

CORRÉLATIONS PALYNOLOGIQUES ENTRE LES SÉDIMENTS DE TRANSITION DÉVONIEN/DINANTIEN DANS LES BASSINS ARDENNO-RHÉNANS

M. STREEL

Laboratoire de Paléontologie végétale, Université de Liège

1 Planche, 4 Texte-figures

ABSTRACT

SPORE ASSEMBLAGES IN BELGIUM

The most abundant spores of the strata ranging from Upper Famennian (Fm_{2a}) to Middle Tournaisian (Tn_{2a}) in the stratotype sections of Belgium, are of small size (30-60 μ) and have a simple sculpture, either laevigate or bearing minute apiculi (less than 1 μ). On the other hand, the structure of these spores is rather elaborate. Many forms show a probable mesospore development and/or equatorial structures such as *curvaturae* (as in the *Geminospora-Aneurospora* complex and in *Retusotriletes incohatus*, respectively). The separation of the exine into two layers is clearly visible in different spores belonging to the genera *Endosporites* and *Auroraspora*. A three-layered exine occurs in some *Perotriletes*. The species are long ranging, but the variation in their relative abundance may have a local or regional stratigraphic value.

Some other species with a more specialized morphology occur, however, at different stratigraphic levels, and may have an interregional stratigraphic value. These levels are listed below:

1. Immediately above the top of the Évieux Beds (Boundary Fm_{2b}/Fm_{2a}, s of Conil *et al.* 11) we have the first occurrence of *Hymenozonotriletes lepidophytus*, a species which already occurs abundantly 2 m higher up. A similar type of occurrence has been recorded from Bielorussia (20) and recently from the trans-Volga region (36). It should be noted that in the two latter areas no independent palaeontological control has been stated.
2. Close to the top of the Famennian (Fm_{2a}, s/Tn_{1a} (v) of Conil *et al.* 11), it is found that *H. lepidophytus* is progressively replaced numerically by its varieties, *minor* and *tener*. Kedo has stated that in Bielorussia this change in the mean size of the population of *H. lepidophytus* is rather sudden. However, in the parastratotype of the Étroeungt Beds (Comblain-au-Pont Beds) these modifications are seen to be progressive. They apparently correspond to an evolutionary trend rather than to gravimetric sorting of water-borne spores. A comparison between the size range of all spores in the assemblages and that of the population of *H. lepidophytus*, indicates that there is no relation between the decrease in the mean size of *H. lepidophytus* and the progressive increase in carbonate content of the rocks involved. It is found that 60 μ is the highest value of the interquartile size range in the population of *H. lepidophytus* which, regionally at least, appears to characterize the base of the Strunian (Tn_{1a}). *Hystricosporites* (including *Dicrospora*) and many species of *Spinozonotriletes* are frequent in Famennian and Strunian rocks. *Hymenozonotriletes pusillites* and *Raistrickia* sp. (cf. *A. sphaerites* in Kedo 1963) are regularly present, though in small quantities, from the base of Tn_{1a} upwards. *Lophozonotriletes rarituberculatus*

occurs near the top of Tn_{1a}, where the lowest value of the interquartile size range in the population of *H. lepidophytus* is found to be under 45 μ.

3. The assemblages become rather poor in species in Tn_{1b} (only the very simple forms mentioned above are present). *Leiosphaeridae* and algal remains are abundant however. *Hystricosporites*, many *Spinozonotriletes*, *H. lepidophytus* and *H. pusillites* all disappear. This gives the sharpest change in palynological contents which has been recorded in the Devonian/Dinantian sediments (thus representing a facies limit?). Immediately below the top of Tn_{1b}, the first occurrence is recorded of some members of the generic complex of *Corbulispora-Knoxiosporites*, which are more frequently observed at a higher level, in Tn_{1b}, and Tn_{2a} beds. Similar changes occur in Bielorussia within the basal part of the Malevka Beds (ml 1/ml 2 of Kedo 1963), but there they occur in a rather different palynological facies dominated by *Archaeozonotriletes malevkensis* which is completely lacking in Belgium. *Dictyotriletes trivialis*, *D. cancellatus*, *D. stamineus* (in Kedo 1963) and a species of *Samarisporites* (*H. explanatus* in Kedo 1963) are common to both Bielorussia and Belgium. However, the assemblage containing only simple forms does not occur in Bielorussia between the *lepidophytus-pusillites* association and the *trivialis-explanatus* association, as it does in Belgium, but at a stratigraphically lower level, within the *lepidophytus* Zone (in the Ozersk-Hovansk Beds).

The recognition of some or all of these palynological boundaries in the classical regions of Étroeungt, Hastière and Comblain-au-Pont (Dinant Basin) as well as in the southern and northern parts of the Namur Basin (e.g. Tournai) is discussed in some detail. The northeastern part of the Dinant Basin (Bocq, Hoyoux and Ourthe rivers) seems to be the most appropriate region for the definition of a complete palynological sequence.

CORRELATION WITH GERMANY

The *lepidophytus-pusillites* association is traced to three different regions in Germany, viz. the Velbert Anticline, Hönnetal and Dill (Langenaubach). The spore assemblage of Ea (Paul) in the Velbert Anticline is strongly comparable to the highest Strunian assemblage in Belgium. The Hangenberg Schiefer spore assemblage in Hönnetal and Dill is a little different, particularly because it contains a larger proportion of *H. pusillites*.

Correlations between 'littoral' (shelf) deposits of the Rivage-gare section (containing the Comblain-au-Pont Beds — para-

stratotype of Etroeungt) and the more or less 'bathyal' deposits of Oberrödinghausen ('Richtprofil' of the cephalopod zonation) are possible when a combination of spores and conodonts is used. Placing the Hangenberg Schiefer at Oberrödinghausen as an equivalent in age to the badly characterized sequence of $Tn_{1b,a}$ (Hypothesis A in Fig. 4) appears absurd, because the rate of sedimentation is at least seven times higher in the Ourthe region than it is in the Hönnetal (see Pl. 1). In addition, the biometric characteristics of the *H. lepidophytus* population in three sections in the Hönnetal region show a reduction in mean size within 5 m of sediments, whilst a comparable decrease in size is observed within 20 m of strata in the Ourthe valley. So we have to conclude probably on the existence of a contemporaneous facies of the *lepidophytus* Zone, with or without abundant *H. pusillites*. The base of the Hangenberg Schiefer shows approximately the same biometric characteristics of the *H. lepidophytus* population as the base of Tn_{1a} . The correlation of Hypothesis B (Fig. 3) is adopted here.

The other palynological boundaries found in Belgium are not yet traceable to the Rhineland and Schiefergebirge. The palynological contents of *Gattendorfia* and strictly *Wocklumeria* beds are still unknown in the Hönnetal. Also, the main (upper) part of the Hangenberg Schiefer in the Oberrödinghausen type section lacks cephalopods. The equivalence of these shales with the strata containing *Cymaclymenia* and *Wocklumeria* at Drewer, NW. of Brilon (see 31) is likely, at best, but other alternative explanations could be thought of.

CORRELATION WITH THE USSR

1. The appearance of the *trivialis-explanatus* association at the top of $Tn_{1b,a}$ corresponds with the contact between ml 1/ ml 2 (20) within the Malevka Beds. This correlation between the USSR and Belgium on the basis of spore assemblages is somewhat out of phase with the boundary given by the top

of the *Q. kobetusana* Zone (forams) in both countries (see Fig. 4).

2. The sudden incoming and abundance of *H. pusillites* at the transition between the Hovansk and Malevka Beds in Bielorussia is suspected to be due to some facies change, since a more progressive increase in abundance of this species is found in Germany. In the Ardenno-Rhenish area *H. pusillites* carries a Strunian (Tn_{1a}) and early Tournaisian ($Tn_{1b,a}$) connotation. For this reason, it would not seem reasonable to regard the base of the Malevka Beds as equivalent to the base of the Strunian (in fact, the biometric characteristics of *H. lepidophytus* var. *tener* in Kedo 1963 are those of the Tn_{1a}/Tn_{1b} boundary rather than those of the base of Tn_{1a}). It would also be in contradiction to the evidence published on foraminifera which indicates that the base of the Malevka Beds corresponds to the top of the *Q. kobetusana* Zone. The base of this foram zone corresponds to the base of Tn_{1a} in Belgium.

It thus appears likely that the first occurrence of *H. pusillites* in the Ardenno-Rhenish region and the USSR is diachronous, and that the base of the Tn_{1b} corresponds roughly to the base of the Malevka Beds (and with the base of *Gattendorfia* Zone, cu I).
3. The other limits based on the abundant occurrence of *H. lepidophytus* and its replacement by the varieties *minor* and *tener* have not yet been checked by independent palaeontological evidence in the USSR. Correlations in this respect with the USSR thus remain rather hypothetical, for the time being.

As a general conclusion, it must be emphasized that the stratigraphic definition of the Devonian/Carboniferous boundary is necessarily linked to the availability of complete, continuous stratotype sections. Present palynological information indicates that the Dinant Basin contains such sections.

Depuis l'exposé que nous avons fait à la Deuxième Conférence Internationale de Palynologie à Utrecht (1966) sur les associations de spores des stratotypes du Famennien, du Strunien et du Tournaisien dans les bassins ardenno-rhéniens, des résultats nouveaux sont venus préciser considérablement les corrélations proposées entre les différents faciès sédimentaires au niveau de la limite Dévonien/Carbonifère de part et d'autre du Rhin.

Les faits nouveaux peuvent être répartis en deux chapitres:

(1) D'une part, la mise en évidence des caractéristiques palynologiques de la sous-assise d'Hastière (Tn_{1b}) vient compléter heureusement la succession des assemblages palynologiques dévono-dinantien maintenant continue dans le bassin de Dinant, depuis les schistes de Matagne (Frasnien supérieur, F_3) jusqu'aux schistes à *Spiriferellina peracuta* (Tournaisien Tn_{2a}).

(2) D'autre part, la découverte d'un assemblage de spores comprenant *Hymenozonotriletes lepidophytus* Kedo et *Hymenozonotriletes pusillites* Kedo, co-dominant dans la partie moyenne des schistes de Hangenberg à Oberrödinghausen (coupe de référence pour la biostratigraphie basée sur les céphalopodes), pose dans des termes nouveaux non seulement les corrélations stratigraphiques de part et d'autre du Rhin mais surtout celles que l'on peut tenter, à une autre échelle, avec les sédiments de la Plateforme russe.

Nous envisageons successivement ces deux aspects de notre étude.

1. SUCCESSION SCHÉMATIQUE DES ASSEMBLAGES DE SPORES DANS LE BASSIN DE DINANT¹

A. — D'un point de vue très général, les spores les plus fréquentes, depuis la base de l'assise de Montfort (Fm_{2a}) jusqu'au Tournaisien moyen (Tn_{2a}) sont des espèces de petites tailles (entre 30 et 60 microns) avec une ornementation simple, soit lisse, souvent très finement plissée ou portant de très petits cônes (hauteur inférieure à 1 micron). La structure, par contre, est souvent complexe, de nombreuses formes montrant la formation d'une mésospore plus ou moins nette.

¹ Cette note ne peut être le cadre d'une description détaillée de la systématique des assemblages étudiés; le travail complet est en voie d'achèvement.

(a) Lorsque la méso-spore est peu détachée de la couche externe de l'exine, elle se confond souvent avec une bande équatoriale plus opaque, en forme de curvaturae (*Retusotriletes incohatus* Sullivan et le complexe *Geminospora-Aneurospora*: divers. *Trachytriletes* in Kedo 1957, *Lophotriletes* type *rotundus* Naum., *Stenozotriletes* type *conformis* in Kedo 1963, *Archaeozotriletes* type *definitus* Naum.).

(b) D'autres formes montrent une séparation plus nette entre l'intexine et l'exoexine: ce sont des espèces appartenant au complexe *Endosporites-Auroraspora* (type *minutus*, *micromanifestus*, etc... comme *Hymenozotriletes hyalinus* Naum.). Parfois même une couche externe très finement plissée se détache de l'exoexine comme cela a été décrit par Allen (1) pour le genre *Perotriletes* (*Hymenozotriletes commutatus* Naum., *H. versabilis* Kedo).

Ces formes sont toujours abondantes et les variations de leur proportion relative paraissent bien n'avoir qu'une valeur stratigraphique locale. En outre, quelque soit le niveau stratigraphique considéré entre le Fm_{2a} et le Tn_{2a}, elles restent les seules présentes lorsque la richesse en espèces des assemblages décroît.

L'affinité dévonienne de ce complexe de formes tel qu'il apparaît dans les couches d'Ozersk-Hovansk de la Plateforme russe (24) a été soulignée par Kedo (15). A l'échelon interrégional, il ne permet cependant aucune datation précise dans l'intervalle sédimentaire qui va de la base du Famennien supérieur au Tournaisien moyen.

B. — Deux limites palynologiques bien tranchées permettent de scinder en trois biozones ces assemblages de spores relativement homogènes.

a, Limite entre le Tn_{1b α} et le Tn_{1b β, γ}:

La première limite se place dans la sous-assise d'Hastière (Tn_{1b}). Elle peut être tracée avec précision dans la coupe d'Yvoir (Yvoir-tunnel, 10, p. 41; 9) où dix niveaux schisteux riches en spores s'échelonnent sur les 15 m de puissance du Tn_{1b}. Immédiatement sous la base du calcaire crinoïdique massif d'âge Tn_{1b β} (9: banc réduit à deux mètres d'épaisseur dans la coupe d'Yvoir) apparaissent les premiers spécimens des spores caractéristiques du Dinantien appartenant aux genres *Corbulispora* et *Knoxisporites*.

D'autres espèces appartenant à ces genres apparaissent dans le Tn_{1b γ} et le Tn_{2a}, notamment des formes voisines des caractéristiques de la partie moyenne et supérieure de l'assise de Malevka, en Biélorussie (ml 2 et ml 3 de Kedo 1963): *Dictyotriletes trivialis* Naum., *D. cancellatus* Ischenko, *D. stamineus* Kedo. Une bonne caractéristique du Tn_{1b γ} et du Tn_{2a} est un *Samarisporites* comparable à *Hymenozotriletes explanatus* Kedo.

Dans la partie inférieure du Tn_{1b} (le Tn_{1b α} de Conil 1967), on trouve les derniers exemplaires de spores dévoniennes caractéristiques du genre *Hystricosporites*

(dont *Dicrospora*) et les derniers spécimens des formes caractéristiques de l'assemblage "Strunien", *H. lepidophytus* et *H. pusillites*. L'extinction de ces espèces est évidemment suspecte de correspondre à un changement profond des apports de matières organiques dans le bassin marin et il n'est pas impossible qu'elle soit plus ou moins retardée selon la position des sédiments vis-à-vis des aires productrices de ces spores.

De part et d'autre de la limite Tn_{1a}/Tn_{1b}, on trouve quelques rares spécimens de *Lophozotriletes rari-tuberculatus* Kedo.

b, Limite entre le Fm_{2b} (Ass. d'Évieux) et le Fm₂ sup. (ex Tn_{1a α, β} de Conil et al. 1964):

L'assemblage "strunien" déborde en fait les limites du Tn_{1a} telles qu'elles sont redéfinies dans le rapport sur le Dinantien exposé par MM. Conil, Pirlet et Lys au présent congrès de Sheffield (1967), voir aussi (11).

H. lepidophytus apparaît dans les couches de transition entre l'assise d'Évieux *sensu stricto* et l'assise de Comblain *sensu stricto*. Il est abondant dès le contact des zones α/β de Conil 1964.

H. pusillites et *Raistrickia* sp. A in Sullivan 1964 (forme voisine de *Acanthotriletes sphaerites* Kedo) sont régulièrement présents dès le sommet du Fm₂. Cependant, de rares spécimens pouvant appartenir à ces deux espèces ont été trouvées dans l'assise d'Évieux (Fm_{2b}) (33).

Les assemblages de spores de l'assise d'Évieux sont caractérisés par plusieurs espèces appartenant au genre *Spinozotriletes* (dont *Archaeozotriletes famenensis* Naum.) et par de rares *Lophozotriletes* (dont *L. curvatus* Naum.).

La succession de ces trois biozones palynologiques se retrouve avec la plupart de leurs caractéristiques dans les sédiments de la Plateforme russe, de la dépression du Pripet (18-20) aux pentes occidentales de l'Oural (36). Une confrontation plus détaillée sera tentée plus loin, mais il fallait attirer immédiatement l'attention sur le caractère de généralité à l'échelon européen de cette succession palynologique.

2. BIOSTRATIGRAPHIE DÉTAILLÉE DU Tn_{1a}, BASÉE SUR L'ÉTUDE BIOMÉTRIQUE D'*H. LEPIDOPHYTUS*

L'importance stratigraphique d'*H. lepidophytus* et de ses variétés *minor* et *tener* a été mentionnée à plusieurs reprises par Kedo (19, 20; 15).

L'examen de l'abondante population de cette espèce trouvée à la base du Tn_{1b} nous amène à revenir sur la proposition faite récemment (25) d'isoler la var. *tener* du complexe *lepidophytus*. Tous les stades morphologiques transitoires entre ces taxa existent à la base du Tn_{1b} et on doit admettre que leur unité spécifique telle qu'elle fût conçue à l'origine par Kedo est toujours justifiée. D'ailleurs, il est bon d'insister sur l'apparition

simultanée de ces variétés au sommet du Dévonien (20, 36).

Nous ne voyons donc jusqu'à présent d'autres critères objectifs valables pour séparer ces variétés que l'étude biométrique de leur taille.

Ce type d'étude biométrique (tel celui que nous avons proposé en 1966) est un outil délicat qu'il convient d'utiliser avec circonspection en s'entourant de contrôles divers. Son utilisation peut paraître illusoire dans les sédiments continentaux où des biotypes particuliers peuvent avoir une influence indirecte sur la taille de certaines spores avant leur dissémination de telle sorte que les variations de cette taille enregistrées par les sédiments voisins ne traduisent pas nécessairement un facteur d'évolution. On peut pallier ces inconvénients en étudiant des séries sédimentaires longues et continues susceptibles de mettre en évidence des inversions suspectes dans une série évolutive même régressive. Mais les conditions sont moins défavorables à ce titre dans les sédiments marins où l'homogénéisation des différents apports organiques continentaux est généralement plus achevée. Par contre, l'intervention plus marquée des lois de la dynamique des courants y introduit d'autres sources de confusion. Ainsi la réduction de taille des populations d'*H. lepidophytus* dans le bassin de Dinant, se présente grosso-modo avec un gradient relativement parallèle à celui qui voit s'installer progressivement la sédimentation carbonatée dinantienne aux dépens des faciès détritiques dévoniens.

Bien que nous avons déjà montré (32) par quelques exemples particuliers qu'il s'agit ici d'une simple convergence de phénomènes sans aucune relation directe de cause à effet, il ne nous paraît pas inutile de revenir sur ce problème puisqu'il conditionne la validité d'une partie importante des conclusions du présent travail.

Dans la Fig. 1, nous comparons l'analyse biométrique de différents niveaux riches en *H. lepidophytus* s'étageant depuis le Fm₂ jusqu'à la base du Tn_{1b}, dans trois coupes distinctes où le remplacement progressif du faciès détritique par le faciès carbonaté est d'autant plus retardé que l'on se rapproche du rivage dévono-dinantien. En chaque point, nous avons juxtaposé les caractéristiques biométriques (extrêmes, intervalle entre quarts, optima)² de la population d'*H. lepidophytus* et de la population totale des spores (à l'exclusion d'*H. lepidophytus*). En effet, l'intervention d'un tri granulométrique éventuel devrait se répercuter sur les caractéristiques biométriques de l'ensemble des spores. Le tableau 1 montre l'importance réelle de ce tri granulométrique qui n'est vraiment suspect d'intervenir qu'aux niveaux 3 et 14 là où le diamètre moyen de l'assemblage de spores s'écarte d'une dizaine de microns de la valeur moyenne générale, par ailleurs très stable, oscillant autour de 50 µ.

Cependant, aucun des critères biométriques considérés ne traduit une régression généralisée de la taille moyenne des assemblages que l'on pourrait mettre en parallèle avec l'instauration progressive dans le bassin du régime sédimentaire carbonaté.

Par contre, la décroissance de la taille moyenne des populations d'*H. lepidophytus*, du Fm₂ au Tn_{1b}, est particulièrement nette et continue. Elle est évidente si l'on considère aussi l'évolution de la valeur maximum du troisième quart. Cette valeur atteint ou dépasse 71 µ dans la zone C (famenienne), régresse à 66 µ puis à 61 µ au contact Fm₂/Tn_{1a}, caractérisant ensuite la zone D. Elle se ramène à 56 µ puis à 51 µ dans les zones E et F. Le niveau 1 à la base du Tn_{1b} est remarquable par la présence d'un optimum de forme (+ de 20%) en-dessous de 51 µ alors que les autres espèces de spores qui constituent l'assemblage ont des diamètres moyen et extrême nettement plus grands.

De l'examen de la Fig. 1, il ressort que l'ensemble du Tn_{1a} dans les coupes considérées peut être caractérisé par des valeurs optimales comprises entre 41 et 61 microns dans les diagrammes de fréquence de taille des populations d'*H. lepidophytus*.

Le pourcentage de cette spore dans l'assemblage passe par un maximum dans la moitié supérieure du Tn_{1a} (+ de 40%).

La plupart des histogrammes de fréquence caractérisant la zone C (voir notamment 32, hors-texte) montrent une distribution bimodale dont un des maxima se situe au-delà de 70 µ. C'est un indice en faveur de la validité d'une séparation des taxa en une var. typique et les var. *minor* et *tener*.

La délimitation entre les var. *minor* et *tener* est plus délicate. Les caractéristiques morphologiques de la var. *tener* (amincissement de l'enveloppe, réticule étroit à murs légèrement saillants) sont réalisées dès l'apparition de l'espèce et tous les stades transitoires existent vers les formes typiques à perforations plus ou moins circulaires dans la surface générale de l'exoexine. On peut seulement constater que ces formes typiques deviennent très rares au contact Tn_{1a}/Tn_{1b}. Il est probable que la distinction entre les var. *minor* et *tener* a été artificiellement facilitée en Biélorussie par l'examen de populations discontinues. La fig. 3 de Golubcov et Kedo, 1960 (15) montre bien l'existence de lacunes plus ou moins importantes entre le sommet des couches de Dankov-Lebedian et celles attribuées au niveau de Malevka où Kedo (20) signale l'existence de la seule var. *tener*. Entre elles, s'intercalent les couches d'Ozersk-Hovansk dont le faciès palynologique appauvri n'est pas caractéristique (voir plus haut). Or, il ressort de l'étude de Golubcov et Kedo (15) que la définition paléontologique de ces couches d'Ozersk-Hovansk dont la puissance dans la dépression du Pripet varie de 2 m 50 à 67 m est relativement imprécise.

² Nous avons ramené toutes les valeurs mesurées dans des classes d'intervalle du 5 µ. Les intervalles de taille cités dans le texte sont donc, évidemment, moins précis que la rigueur des nombres pourrait le laisser croire. L'intervalle entre quarts est l'intervalle couvert par les 50% de mesures qui se répartissent au milieu de la population. Chaque classe qui comporte plus de 20% de la population est considérée comme montrant un optimum.

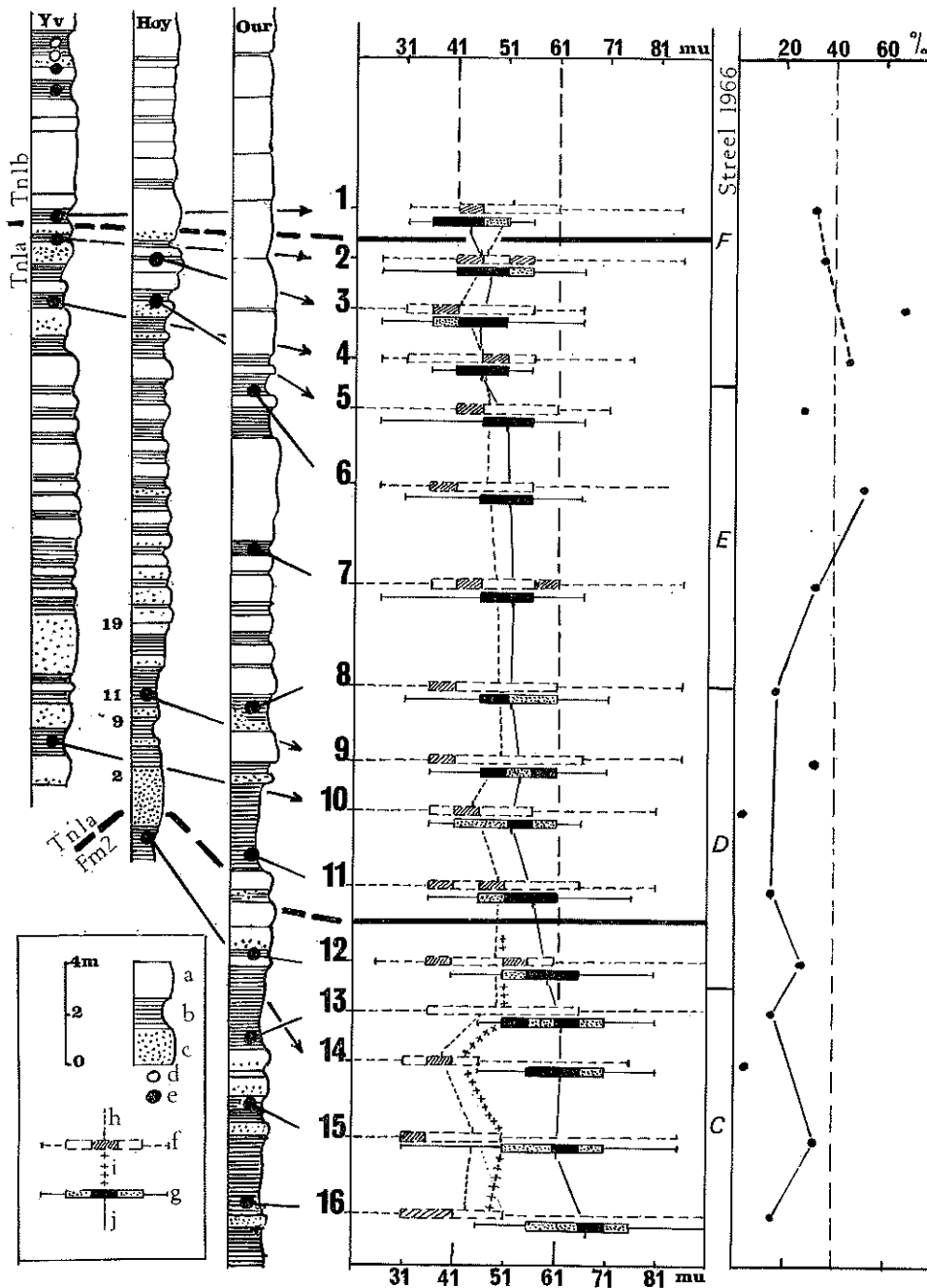


FIG. 1. — Analyse biométrique des populations de spores de niveau riches en *H. lepidophytus* dans trois coupes du Bassin de Dinant. Yv., Yvoir-tunnel (Conil *et al.* 1964, p. 41); Hoy., Royseux (Conil *et al.* 1964, p. 43), numéros de Bouckaert & Ziegler 1965, p. 17; Huy; Our., Rivage-gare, parastratotype du Tn_{1a} (Conil *et al.* 1967). Colonne de droite: proportion rel. d'*H. lepidophytus*; a, calcaire; b, schiste; c, grès; d, ne contient pas *H. l.*; e, contient *H. l.*; f, population totale des spores à l'exclusion d'*H. l.*; g, population d'*H. l.*; f et g, extrêmes, intervalle entre quarts, optimum; h, moyenne arith. population tot. moins *H. l.*; i, moyenne arith. population tot.; j, moy. arith. *H. l.*

Un assemblage de spores comprenant *H. pusillites* et *H. lepidophytus* var. *minor* semble exister localement (15) dans des couches à *Eridoonches* (*Eridooncha socialis* Eichw.) alors que Kedo (19) plaçait l'apparition d'*H. pusillites* au-dessus de l'extinction des *Eridoo-*

conches. Golubcov et Kedo (15) placent ces couches dans l'horizon de Malevka sur la base du remplacement du faciès palynologique appauvri par le faciès à *H. pusillites*. Cependant, nous verrons plus loin qu'il y a de bonnes raisons d'admettre que cette apparition mas-

sive d'*H. pusillites* puisse être, dans certain cas, diachronique.

En réalité, il se peut que ce faciès palynologique appauvri réduit à quelques laies des schistes dans le Tn_{1b} α du bassin de Dinant sévisse plus tôt et plus longtemps en Biélorussie interrompant la distribution d'*H. lepidophytus* qui réapparaît ensuite dans l'horizon de Malevka avec des caractéristiques morphologiques d'autant plus tranchées que les stades d'évolution intermédiaires n'ont pu être observés.

3. COUPES DE RÉFÉRENCE POUR LA DÉFINITION PALYNOLOGIQUE DES COUCHES DE TRANSITION DÉVONO-DINANTIEN

Étroeungt:

Conil *et al.* (10) ont montré que le stratotype du Strunien à Étroeungt, dans la conception de Gosselet (1867) pouvait difficilement servir de coupe de référence principale dans la mesure où il existe entre le sommet de l'assise d'Évieux (Fm_{2b}) et la base du Strunien, une épaisseur, parfois considérable de sédiments (les Tn_{1a} α et β de Conil *et al.* 1964, que dans un souci louable d'unifier les points de vue sur la limite inférieure du Tournaisien, Conil *et al.* (11) rejettent aujourd'hui dans le Famennien).

L'apparition d'*H. lepidophytus* très bas dans le parastratotype d'Avesnelles (près d'Étroeungt) et dans la coupe de Walcourt (Pl. 1) confirme que l'épaisseur des zones α et β (10) au sommet du Famennien est considérablement plus importante à la frontière franco-belge que dans la région de l'Ourthe, siège des stratotypes famenniens.

Néanmoins, le caractère recifal de la sédimentation dans la région d'Étroeungt ne convient guère aux recherches palynologiques. La majorité des échantillons prélevés ne contiennent pas de spores.

Hastière:

La stratotype du Tn_{1b} à Hastière et le parastratotype, plus complet, d'Anseremme, ne contiennent pas de spores identifiables. Le faciès sédimentaire ne paraît pas en cause ici car des spores ont été isolées mais restent opaques, résistant à tous les procédés d'oxydation. D'autres coupes proches de Dinant présentent les mêmes caractéristiques défavorables (Maredsous, Rosée, Hastière-Lavaux, Gendron-Celles; voir la carte comprise dans la Pl. 1). Elles s'insèrent toutes dans une région où P. Fourmarier (14, carte) a montré que le front supérieur de schistosité s'élève le plus haut dans la série stratigraphique (Viséen). Peut-être faut-il chercher une relation entre ce fait et le métamorphisme plus accentué de la matière organique contenue dans les sédiments sous-jacents.

Comblain:

Par contre, le parastratotype de Comblain, à la gare

de Rivage (stratotype de l'ass. de Comblain-au-Pont, Mourlon, 1875), dans la vallée de l'Ourthe, convient remarquablement aux recherches palynologiques. Les corrélations avec les coupes-type du Famennien supérieur sont en voie d'achèvement. Celles que nous avons tentées plus haut avec la coupe d'Yvoir, faciès différent du Tn_{1b}, au nord de Dinant, sont aisées par l'intermédiaire des coupes de la vallée du Hoyoux (Fig. 1). Il faut rappeler ici que les corrélations stratigraphiques entre toutes les coupes de référence des bassins de Dinant et de Namur sont favorisées au niveau du Tn_{2a} par l'existence d'un horizon schisteux épais, très homogène et très caractéristique. L'ensemble des coupes reprises sur la Pl. 1 sont alignées sur le Tn_{2a}.

Tournai:

La région de Tournai, dans le bassin de Namur, ne permet pas une définition palynologique complète des couches de transition dévono-dinantiennne. Tout d'abord ces couches n'affleurent pas. Ensuite, si les assemblages de spores que nous avons isolés dans les sondages de Tournai et de Leuze sont très riches et dans un état de conservation excellent, ils ne se répartissent pas le long d'une séquence suffisamment continue car le faciès carbonaté est prédominant. Enfin, ces sondages ont rencontré plusieurs failles complexes qui rendent difficile le travail de reconstitution stratigraphique.

Celui qui est proposé par Legrand, Mamet et Mortelmans (22) met étroitement en parallèle la sédimentation du Tournaisien à Tournai et à Leuze. Il n'est cependant pas complètement satisfaisant du point de vue palynologique, en ce qui concerne la position exacte des couches de base du Tournaisien.

Le Tn_{1a} n'est probablement pas complet car selon Legrand, Mamet et Mortelmans (22, p. 147) le Tn_{1b} s'y superpose par une surface ravinante (Planche 1; 238 m et 262 m à Tournai; 607 m à Leuze). Nous pouvons ajouter que dans l'hypothèse où cette surface ravinante correspond bien au contact Tn_{1b}/Tn_{1a}, les couches de base du Tn_{1b} sont réduites par rapport au Tn_{1b} β et γ. En effet, l'assemblage de spores du niveau 599 m à Leuze appartient sans équivoque à la biozone qui s'amorce au sommet du Tn_{1b} α. Il contient des *Corbulispora* et *H. explanatus* (*H. lepidophytus* et *H. pusillites* manquent). Cependant l'âge strunien de l'ensemble des couches qui séparent ce contact ravinant des niveaux 290 m à Tournai et 637 m à Leuze ne nous paraît pas solidement étayé. L'association de foraminifères n° 6 citée par Legrand, Mortelmans et Mamet caractérise indifféremment le Tn_{1b} ou le Tn_{1a}. Or, à 339 m à Tournai et à 670 m à Leuze apparaît une autre coupure sédimentologique, point de départ de séquences détritiques plus ou moins grossières où s'intercalent à Tournai cinq niveaux schisteux très riches en spores.

Un de ces niveaux (315 m) a été décrit par M^{me} Caro-Moniez (7). Nous avons revu ce matériel: il contient quelques spécimens d'*H. pusillites* et d'*H. lepidophytus* var. *minor* et var. *tener* (Extrêmes: 21 à 51 μ — optimum: 31 à 36 μ pour 15 spécimens mesurés).

Les autres niveaux contiennent plusieurs espèces rencontrées jusqu'à présent dans le Tn_{1b} de Leuze.

Les affinités de la séquence 315-325 m à Tournai, avec le Tn_{1bα} sont, d'un strict point de vue palynologique, les plus vraisemblables. La définition de la base du Tournaisien à Tournai n'en est évidemment pas simplifiée; or, la palynologie ne paraît pas être à même d'apporter une solution complète à ce problème car la plupart des échantillons ne contiennent pas de spores.

Une très nette réduction de puissance et probablement une lacune au moins partielle du Tn_{1a} doit être admise dans chacune des coupes étudiées dans le bassin de Namur (Pl. 1).

Bord nord du bassin de Namur:

Sur la Sennette, à Ecaussines, l'assemblage à *Corbulispora* et *H. explanatus* apparaît dès le niveau 14 du profil 650 de Conil (8). Six mètres de couches seulement séparent ce niveau des sédiments gréseux attribués au Fm₂.

Sur la Mehaigne, le niveau n° 1 de la Galerie de Java (2, p. 509) et les niveaux n° 7 et 14 b de Huccorgne (3, p. 510-511) contiennent le même assemblage que ci-dessus. A Huccorgne, 2 m 50 seulement séparent le niveau 7 du Frasnien.

Bord sud du bassin de Namur:

A Ampsin, dans la vallée de la Meuse, la base de la séquence décrite par Conil *et al.* 1964, p. 65, contient également la même biozone que ci-dessus. Le Tn_{1a} et le Tn_{1b} y seraient réduits à un demi-mètre.

Dans le sondage de Wépion (J. M. Graulich, 1960), l'étude palynologique apporte plus de détail (voir aussi 32, hors-texte 1). Les niveaux 1739, 1742, 770, 773 et 775 m correspondent aux niveaux 5 à 7 de la Fig. 1. L'épaisseur des couches qui les séparent du Tn_{2a} paraît donc assez comparable à Wépion et dans l'Ourthe. Par contre, la partie inférieure du Tn_{1a} est réduite à 4 ou 5 m dans le sondage de Wépion contre 20 m dans la vallée de l'Ourthe.

Dans l'ensemble, la région nord-est du Bassin de Dinant, et particulièrement les vallées du Bocq, du Hoyoux et de l'Ourthe, sont les plus favorables à une définition palynologique complète du Tn_{1a} et des sédiments qui l'encadrent. Cela ne tient pas seulement à la richesse et à la densité du matériel fossile observé (voir sur la carte comprise dans la Pl. 1, la localisation de plusieurs coupes favorables étudiées dans cette région). C'est aussi parce que la continuité sédimentaire y est assurée (alors qu'elle ne l'est pas dans le bassin de Namur) permettant ainsi des corrélations aisées avec les stratotypes famenniens de la vallée de l'Ourthe.

En suivant les corrélations proposées par Conil (1968, 9), on peut situer, avec une bonne approximation, dans ces coupes du Bassin de Dinant, la position de nombreux fossiles guides dont des listes complètes ont été rassemblées par cet auteur. Nous ne

mentionnerons ici que quelques conodontes et céphalopodes utiles à des corrélations avec l'échelle stratigraphique allemande.

Siphonodella obsoleta Hass. apparaît dans le Tn_{1bβ} de la gare de Gendron-Celles (10, p. 17 et 32).

Cymaclymenia euryomphala Schind. a été trouvé (voir 10) dans la région d'Étroeungt, à la partie supérieure du Strunien. La "costatus-zone" a été repérée par Bouckaert et Ziegler (5) dans la coupe du Hoyoux (voir Fig. 1) et plus récemment (Bouckaert, inédit) dans plusieurs coupes de la région de Comblain.

Aucun conodonte dont la distribution stratigraphique est limitée aux subdivisions de la "costatus-zone" n'a été isolé jusqu'ici. L'existence de population riche en *H. lepidophytus* dans ces coupes permet de reporter sur le profil de référence de l'Ourthe l'intervalle stratigraphique maximum couvert par cette zone de conodontes (voir Pl. 1) de telle sorte que les corrélations avec les coupes de référence allemande en seront facilitées.

4. RECHERCHES PALYNOLOGIQUES DANS LA RÉGION RHÉNANE ET LE POURTOUR DU SAUERLAND

Au cours de cette partie de l'exposé, nous tenterons d'appliquer aux sédiments qui contiennent *H. lepidophytus* à l'est du Rhin, les critères biométriques dont l'exploitation dans le cadre des bassins de Dinant et de Namur nous a paru efficace. Nous discuterons dans le paragraphe consacré aux faciès régionaux de cette biozone l'opportunité d'élargir l'application de ces critères à d'autres régions.

Faciès à Stromatopores, Forams et Conodontes de l'Anticlinal de Velbert:

La coexistence de conodontes caractéristiques de la base du Carbonifère (zone à *Siphonodella* — *triangula* — *triangula* Boger 1962) et du foram. *Quasiendothyra* (10) dans l'Ostracoden kalk de la coupe de Ratingen confirme remarquablement la position du cu I dans l'échelle stratigraphique belge puisque les travaux de Conil ont montré que les *Quasiendothyra* ne dépassaient pas le Tn_{1bβ}. D'autre part, les "Angertal schichten" à Ratingen contiennent des assemblages de spores (32) où les caractéristiques biométriques d'*H. lepidophytus* sont comparables à celles que l'on trouve dans la partie moyenne du Strunien. Les bancs à Stromatopores mentionnés par Conil *et al.* (10) nous paraissent correspondre au Biostrome principal de la vallée de l'Ourthe plutôt qu'aux deux premiers biostromes plus restreints dont on observe les traces dans la coupe de Rivage-gare.

A Ratingen, les schistes de la zone Ea de Paul (28) contiennent des assemblages palynologiques à *H. lepidophytus* dont de nombreux spécimens de la var. *tener*. Les caractéristiques biométriques de la population de cette spore correspondent très exactement au premier

niveau d'âge Tn_{1b} de notre Fig. 1. Cette nouvelle corrélation est importante dans la mesure où elle rejette dans le $Tn_{1b\alpha}$ le $E\beta$ (à *Cymaclymenia euryomphala*) de Paul (28).

Faciès à Céphalopodes et Conodontes sur les hauts-fonds (anciens récifs) du nord et du nord-est du Sauerland:

La seule biozone palynologique à *H. lepidophytus* et *H. pusillites* a pu être isolée dans la région classique d'Hönnetal. Elle caractérise la majeure partie des schistes de Hangenberg qui s'insèrent entre le calcaire à *Wocklumeria* (to VI) et le calcaire à *Gattendorfia* (cu I) mais sont généralement considérés, depuis les travaux de Schindewolf, comme d'âge to VI.

Sur la Fig. 2, sont rassemblées les caractéristiques biométriques des populations d'*H. lepidophytus* que nous avons étudiées dans les profils d'Öese (40, Abb. 17), d'Oberrödinghausen-rail (profil de référence pour la stratigraphie basée sur les céphalopodes: 31) et d'Oberrödinghausen-route (40, Abb. 16).

Malgré une réduction de puissance très marquée, il semble que la majeure partie du Strunien est représentée dans ce profil, les niveaux I à VII de la Fig. 2 correspondant grosso-modo aux niveaux 4 à 9 ou 11 de la Fig. 1. On remarquera que les maxima dans le pourcentage d'*H. lepidophytus* se cantonnent dans la partie supérieure des coupes étudiées. Mais à Hönnetal, *H. lepidophytus* n'atteint jamais 40% de la population totale des spores.

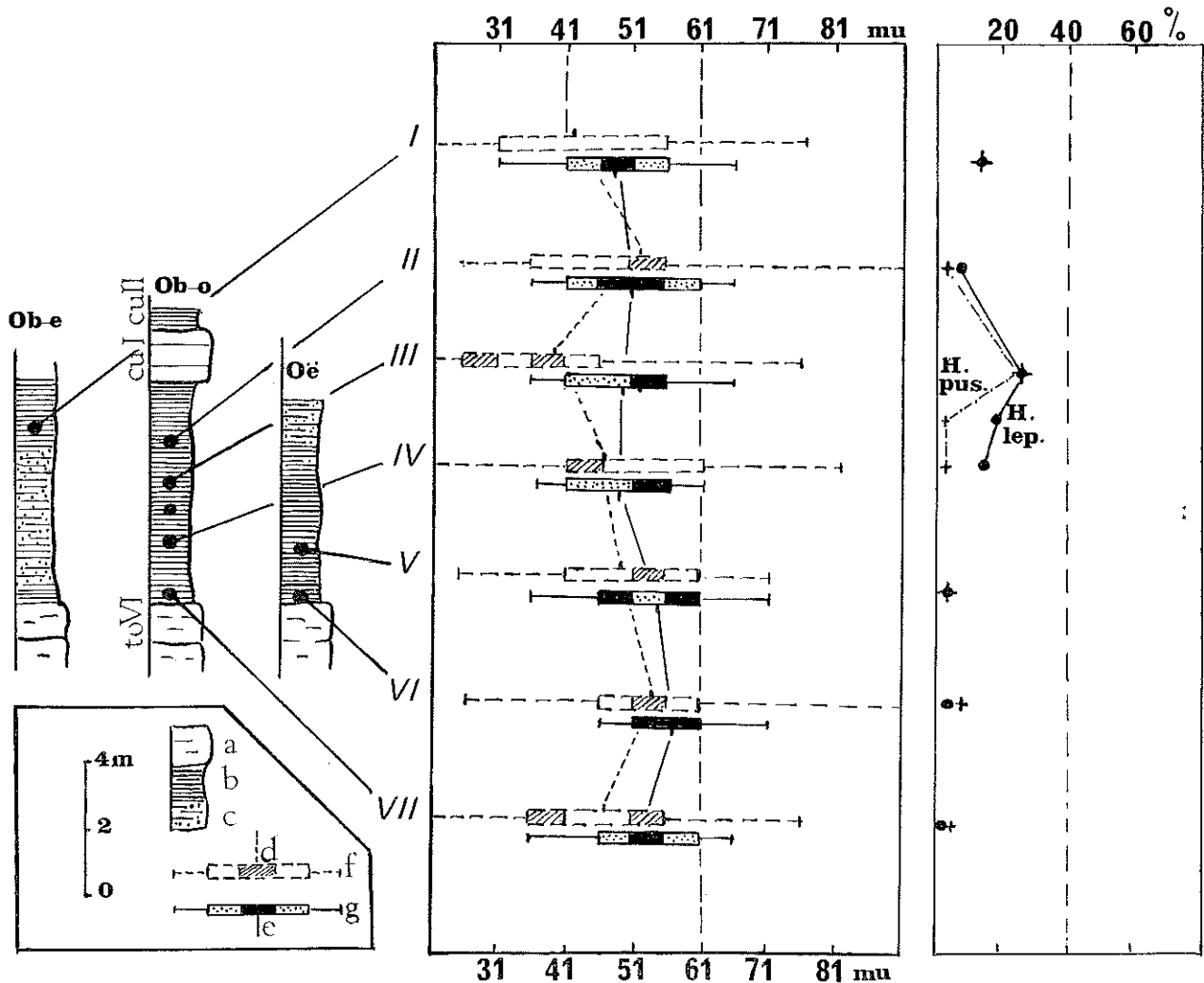


FIG. 2. — Analyse biométrique des populations de spores de niveaux riches en *H. lepidophytus* dans la Hönnetal. Ob-e, Oberrödinghausen-route (voir Ziegler 1962); Ob-o, Oberrödinghausen-rail (Schindewolf 1937); Oë, Öese-station (Ziegler 1962). a, calcaire; b, schiste; c, schistes gréseux; d, moyenne arithmétique de f; f, population totale des spores à l'exclusion d'*H. lepidophytus*; g, population d'*H. lepidophytus*; f et g, extrêmes, intervalle entre quarts, optimum; e, moyenne arithmétique de g. Colonne de droite: proportion relative d'*H. lepidophytus* et de *H. pusillites*

A Öese comme à Oberrödinghausen, les caractéristiques biométriques d'*H. lepidophytus* des échantillons de base des schistes de Hangenberg sont assez comparables bien que la constitution quantitative des assemblages le soit moins. Un autre échantillon prélevé à la base du profil d'Oberrödinghausen-rail, dans une laie plus psammitique que le n° VII, contient un assemblage moins riche en spores où *H. lepidophytus* est pauvrement représenté. Plusieurs échantillons psammitiques étudiées à Oberrödinghausen-route ne contenaient peu ou pas de spores.

H. lepidophytus disparaît à 1 mètre du sommet des schistes de Hangenberg sans que l'on puisse mettre en évidence une population de ces spores qui soit comparable à celles que l'on trouve au contact T_{n1a}/T_{n1b}.

Malgré un échantillonnage très détaillé des niveaux schisteux intercalés tant dans le Calcaire à *Wocklumeria* que dans le Calcaire à *Gattendorfia*, dans plusieurs coupes de la région d'Hönnetal, nous n'avons jamais pu isoler la moindre spore. Ces schistes et calschistes contiennent des débris de bois, de rares fibres végétales et de très petits fragments de cuticule dont certains sont remarquablement conservés. Cependant, la quantité de matière organique retenue dans ces sédiments est dérisoire comparée à celle que l'on trouve dans les Schistes de Hangenberg. En plus des trois localités citées plus haut, il s'agit des coupes de la Borkewehr (près de Wocklum), celle du Trachtenberg et celle de Drewer (voir 38, p. 205).

Schindewolf (31, pp. 41 et 42) a montré combien l'épaisseur des Schistes de Hangenberg variait dans la région d'Hönnetal. Réduits à près d'un mètre dans les coupes du Trachtenberg et de la Borkewehr, les Schistes de Hangenberg sont moins épais encore (25 cm) au Dasberg et à Reigern où dans l'hypothèse d'une sédimentation continue, ils devraient représenter en plus, tout ou partie du Calcaire à *Wocklumeria* (to VI) et du Calcaire à *Gattendorfia* (cu I). Schindewolf (31) préfère imaginer une lacune sédimentaire au sommet du Dévonien. C'est une opinion tout à fait concevable dans une région où la sédimentation a pu être inégale sur des hauts-fonds correspondant à d'anciens récifs givetiens et frasniens.

A Drewer (au nord-ouest de Brilon), dans des conditions de sédimentation comparable, s'intercalent, entre le calcaire à *Gattendorfia* et le calcaire à *Wocklumeria* typique, quelque deux mètres de sédiments carbonatés comprennent un horizon de 40 cm de schistes noirs. Ils contiennent une faune à céphalopodes qui associe *Cymaclymenia euryomphala* à des caractéristiques des couches à *Wocklumeria* (26, p. 708).

A l'exception des profils qui font l'objet de la Fig. 2, tous les schistes échantillonnés dans les couches inférieures de Hangenberg et dans les "Liegende Alaunschiefer" (Cu II) des profils cités par Schindewolf (31) (notamment celui de Drewer) ne contiennent, hélas, aucun assemblage palynologique utile. On peut identifier seulement quelques rares spécimens de formes triletes simples, azonées (cf. *Crassispora balteata* Sulli-

van; cf. *Punctatisporites irrasus* Sullivan). On n'observe aucune forme zonée. Ces échantillons contiennent aussi des biosphères mais aucun acritarche typique.

Faciès à Ostracodes et Conodontes au nord-est et à l'est du Sauerland:

Nous avons macéré et examiné, sans plus de succès, de nombreux échantillons datés par ostracodes ou par conodontes provenant des coupes de Meschede (29) et du Kellerwald. Quelquefois, ces schistes contiennent quelques spores avec des caractéristiques simples comme mentionnées ci-dessus. Les "Liegende Alaunschiefer" sont généralement plus riches en matière organique amorphe et en organismes planctoniques. Aucune corrélation stratigraphique ne peut évidemment être tentée sur des bases palynologiques aussi fragiles.

Faciès périrécifal de la Dill:

Les Schistes de Hangenberg, au sud de Langenau-bach (39; 21, Tab. 13: Schuppe I) contiennent un très bon assemblage riche en *H. lepidophytus* (45%) et *H. pusillites* (10%). L'étude biométrique de la première espèce situe cet assemblage au niveau des échantillons II à IV de la Hönnetal (Fig. 2).

5. FACIÈS RÉGIONAUX DE LA BIOZONE À *H. LEPIDOPHYTUS*, ET LEUR INCIDENCE SUR LA ZONATION BIOSTRATIGRAPHIQUE

Dans les faciès à foraminifères en Belgique et dans l'anticlinal de Velbert, *H. pusillites* est présent dans chaque échantillon étudié appartenant à la biozone à *H. lepidophytus* mais il est rare, c'est à dire qu'on en rencontre un ou deux spécimens dans des préparations qui contiennent souvent plus d'un millier de spores.

A Hönnetal, la proportion d'*H. pusillites* est nettement plus élevée, dépassant généralement 1%. Dans le premier mètre des Schistes de Hangenberg à Oberrödinghausen-rail, cette espèce est souvent aussi abondante que *H. lepidophytus* (voir Fig. 2). L'accroissement de la valeur relative d'*H. lepidophytus* commence dès le niveau IV (1 m 50 au-dessus de la base) alors que les échantillons étudiés de 2 m à 2 m 50 de la base ne contiennent encore que des valeurs relatives d'*H. pusillites* inférieures à 10%. Au niveau VII (à 3 m de la base), cette valeur elle-même dépasse 10 et même 20%.

Le synchronisme d'une partie au moins de la biozone à *H. lepidophytus* dans les deux faciès considérés nous paraissant acquis, on se trouve donc en présence d'une démonstration particulièrement évidente de l'existence au Strunien de deux faciès palynologiques régionaux différents bien que contemporains. La divergence dans la composition palynologique de ces deux faciès est plus accusée que cette simple variation quantitative pourrait le laisser croire. Plusieurs espèces (dont par exemple une forme appartenant au genre *Tumulispora*

blages palynologiques des couches d'Ozersk-Hovansk. Nous avons adopté provisoirement cette deuxième hypothèse parce que le diachronisme de l'apparition d'*H. pusillites* entre la Belgique et l'URSS est très probable. Cette hypothèse ne met pas nécessairement en cause la signification stratigraphique de la réduction de taille d'*H. lepidophytus* qui pourrait correspondre à un phénomène d'Evolution, par exemple la réduction progressive de la taille d'une microspore au cours d'un processus de différenciation hétérosporique. La première hypothèse ne pourra cependant être définitivement écartée avant qu'une étude biométrique des assemblages à *H. lepidophytus* de l'URSS ne soit réalisée.

C'est pourquoi, nous l'avons aussi mentionnée dans les Figs. 3 et 4.

ÉQUIVALENTS STRATIGRAPHIQUES DU Tn_{1a} À L'EST DU RHIN

Les corrélations entre l'Ourthe et la Hönmetal sont mises en évidence dans la partie centrale de la Pl. 1. Compte tenu de l'apparition précise des *Siphonodella* dans le cu I, une première approche dans la localisation de la base de la zone à *Gattendorfia* dans l'échelle stratigraphique franco-belge, consiste à considérer,

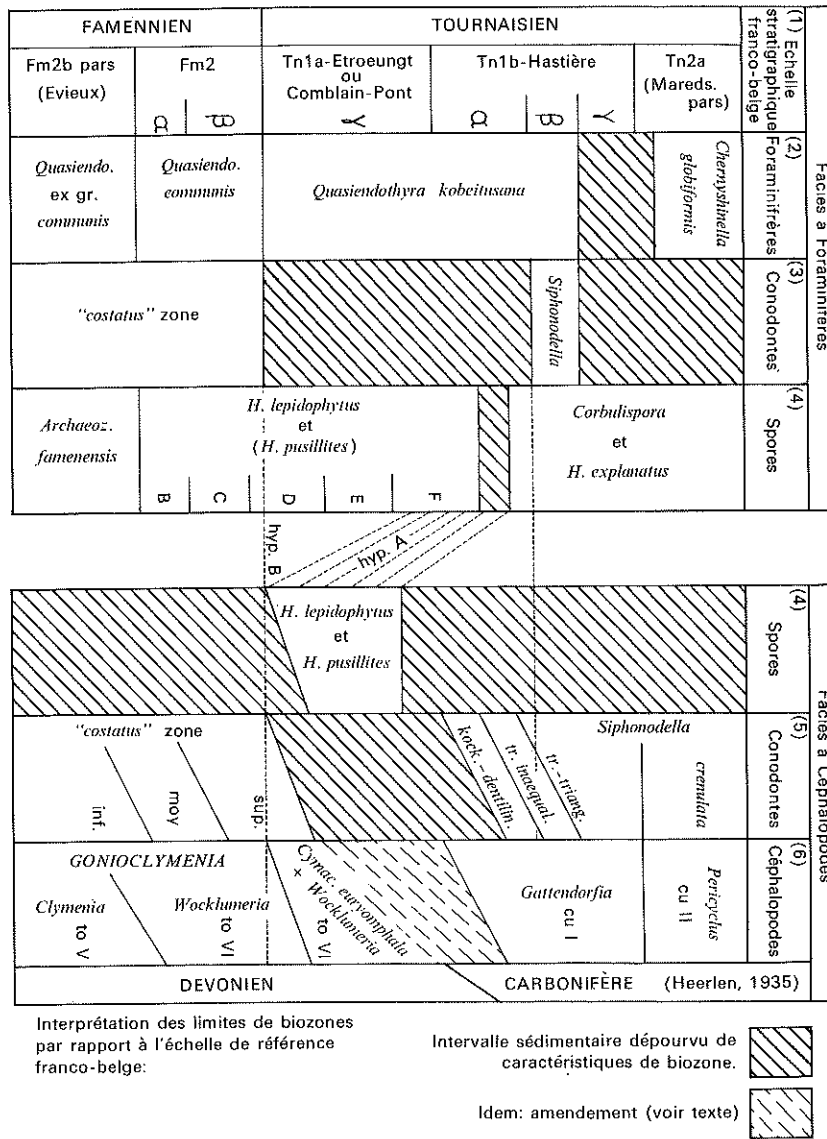


FIG. 3. — Corrélations biostratigraphiques entre les faciès à Forams et les faciès à Céphalopodes, dans le géosynclinal ardenno-rhénan. (1) Conil et al. 1967; (2) Conil et al. 1964; (3) Bouckaert & Ziegler 1965; (4) Streef 1966, 1967; (5) Voges 1960; Ziegler 1962; (6) Schindewolf 1937; Paproth 1964 plus amendement (voir texte)

dans la vallée de l'Ourthe, l'intervalle sédimentaire qui sépare la trace la plus élevée de la *costatus*-zone du niveau correspondant à l'apparition des premières *Siphonodella*. On constate que cet intervalle correspond à l'ensemble Tn_{1a} et Tn_{1ba}. Mais l'existence de la partie moyenne de la biozone à *H. lepidophytus* dans le Tn_{1a} et dans la majeure partie des Schistes de Hangenberg restreint considérablement cet intervalle et confirme une corrélation que la présence dans ces mêmes niveaux de *Cymaclymenia euryomphala* avait laissé soupçonner plus tôt. L'équivalent de l'apparition de la zone à *Gattendorfia* doit être cherché à la base ou au sein même du Tn_{1ba} (27). En l'absence d'une définition palynologique du cu I, nous ne pouvons apporter plus de précision à ces corrélations.

Au contraire, l'étude palynologique remet plutôt en question certains critères admis généralement jusqu'ici.

En effet, si on accepte que les 5/6 au moins des Schistes de Hangenberg à Oberrödinghausen représente la totalité du Tn_{1a} comme l'analyse des populations d'*H. lepidophytus* le suggère, la position de *Cymaclymenia euryomphala* par rapport à cette tranche biostratigraphique mérite d'être discutée, spécialement en trois de ses points de rencontre, à Ratingen, à Oberrödinghausen et à Drewer.

À Ratingen, nous avons montré que le Eß de Paul (28) surmonte des niveaux schisteux dont les caractéristiques palynologiques sont celles de l'échantillon de base du Tn_{1b}. L'hypothèse que *Cymaclymenia euryomphala* y transgresserait la limite to VI/cu I ne peut donc être rejetée puisque la base du cu I ne peut être précisée à Ratingen. Rappelons que *C. euryomphala* a été trouvé en Belgique dans le Tn_{1b} et même dans le Tn_{2a} par Demanet (12).

À Oberrödinghausen, *C. euryomphala* a été trouvé à la base des Schistes de Hangenberg, à un niveau équivalent à la base du Tn_{1a}.

Si on refuse d'attribuer une signification stratigraphique strictement dévonienne à l'extinction des Ammonoïdes clymenoïdes, on constate que l'attribution de la totalité des Schistes de Hangenberg à Oberrödinghausen (c'est-à-dire le Tn_{1a}) à la biozone to VI à *Wocklumeria* repose uniquement sur la découverte par Schindewolf d'une faune à *Wocklumeria* et *C. euryomphala* associés, à Drewer.

Or, dans un contexte sédimentaire, où l'éventualité de lacune primaire au sommet du Dévonien a été démontrée, on pourrait supposer, avec autant de vraisemblance, que le niveau mixte à *Cymaclymenia* et *Wocklumeria* de Drewer est en lacune dans la Hönnetal entre les niveaux carbonatés à *Wocklumeria* et les schistes à *C. euryomphala*.

En résumé, s'il paraît acquis et confirmé par la palynologie que l'apparition de la zone à *Gattendorfia* (qui, par définition à Heerlen, en 1935, marque l'avènement du Carbonifère) correspond *grosso-modo* à la base du Tn_{1b}, par contre l'appartenance des quelque trente mètres de Strunien de la vallée de l'Ourthe à la biozone à *Wocklumeria* nous paraît encore hypothé-

tique. Il reste tout aussi concevable que le Strunien ne soit représenté dans la région classique d'Hönnetal par aucune forme de céphalopodes caractéristique.

Afin de mieux schématiser les résultats actuels, nous avons confronté dans la Fig. 3 de la distribution stratigraphique des biozones utiles aux corrélations stratigraphiques entre les faciès à Foraminifères et les faciès à Céphalopodes dans le géosynclinal ardenno-rhénan.

CORRÉLATIONS ENTRE LES SÉDIMENTS DE TRANSITION DÉVONO-DINANTIEN DU GÉOSYNCLINAL ARDENNO-RHÉNAN ET DE LA PLATEFORME RUSSE

Les trois biozones palynologiques définies en tête de ce travail ont été décrites dans les sédiments de la Plateforme russe et des pentes occidentales de l'Oural et il est tentant de chercher à rapprocher, sur la base de critères palynologiques, les schémas stratigraphiques unifiés de l'URSS et ceux d'Europe occidentale.

De telles corrélations à longue distance ont été exposées par Lipina (23) et Reitlinger (30) à l'aide de biozones à Foraminifères. Une confrontation de critères paléontologiques indépendants devrait donc pouvoir être réalisée. Hélas, les difficultés les plus grandes semblent provenir de l'imprécision relative dans l'échelle stratigraphique russe des limites qui séparent les trois biozones palynologiques.

A. — En Biélorussie où leur définition est la plus complète, la première limite (entre ml 1 et ml 2: 20) correspond à une subdivision locale de l'horizon de Malevka, basée sur la palynologie elle-même. La limite inférieure du niveau de Malevka est déterminée par l'apparition massive d'*H. pusillites* succédant à un assemblage non caractéristique (18; 15). Or, nous avons vu que l'apparition d'*H. pusillites* est à Hönnetal, un phénomène progressif dont la soudaineté en Biélorussie peut être (comme nous l'avons suggéré concernant *H. lepidophytus* var. *tener*) le résultat d'un changement de faciès sédimentaire.

Golubcov et Kedo (15) ont montré l'imprécision de cette limite dans les coupes de références de la partie centrale de la Plateforme russe.

Or, la base de l'assise de Malevka est un niveau repère important car il correspond, dans la partie orientale de la Plateforme russe, à l'extinction de *Quasiendothyra kobeitusana*, cette position stratigraphique étant située dans les coupes de références de la partie centrale de la Plateforme russe à l'aide d'ostracodes (37).

Un certain diachronisme entre l'extinction de *Q. kobeitusana* et le contact entre les deux biozones palynologiques supérieures est cependant évident lorsque l'on compare les tableaux de Lipin (23) et de Reitlinger (1967) à notre Fig. 3. *Q. kobeitusana* s'éteint

dans la première biozone palynologique à l'ouest de l'Europe et, dans la deuxième biozone, à l'est de l'Europe. Ce diachronisme se retrouve d'ailleurs si l'on compare foraminifères et céphalopodes: *Q. kobeitusana* s'éteint dans la zone à *Wocklumeria* dans l'Oural tandis qu'il est encore trouvé par Conil *et al.* (10) dans l'équivalent de la zone à *Gattendorfia* dans l'Anticlinal de Velbert.

B. — La position stratigraphique de la base de la zone à *H. lepidophytus* en Biélorussie n'est pas plus précise. Kedo (19) l'a observée dans les couches de

Dankov-Lebedian mais l'intervalle stratigraphique correspondant à ces couches et notamment leur limite supérieure, ne correspond pas à la terminologie utilisée ultérieurement par Reitlinger (30) et Tchibrikova (36) dans d'autres régions. Golubcov et Kedo (15) font succéder aux couches de Dankov-Lebedian les horizons d'Ozersk-Hovansk tandis que les auteurs plus récents y intercalent en plus les couches de Kudayarovsk-Turgenev groupées avec les couches d'Ozersk-Hovansk, sous le nom de couches de Zavolzshsk.

Si l'on considère que Tchibrikova (36) fait coïncider la base de la biozone à *H. lepidophytus* avec la base des

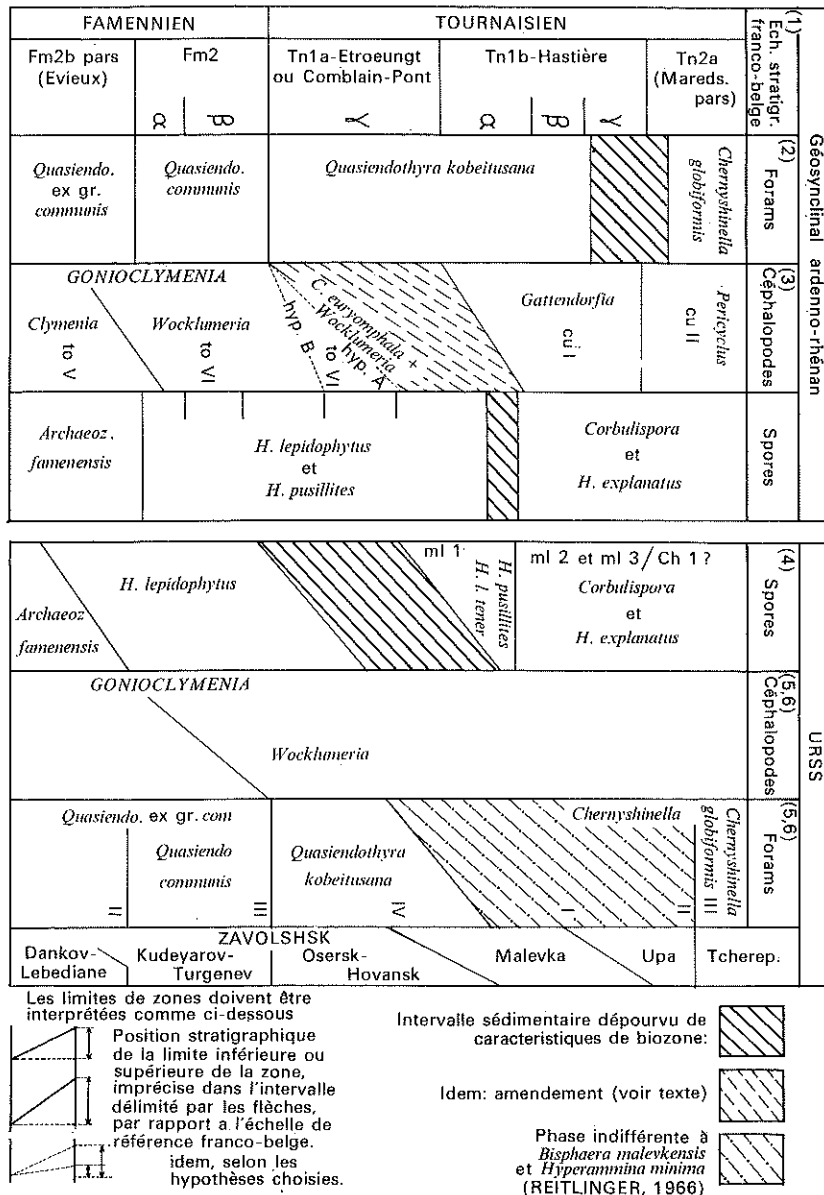


FIG. 4. — Corrélations biostratigraphiques entre l'URSS et le géosynclinal ardennes-rhénan au contact Fm/Tn. (1) Conil *et al.* 1967; (2) Conil *et al.* 1964; (3) Schindewolf 1937; (4) Kedo 1957, 1963; Naumova 1953; Tchibrikova 1966; Paproth 1964; (5) Lipina 1964; (6) Reitlinger 1966 plus amendement (voir texte)

couches de Zavolzhsk, on constate que les corrélations à grande distance par foraminifères et par spores ne sont pas, cette fois, incompatibles.

En effet, la base des couches de Zavolzhsk correspond à l'apparition de la biozone à *Quasiendothyra communis* et c'est aussi à cette limite paléontologique qu'apparaît, en Belgique, l'assemblage à *H. lepidophytus*.

C. — La limite Dévonien/Carbonifère est placée dans le schéma stratigraphique de l'URSS (23) à la base de la zone à *Q. kobeitusana*. Cette limite qui correspond, en Belgique (Conil *et al.* 11) à la base du Strunien (Tn_{1a} — "γ" de Conil *et al.* 1964) se place là où les formes typiques d'*H. lepidophytus* deviennent plus rares au profit de plus forts pourcentages des var. plus petites, ou plus précisément là où le 3^{ème} quart dans les histogrammes de fréquence de taille n'atteignent plus la classe de 61-65 μ. En l'absence d'une définition de précision équivalente du passage de la var. typique à la var. *minor* dans des sédiments datés par forams. en URSS il est difficile de confronter les zonations biostratigraphiques à ce niveau.

En conclusion:

Nous avons résumé dans la Fig. 4 les corrélations proposées ci-dessus entre les sédiments de transition Dévono-Dinantien du géosynclinal ardenno-rhénan et de l'URSS en confrontant les données synthétiques publiées dans ces régions sur l'étude biostratigraphique

des foraminifères, des céphalopodes et des spores. Il est bien évident que chaque zonation paléontologique a ses points faibles et celle basée sur la palynologie n'y échappe pas. Elle a le mérite cependant de transgresser certains faciès des régions littorales aux régions plus néritiques où elle peut venir s'intercaler dans des faciès riches en céphalopodes. Il semble cependant, qu'elle soit sans grande utilité dans les sédiments à caractères bathyaux eux-mêmes, à céphalopodes ou à ostracodes.

Quelque soit le groupe fossile considéré ici, on constate qu'il existe souvent dans les coupes de référence même les plus favorables à ces fossiles, une séquence sédimentaire qui ne peut être datée avec précision faute de contenir des caractéristiques biostratigraphiques significatives. Les Spores liées plus volontiers que beaucoup d'autres groupes fossiles aux sédiments détritiques peuvent rendre à cet égard de grands services dans la caractérisation des stratotypes, parastratotypes et autres coupes de référence, lieux de rencontre indispensables à une confrontation précise des différentes disciplines de la Paléontologie stratigraphique.

Au terme de cette note, nos plus vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui, à des titres divers, ont contribué à son élaboration: tout particulièrement, les Drs. E. Paproth (Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen) et R. Conil (Université de Louvain) mais aussi les auteurs des coupes lithologiques reprises sur la Pl. 1 et qui, souvent, ont récolté des échantillons à notre intention.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) ALLEN, K. C. 1965: Lower and Middle Devonian spores of north and central Vestspitsbergen. *Palaeontology*, 8, 4, 687-748.
- (2) ANCION, C., DEMANET, F. & VAN LECKWIJCK, W. 1956: Découverte d'une faune strunienne au toit de la couche d'oligiste oolithique dite famennienne de Couthuin (Bord nord du synclinal de Namur). *Bull. Acad. R. Belg. Cl. Sci.*, 5^e Sér., 42, 506-514.
- (3) ANCION, C. & VAN LECKWIJCK, W. 1958: Le Strunien de la vallée de la Méhaigne. *Ann. Soc. géol. Belg.*, [Bull.] 81, 507-520.
- (4) BÖGER, H. 1962: Zur Stratigraphie des Unterkarbons im Velberter Sattel. *Decheniana*, 114, 2, 133-170.
- (5) BOUCKAERT, J. & ZIEGLER, W. 1965: Conodont stratigraphy of the Fammenian Stage from Belgium. *Mém. Expl. Cartes géol. min. Belg.*, 5, 1-52.
- (6) BUTTERWORTH, M. A. & SPINNER, E. G. 1967: Lower Carboniferous spores from North-west England. *Palaeontology*, 10, 1, 1-24.
- (7) CARO-MONIEZ, M. 1962: Sur un niveau à spores du Dévonien supérieur du Sondage de Tournai (Belgique). *Ann. Soc. géol. Nord*, 82, 111-115.
- (8) CONIL, R. 1959: Recherches stratigraphiques sur les terrains dinantiens dans le bord nord du bassin de Namur. *Mém. Acad. R. Belg. Cl. Sci.*, Mém. 4^e, 2^e Sér., fasc. 5.
- (9) CONIL, R. 1968: Le Calcaire carbonifère depuis le Tn_{1a} jusqu'au V_{2a}. *Ann. Soc. géol. Belg.*, [Bull.] 90, 687-726.
- (10) CONIL, R. *et al.* 1964: Localités et coupes types pour l'étude du Tournaisien inférieur. *Mém. Acad. R. Belg. Cl. Sci.*, Mém. 4^e, 2^e Sér., 15, 1-87.
- (11) CONIL *et al.* 1967: Echelle biostratigraphique du Dinantien de la Belgique. *Prof. Pap. Serv. géol. Belg.*, No. 13.
- (12) DEMANET, F. 1958: Contribution à l'étude du Dinantien de la Belgique. *Mém. Inst. R. Sci. nat. Belg.*, 141, 1-152.
- (13) DOUBINER J. & RAUSCHER, R. 1966: Spores du Viséen marin de Bourbach-le-haut dans les Vosges du sud. *Pollen Spores*, 8 (2), 361-405.
- (14) FOURMARIER, P. 1963: Les variations du niveau stratigraphique du front supérieur de schistosité dans l'ouest du Synclinorium de Dinant. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 257, 2933-2937.
- (15) GOLUBCOV, V. K. & KEDO, G. I. 1960: [Couches d'Ozerki-Khovanshchina de la dépression du Pripet]. *Trudy Inst. geol. Nauk Minsk*, 2, 78-89.
- (16) GRAULICH, J. M. 1961: Le sondage de Wépion. *Mém. Expl. Cartes géol. min. Belg.*, 2, 1-102.
- (17) ISCHENKO, A. M. 1958: [Spore-pollen analysis of the Lower Carboniferous sediments of the Dnieper-Donetz Basin]. *Trudy Inst. geol. Nauk Kiev, Ser. Strat. Palaeont.*, 17, 1-188.
- (18) KEDO, G. I. 1957: [Spores from salt deposits of the Pripyat depression and their stratigraphical significance]. *Palaeont. stratig. BSSR*, 2, 3-43.

- (19) KEDO, G. I. 1957: Valeur stratigraphique d'*Hymenozonotrilletes pusillites*. *Dokl. Akad. Nauk Minsk*, 1, 1.
- (20) KEDO, G. I. 1963: [Tournaisian spores from the Pripyat Depression and their stratigraphical significance]. *Trudy Inst. geol. Nauk Minsk, Ser. Strat. Palaeont.*, 4, 3-121.
- (21) KREBS, W. 1966: Der Bau des oberdevonischen Langenau-bach-Breitscheider Riffes und seine weitere Entwicklung im Unterkarbon (Rheinisches Schiefergebirge). *Abh. senckenberg. naturforsch. Ges.*, 511, 1-105.
- (22) LEGRAND, R., MAMET, B. & MORTELMANS, G. 1966: Sur la stratigraphie du Tournaisien de Tournai et de Leuze. Problèmes de l'étage tournaisien dans sa localité type. *Bull. Soc. belg. Géol. Paléont. Hydrol.*, 74, f. 2-3, 140-188.
- (23) LIPINA, O. A. 1964: Stratigraphie et limites du Tournaisien en U.R.S.S. d'après les foraminifères, *C.R. 5^e Congr. Intern. Strat. Géol. Carbonif.*, Paris 1963, 2, 539-551.
- (24) NAUMOVA, S. N. 1953: [Spore-pollen complexes of the Upper Devonian of the Russian platform and their stratigraphical value]. *Trudy Inst. geol. Nauk Mosk.*, 143, Ser. geol. No. 60, 1-203.
- (25) OWENS, B. & STREEL, M. 1967: *Hymenozonotrilletes lepidophytus* Kedo, its distribution and significance in relation to the Devonian-Carboniferous boundary. *Rev. Palaeobot. Palyn.*, 1, 141-150.
- (26) PAECKELMANN, W. & SCHINDEWOLF, O. H. 1937: Die Devon-Karbon Grenze. *C.R. 2^e Congr. Strat. Carbonif.*, Heerlen 1935, 2, 703-714.
- (27) PAPROTH, E. 1964: Die Untergrenze des Karbons. *C.R. 5^e Congr. Intern. Strat. Géol. Carbonif.*, Paris 1963, 2, 611-618.
- (28) PAUL, H. 1939: Die Etroengt-Schichten des Bergisches Landes. *Jb. preuss. geol. Landesanst.*, 59, 647-726.
- (29) RABIEN, A. & RABITZ, A. 1958: Das Ober-Devon von Meschede. *Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch.*, Wiesbaden, 86, 159-184.
- (30) REITLINGER, E. A. 1966: [Biostratigraphy of the Lower Carboniferous on the basis of Foraminifera]. [*Geology of coal measures and stratigraphy of the Carboniferous in the USSR Int. Congress Carb. Str. and Geol.*], Nauka, Moscow.
- (31) SCHINDEWOLF, O. H. 1937: Zur Stratigraphie und Paläontologie der Wocklumer Schichten (Oberdevon). *Abh. preuss. geol. Landesanst.*, N.F., H. 178, 1-132.
- (32) STREEL, M. 1966: Critères palynologiques pour une stratigraphie détaillée du Tn_{1a} dans les bassins ardenno-rhénans. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 89, 65-95.
- (33) STREEL, M. 1968: Association de spores des stratotypes du Famennien, du Strunien et du Tournaisien dans les bassins ardenno-rhénan. Note préliminaire. *Rev. Palaeobot. Palyn.*, 5, 63-74.
- (34) SULLIVAN, H. J. 1964: Miospores from the Lower Limestone Shales (Tournaisian) of the Forest of Dean Basin, Gloucestershire. *C.R. 5^e Congr. Intern. Strat. Géol. Carbonif.*, Paris 1963, 3, 1249-1259.
- (35) SULLIVAN, H. J. & MARSHALL, A. E. 1966: Viséan spores from Scotland. *Micropaleontology*, 12, No. 3, 265-285.
- (36) TCHIBRIKOVA [CHIBRIKOVA], E. V. 1966: [Upper Famennian microfossil assemblages and changes of complexes according to alternations of lithological composition of enclosing rocks in Bashkiriya]. [Special Volume for 2nd Intern. Pal. Conf.], 6064 Nauka, Moscow.
- (37) TSHIGOVA [CHIZHOVA], V. A. 1964: A study of the development of Ostracoda in the late Devonian and early Carboniferous epoch on the territory of the European part of the U.S.S.R. in connection with the problem of establishing a boundary between Devonian and Carboniferous systems. *C.R. 5^e Congr. Intern. Strat. Géol. Carbonif.*, Paris 1963, 2, 823-834.
- (38) VOGES, A. 1960: Die Bedeutung der Conodonten für die Stratigraphie des Unterkarbons I und II (*Gattendorfia*- und *Pericyclus*-Stufe) im Sauerland. *Fortschr. Geol. Rheinld Westf.*, 3, 1, 197-228.
- (39) WIEGEL, E. 1956: Sedimentation und Tektonik im Westteil der Galgenberg-Mulde. *Abh. hess. Landesamt Bodenforsch.*, Wiesbaden, 15, 1-156.
- (40) ZIEGLER, W. 1962: Taxonomie und Phylogenie oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. *Abh. hess. Landesamt Bodenforsch.*, Wiesbaden, 38, 1-166.

DISCUSSION

held at Subcommission meeting on 8th September, morning:

B. ALPERN. — Ce n'est pas une question mais une simple remarque que je voudrais faire concernant l'organisation des relations entre les palynologistes et les stratigraphes. Il me semble que le bel exposé de M. Streel aurait plus d'échos à la sous-commission de stratigraphie du Dévonien qu'à celle du Carbonifère. C'est une des décisions prises hier à la C.I.M.P. qu'il faut trouver des relations avec chacune des sous-commissions responsables des étages qui font l'objet des recherches de nos groupes de travail.

M. STREEL. — Ce travail concerne la limite inférieure du Carbonifère, limite toujours en litige. D'autre part ce papier a été lu également au congrès du Dévonien à Calgary par Mr. H. Walton qui nous remercie ici très vivement.

S. JARDINÉ. — Le Dr. Streel a pu analyser des associations à *H. lepidophytus* des plusieurs parties du monde. Pense-t-il que cette association est synchrone et représente un marqueur valable?

M. STREEL. — Ce problème ne peut être résolu qu'en recherchant des niveaux contenant cette zone palynologique dans des dépôts bien datés par d'autres fossiles que les spores. Jusqu'à présent, l'apparition de tous les assemblages abondant en *H. lepidophytus*, connus et contrôlés par conodontes, foraminifères, ostracodes ou céphalopodes se situe dans une zone relativement étroite au sommet du Dévonien supérieur. D'autre part, on ne connaît pas en Europe d'assemblages riches en spores et bien datés qui ne contiennent pas cette espèce, dans l'intervalle stratigraphique cité plus haut.

R. NEVES. — I must add my congratulations to those of Dr. Alpern for the quality and presentation of Dr. Streel's report. Certain differences are known to occur between the assemblages of Belgium and those of Bielorussia. For example the range of *Hymenozonotrilletes pusillites* appears to commence higher than that of *H. lepidophytus*. Would Dr. Streel care to comment on this and also on the mixed *Corbulispora-Hymenozonotrilletes* association in Burrington Combe?

M. STREEL. — I thank Dr. Alpern and Dr. Neves very much. The range of *H. pusillites* in Bielorussia has been discussed by Golubcov and Kedo. It seems that most of the *Lepidophytus* assemblage could be missing in the Bielorussia sediments studied by Kedo, since the Hovansk-Ozersk beds have very poor, uncharacteristic spore assemblages — so, the first occurrence of *H. pusillites* is not very certain. Concerning the mixed *Corbulispora-H. lepidophytus* assemblages from the Mendips, I wonder

whether these two samples could not show spore assemblages equivalent to those found at the base of the Tournai Borehole which I suspect corresponds to the base of Tn₁₆ rather than to the Tn₁₅. Of course, this is nothing but an alternative hypothesis to that proposed by Mr. Dolby this morning. At the base of the Tournai Borehole, only some rather rare *Corbulispora* are present. This first occurrence does not correspond to the base of the 'epibole' of the '*Corbulispora-Knoxisporites*' complex, which has to be looked for a little higher in Tn₁₅.

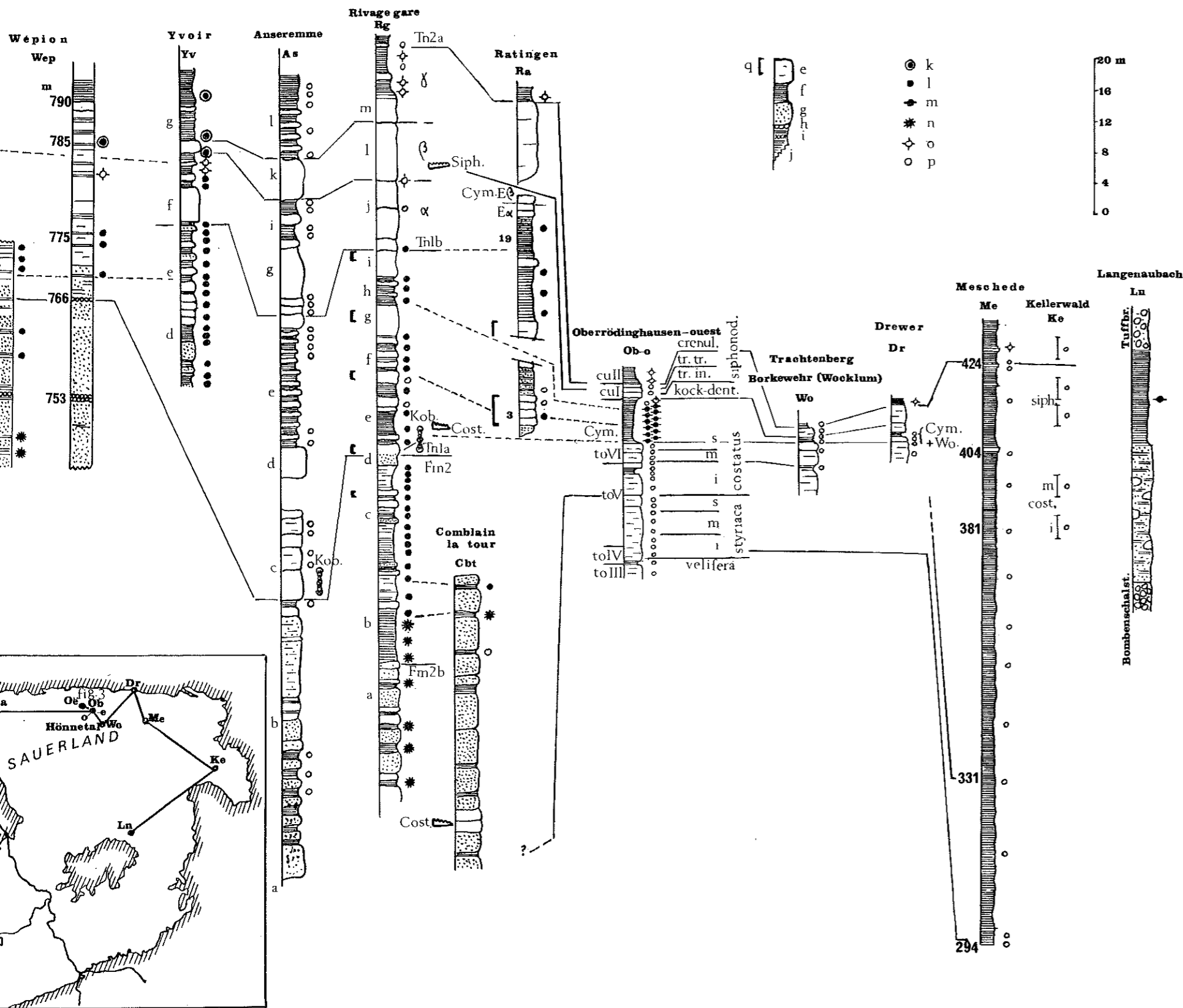


PLANCHE 1

Corrélations biostratigraphiques entre les coupes étudiées dans le géosynclinal ardennes-rhénan
 corrélations en trait continu: par divers auteurs (voir ci-dessous); corrélations en tirets: par spores

Le dessin des coupes Av; Wa; Am; Yv; As; Rg est repris de Conil *et al.* 1964:

Tn et Lz; repris de Legrand, Mamet & Mortelmans 1966

Ec repris de Conil 1959; Hu repris de Ancion & van Leckwijck 1958

Wep repris de Graulich 1960

Cbt repris de Thorez (Inédit)

Ob-o; Wo; Dr; repris de Schindewolf 1937; Ziegler 1962; Voges 1960

Me repris de Rabien et Rabitz 1958 (biostratigraphie basée sur les Ostracodes)

Ke échantillons fournis par Prof. Meischner

La repris de Wiegel 1956; éch. récolté par Dr. E. Paproth

LEGENDE DE LA CARTE:

- a, coupes non figurées, contenant des niveaux à *H. lepidophytus*
- b, coupes figurées contenant des informations palynologiques
- c, coupes figurées ne contenant aucune information palynologique
- d, terrain de couverture post-paléozoïque

LEGENDE DES COUPES:

- e, calcaire; f, schiste; g, grès; h, conglomérat; i, niv. ferrug; j, faille
- k, cénozone à *Corbulispora* et *H. explanatus*
- l, cénozone à *H. lepidophytus* (et *H. pusillites*)
- m, cénozone à *H. lepidophytus* et *H. pusillites* codominants
- n, cénozone à *Archaeozonotr. famenensis*
- o, assemblage non caractéristique
- p, Pas de spores identifiables
- q, faciès récifal (Conil *et al.* 1964)

kob.: *Quasiendothyra kobeitusana*

Siph.: *Siphonodella*

Cost.: *costatus* Zone

Cym.: *Cymaclymenia euryomphala*

Wo.: *Wocklumeria*

Sur cette carte, au dessus de Hönnetal, lire Fig. 2 au lieu de Fig. 3