservé, stratigraphiquement le plus élevé (Rg. 169).

Remarques : ALLEN (1965) ayant inclu le génotype de *Dicrospora* dans le genre *Hystricosporites*, il y a lieu de reconsidérer, sur un matériel mieux conservé que le nôtre l'appartenance des formes à appendices plurifurqués à un genre indépendant. L'attribution de notre matériel à l'espèce *multifurcata* est faite avec réserve, étant donné que le nombre d'appendices est ici nettement supérieur à celui mentionné par WINSLOW (7 à 22).

Spinozonotriletes cf. *uncatus* HACQUEBARD 1957
Pl. II, ph. 27

Description du spécimen : spore arrondie-subtriangulaire. Diamètre 46 μ . Longueur des branches de la marque proximale :

environ 3/4 du rayon de la spore. Extrémités des branches reliées par des curvaturae. Exine ornementée, en dehors des aires de contact, par des épines de 2-5 μ de haut, à base décurrente. Intexine séparée localement de l'exoexine qui apparaît plissée transversalement.

Position stratigraphique : Tn1a (C/D).

Remarques : les diamètres extrêmes de la population étudiée par PLAYFORD 1963 vont de 74 à 150 μ . Notre spécimen est donc considérablement plus petit.

cf. *Crassispora balteata* (PLAYFORD) SULLIVAN 1964 b, p. 376
Pl. II, ph. 24 et 25

Description de la population : spore triangulaire-arrondie. Diamètre 35 à 55 μ . Marque trilete plissée, élevée à l'apex, s'abaissant vers l'équateur. Celui-ci est souligné par un épaissement de l'exine, continu, à bord interne mal défini. Surface proximale lisse. Surface distale ornementée de très petits grains, cônes ou bâtonnets, certains « biform », généralement inférieurs à 1 μ de haut, à base arrondie ou parfois polygonale.

Répartition stratigraphique : Assise d'Évieux — sommet du Tn1a (A-F).

Remarques : Ces spores attribuées ici provisoirement au genre *Crassispora* font partie d'un important groupe homogène d'espèces décrites de régions très diverses, depuis l'Emsien, sous des noms génériques différents. Citons :

Geminospora lemurata BALME 1962, p. 5.

Geminospora tuberculata (KEDO) ALLEN 1965, p. 696.

Geminospora svalbardiae (VIGRAN) ALLEN 1965, p. 696 (*).

Lycospora svalbardiae VIGRAN 1964, p. 23.

(*) Nous ne sommes pas convaincu de l'identité de *Lycospora svalbardiae* VIGRAN 1964 et de *Geminospora svalbardiae* (VIGRAN) ALLEN 1965. En effet VIGRAN indique clairement que l'épaisseur de l'exine varie de 1 à 3,5- μ alors que ALLEN insiste sur la différence d'épaisseur de l'exine entre *G. svalbardiae* (3-7 μ) et *G. tuberculata* (2-3 μ). Cette dernière espèce qui, en dehors de ce caractère de l'exine est semblable à *G. svalbardiae* ALLEN, paraît mieux correspondre au matériel décrit par VIGRAN. Il y a là une contradiction à lever.

Retusotriletes greggsii MC GREGOR 1964, p. 8.

Aneurospora goensis STREEL 1964, p. B 15.

Aneurospora sp. STREEL 1965 b, p. 182.

Lycospora pallida MC GREGOR 1960, p. 36.

Lycospora magnifica MC GREGOR 1960, p. 35.

En fait ce groupe se distingue de *Retusotriletes emend* STREEL 1964 par l'ornementation de l'exine d'abord mais aussi par l'existence d'un épaissement plus ou moins large et continu de l'exine à l'extrémité distale des aires de contact. Cet épaissement à bord interne mal défini correspond au crassitudo équatorial décrit chez *Crassispora* mais ce dernier genre a une marque proximale particulière s'ouvrant généralement en une fenêtre triangulaire tandis que dans le groupe dont il est question ici, la marque proximale est toujours apparente et souvent au moins partiellement proéminente. *Lycospora* présente un véritable cingulum, à bord interne nettement délimité du reste de l'exine. Les formes ci-dessus présentent parfois un décollement d'une couche interne de l'exine (intexine? mésospore?) qui est alors souvent interprétée à tort comme le bord d'un cingulum. Pour donner un statut générique définitif à ce groupe de spores, il reste à déterminer si la partie distale de l'exine chez *Geminospora lemurata* est significativement différente de celle de la partie proximale, ou non. Si oui, *G. lemurata* doit être considéré comme distinct du groupe ci-dessus à réunir dans le genre *Aneurospora*. Si non, *Geminospora* a priorité.

Lophozonotriletes rarituberculatus (LUBER) KEDO 1957

Pl. II, ph. 16 et 17

Description des deux spécimens : spore cingulée arrondie. Diamètre 40 et 45 μ . Largeur du cingulum : 3-5 μ . Ornementation de tubercules arrondis, au nombre de 10 à 14, localisés à l'aire centrale ou au bord interne du cingulum.

Répartition stratigraphique : Sommet du Tn1a (E-F).

cf. *Hymenozonotriletes pusillites* KEDO 1957

Pl. II, ph. 20 et 21

Description de la population : spore zonée triangulaire arrondie. Diamètre : 40-65 μ . La zone est large d'environ 1/3 du rayon de

<i>Raistrickia</i> sp. A in SULLIVAN 1964 a	Wep. 1722		Wep. 770-5 Wep. 1739 Wep. 1741 Wep. 1743 Rg. 161	Ch. 116
<i>Endosporites</i> groupe <i>minutus</i> HOFF, STAP., MALL. 1955	Wep. 1722	Cr. 18 Mod. 47	Wep. 770-5 Wep. 1741 Wep. 1743 Ch. 129	Ch. 116
cf. <i>Punctatisporites irrasus</i> HACQUEBARD 1957	Wep. 1722	Cr. 18 Mod. 47	Wep. 773-5 Wep. 1743	Ch. 116
<i>Retusotriletes incohatus</i> SULLIVAN 1964 a	Wep. 1722 Wep. 780 Wep. 788	Cr. 18 Mod. 47	Wep. 770-5 Wep. 1739 Wep. 1741 Wep. 1743 Ch. 129	Ch. 116 Ch. 112
cf. <i>Crassispora balteata</i> (PLAYFORD) SULLIVAN 1964 b	?	Mod. 47	Wep. 775 Wep. 1743 Ch. 129	Ch. 116 Ch. 112
<i>Spinozonotriletes</i> cf. <i>uncatus</i> HACQUEBARD 1957				Ch. 112
<i>Lophozonotriletes rarituberculatus</i> KEDO 1957	?	Cr. 18 Mod. 47	Rg. 161	
cf. <i>Hymenozonotriletes pusillites</i> KEDO 1957		?	Wep. 1741 Wep. 1739	Roys. 11
cf. <i>Dicrospora multifurcata</i> WINSLOW 1962		Rg. 169	Wep. 770-5 Wep. 1739 Wep. 1741 Wep. 1743	Ch. 116 Rg. 131
Zonation palynologique	G	F	E	D
Échelle stratigraphique régionale	Tn 2a	Tn 1b	Tn 1a	
Orthochronologie	cu II α cu I — ?			to VI

<i>Raistrickia</i> sp. A in SULLIVAN 1964 a	Wep. 1751 Wep. 1753 Ch. 100	
<i>Endosporites</i> groupe <i>minutus</i> HOFF, STAP., MALL. 1955	Wep. 1751 Wep. 1753	Wep. 1768 Wep. 1780-7 Ch. 29,72
cf. <i>Punctatisporites irrasus</i> HACQUEBARD 1957	Wep. 1753 Ch. 100	Wep. 1787 Wep. 737
<i>Retusotriletes incohatus</i> SULLIVAN 1964 a	Wep. 1751 Wep. 1753 Ch. 96	Wep. 1768 Wep. 1771 Wep. 1780-7 Wep. 737 Ch. 29,72,88
cf. <i>Crassispora balteata</i> (PLAYFORD) SULLIVAN 1964 b	Wep. 1753	Ch. 72
<i>Spinozonotriletes</i> cf. <i>uncatus</i> HACQUEBARD 1957		
<i>Lophozonotriletes rarituberculatus</i> KEDO 1957		
cf. <i>Hymenozonotriletes pusillites</i> KEDO 1957	Wep. 1751 Wep. 1753 Ch. 100	
cf. <i>Dicrospora multifurcata</i> WINSLOW 1962	Wep. 1751 Wep. 1753	Wep. 1771
Zonation palynologique	B/C	A
Échelle stratigraphique régionale	Tn 1a	Fm 2b
Orthochronologie		to VI

Fig. 4. — Tableau de distribution dans la zonation palynologique de neuf espèces importantes.

↑ espèce connue de niveaux stratigraphiques plus anciens dans d'autres régions
 ↓ espèce connue de niveaux stratigraphiques plus récents dans d'autres régions.

la spore et porte de très nombreuses lacunes étroites, allongées radialement (1/3 à 1/2 de la zone) et attenant à l'aire centrale qui est toujours opaque dans le matériel étudié. Des épines longues de 3-7 μ paraissent projetées radialement du bord de l'aire centrale et peuvent masquer par leur densité le bord interne, lacuneux, de la zone (ph. 21). De rares cônes ou des épines plus courtes (1-3 μ) apparaissent sur la zone ou à l'équateur.

Répartition stratigraphique : Tn1a (C-E).

Remarques : Cette spore devra probablement être transférée dans le genre *Vallatisporites* HACQUEBARD 1957. Elle est provisoirement attribuée à l'espèce décrite par KEDO dont elle possède toutes les caractéristiques sauf en ce qui concerne la densité plus forte et la longueur plus grande des épines dans notre matériel.

Endosporites gr. *minutus* HOFFM., STAP. et MALLOY 1955
Pl. II, ph. 28

Description de la population : spore zonée arrondie. Diamètre total : 35 à 65 μ . Zone large d'1/3 à 1/5 du rayon de la spore. Exoxine relativement épaisse, plissée indépendamment du corps central, lisse, infragranulée. Limbus étroit.

Répartition stratigraphique : Assise d'Évieux — Tn2a (A-G).

Remarques : Plusieurs espèces ne peuvent être séparées de *E. minutus* que par la taille : par exemple *E. pallidus* SCHEMEL et de nombreuses formes rangées dans *Hymenozonotriletes hyalinus* NAOUMOVA et *H. micromanifestus* NAOUMOVA. Ce critère de taille ne nous paraît pas spécifique.

COMPARAISON DE LA ZONATION PALYNOLOGIQUE AVEC D'AUTRES ASSOCIATIONS DE SPORES DÉCRITES DANS DES BASSINS VOISINS

Les spores portant des appendices à extrémités bifurquées ou plurifurquées sont généralement considérées comme des caractéristiques dévoniennes. L'absence de schistes contenant des spores en quantité suffisante dans le Tn1b étudié ne nous permet pas de préciser le point d'extinction de ces formes mais il est probable

qu'il se trouve dans le Tn1b car nous ne les avons jamais observées dans les niveaux riches de la zone G.

Toutes les autres espèces reprises ci-dessus ont été décrites dans des régions diverses comme appartenant au Tournaisien sensu stricto. Le tableau, fig. 4, montre la distribution de ces espèces au Tn1a. L'apparition d'aucune de ces espèces ne peut être utilisée pour caractériser la limite Dévonien/Dinantien, puisqu'elles existent toutes dans les sédiments datés to VI, directement ou indirectement, par Conodontes.

MONTEIRO-BARRETO (1966) a montré dans un travail de fin d'étude, encore inédit, que deux de ces espèces étaient particulièrement abondantes dans les sédiments mais que leur courbe de distribution quantitative absolue sont cependant bien distinctes. La fig. 5 est dessinée sur la base des données qu'il a calculé pour les niveaux riches en spores du massif autochtone du Sondage de Wépion. La quantité totale de spores varie de 2000 à plus de 30.000 spores/gramme de sédiment. La courbe de distribution de *Retusotriletes incohatus* épouse curieusement l'allure de la courbe du nombre total de spores. Il a été suggéré que cette spore représentait une espèce végétale qui se maintenait en proportion constante sur le continent dans l'intervalle de temps nécessaire au dépôt de ces sédiments. Par contre *End. gr. minutus* décroît très sensiblement

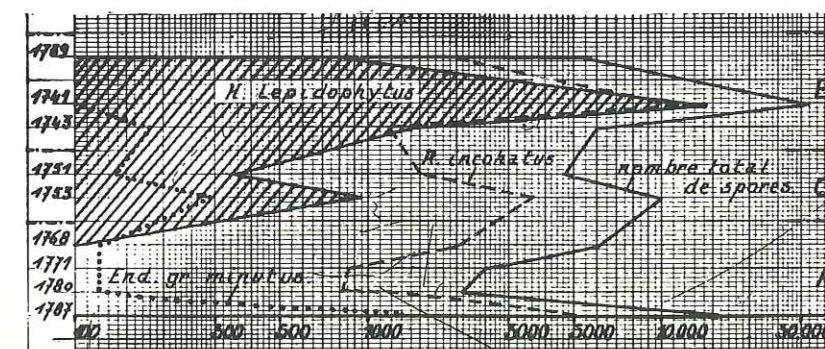


Fig. 5. — Distribution quantitative absolue du total des spores et de trois espèces particulièrement abondantes (repris d'une étude quantitative plus complète des sondages de Tournai, Leuze et Wépion, par M. MONTEIRO-BARRETO, 1966, inédit).

En ordonnée : côtes de niveau, en mètres, dans le massif autochtone du sondage de Wépion.

En abscisse : échelle logarithmique du nombre de spores / gr. sédiment.

de la base au sommet de la séquence considérée alors que *H. lepidophytus* montre le phénomène inverse.

L'apparition massive d'une espèce n'a, à priori qu'un intérêt régional. En effet l'existence d'une zonation paléophytogéographique est vraisemblable au Dinantien. Elle est mise en évidence au Viséen par SULLIVAN (1966). De plus, l'absence d'un balancement périodique de ces zones, n'est pas, à notre connaissance absolument démontrée. Un tel balancement périodique des zones paléophytogéographiques rendrait illusoire toutes corrélations interrégionales aussi détaillées que celles réalisées dans les limites des bassins ardenno-rhénans.

L'apparition massive d'*H. pusillites* KEDO sert à délimiter la base du Dinantien (sensu Heerlen) en Biélorussie. Elle y correspond à une zone palynologique qui surmonte la zone à *H. lepidophytus* et qui pourrait par exemple exister, en Belgique, dans les facies littoraux correspondant au calcaire crinoïdique massif du Tn1b.

Nous ne tenterons donc, dans le cadre de cette note que des corrélations « régionales », avec des associations de spores décrites dans des sédiments proches ou appartenant au géosynclinal ardenno-rhénan.

CARO-MONIEZ (1962) a publié une association de spores provenant du niveau 315 m du Sondage de Tournai (partie occidentale du bassin de Namur). L'auteur signale que cet échantillon appartiendrait à l'assise d'Évieux mais conclut cependant à une microflore du type de transition Frasnien-Famennien. Il est important de noter que le niveau 315 m fait partie d'une séquence sédimentaire du sondage de Tournai, qui, intercalée entre failles, n'a pas reçu jusqu'ici notre connaissance de statut stratigraphique définitif bien qu'elle ait fait l'objet d'une session extraordinaire des sociétés géologiques de Belgique en 1960. CARO-MONIEZ ayant adopté parfois le système soviétique de dénomination des spores, nous présentons ci-dessous un tableau d'équivalence avec les espèces que nous venons de décrire, basé sur un examen du matériel type déposé au laboratoire de Palynoplanctonologie de la S.N.P.A. à Pau (France).

<i>Granulatisporitis minor</i> NAOUMOVA	} = <i>Retusotriletes incohatus</i>
<i>Granulatisporites uniformis</i> NAOUMOVA	

<i>Lophotriletes semilucensis</i> NAOUMOVA	=cf. <i>Crassispora balteata</i>	
	SULLIVAN	
<i>Acanthotriletes acutus</i> CARO-MONIEZ	= <i>Spinozonotriletes</i> cf. <i>unicatus</i> HACQUEBARD	
<i>Archaeozonotriletes famenensis</i> NAOUMOVA	=cf. <i>Hym. pusillites</i> KEDO	
<i>Hymenozonotriletes hyalinus</i> NAOUMOVA	= <i>End. gr. minutus</i> H.S.M.	
<i>Archaeozonotriletes fenestratus</i> CARO-M. (32 μ)	} = <i>H. lepidophytus</i>	
<i>Archaeozonotriletes microreticulatus</i> C-M. (35 μ)		KEDO s. l.
<i>Hymenozonotriletes reticulatus</i> CARO-M. (38-40 μ)		

Nous attirons particulièrement l'attention sur la taille des formes qui appartiennent à la population d'*H. lepidophytus* KEDO sensu lato. Ces formes (si elles représentent l'optimum de leur propre population) doivent être situées dans la zone F, au-dessus des niveaux étudiés à Modave et à Ratingen. Elles correspondent probablement à la var. *minor* d'*H. lepidophytus* décrite en Biélorussie par KEDO. Si l'on s'en réfère à notre tableau, fig. 4, aucune des autres espèces citées ne permet d'infirmier ou de confirmer cette attribution stratigraphique. Mais on peut tirer un argument supplémentaire en sa faveur en constatant l'absence de formes « dévoniennes » à appendices bifurqués dans ce niveau schisteux 315 m. par ailleurs fort riche en spores diverses et parfois de grandes tailles.

Le niveau 315 m du sondage de Tournai doit donc être situé au sommet de la zone F et appartient vraisemblablement au Tn1b.

SULLIVAN (1964 a) a décrit plus récemment des spores appartenant à la « Modiola phase » des « Lower Limestone Shales » (Cleistopora -K- zone de VAUGHAN) provenant du bassin de la « Forest of Dean » (Gloucestershire). Bien que relativement éloigné des bassins ardenno-rhénans, nous comparerons le matériel décrit avec le nôtre, parce que les « Lower Limestone Shales » ont été mis en corrélation par GOLDRING (1958) avec le Tn1b et le Tn2a, sur la base d'une étude des Trilobites.

Les six dernières espèces mentionnées dans notre tableau fig. 4 sont comparables au matériel décrit par SULLIVAN, matériel que nous avons eu l'occasion d'étudier à Sheffield. Nous mentionnerons particulièrement *Raistrickia* sp. A identique dans les deux régions. Mais aucune de ces espèces ne permet de préciser la position strati-

graphique entre le Tn1a et le Tn2a ! Même la grande abondance de *Retusotriletes incohatus* dans les « Lower Limestone Shales » ne peut être utilisée à des fins stratigraphiques puisque cette abondance se maintient pratiquement de l'assise d'Évieux au Tn2a (Voir notamment la fig. 5). Si l'on utilise le critère d'absence de formes à appendices bifurqués et de représentants d'*H. lepidophytus*, l'association de spores du Gloucestershire doit être placée dans la zone G soit au sommet du Tn1b ou au Tn2a ce qui confirmerait les corrélations établies par GOLDRING. On doit cependant hésiter à utiliser ce critère d'absence dans la confrontation de la microflore de deux régions distantes de plusieurs centaines de kilomètres. Nous préférons conclure que cette confrontation n'infirmes pas les corrélations proposées par GOLDRING.

En conclusion de ce travail, il nous paraît évident que l'outil palynologique conduit à une définition plus sûre du Tn1a en créant une zonation fine qui découpe cette sous-assise et les horizons encaissant. *H. lepidophytus* KEDO sensu lato est évidemment la forme-clef de cette stratigraphie détaillée. Elle fournit, pour la première fois une corrélation entre les coupes du Hoyoux et de l'Ourthe, permettant ainsi de dater par Conodontes (*Costatus* zone — to VI) la majeure partie de l'ass. de Comblain-au-Pont MOURLON 1875. Les possibilités inattendues offertes par l'étude biométrique de cette spore ne sont pas épuisées. La limite supérieure de son extension doit encore être située dans le Tn1b. Le niveau 315 m du sondage de Tournai nous apprend à ce sujet, qu'il faut chercher ces associations de spores du Tn1b dans le bord nord du bassin de Namur. Il s'en faut d'une dizaine de mètres que l'on puisse situer en Belgique la limite Dévonien/Dinantien to VI/cu I. Les coupes incomplètes de l'Anticlinal de Velbert ne pourront pas donner plus de précision. C'est pourquoi nous avons entrepris d'étudier en Allemagne d'autres coupes où cette limite est plus précise. On peut raisonnablement espérer que la confrontation prochaine des recherches palynologiques entreprises dans le bassin de Namur et dans les bassins situés à l'est de l'Anticlinal de Velbert mettra un terme aux petites imprécisions actuelles dans les corrélations entre les systèmes de référence allemand et franco-belge.

Qu'apporte l'étude palynologique au problème du choix entre ces systèmes ? Il est incontestable que la microflore du Tn1a a encore

des caractères dévoniens même si nous avons à dessein mis l'accent dans ce travail sur l'apparition au Tn1a de quelques espèces « tournaisiennes ». Ces caractères dévoniens s'estompent au Tn2a. Contrastant avec les conclusions de CONIL et Coll. (1964) sur la macrofaune et la microfaune marine, la flore du continent Tn1a et probablement d'une partie du Tn1b est encore à caractère dévonien dominant.

En ce qui concerne la recherche d'un accord en Belgique même, sur la limite inférieure à attribuer au Tn1a, il apparaît que les propositions de CONIL et Coll. (1964) trouvent un écho dans la zonation palynologique. Notamment, si l'on s'entend à faire commencer le Strunien immédiatement après la dernière régression marine, nous avons montré que cette régression marine optimale à Wépion correspond à la base de la zone à petites girvanelles dans l'Ourthe. Mais la zonation palynologique basée sur l'évolution biométrique d'*H. lepidophytus* est susceptible de fournir au Tn1a des points de repère à chacune des limites inférieures qui lui ont¹⁶ successivement dévolues.

Laboratoire de Paléontologie végétale
Université de Liège

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN, K. C., Lower and Middle Devonian spores of North and Central Westspitsbergen. *Palaeontology*, 8, 4, 687-748, 1965.
- BALME, B. E., Upper Devonian (Frasnian) spores from the Carnarvon Basin, Western Australia. *Palaeobotanist*, 9, 1-10, 1962.
- BALME, B. E. and HASSELL, C. W., Upper Devonian spores from the Canning Basin, Western Australia. *Micropaleontology*, 8, 1-28, 1962.
- BÖGER, H., Zur Stratigraphie des Unterkarbons im Velberter Sattel. *Decheniana*, 114, 2, 133-170, 1962.
- BOUCKAERT, J. and ZIEGLER W., Conodont stratigraphy of the Famennian stage (Upper Devonian) in Belgium. *Mém. Expl. Cartes Géologiques et Minières de la Belgique*, 5, 1-62, 1965.
- CARO MONIEZ, M., Sur un niveau à spores du Dévonien supérieur du Sondage de Tournai (Belgique). *Ann. Soc. Géol. du Nord*, 82, 111-115, 1962.
- CHALONER, W. G., Early Devonian spores from a borehole in Southern England. *Grana palynologica*, 4, 1, 100-110, 1963.
- CONIL, R. et Coll., Localités et coupes types pour l'étude du Tournaisien inférieur. *Acad. Roy. de Belgique, Cl. Sc.*, 15, 4, 1-87, 1964.
- DEMANET, F., Contribution à l'étude du Dinantien de la Belgique. *Mém. Inst. Roy. Sc. Nat. Belg.*, 141, 1958.
- FRANSSSEN, L., Étude micropaléontologique du Tournaisien dans la région

- de Comblain. Mém. de licence en Sciences Géologiques et Minéralogiques 1965, Inédit.
- GOLDRING, R., Lower Tournaisian trilobites in the Carboniferous Limestone facies of the South West Province of Great Britain and of Belgium. *Palaeontology*, **1**, 231-244, 1958.
- GRAULICH, J. M., Le sondage de Wépion. *Mém. Expl. Cartes Géologiques et Minières de la Belgique*, **2**, 1-102, 1960.
- HACQUEBARD, P. A., Plant spores in coal from the Horton Group (Mississippian) of Nova Scotia. *Micropaleontology*, **3**, 301-324, 1957.
- HOOFMEISTER, W. S., STAPLIN, F. L. and MALLOY, R. E., Mississippian plant spores from the Hardinburg formation of Illinois and Kentucky. *Journ. Paleont.*, **29**, 372-399, 1955.
- KEDO, G. I., Spores from the supra Salt devonian deposits of the Pripyat depression and their stratigraphic significance. *Palaeont. i stratig. BSSR*, **2**, 3-43, 1957.
- KEDO, G. I., The stratigraphical significance of *Hymenozonotriletes pusillites* sp. nov. *Dokl. Akad. Nauk BSSR*, **1**, 1, 1957.
- LOHEST, M. et FORIR, H., Compte rendu de la session extraordinaire de la Soc. géologique de Belgique dans la vallée de l'Ourthe, entre Esneux et Comblain-au-Pont et à Modave, du 4 au 6 septembre 1892. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **22**, 87-140, 1895.
- MAMET, B., MORTELMANS, G. et SARTENAER, P., Réflexions à propos du Calcaire d'Étrœungt. *Bull. Soc. Belge de Géol., Pal. et Hydr.*, **74**, 1, 41-51, 1965.
- MC GREGOR, D. C., Devonian spores from Melville Island, Canadian Arctic Archipelago. *Palaeontology*, **4**, 26-44, 1960.
- MC GREGOR, D. C., Devonian miospores from the Ghost River Formation, Alberta. *Geological Survey of Canada*, Bull. 109, 1-31, 1964.
- MICHOT, P., CONIL, R. et PIRLET, H., Compte-rendus de la session extraordinaire de la Soc. Géol. de Belgique et de la Soc. belge de Géol. Pal. et Hydr. tenue dans le Calcaire carbonifère. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, sous-presse, 1966.
- MONTEIRO BARRETO, M., Étude palynologique des facies littoraux du Famennien-Tournaisien dans trois sondages profonds du bassin de Namur. Mém. de licence en Sciences Géologiques et Minéralogiques, 1966, Inédit.
- MOURLON, M., Sur l'étage dévonien des Psammites du Condroz en Condroz. *Bull. Acad. Roy. Belgique*, 2^e série, **34**, 602-659, 1875.
- NAUMOVA, S. N., Complexes sporo-polliniques du dévonien supérieur de la plateforme russe et leur valeur stratigraphique. *Akad. Nauk SSSR, Inst. Geol. Nauk*, **143**, Geol. ser., **60**, 1-203 (Traduction CEDP), 1953.
- PAPROTH, E., Die Untergrenze des Karbons. *5^e Cong. Int. Strat. Geol. Carb. Compte rendus*, t. II, 611-618, 1964.
- PAUL, H., Die Étrœungt-Schichten des Bergischen Landes. *Jb. Preuss. Geol. Landesanstalt*, Bd. 59, 647-726, 1939.
- PLAYFORD, G., Lower Carboniferous microfloras of Spitsbergen. Part Two. *Palaeontology*, **5**, 4, 619-678, 1963.
- STREEL, M., Une association de spores du Givétien inférieur de la Vesdre, à Goé (Belgique). *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, **87**, 7, 1-29, 1964.
- STREEL, M., Techniques d'extraction des spores des roches détritiques en

- vue de leur analyse palynologique quantitative. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, **88**, 4, 107-117, 1965 a.
- STREEL, M., Étude palynologique du Dévonien du sondage de Booischot (Belgique). *Bull. Soc. Belge Géol., Hydr. et Pal.*, **73**, 2, 173-185, 1965 b.
- SULLIVAN, H. J., Miospores from the Lower Limestone Shales (Tournaisian) of the forest of Dean, Gloucestershire. *5^e Cong. Int. Strat. Géol. Carb. Compte rendu*, t. III, 1249-1259, 1964 a.
- SULLIVAN, H. J., Miospores from the Drybook Sandstone and associated measures in the Forest of Dean basin, Gloucestershire. *Palaeontology*, **7**, 3, 351-392, 1964 b.
- SULLIVAN, H. J., Palynological evidence concerning the regional differentiation of Upper Mississippian floras. *Pollen et spores*, **7**, 3, 539-563, 1966.
- VIGRAN, J., Spores from Devonian deposits, Mimerdalen, Spitsbergen. *Norsk Polarinstitutt*, Skr. 132, 1-32, 1964.
- WINSLOW, M. R., Plant spores and other microfossils from Upper Devonian and Lower Mississippian rocks of Ohio. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, **364**, 1-93, 1962.
- WRAY, J. L., Paleozoic palynomorphs from Libya. *Palynology in Oil Exploration. A symposium. Soc. of Econ. Pal. and Min. sp. publication*, n° 11, 1964.

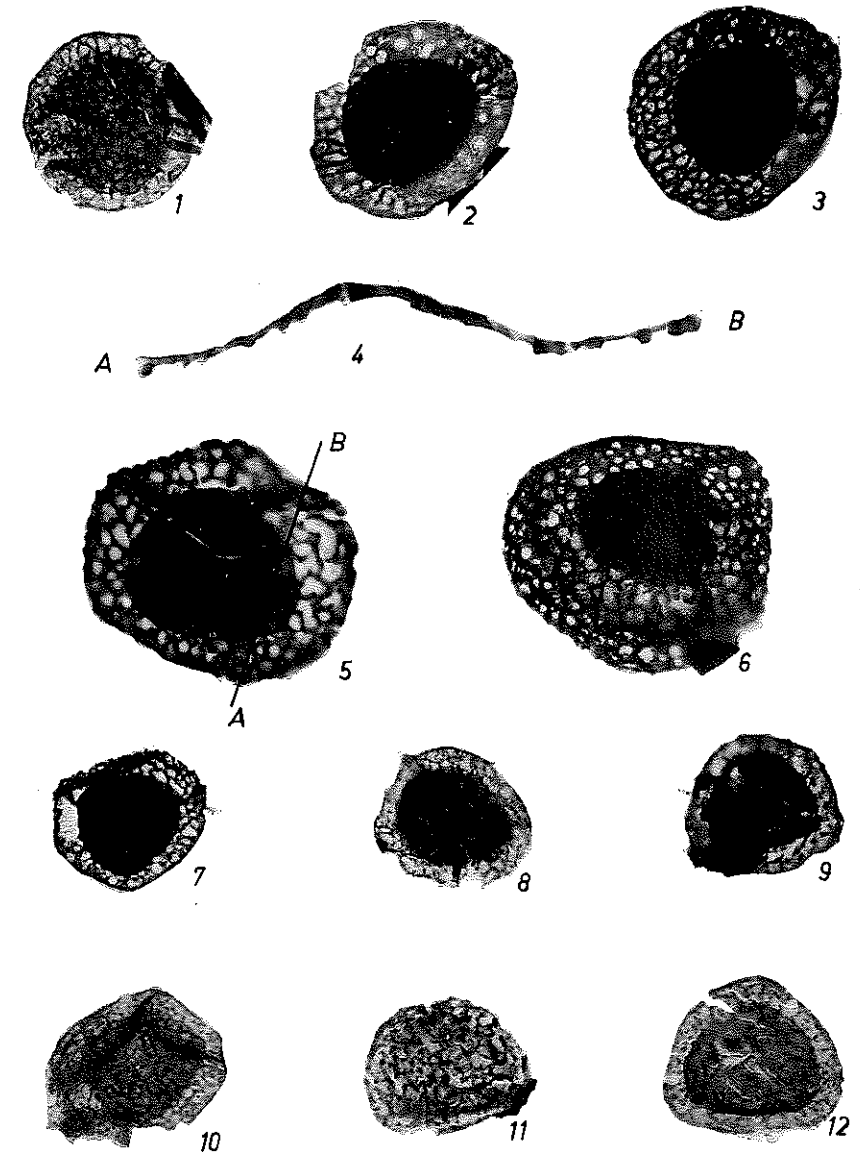
EXPLICATION DE LA PLANCHE I

Sauf indication contraire, toutes les photos sont agrandies $500 \times$ à partir de négatifs non retouchés.

Tous spécimens appartenant ou voisin de la population de *Hymenozonotriletes lepidophytus* KEDO sensu lato.

1. Royseux 11 : lame 1614 : 268 (zone D)
2. Chanxhe 129 : lame 1451 : 343 (Zone D/E)
3. Royseux 11 : lame 1614 : 238 (Zone D)
4. Section suivant AB dans la forme 5 — $\times 1000$ env.
5. Chanxhe 100 : photographiée dans plastic avant la section
6. Chanxhe 112 : lame 1615 : 341-2 (Zone C/D)
7. Royseux 11 : lame 1613 : 453 (Zone D)
8. Royseux 11 : lame 1614 : 566/601 (Zone D)
9. Cromford 18 (35 cms sous le banc) lame 1632 : 482 (Zone F)
10. Rivage-gare 161 : lame 1619 : 604-40 (Zone E)
11. Rivage-gare 161 : lame 1619 : 638 (Zone E)
12. Rivage-gare 161 : lame 1617 : 247 (Zone E)

PL. I



EXPLICATION DE LA PLANCHE II

Sauf indication contraire, toutes les photos sont agrandies 500 × à partir de négatifs non retouchés.

- 13, 14 et 15. cf. *Dicrospora multifurcata* WINSLOW 1962
 13, détail d'un appendice de la spore, ph 15 — × 1000
 14, Wépion 1741 m. lame 1348 : 666 (Zone E)
 15, Rivage-gare 169, lame 1624 : 307/343 (Zone F?) × 250
- 16 et 17. *Lophozonotriletes rarituberculatus* KEDO 1957
 16, Modave 47, lame 1621 : 679 (Zone F)
 17, Rivage-gare 161, lame 1618 : 302-3 (Zone E)
- 18 et 19. *Raistrickia* sp. A in SULLIVAN 1964 a
 18, Rivage-gare 161, lame 1618 : 198 (Zone E)
 19, Chanxhe 116, lame 1766 : 162/137 (Zone D)
- 20 et 21. cf. *Hymenozonotriletes pusillites* KEDO 1957
 20, Chanxhe 100, lame 1412 : 523/558 (Zone C)
 21, Royseux 11 : lame 1612 : 593 (Zone D)
- 22 et 23. *Retusotriletes incohatus* SULLIVAN 1964 a
 22, Cromford 18 (35 cms sous le banc) lame 1834 : 535-6 (Zone F)
 23, Wépion 1753 m., lame 1351 : 447/482 (Zone C)
- 24 et 25. cf. *Crassispora balteata* (PLAYFORD) SULLIVAN 1964 b
 24, Chanxhe 100, lame 1671 : 568 (Zone C)
 25, Chanxhe 100, lame 1671 : 626 (Zone C)
26. cf. *Punctatisporites irrasus* HACQUEBARD 1957, Chanxhe 116, lame 1766 : 489 (Zone D)
27. *Spinozonotriletes* cf. *uncatus* HACQUEBARD 1957, Chanxhe 100, lame 1671 : 626 (Zone C)
28. *Endosporites* gr. *minutus* HOFF., STAP. et MALLOY 1955, Chanxhe 129, lame 1451 : 562-597 (Zone D/E).

