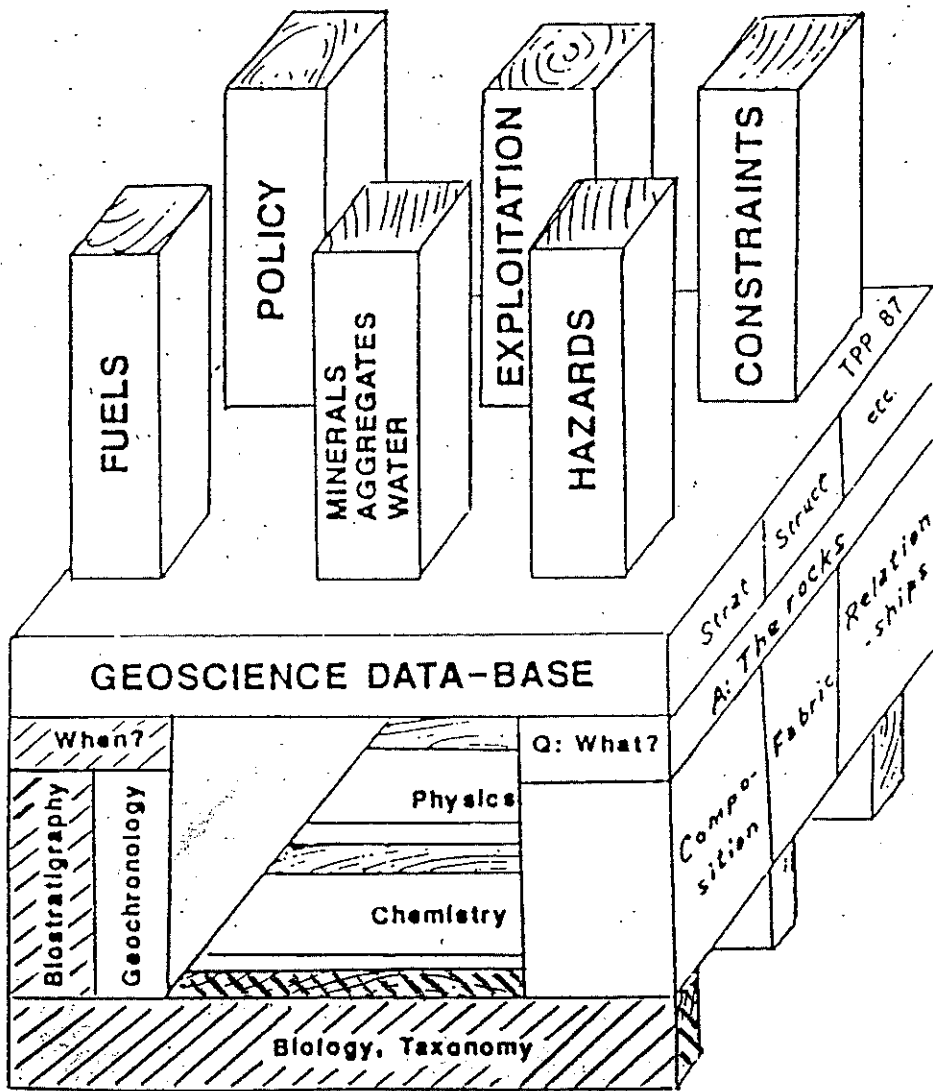


Stratigraphy is too important to be left to lithostratigraphers. Let us not forget the place that biostratigraphy, and other fundamental disciplines, play in the "house-of-cards" theory of geology, shown in the accompanying sketch.



I. Les microfossiles végétaux d'origine continentale dans la biostratigraphie du Dévono-Carbonifère des bassins ardenno-rhénans.

(miospores)
 Les microfossiles végétaux d'origine continentale [✓]représentent le seul groupe fossile permettant à la fois une zonation détaillée et des corrélations latérales entre les milieux continentaux et marins. Pour cette raison, ils constituent un outil privilégié pour aborder la biostratigraphie. C'est cependant un point de vue généralement négligé dans les traités "classiques" où l'on met plus volontiers l'accent sur les fossiles planctoniques ou nectoniques.

L'originalité de ce cours réside donc dans l'approche de la biostratigraphie par ces microfossiles végétaux. Ceci impose quelques contraintes.

Les miospores d'origine continentale ne devenant abondantes et diversifiées qu'à partir du Silurien supérieur, nos exemples seront, en pratique, d'âge postérieur au Silurien. Pour donner plus d'homogénéité à ce cours, la plupart des exemples seront choisis dans le Paléozoïque des bassins ardenno-rhénans, ce qui nous restreint plus particulièrement à la séquence sédimentaire relativement continue séparant les paroxysmes des orogènes calédoniennes et varisques.

Le détail des zonations de miospores et des faunes et flores les plus utiles peut être consulté dans les documents suivants : STREEL et al. 1987 pour le Dévonien (S, dans le texte qui suit).

CLAYTON et al. 1977 pour le Carbonifère (L, dans le texte qui suit).

La quantité de miospores entraînées, chaque année, des continents vers les mers du globe (fig. 1) par le réseau fluvial est considérable (l'équivalent d'environ 3 millions de tonnes de carbone).

L'"assemblage" de miospores qui est ainsi "déversé" en mer à l'embouchure d'un fleuve est composé d'"espèces" provenant de différentes niches écologiques du continent, de plus en plus mélangées en un tout (fig. 2) homogène au fur et à mesure que le volume du fleuve s'amplifie dans son parcours vers l'aval.

Les milieux sédimentaires marins proches du littoral contiennent donc potentiellement un maximum d'"espèces" et d'individus (plusieurs dizaines de milliers par gramme de sédiment) et sont donc, à priori, les plus aptes à permettre une biozonation précise. Vers le large, les quantités de miospores décroissent en fonction de la distance au rivage car elles sont triées par les courants marins, notamment en fonction de leur capacité à flotter.

1. Biostratigraphie comparée (miospores-fossiles marins) du Lochkovien au Famennien.

1.1) Introduction

Une approche paléogéographique et historique du Dévonien de l'Europe occidentale peut être utilement consultée dans l'ouvrage de POMEROL et BABIN, 1977 (P, dans le texte qui suit).

Les grands faciès sédimentaires (magnafaciès) qui nous concernent ici sont Bohème, province rhénane et continent des vieux-grès rouges (P, fig. 8.24 page 242 et fig. 9.1 page 243). Les transgressions dévoniennes étendent progressivement le premier (magnafaciès "hercynien") au dépens des autres (P, fig. 9.22 page 257).

En Ardenne, la transgression, qui atteindra le synclinal de Namur au Givétien (P, fig. 9.19 et 9.20), s'effectue de manière saccadée avec des épisodes détritiques à caractères régressifs, à l'Emsien et surtout au Famennien (P, fig. 9.14 page 252). Voir le détail lithostratigraphique du Dévonien (et Dinantien) de l'Ardenne dans l'ouvrage de ROBASZYNSKI et DUPUIS, 1983 (R, dans le texte qui suit).

La chronostratigraphie qui devrait être commune aux trois grands faciès, est seulement en voie d'uniformisation (P, tableau XIX) (Fig.3). Un des objectifs de ce cours est de montrer les difficultés et aléas de cette démarche.

1.2) Caractérisation biostratigraphique des limites entre systèmes, séries et étages.

a) Silurien/Dévonien. Limite caractérisée par l'apparition du graptolithe "Monograptus uniformis". Stratotype désigné à Klouk, en Bohème (P, figs. 8.2, page 216 et 8.3 page 217), dans un faciès "trop marin" pour les miospores. Chitinozoaires et Conodontes, permettent des corrélations

avec les faciès rhénans; les spores, des corrélations à l'intérieur de ceux-ci et entre eux et le "continent des vieux-grès rouges" (S, fig. 3) (fig. 4).

b) Gedinnien*/Siegenien*/Emsien versus Lockhovien/
Praguien/Zlichovien*

(* termes à abandonner)

Limites non encore caractérisées par un fossile de référence; stratotype(s) non désigné(s). Corrélations de la limite Ged./Sieg., de part et d'autre du Rhin, et avec les Iles Britanniques par spores et ostracodermes; des limites Ged./Sieg. et Sieg./Ems. par brachiopodes et spores de part et d'autre du Rhin; avec la Bohème par chitinozoaires (S, fig. 3 et 4). Diachronisme des Formations dans le syncl. de Dinant et codé stratigraphique recommandé (fig. 5).

c) Dévonien inférieur/Dévonien moyen (Emsien/Eifelien)

Limite caractérisée par l'apparition du conodonte Polygnathus costatus partitus. Stratotype désigné à Wetteldorf (Eifel, RFA) dans un faciès "intermédiaire" à conodontes, trilobites, brachiopodes et spores. Limite fixée entre deux niveaux de bentonite (Horol. I et II) permettant des corrélations très précises avec l'Ardenne (fig. 6).

Corrélations par spores, en Ardenne, difficiles car faciès marins défavorables, possibles dans l'Eifel (S, fig. 6).

Le nom d'étage "Couvinien" dont la base se situe en-dessous de celle de l'Eifelien, doit être abandonné au profit de ce dernier (fig. 3).

d) Eifelien/Givetien. Limite non encore caractérisée par un fossile de référence; stratotype non désigné.

Corrélations par spores en Ardenne, difficiles car faciès marins défavorables.

e) Dévonien moyen/Dévonien supérieur (Givetien/Frasnien). Limite caractérisée par l'apparition du conodonte Ancyrodella rotundiloba (base de la "Lower Polygnathus asymmetricus Zone"). Stratotype désigné en Montagne noire.

d) Eifelien/Givetien. (fig. 6bis et 6ter)

Limite caractérisée par l'apparition du conodonte Polygnathus hemiansatus. Stratotype au Maroc en facies défavorable aux miospores.

Les corrélations par spores en Ardenne sont difficiles car faciès et évolution de la matière organique, défavorables.

Les conditions sont plus favorables dans l'Eifel où la fig. 6bis montre deux repères par miospores, au voisinage des différentes limites proposées antérieurement (fig. 6ter).

Le choix, récemment fait, du niveau "hemiansatus" est discutable dans la mesure où il est très proche d'un "event" bien connu (condensation lithostratigr. et biostratigr.) dans la Formation de Freilingen.

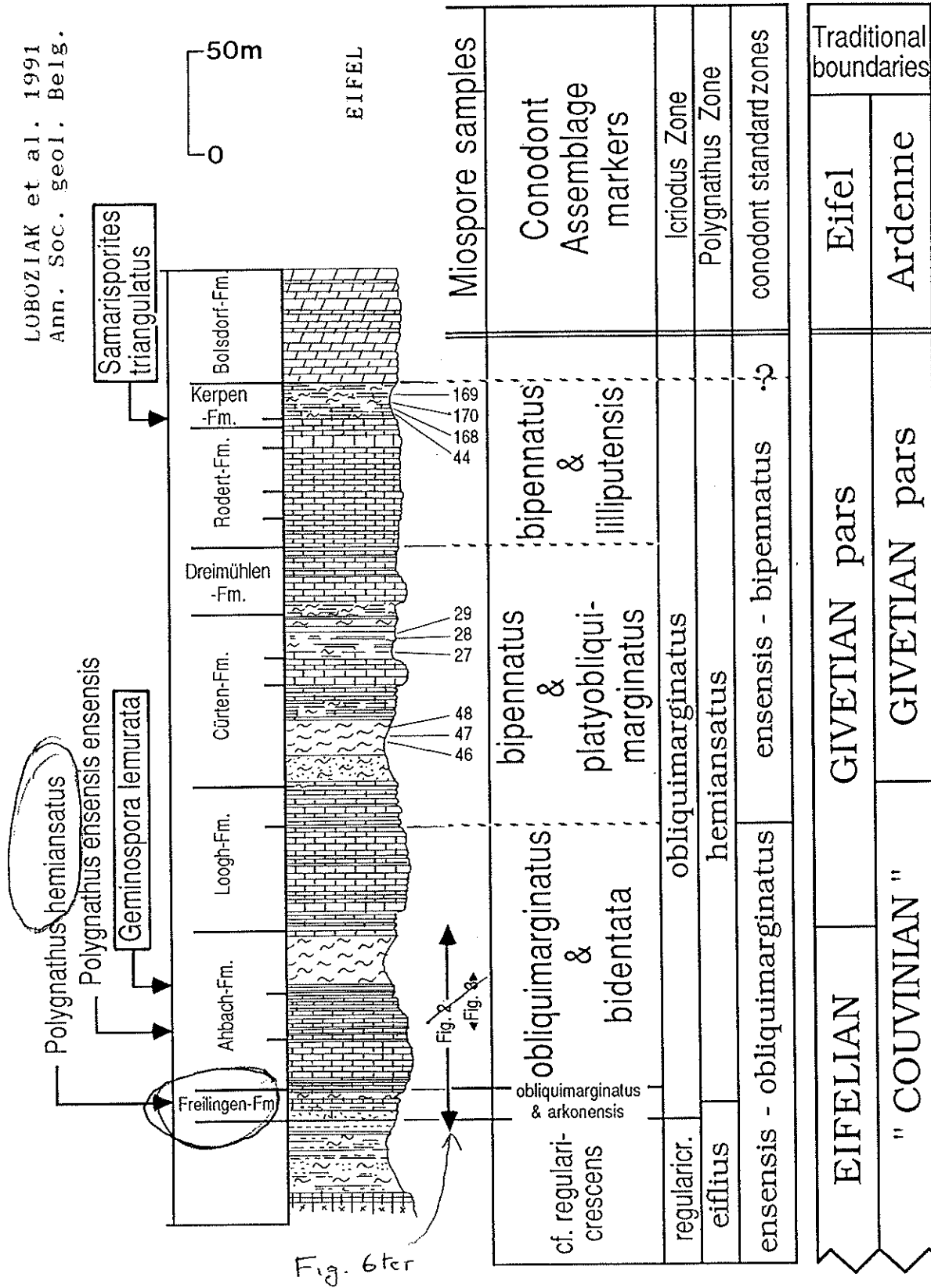


Fig. 6ter

Fig. 6bis

LOBOZIAK et al. 1991
Ann. Soc. geol. Belg.

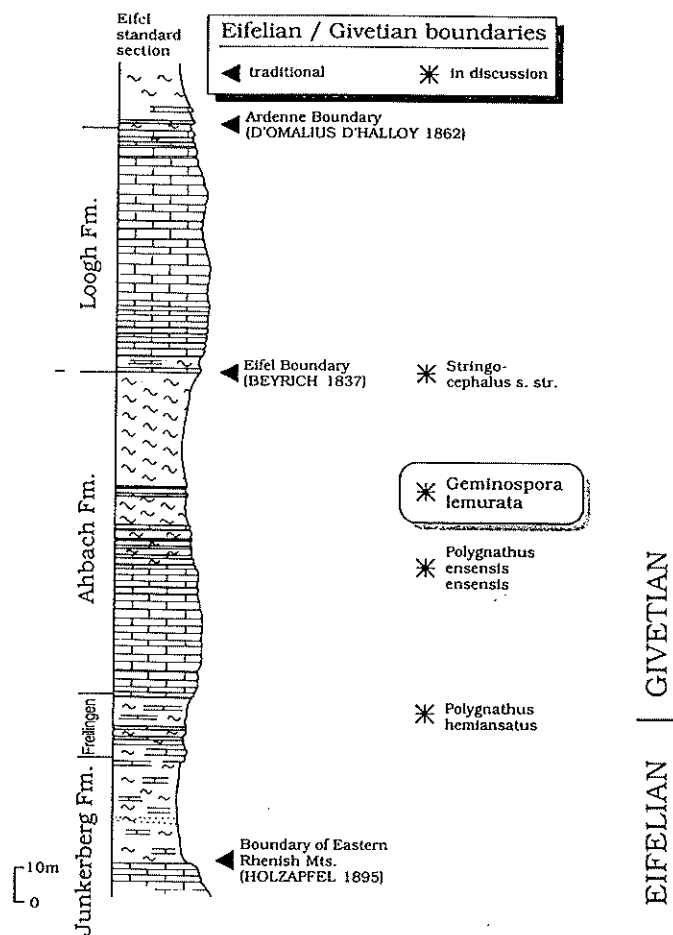


Fig. 6ter

Corrélations par conodontes, excellentes (en faciès marins). Corrélations par spores (fig. 7) à partir du Boulonnais (partie extrême occidentale du synclinal de Namur : P, fig. 9.18, page 255, fig. 9.19 et 9.20, page 256). (S, fig. 8).

f) Frasnien/Famennien. Limite à la base de la "Lower Palmatolepis triangularis Zone; Stratotype désigné en Montagne noire (1991).

Corrélations très précises par conodontes en milieu plus marin et par acritarches en milieu plus proche du littoral. Relation entre acritarches et sédiments en milieu de plateforme, proche (Hony) ou plus éloigné (Sinsin) du paléorivage (fig. 7 bis et 7 ter)

Dans le Famennien supérieur, corrélations détaillées entre miospores et conodontes, en Ardenne, au sud de Liège (Vallée de l'Ourthe, du Hoyoux et du Bocq, fig. 7 quat). Zonation à céphalopodes en Allemagne (P, tableau XXIII, page 259), (S, fig 10).

g) Dévonien/ Carbonifère. Limite caractérisée par l'apparition du conodonte Siphonodella sulcata. Stratotype désigné en Montagne noire, dans un faciès "trop marin" pour les miospores. Voir les corrélations possibles, dans le Chapitre 2.

f) Frasnien/Famennien (FFB) Limite à l'apparition de Palma-
tolepis triangularis. Stratotype, en France, dans la Montagne
noire en facies défavorable pour les miospores.

Il faut se rappeler que la limite FFB correspond à une des 5
grandes extinctions en masse connues dans le Phanérozoïque.

Dans les régions ardenno-rhénanes, 5 localités sont impli-
quées dans la recherche précise de corrélation: d'W en E:
Briquetterie de Beaulieu dans le Boulonnais, ancienne coupe de
référence pour la base du Famennien à Senzeilles (Dépression de
la "Fagne"), Sinsin dans la dépression de la "Famenne", Hony au
sud de Liège et la carrière Schmidt dans l'Eifel.

Une zonation par acritarches permet des corrélations entre
les 4 premières soit par l'apparition de Visbysphaera? occultata
(biohorizon, base d'une zone d'intervalle) (fig. 7/5), soit par
un changement entre les assemblages (zone d'Oppel) Vf / Vg. (fig.
7bis).

La corrélation avec le Boulonnais (seule coupe où les spores
sont abondantes) démontre que le changement dans la flore conti-
nentale n'est pas brutal (fig. 7/6).

La corrélation entre Hony et Sinsin par conodontes (fig.
7bis) suggère une extinction (fin de la zone linguiformis) bruta-
lement consécutive à une chute importante du niveau marin mais
l'étude du rapport miospores/acritarches dans les schistes sus-
jacents indique plutôt une baisse progressive qui se prolonge au
delà de l'extinction des conodontes. A moins que la diminution
des quantités d'acritarches traduise plutôt un abaissement de la
productivité du plancton marin (?). L'interprétation sédimentolo-
gique de ces schistes intercalaires est controversée: les niveaux
noirs situés à la base, à Hony et surtout à Sinsin, correspon-
draient à des milieux brutalement appauvris en O₂ ce qui favorise
l'interprétation d'un événement (planétaire?) lié à une remontée
en surface d'eaux océaniques profondes (upturning). A Hony, la
partie supérieure des schistes est interprétée par la palynologie
comme correspondant à un brutal accroissement du taux de sédimen-
tation (mais voir aussi ci-dessus, l'hypothèse d'une baisse de
productivité). A la base de ces schistes supérieurs, des
microtectites (spherule layer) ont été trouvés (fig. 7/7). Les
deux observations favorisent plutôt l'hypothèse d'un impact de
météorite mais il n'y a pas de pic d'Iridium comme à la limite
KTB. L'absence de ces schistes supérieurs et des microtectites, à
Sinsin est interprétée comme le résultat d'une émergence (Ostra-
codes), ce qui est en contradiction avec l'interprétation donnée
par ceux qui étudient conjointement sédimentologie et facies à
conodontes (milieu plus offshore à Sinsin qu'à Hony!).
Des microtectites ont été aussi observées à Senzeilles (Comparer
les figs. 7/5 et 7/8) où la zonation par conodontes est très
imprécise.

Les corrélations entre ces 4 coupes et la carrière Schmidt
dans l'Eifel ne sont possibles que par conodontes. Les schistes
intercalés (noirs!) y ont 5 cm d'épaisseur. Si l'on admet que
l'extinction des conodontes est un événement "instantané", on
peut en déduire une forte condensation lithostratigraphique dans
cette carrière. A moins que l'apparition de la première "triangu-
laris" soit plus précoce dans ces facies "profonds" que sur le
"shelf" (?) mais dans ce cas la limite FFB est imprécise en Belgi-
que. Quoiqu'il en soit, la forte réduction des schistes en facies
profonds entraîne une perte considérable d'informations.

BOULONNAIS

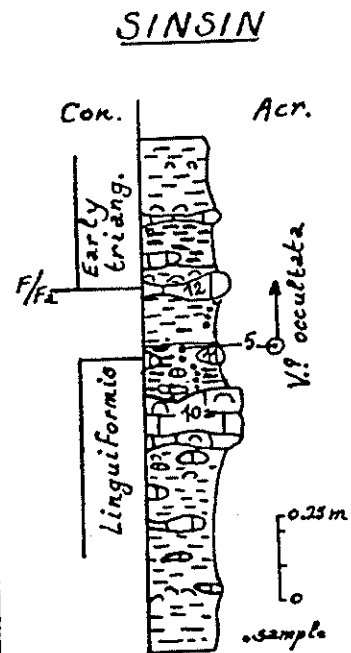
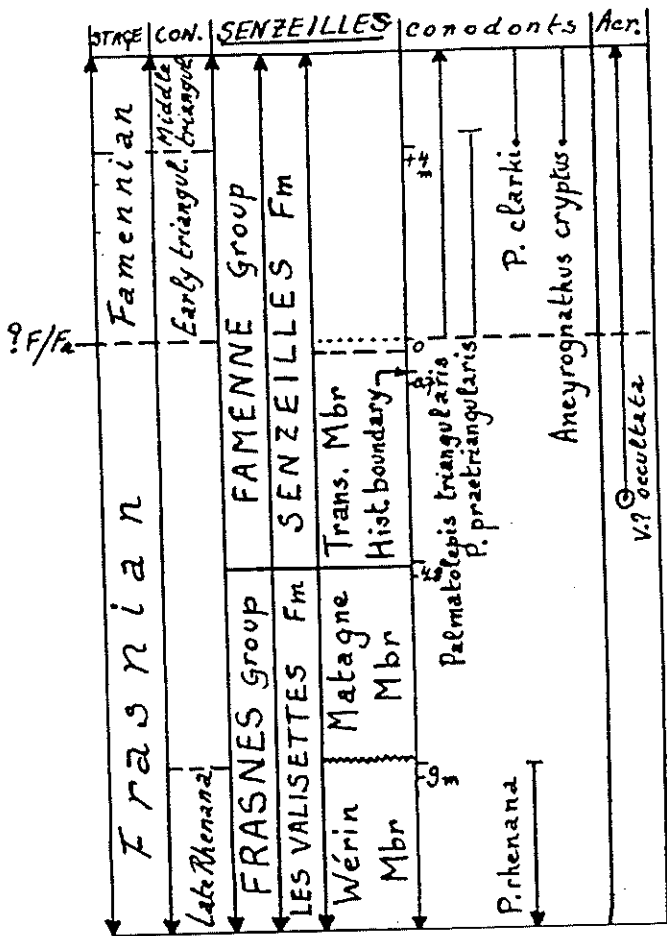
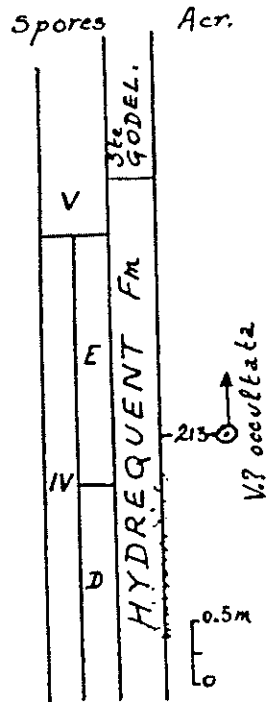
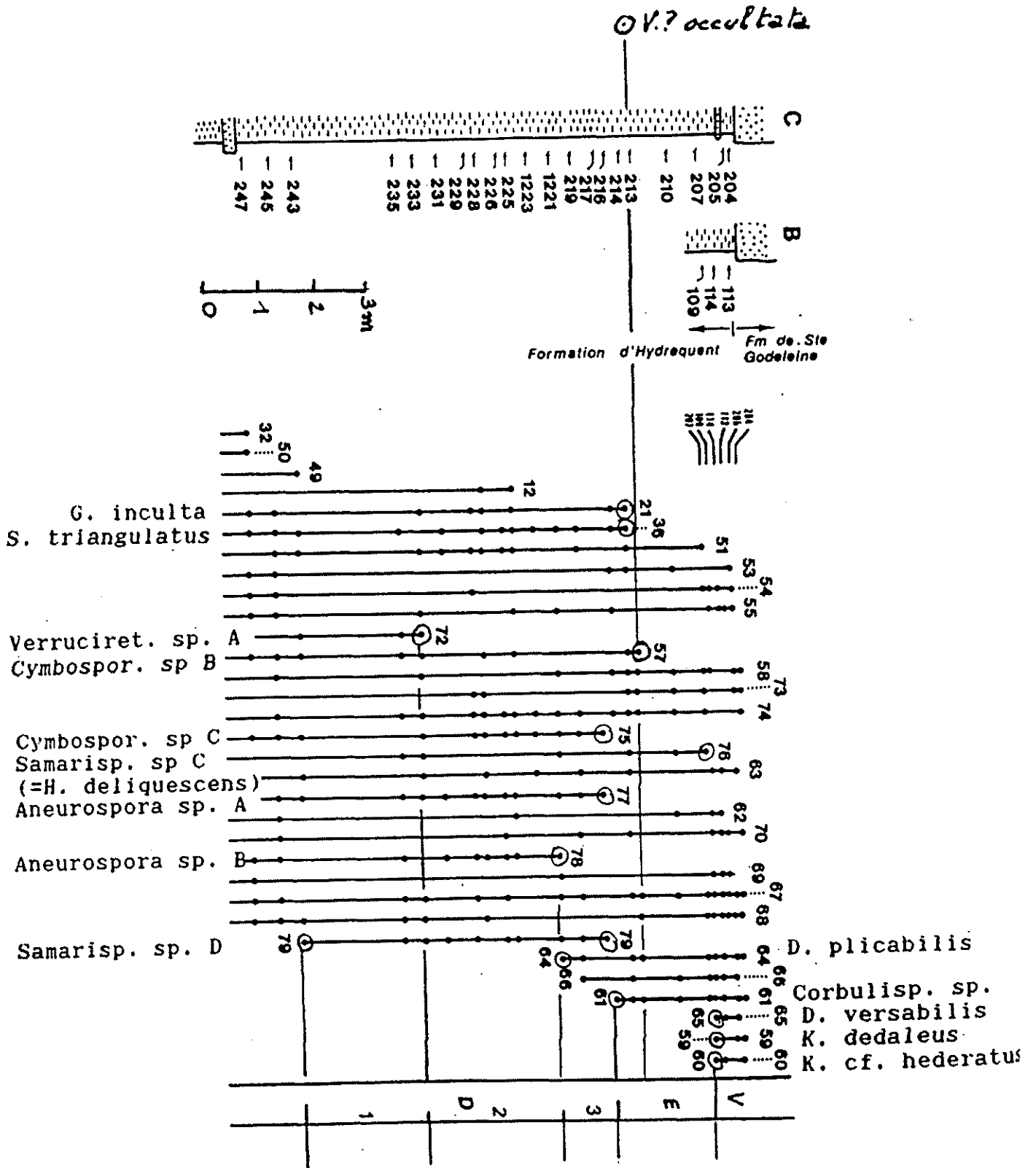


Fig. 7/5

Base of the Famennian

In the type area of Senzeilles, the historical base of the Famennian lays in the uppermost part of a nearly 9 meters thick shaly interval devoid of Conodonts (Fig. 2). Acritarchs are abundant and one species (*Visbysphaera? occultata*) which first occurs within this shaly interval (Martin, in press), seems to have some significance for correlation. This species allows an accurate correlation (Fig. 2) with the section of Sinsin where a very detailed analysis of acritarchs have been made by Vanguetaine (Streel & Vanguetaine, 1989, 1993). It first occurs immediately on top of the last limestone with *Palmatolepis linguiformis* (The extinction level of Sandberg *et al.*, 1988). Consequently, if the first limestones containing the first occurrence of *Palmatolepis triangularis* in Senzeilles and in Sinsin represent the base of the Famennian Stage, then the 20 cm thick shaly layer without conodont at Sinsin is a lateral equivalent of the nearly 4 meters of shales occurring below the first limestone at Senzeilles. The same acritarch species (*V.? occultata*) allows a correlation (Fig. 2) with the uppermost part of the Hydrequent Fm in the Boulonnais area (Northern France) where a detailed zonation based on miospores have been described (Loboziak *et al.*, 1983) (Fig. 3). They demonstrate that there is no sharp change of flora at the F/Fa boundary in contradiction with the erroneous statement made recently in the SDS Newsletter n° 9 p. 5 (Proposal for the global stratotype section and point - GSSP - for the Frasnian-Famennian Boundary).



9/7
 Fig. 3 Stratigraphic distribution of miospores in the upper part of the "Formation d'Hydrequet" compared to the first occurrence of the acritarch *V.? occultata*.

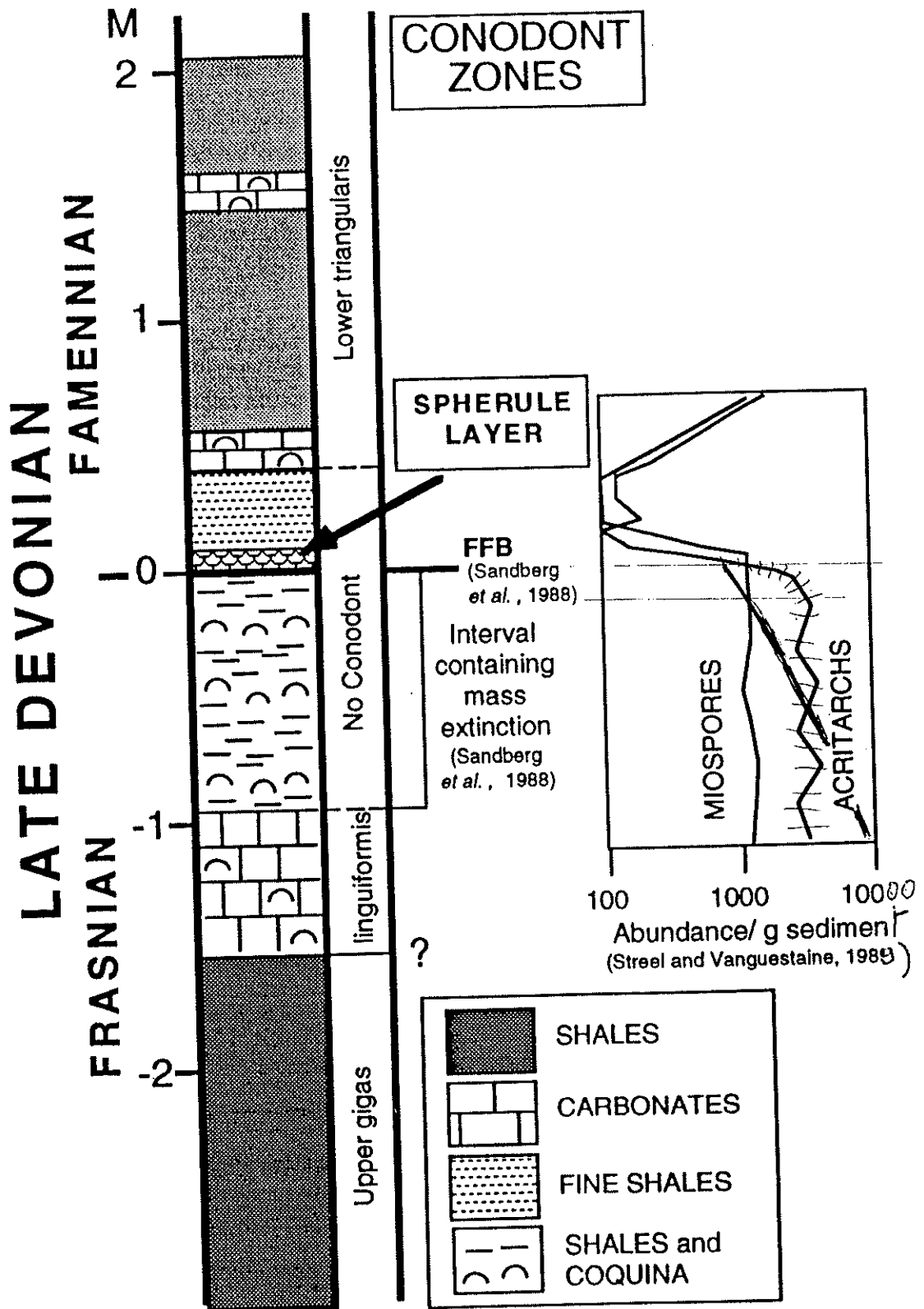


Fig. 7/7

2. Un exemple bien documenté : corrélations latérales entre diverses régions de part et d'autre de la limite Dévonien-Carbonifère.

La base du Carbonifère est définie depuis 1935 par l'apparition de la goniatite Gattendorfia subinvoluta matérialisée dans la coupe d'Oberrödinghausen (voir fig. 8) dans le Sauerland (RFA). C'est aussi la base de l'Etage régional Balvium. Comme beaucoup de coupes de référence anciennes, celle-ci montre un changement de faciès brutal au niveau critique. On veut lui substituer aujourd'hui une autre coupe voisine (fig. 9) plus complète (Hasselbachtal fig. 8). On propose également l'apparition du conodonte Siphonodella sulcata comme un critère biostratigraphique plus efficace que G. subinvoluta car plus répandu. L'apparition de ces faunes-guides intervient au sommet d'une séquence schisteuse de quelques mètres d'épaisseur (Hangenberg Schiefer), inhabituelle dans ces faciès à Céphalopodes dominant depuis le Frasnien (voir POMEROL & BABIN, 1977, Tableau XXIII, page 259). Cette formation schisteuse est généralement très riche en spores qui, avec des débris de mégaflore, témoignent de caractères littoraux accusés, situation que l'on explique par une érosion temporaire de haut-fonds émergés dans les alignements occupés aujourd'hui encore par les anticlinaux de Remscheid-Altenaer et d'Ebbe (fig. 9).

Cette formation schisteuse ~~de moins de 10 m~~
~~d'épaisseur~~ contient localement 4 zones palynologiques (fig. 10) successives (LL, LE, LN, VI) que l'on connaît, développées cette fois sur un millier de m d'épaisseur, dans le sud de l'Irlande (région de Cork), en faciès côtiers (fig. 11). C'est au contact des zones LN/VI que l'on a fixé la base de l'étage régional Courceyan, utilisé dans les îles britanniques.

On peut en déduire que pendant la durée du dépôt de la séquence schisteuse condensée du Sauerland, on observe, dans le sud de l'Irlande, une "régression (fig. 11, 13) tandis

de quelques dizaines de mètres de moins de 10 m d'épaisseur et qu'il faut moduler ce point de vue.

que des dépôts continentaux existent en Pennsylvanie (fig. 12, 14) (Voir POMEROL & BABIN, 1977, fig. 8.24, page 242, pour une vue d'ensemble de la paléogéographie de ces différentes régions).

Les corrélations entre ces 3 régions au sommet du Dévonien se font à l'intervention de deux types de zones (basées sur les spores) : zones de lignage (fig. 15) et zones d'intervalle (définies fig. 10). Elles permettent d'évaluer (fig. 21) la position stratigraphique réciproque de mégaflores (en faciès continentaux de Pennsylvanie), de brachiopodes (en faciès côtiers d'Irlande) et de céphalopodes et conodontes (en faciès plus profonds du Sauerland).

En Belgique et dans le nord de la France (Avesnois) l'intervalle stratigraphique équivalent est représenté (en tout ou en partie ?) par un banc de calcaire massif de l'ordre du mètre d'épaisseur (fig. 16). Ce banc contient des foraminifères d'âge dévonien et est surmonté d'une séquence en majeure partie carbonatée avec quelques rares conodontes d'âge carbonifère. La limite Dévonien/Carbonifère ne peut être fixée avec précision. L'ensemble ne contient pas de spores. Celles-ci sont, par contre, abondantes dans les schistes sous-jacents où l'on observe (fig. 21) :

- 1) dans le Tournaisis (Synclinal de Namur), la zone d'intervalle LL et la zone de lignage F (définie fig. 17) reposant en discordance sur du Frasnien.
- 2) dans l'Avesnois et la région Meuse-Ourthe (Synclinal de Dinant), les zones d'intervalle VC₀ et LV^{u. f. l. e} et les zones de lignage C à F, correspondant à une phase transgressive (fig. 17 et 18).

La base de l'Etage Tournaisien (fig. 19) (généralement considéré plutôt comme la Série tournaisienne aujourd'hui) dans la région type du Tournaisis correspond approximativement à la base du Carbonifère telle qu'elle est définie dans le Sauerland (RFA) (fig. 21).

La base de l'Etage Strunien (fig. 19) (terme généralement peu utilisé par les auteurs qui préfèrent l'inclure dans l'Etage Famennien, c'est-à-dire la base du F32d) est définie dans l'Avesnois (France) à l'apparition de la spore R. lepidophyta, fossile abondant, à distribution mondiale.

La base de l'Etage régional Hastarien (fig. 16 et 19) défini dans la région Meuse-Ourthe est, jusqu'à présent, mal caractérisée, faute de fossile guide disponible. Il ne faut pas la confondre avec la base de la Formation d'Hastière (Tnlb) qui correspond à la base du banc de calcaire massif cité ci-dessus, et qui surmonte la Formation d'Etroeungt (Tnla).

Il est vraisemblable que la limite entre ces deux formations (Tnla/Tnlb) corresponde à la base des Hangenberg Schiefer dans le Sauerland où certains voient (fig. 16) un "événement" sédimentaire d'importance mondiale. On le retrouve, en effet, dans l'ouest des USA, en Chine, près de l'Oural (Udmurtie, fig. 20), etc ...

On remarquera que les notations Tnla et Tnlb (Tn = Tournaisien) n'ont qu'une signification lithostratigraphique et que les corrélations réalisables avec le Sauerland démontrent que le Tnla est d'âge dévonien ...

3. Biostratigraphie comparée du Dinantien.

Une synthèse paléogéographique du Carbonifère du NW de l'Europe est proposée par BLESS, PAPROTH & WOLF, 1981 (B, dans le texte qui suit).

Au Dinantien, une sédimentation où dominant des carbonates occupe la plus grande partie des bassins (B, fig. 5). Dans le Nord de la Grande Bretagne, on trouve une sédimentation à caractère plus détritique, littorale (B, fig. 5).

Un schéma chrono-bio-lithostratigraphique du Dinantien de la Belgique et de régions voisines a été publié récemment par PAPROTH, CONIL et al., 1983(C). Centré sur la plateforme carbonatée, il

se fonde essentiellement sur les foraminifères et les conodontes parmi les microfossiles, les coraux parmi les macrofossiles.

Les corrélations avec la biozonation à spores (CLAYTON et al., 1977: L) établie dans les faciès littoraux de Grande Bretagne est relativement peu précise, faute de faciès intermédiaires étudiés jusqu'ici.

4. Silésien

4.1 Conditions de dépôt et de fossilisation des miospores, propres au milieu continental.

En milieu continental, les sites sédimentaires sont généralement plus proches des sites de production des miospores. Les types de végétation que l'on y observe sont diversifiés, chaque type de sédiment ayant le sien (levée fluviale, vase marécageuse, tourbière, etc ...). Par conséquent l'homogénéisation du matériel qui sera fossilisé est, ici, loin d'être réalisée.

D'autre part, ces sites sédimentaires se déplacent latéralement, très rapidement à l'échelle des "temps géologiques" (fig. 22). Ces déplacements latéraux peuvent avoir plusieurs causes qui, éventuellement, cumulent leurs effets : fluctuation du niveau marin dû au glacio-eustatisme, tectonique locale, simple rupture de levée fluviale, etc ...

Ces déplacements latéraux peuvent présenter une allure cyclique (Cyclothèmes). La répétition des successions de faciès sédimentaires peut aider à leurs reconstitutions (figs. 23 et 24).

Ces reconstitutions sont nécessaires pour pouvoir interpréter correctement les assemblages de spores incorporés dans les différents faciès sédimentaires. Ainsi un lobe de delta abandonné dont le réseau fluvial divergeant se comble de tourbe verra la proportion de spores amenées par les apports fluviaux se réduire progressivement en faveur de celles produites par la végétation locale.

En revanche, l'installation progressive d'un nouveau lobe, progradant sur un niveau marin, verra les apports fluviaux s'accroître et les organismes et débris végétaux les plus grossiers l'emporter progressivement sur les plus fins.

Les séquences sédimentaires liées à une phase marine transgressive sont particulièrement riches d'enseignement en ce qu'elles restituent verticalement la zonation latérale des sites de production des spores.

Un exemple est donné, à l'échelle du Westphalien A à D du nord-ouest de l'Europe, par la fig. 26 : les faciès de végétation côtière (marécageuse et autres) connus surtout au Westphalien A-B sont caractérisés par les spores Radiizonates et Dictyotrites; les faciès de végétation colonisant la partie interne, essentiellement fluviale, de la plaine côtière, connus surtout au Westphalien C sont caractérisés par Cirratriradites, Vestispora et Triquitrites; les faciès de végétation au pied du relief, connus surtout au Westphalien D sont caractérisés par des spores monoletes. Une coupe réalisée au niveau de ces derniers traduit le caractère régressif généralisé de la sédimentation de cette région. Voir fig. 25, les variations des cycles sédimentaires en fonction de ces différents faciès.

Lorsque ces faciès s'étalent sur des centaines de kilomètres (fig. 26), les changements latéraux du climat (Océanique/ Continental ou encore tropical humide/aride, voir BLESS, PAPROTH & WOLF, 1981, fig. 4) influencent aussi la nature de la végétation.

En conséquence, les premières apparitions de ces miospores dans ces sédiments s'écartent plus ou moins de leurs point d'apparition réels dans la mesure où on ne peut contrôler ce qui est dû à l'Evolution de la flore et ce qui est dû au changement du milieu (climat, topographie, sédiment).

4.2 Applications à la biostratigraphie du Silésien et, en particulier, du Westphalien.

1) Corrélations rapprochées

Des veines de charbon peuvent être caractérisées par la manière dont les fréquences relatives de différentes espèces s'y succèdent; on peut les identifier ainsi lorsqu'on ne peut les observer latéralement en continuité (figs. 27 et 28).

2) Corrélations à distances croissantes.

- A) Biostratigraphie comparée dans différents "bassins".
- a) Grande-Bretagne (figs. 29, 30, 31, 32, 33).
 - b) Pays-Bas (fig. 34).
 - c) Bassin de Campine PAPROTH, DUSAR et al. 1983 (D : Table 1) et (fig. 35).
- B) Reconstitution paléogéographique du Silésien de l'Europe occidentale (voir B : texte et cartes diverses reprises de BLESS, PAPROTH & WOLF, 1981).
- a) Variations dans les types et l'extension des dépôts.
 - b) Variations de climat.
 - c) Fossilisation différente selon l'importance de l'orogénèse varisque.
- 3) Applications à l'étude des variations d'épaisseurs des sédiments au Carbonifère de l'Europe Nord-Occidentale (figs. 36 et 37) (Tectonique de blocs).

1) Introduction

Différents critères permettent de déduire que certains palynomorphes, présents dans un échantillon, résultent d'un remaniement.

1) L'hétérogénéité des âges stratigraphiques fournis par les microfossiles pour un même échantillon. Ce critère n'est cependant efficace que si l'âge du sédiment "récepteur" est clairement différent de celui du sédiment "source". Ainsi on trouve dans le Lochkovien supérieur et le Praguien aussi bien des acritarches remaniés du Cambrien au Silurien (et même de l'extrême base du Dévonien inférieur) que des spores remaniées du Lochkovien inférieur. (Il est donc important d'avoir une biozonation très précise dans les terrains étudiés).

2) Les incompatibilités entre les dépendances écologiques des microfossiles observés et/ou entre ceux-ci et le milieu de leur dépôt (par exemple des formes marines contenues dans des sédiments continentaux).

3) Des différences dans l'état de conservation des palynomorphes provenant d'un même échantillon constituent un autre indice de remaniement. Ces différences pouvant tenir à la coloration et à l'état de transparence de la matière organique, aux pouvoirs réflecteurs des parois des microfossiles ou encore au niveau de l'altération des palynomorphes.

Idéalement, les spores remaniées peuvent se présenter dans des sédiments de plus en plus récents, en ordre stratigraphique inverse, traduisant ainsi une érosion progressive sur le versant continental, de sédiments de plus en plus anciens. (fig. 38)

2) Redistribution d'acritarches

Les sédiments du Lochkovien et du Praguien du Synclinorium de Dinant contiennent, par gr. de sédiments, à côté de milliers de spores in situ, des dizaines d'acritarches remaniés, à partir de sédiments plus anciens (figs. 39 et 40).

L'origine géographique de ce matériel remanié est variable selon l'âge du "sédiment source". Il est possible dans certains cas de préciser cette origine géographique (fig. 41).

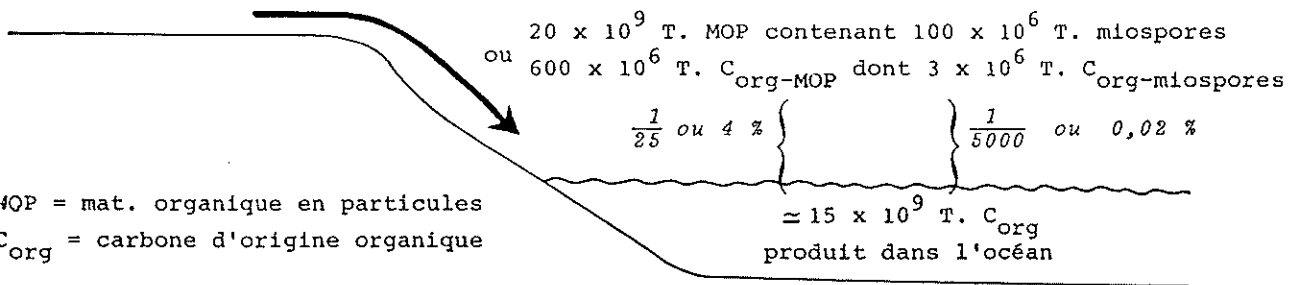
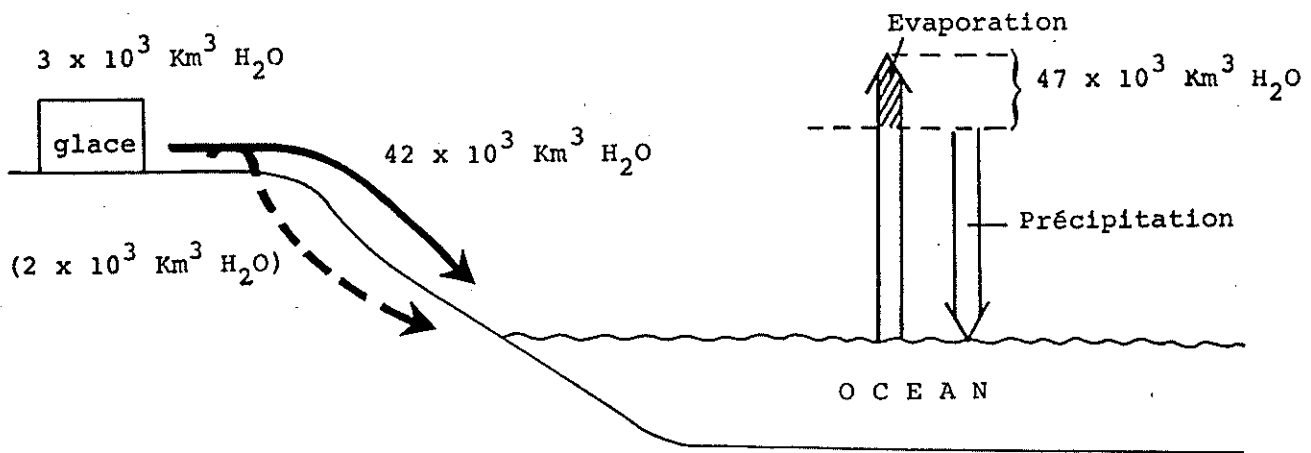
3) Redistribution de spores

Le remaniement de spores provenant de sédiments plus anciens est probablement un phénomène fréquent plutôt que l'exception mais il concerne généralement un faible pourcentage de l'assemblage des spores d'un échantillon.

Au Pléistocène, de nombreuses spores remaniées peuvent être mises en évidence par des techniques de coloration et correspondent à une redistribution des sédiments côtiers lors du recreusement du littoral par suite de l'abaissement du niveau des océans. Le phénomène se présente ici sur une durée relativement courte (1 million d'années). Il a pu exister aussi dans le passé (glaciation permo-carbonifère par exemple) mais la technique de coloration permettant de reconnaître, dans un même assemblage de spores (1 million d'années = une même biozone), celles qui ont été recyclées, n'y est pas applicable.

Plus d'une centaine de publications (fig. 42) font état dans la littérature de spores remaniées dans des sédiments pré-quaternaires (sur 10.000 publications au moins, soit 1%). Elles sont les plus fréquentes en période de "crise tectonique".

Dans la pratique, les spores remaniées permettent, comme les acritarches, de dater les sédiments qui ont été remis en suspension et parfois de localiser géographiquement leur origine (figs. 43 à 46).



MOP = mat. organique en particules
 C_{org} = carbone d'origine organique

Fig. 1

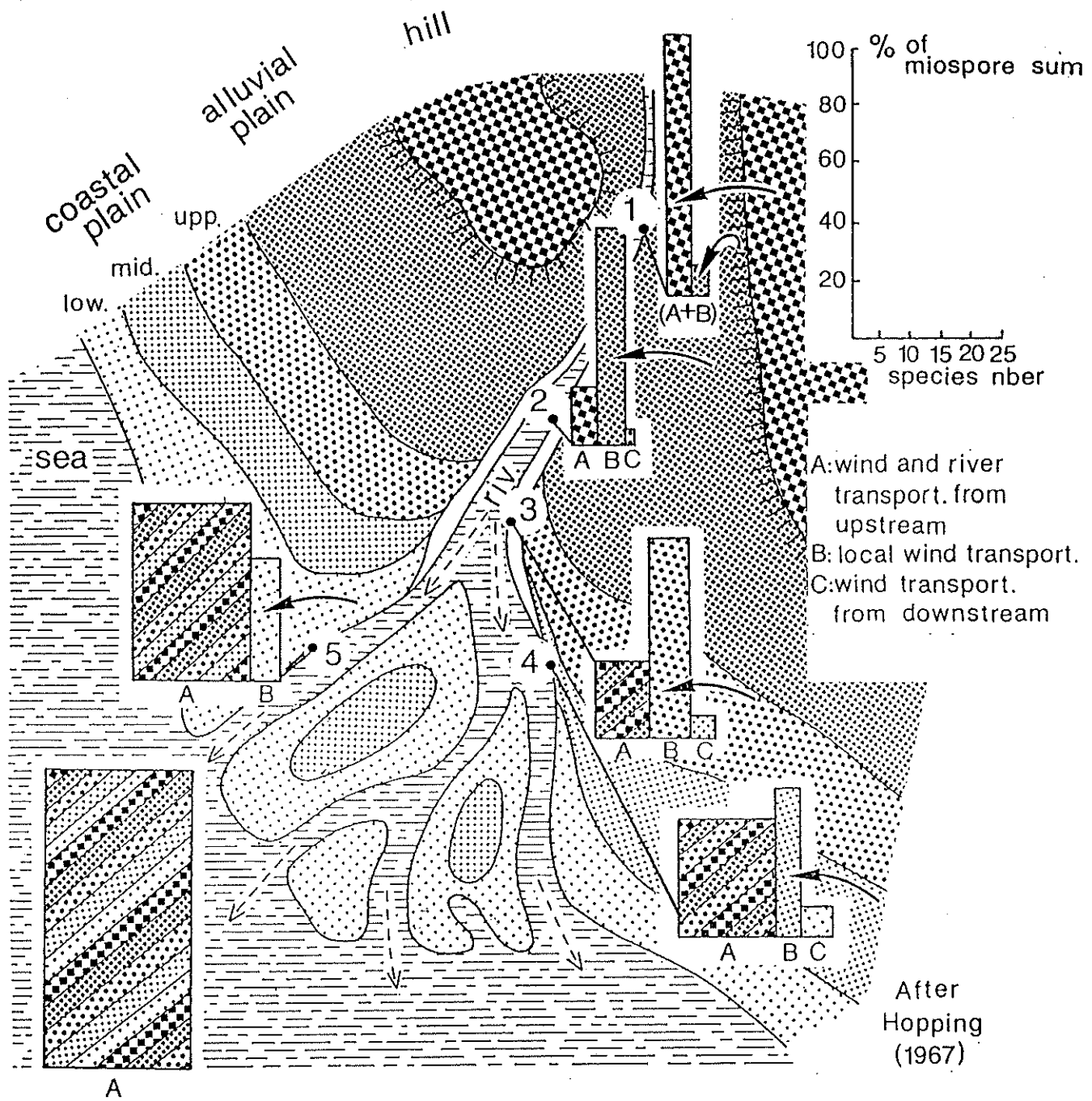


Fig. 2

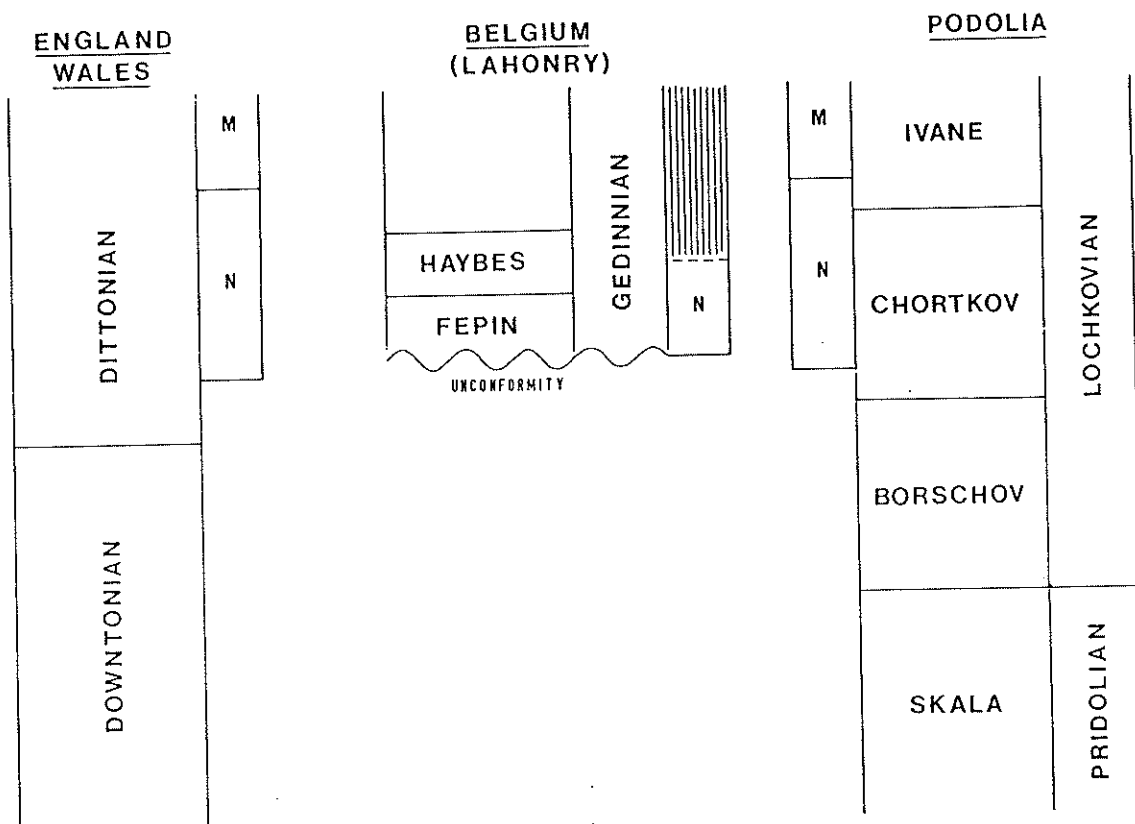
Tableau XIX
Différentes divisions du Dévonien utilisées en Europe

	Faciès « Old Red Sandstone » Grande-Bretagne	Faciès marins Massif ardenno-schisteux rhénan	Faciès marins Bohême
DÉVONNIEN SUPÉRIEUR = NÉODÉVONNIEN	Farlovien	Famennien Frasnien	Famennien Frasnien
DÉVONNIEN MOYEN = MÉSDÉVONNIEN	Orcadien	Givetien Couvinien Eifelien	Givetien Eifelien
DÉVONNIEN INFÉRIEUR = ÉODÉVONNIEN	Breconien Dittonien Downtonien	Emsien Siegenien Gedinnien	Zlichovien Praguien Lochkovien
SILURIEN			Pridolien

		Limits	(Holo)stratotypes			
Carb.	Lower	<i>Siphonodella sulcata</i> Zone (1979, Working Group Dev.-Carb. boundary)	(LA SERRE, MONTAGNE NOIRE, FRANCE) (1988, Devonian - Carboniferous Working Group)			
		Devonian	Upper	Famennian (1981)	<i>Lower Palmotolepis triangularis</i> Zone (1987)	
				Frasnian (1981)	Lower <i>Polygnathus asymmetricus</i> Zone (1982)	
		Middle	Givetian (1981)	(<i>Polygnathus hemiansatus</i> ?)	COL DU PUECH DE LA SUQUE MONTAGNE NOIRE, FRANCE (1986)	
			Eifelien (1981)	<i>Polygnathus costatus partitus</i> Zone (1979)	WETTELDORF, EIFEL, GERMANY (1981)	
			Lower	Emsian (1983)	(<i>Polygnathus dehiscens</i> Zone ?)	
				Pragian (1983)	(<i>Eognathodus sulcatus</i> Zone ?)	
		Lochkovian (1983)		First appearance of <i>Monograptus uniformis</i> (1972 Silurian-Devonian Committee)	KLONK, BOHEMIA, CZECHOSLOVAKIA (1972 Silurian - Devonian Committee)	
		Silurian	(Pridoli) 1984, SSS)	(First appearance of <i>Monograptus par-ultimus</i>) (1984 SSS)		

(19,..) = year of decision
() = decision anticipated

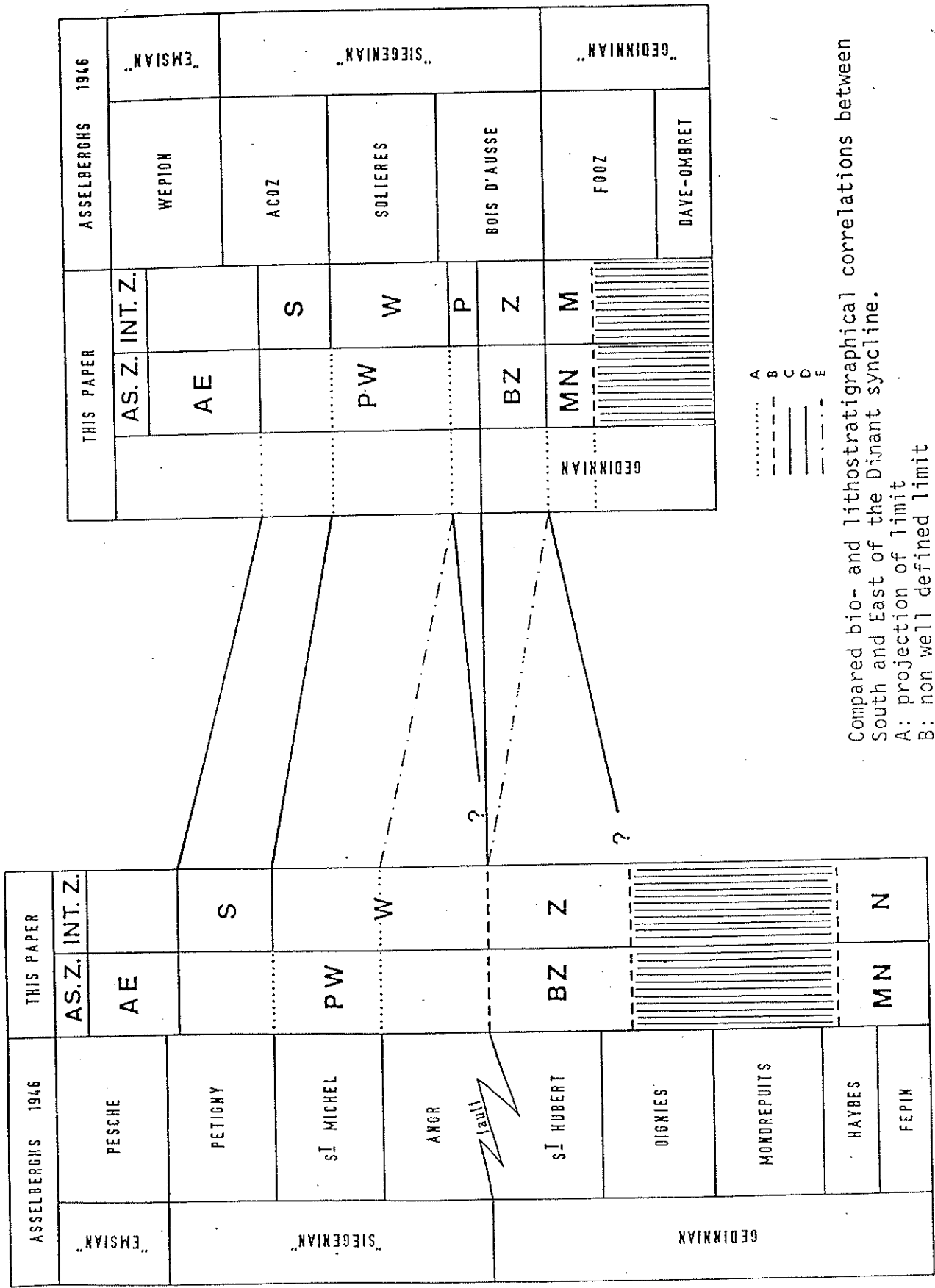
Fig. 3



Basal Gedinnian spore correlation with British Isles and Podolia (from STEEMANS, 1982)

Podolia: spores from ARCHANGELSKAYA, 1980 and RICHARDSON et al., 1981.

England and Wales: spores from RICHARDSON et al., 1981.



Compared bio- and lithostratigraphical correlations between South and East of the Dinant syncline.

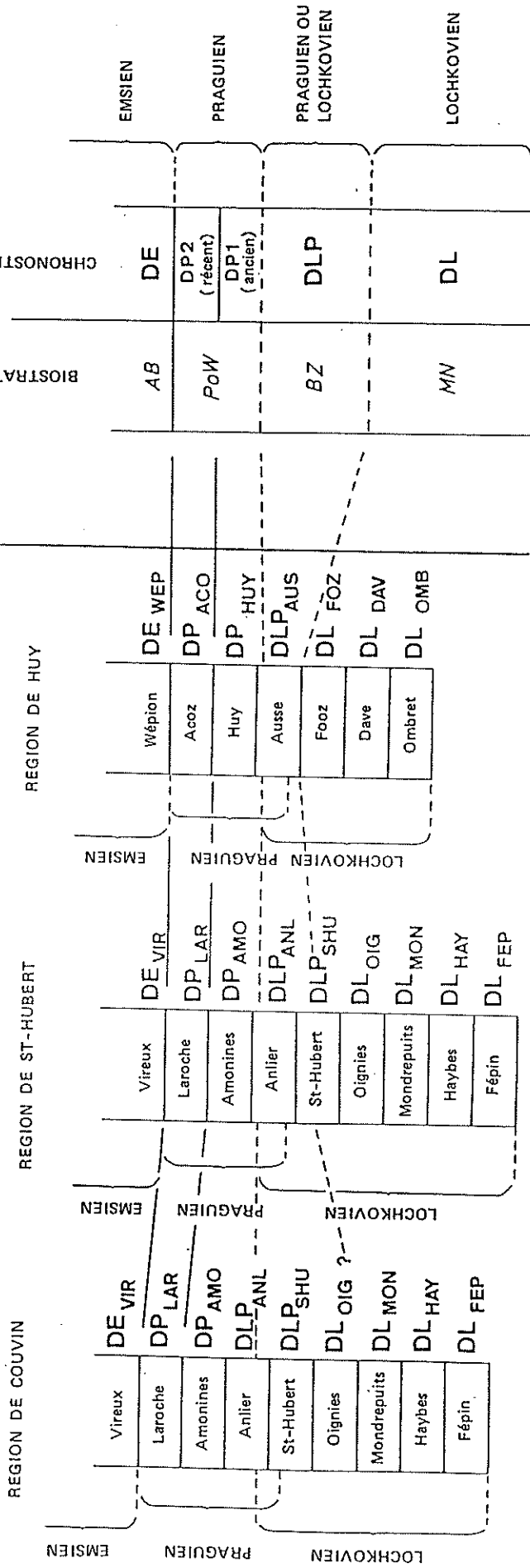
A: projection of limit
 B: non well defined limit
 C: well defined limit
 D: well defined biostratigraphical correlation
 E: lithostratigraphical correlation (ASSELBERGHS 1946)

Fig. 4 bis

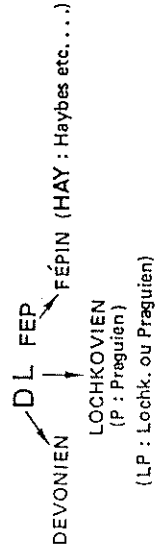
CARTES A GRANDE ECHELLE

CARTE A PETITE ECHELLE

BIOSTRATIGRAPHIE
CHRONOSTRATIGRAPHIE

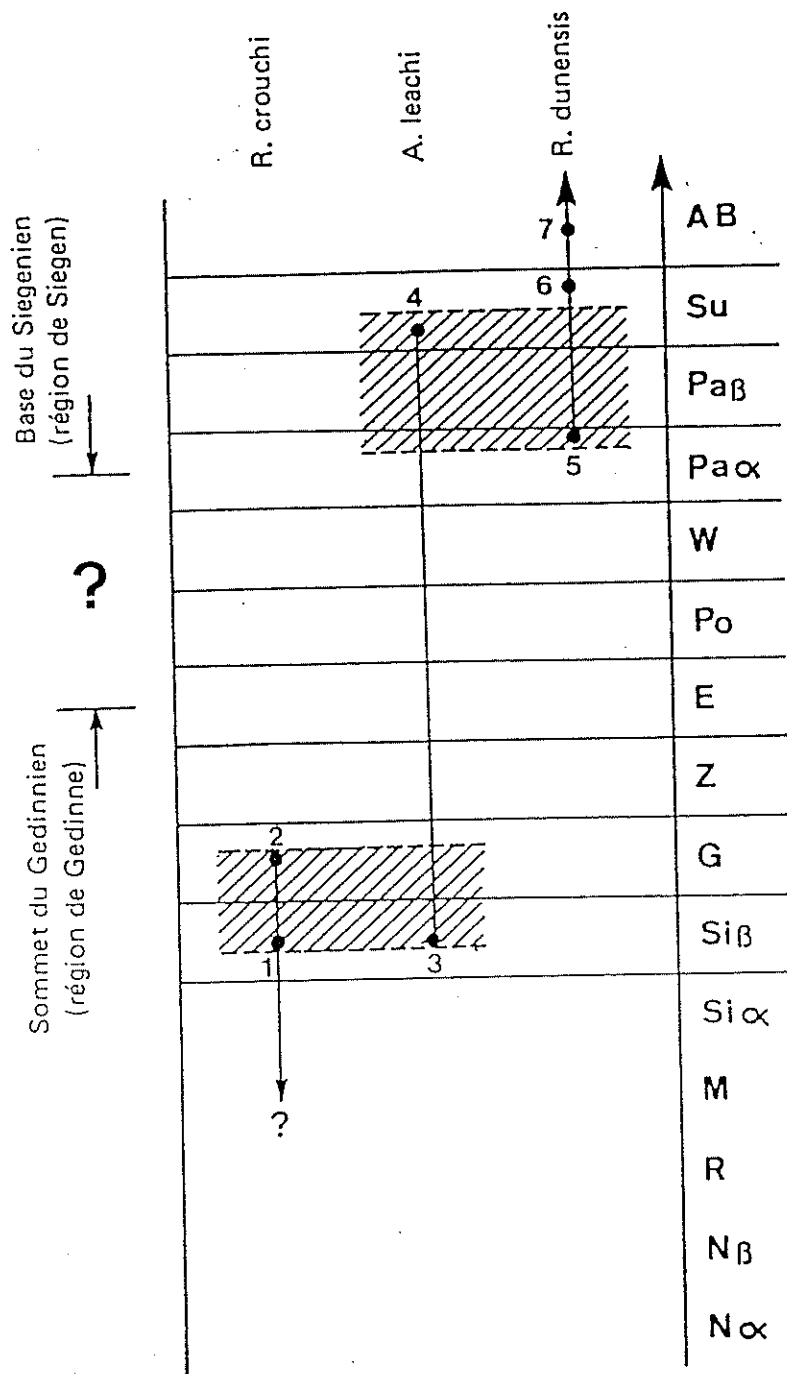


— corrélations bio- et lithostratigraphiques parallèles
 - - - - - corrélations biostratigraphiques



ex. STEEMANS 1986 (modifié)

Fig. 5



Relations hétérostracés - spores.

Gisements : 1. sondage de l'Artois; 2. Nonceveux; 3. Arville; 4. Fraipont et Wihéries; 5. Betzdorf; 6. Wihéries; 7. Birkelbach.
 Aires hachurées : zones de recouvrement des extensions verticales des hétérostracés.

ex. STEEMANS 1986

Fig. 5bis

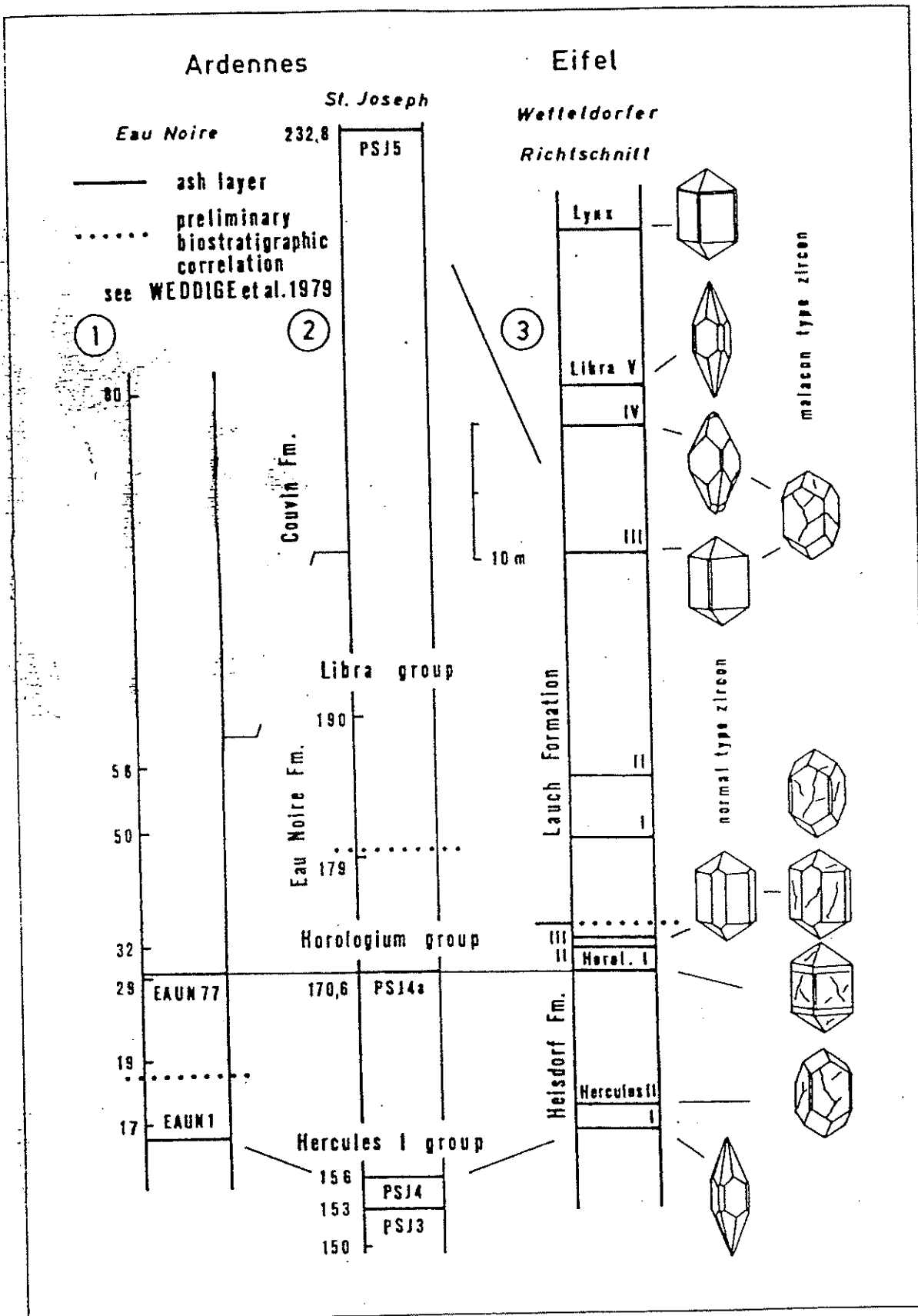
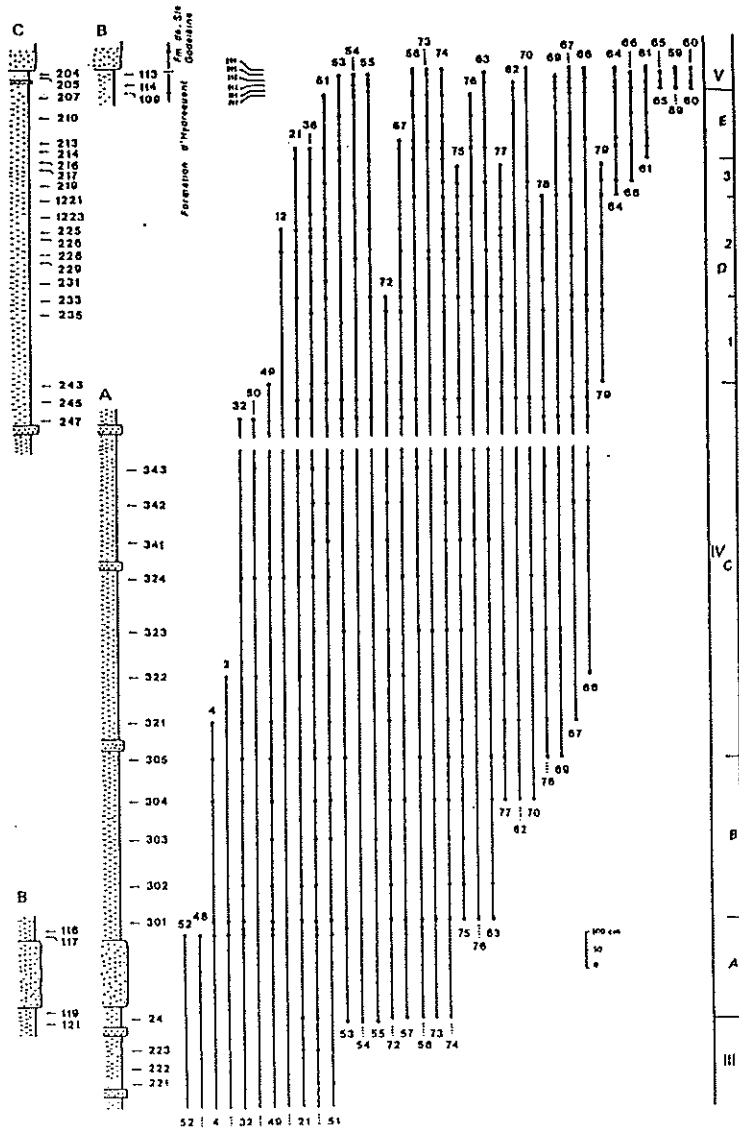
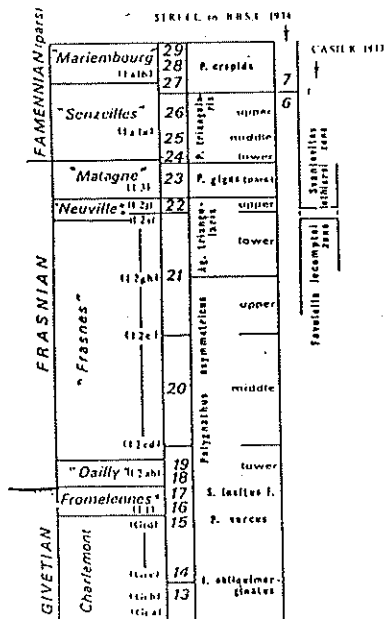


Fig. 6



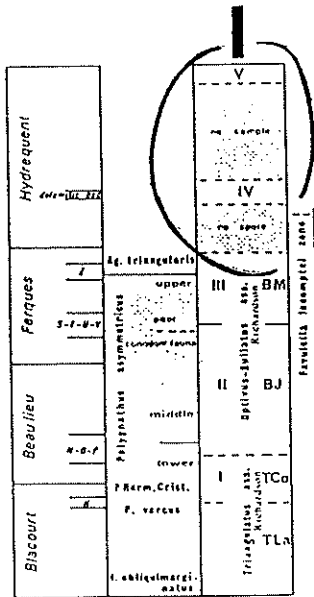
ARDENNE (Southern Dinant syncl.)

Formation Conodont Ostracod
m.g.m. spore



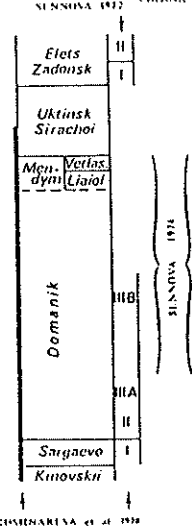
BOULONNAIS

Formation Conodont spore Ostracod



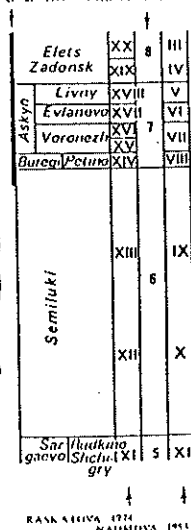
TIMAN - PECHORA

Formation spore



RUSSIAN PLATFORM

Formation spore



* Internal lithology (HERRERA et al. 1972)
 * Lithological lithology (LESHIN 1975 and others)
 m.g.m. = micropaleontological grade marks (Stromer Symposium 1971)

Correlation chart of the Boulonnais sequence with other regions.

Fig. 7

SEDIMENTATION RATE		very low	low	high	very high
Total palynomorphs :		200,000	20,000	2,000	200
SHORE PROXIMITY	Outer offshore		S	M A	
	Inner offshore	miospores spin. acrit.	Q	O B	
	Medium	miospores V	R P N	I C	
	Nearshore	miospores > spin. acrit.		H D	E
	Very nearshore	miospores only			G	F

Table 1 : environmental conditions as deduced from the palynological composition of siliciclastics from Hon and Sinsin.

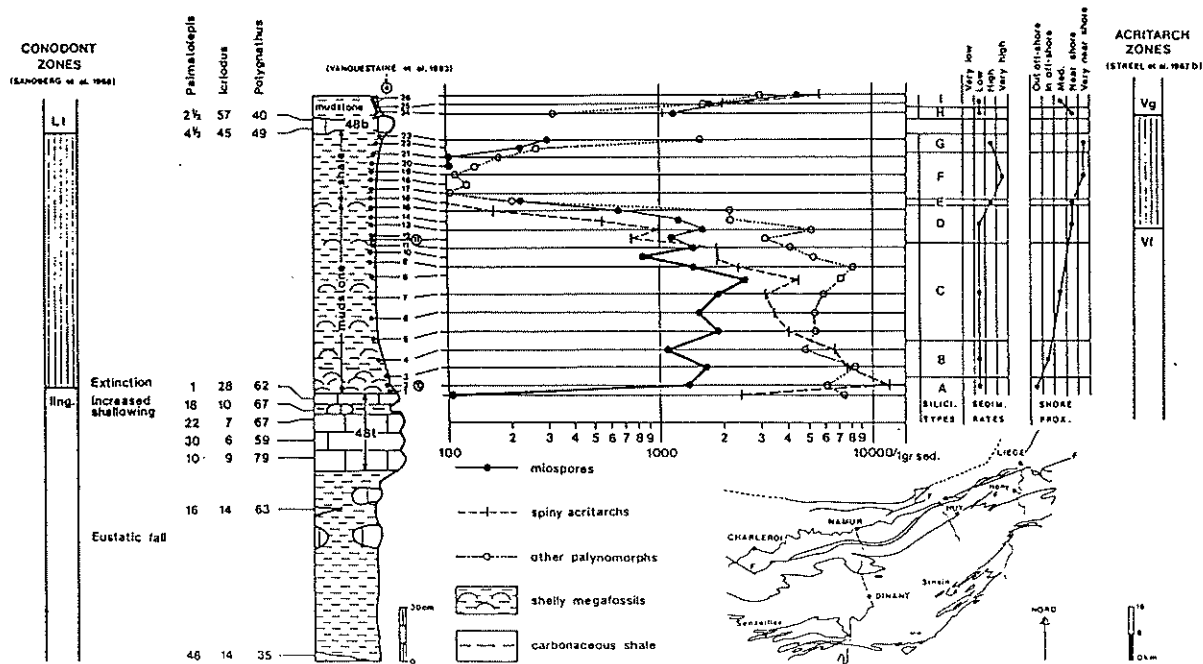


Figure 2 : Palynomorph stratigraphic distribution near the Frasnian/Famennian boundary at the Hony railroad cut. Lithology and conodont zones and biofacies after Sandberg *et al.*, 1988. Acritarch zones after Vanguetstaine *et al.*, 1983 and StreeI *et al.*, 1987b. See text and table 1 for explanation on siliciclastic types, sedimentation rates and shore-proximity scale. On the map, the thick lines show the outcropping Frasnian/Famennian transitional beds.

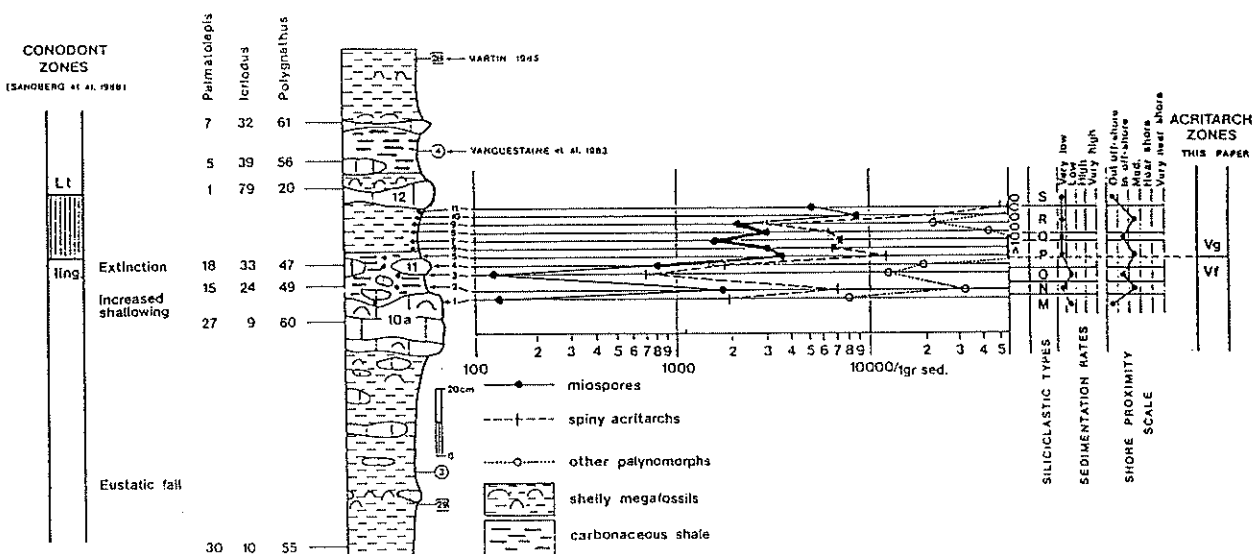
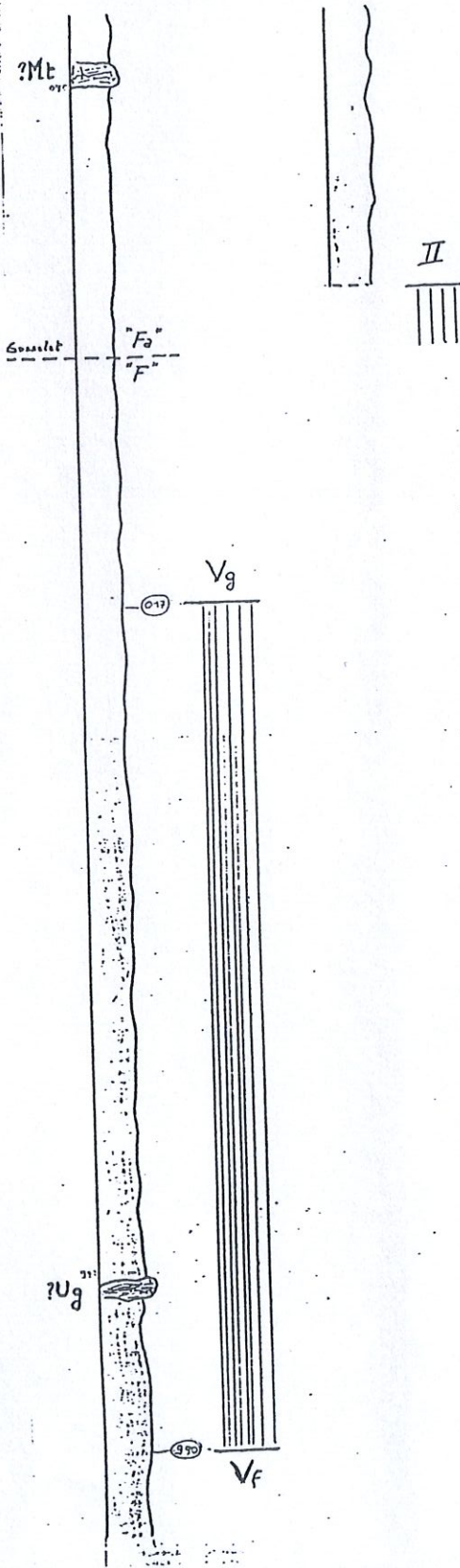


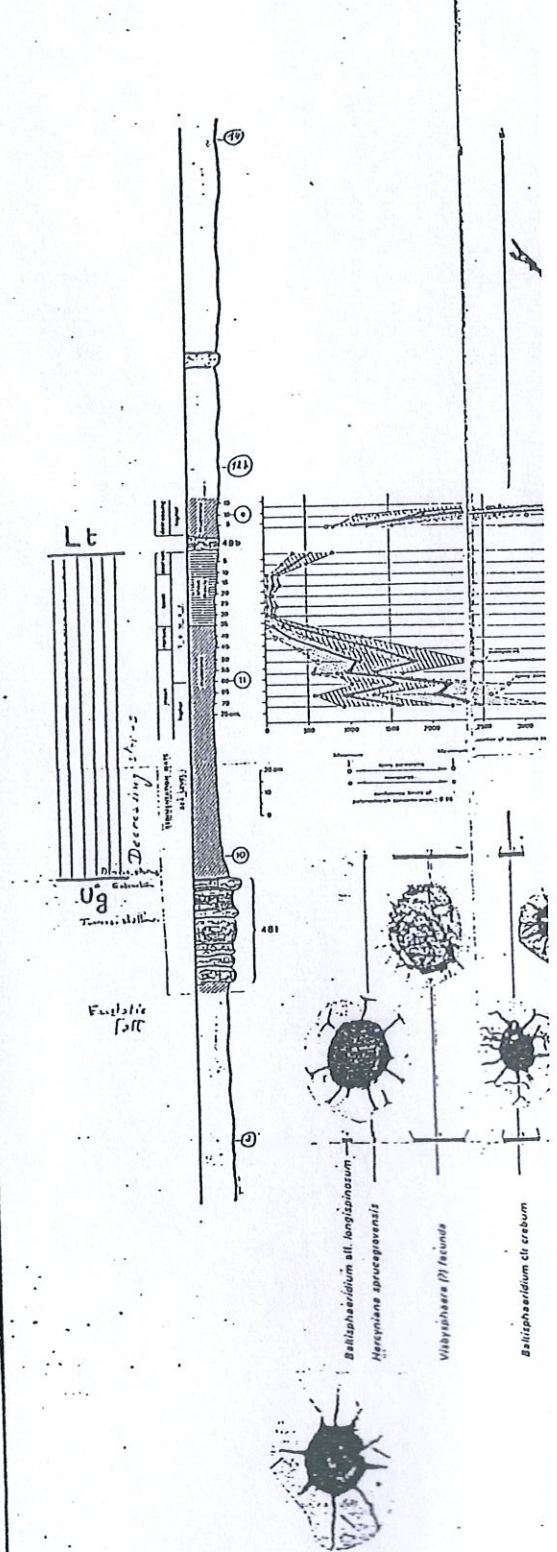
Figure 3 : Palynomorph stratigraphic distribution near the Frasnian/Famennian boundary at the Sinsin roadcut.

Lithology and conodont zones and biofacies after Sandberg *et al.*, 1988. Wide-spaced acritarch sampling of Vanguetstaine *et al.*, 1983 and Martín, 1985 is also indicated. See text and table 1 for explanation on siliciclastic types, sedimentation rates and shore-proximity scale.

SENZEILLES

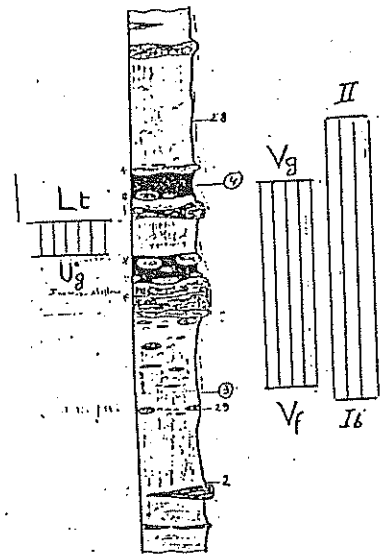
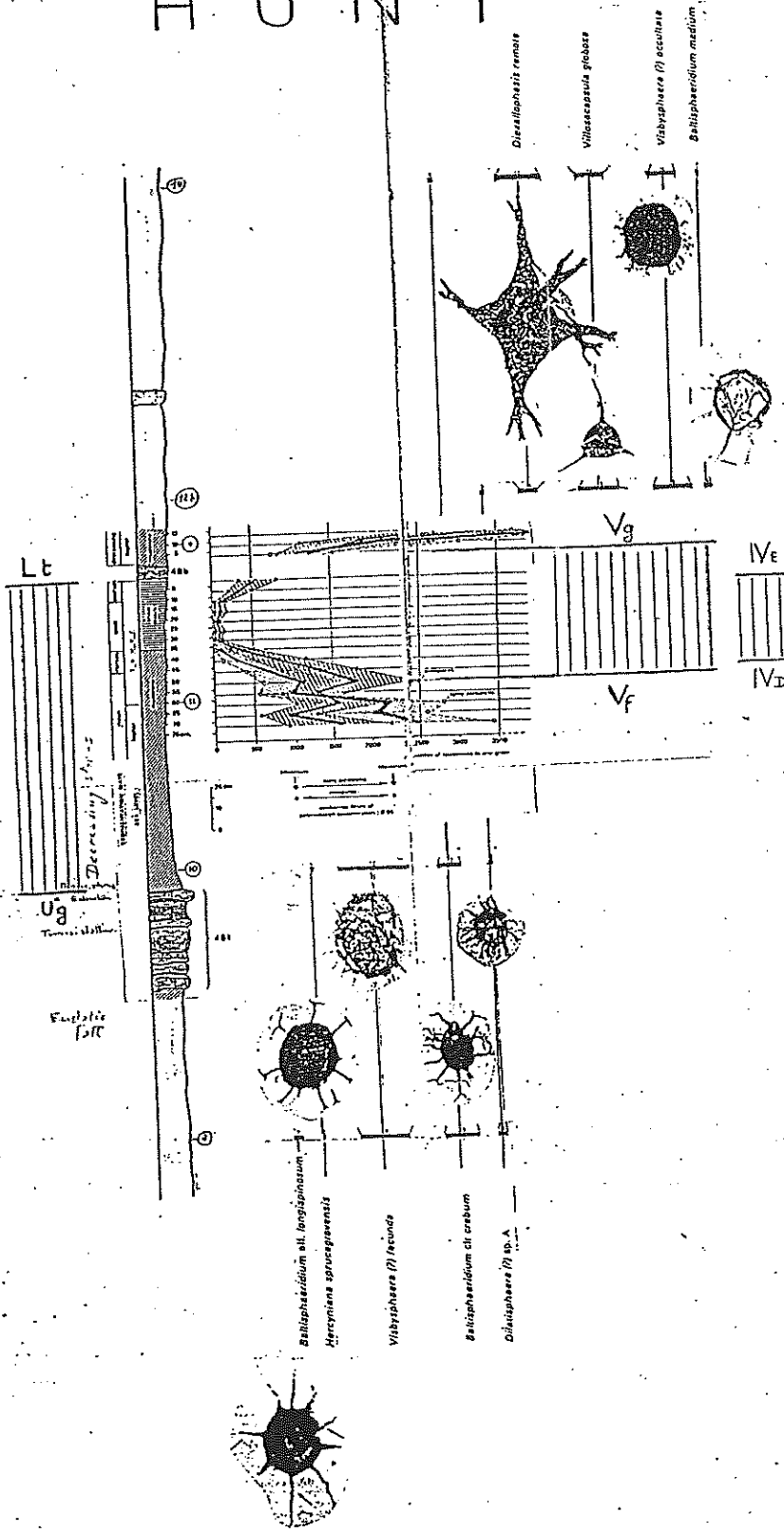


H O N

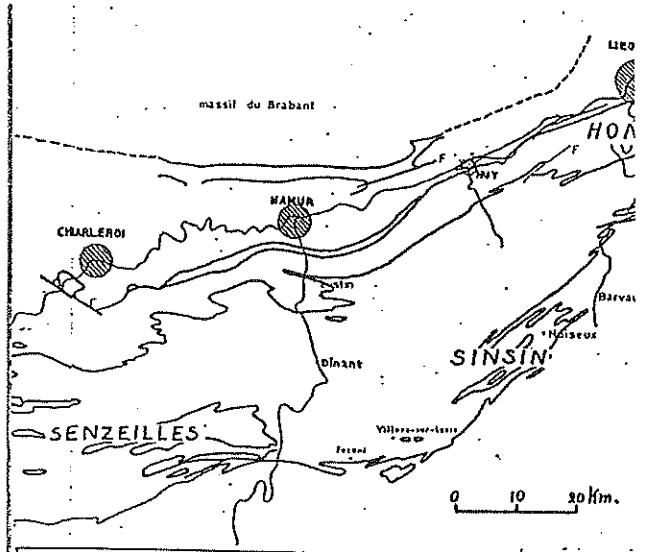
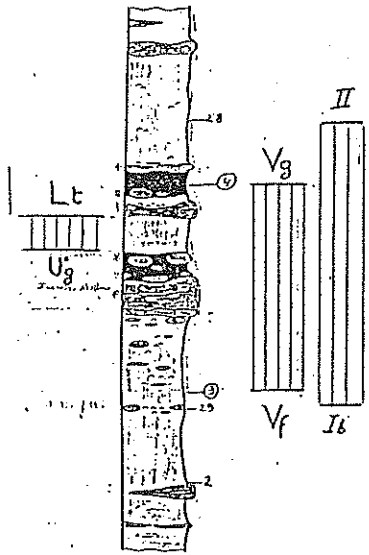


H O N Y

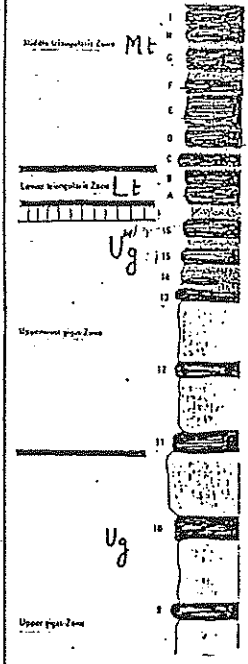
S I N S I N



SINSIN



STEINBRUCH SCHMIDT



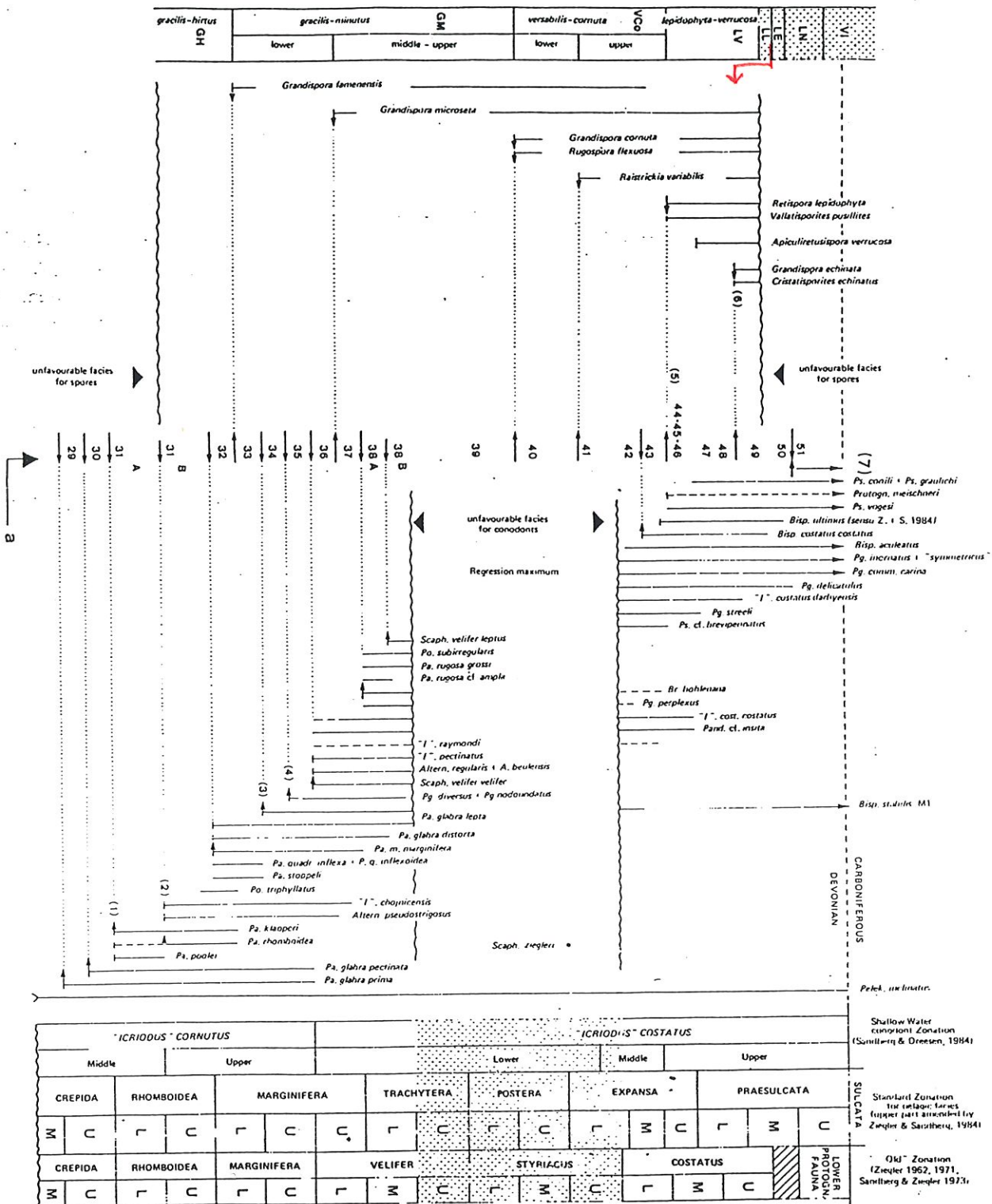
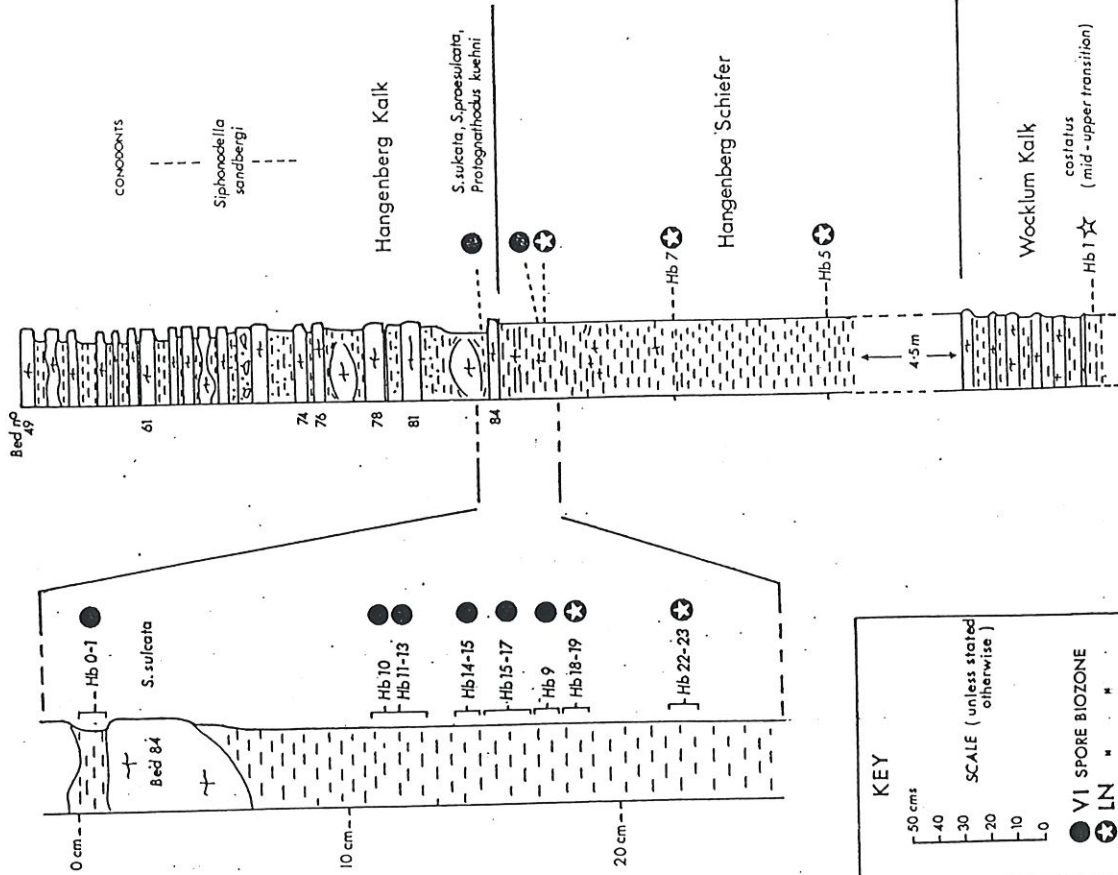


Figure 2. - Comparison of miospore and Conodont zonal schemes in the early Strunian of the Dinant Synclinorium.

- a) intercalibration of the two zonal schemes, using a sequence of numbers (the micropaleontological guide-marks or mgm of Bouckaert & Streel 1974, here completed by new data from Dreesen in Dreesen, Sandberg & Ziegler, 1986.
- (1) The first appearance of *P. klapperi* is preferred over that of *P. rhomboidea* and of *P. poolei* because of the higher frequency of the former species and the apparent "retardation" of *P. rhomboidea* due to unfavourable facies conditions.
 - (2) The first occurrence of "*I*" *chojnicensis* marks the base of the newly proposed "*Icriodus*" *cornutus* Zone (shallow-water conodont zonation) and coincides with the base of the upper *P. rhomboidea* Zone. The latter zone is characterized in Belgium by the highest frequency of *P. rhomboidea*.
 - (3) Because of lack of index *Palmatolepis* species it is proposed here to use the first occurrence of *Bispathodus stabilis* morphotype 1 to define the base of the upper *P. marginifera* Zone in Belgium.
 - (4) *Pg. diversus* and *Pg. nodoundatus* are very common polygnathids in the highest part of the upper *P. marginifera* Zone in the Belgian section studied.
 - (5) *R. lepidophyta* first appearance marks the level 44. Intercalibration of levels 45 based on Foraminifera and 46 based on Conodonts in Bouckaert & Streel (ed.) 1974, has to be reconsidered.
 - (6) Among the four miospores marking the level 49 in Bouckaert & Streel (Ed.) 1974, "*V. nitidus*" is now believed to belong to another species. *G. echinata* is here designated to mark, alone, the level 49.
 - (7) *Protogn. kockeli*.

2

HASSELBACHTAL

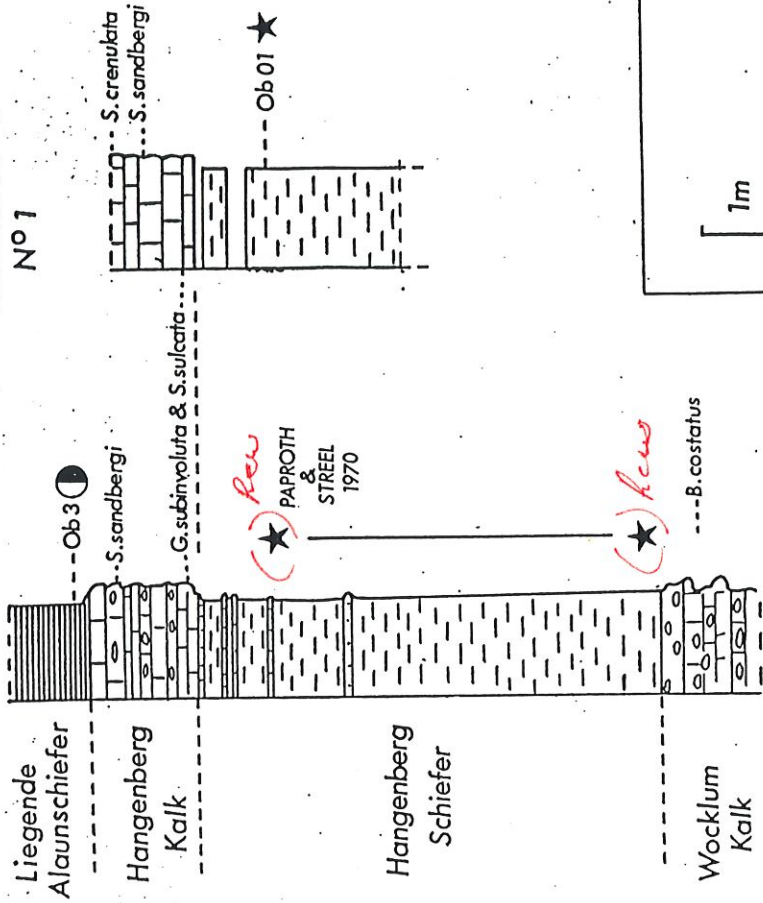


6

OBERRÖDINGHAUSEN

RAILWAY CUT SECTION

BOREHOLE No 1



ex. HIGGS et STREEL 1984

Fig. 8

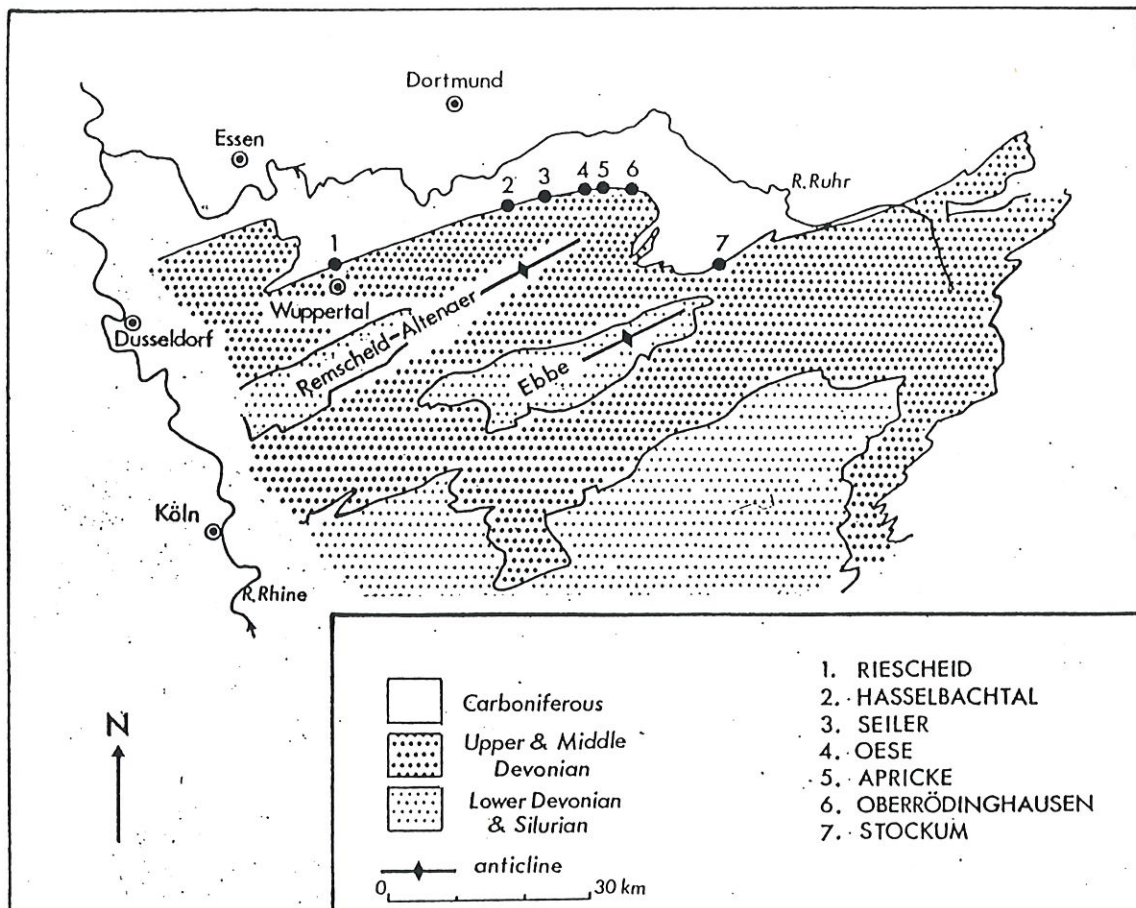
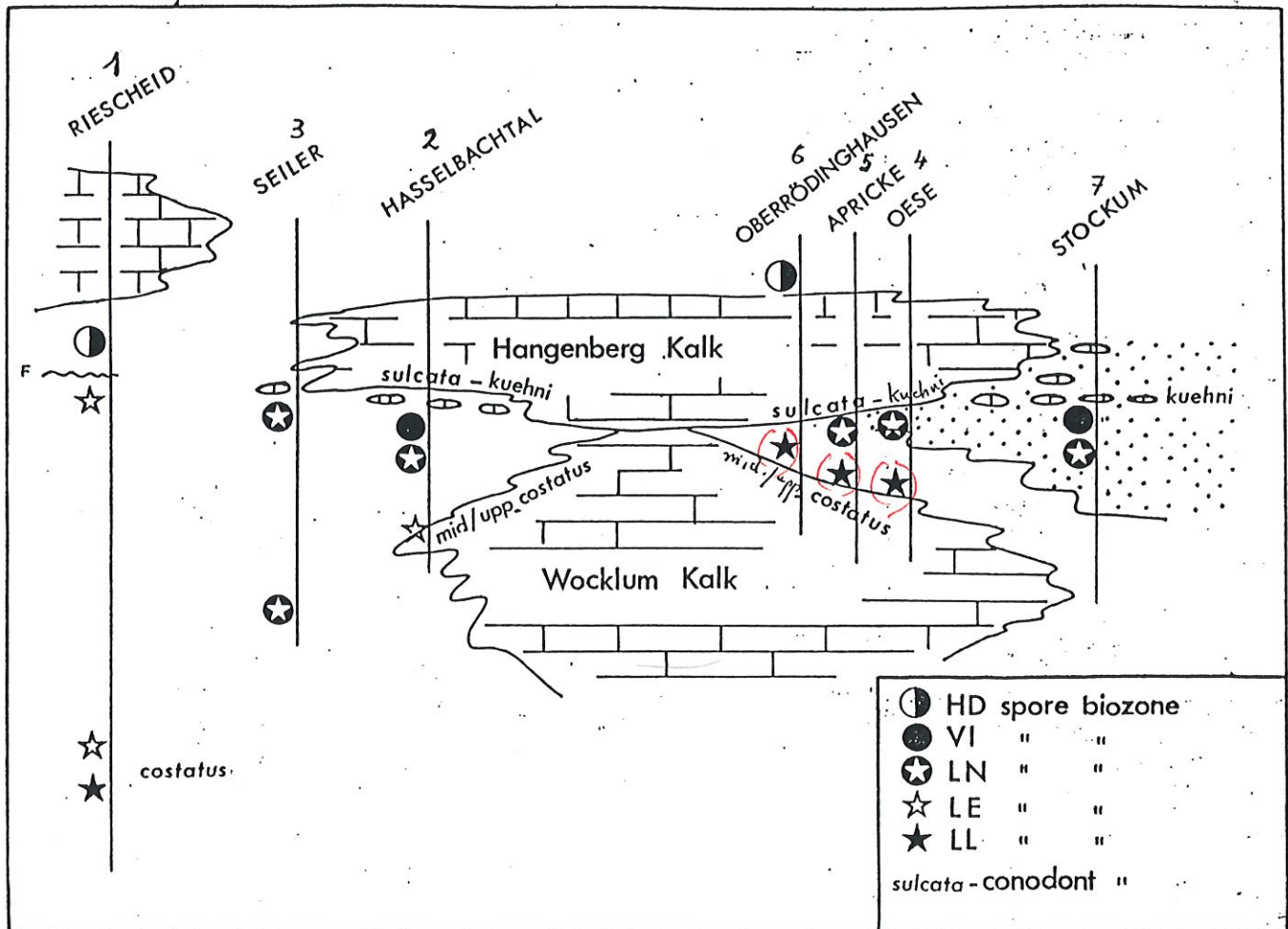
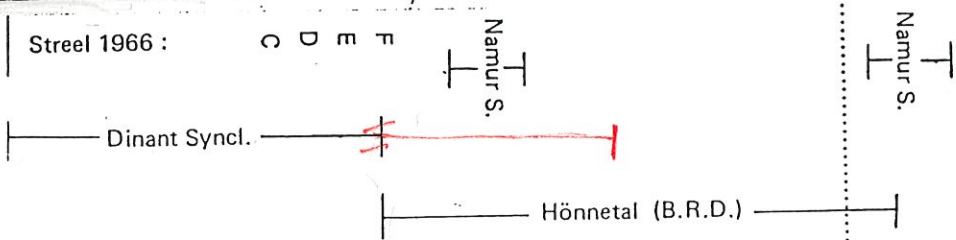


Fig. 9

Selected miospore taxa	Miospore Zonation				
	LL ★	LE ☆	LN ⊙	VI ●	HD ◐
<i>Retispora cassicula</i>	█				
<i>Retispora lepidophyta</i>	█	█	█		
<i>Vallatisporites pusillites</i>	█	█	█		
<i>Rugospora flexuosa</i>	█	█	█		
<i>Diducites versabilis</i>	█	█	█		
<i>Vallatisporites verrucosus</i>	█	█	█		
<i>Lophozonotriletes triangulatus</i>	█	█	█		
<i>Hymenozonotriletes explanatus</i>		█	█		
<i>Verrucosporites nitidus</i>			█	█	
<i>Umbonatisporites abstrusus</i>			█	█	
<i>Camptotriletes paprothii</i>			█	█	
<i>Cyrtospora cristifer</i>			█	█	
<i>Spelaeotriletes obtusus</i>			█	█	
<i>Corystisporites</i> sp.			█	█	
<i>Crassispora</i> cf. <i>maculosa</i>				█	█
<i>Raistrickia corynoga</i>					█
<i>Kraeuselisporites hibernicus</i>					█

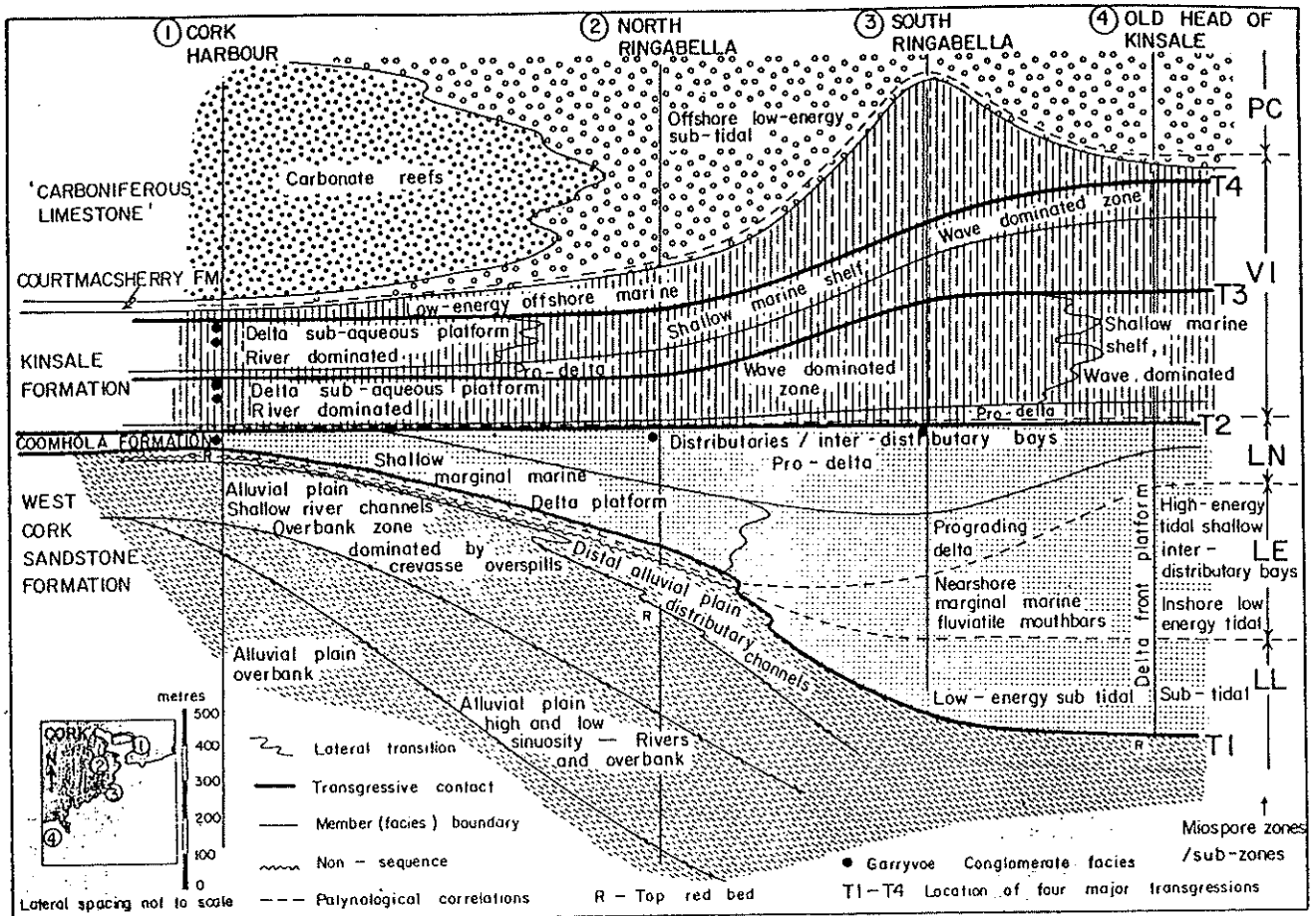


<i>V. vallatus</i> - <i>R. inchoatus</i> subzone	VI	N V	Verrucosporites <i>nitidus</i> - Vallatisporites <i>vallatus</i> zone	CARRB. pars
<i>R. lepidophyta</i> - <i>V. nitidus</i> subzone	LN			
<i>R. lepidophyta</i> - <i>H. explanatus</i> subzone	LE	P L	Vallatisporites "pusillites" - Retispora <i>lepidophyta</i> zone	STRUNIAN
<i>R. lepidophyta</i> - <i>K. literatus</i> subzone	LL			
<i>R. lepidophyta</i> - <i>A. verrucosa</i> subzone *	LV	V Co	<i>Diducites</i> <i>versabilis</i> - <i>Grandispora</i> <i>cornuta</i> *	FAMEN. pars
(not subdivided)				

BIO- AND LITHOSTRATIGRAPHIC SUBDIVISIONS OF THE DINANTIAN IN BELGIUM, A REVIEW

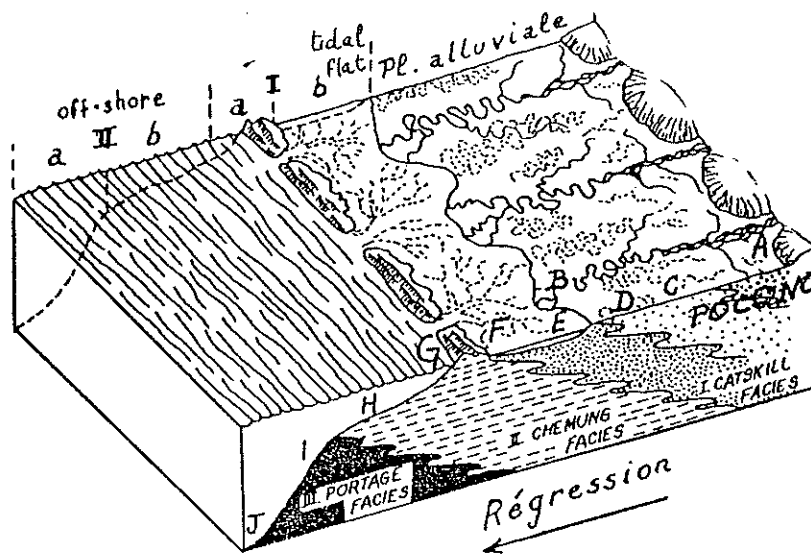
ex. PAPROTH, CONIL et al 1983

Fig. 10



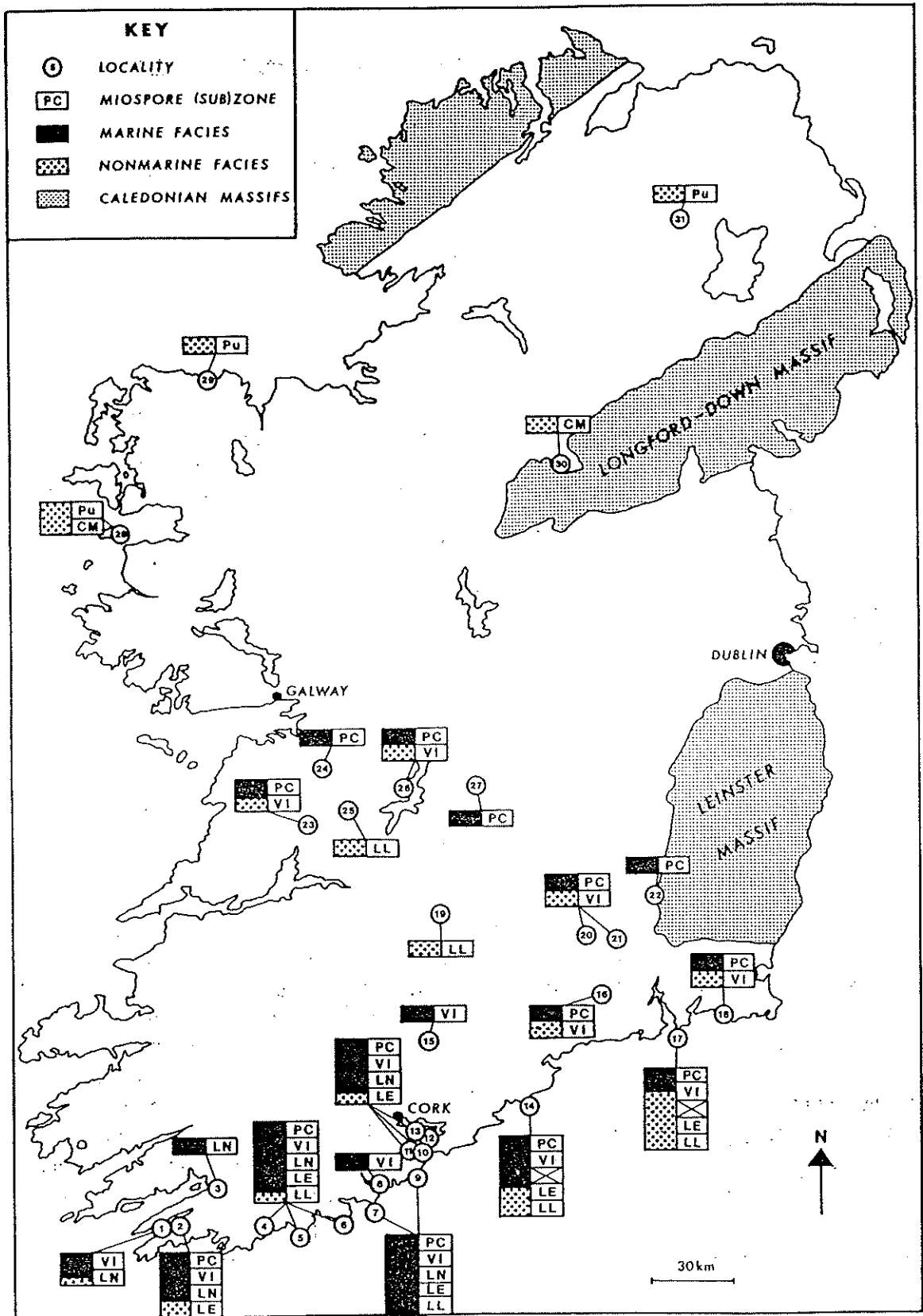
Generalised correlations of inferred depositional environments between Cork Harbour and the Old Head of Kinsale in Late Devonian-Early Carboniferous times. Time planes dashed. Transgressions shown by heavy lines.

Fig. 11



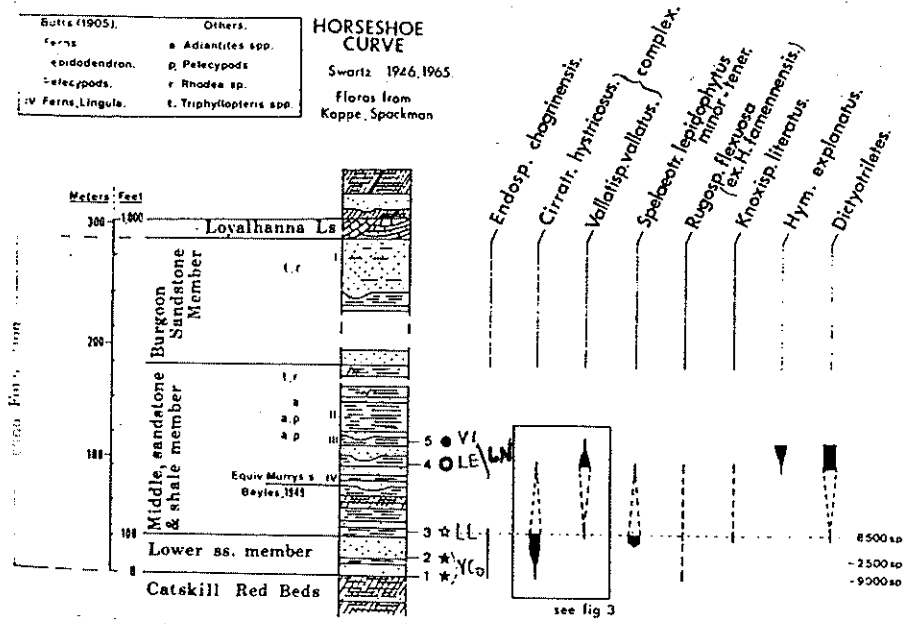
ex. Mc.CARTHY et GARDINER 1980

Fig. 12



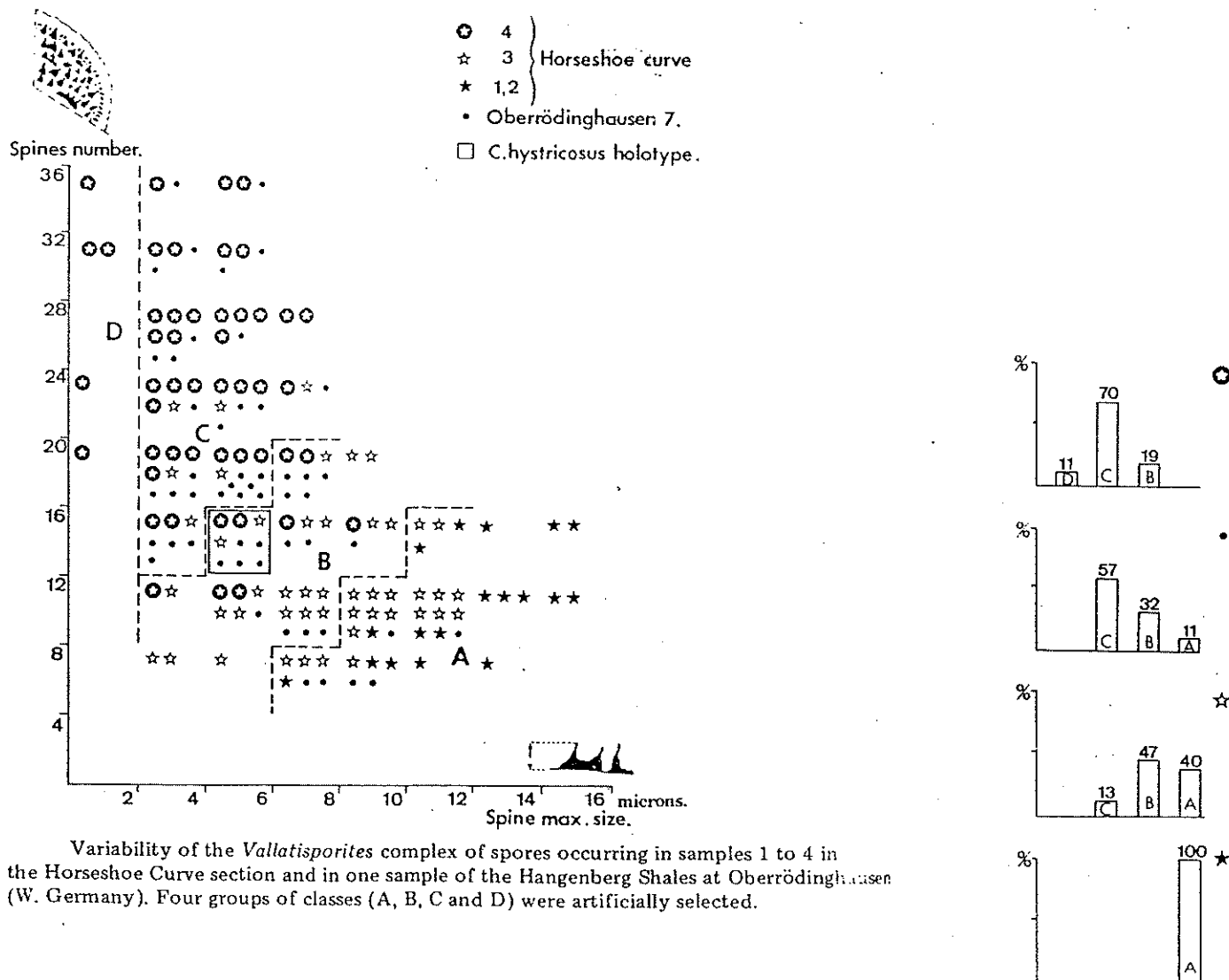
ex. CLAYTON et HIGGS 1979

Fig. 13



Stratigraphical ranges of the most important spore species compared to the biostratigraphical data from the Pocono Formation at the Horseshoe Curve.

Fig. 14



Variability of the *Vallatisporites* complex of spores occurring in samples 1 to 4 in the Horseshoe Curve section and in one sample of the Hangenberg Shales at Oberrödinghausen (W. Germany). Four groups of classes (A, B, C and D) were artificially selected.

Percentage of each artificial group of classes selected in the *Vallatisporites* complex of spores in samples from the Horseshoe Curve and Oberrödinghausen sections.

CONIL (inédit) modifié

HOYOUX OURTHE

BOCQ

REG. DINANT

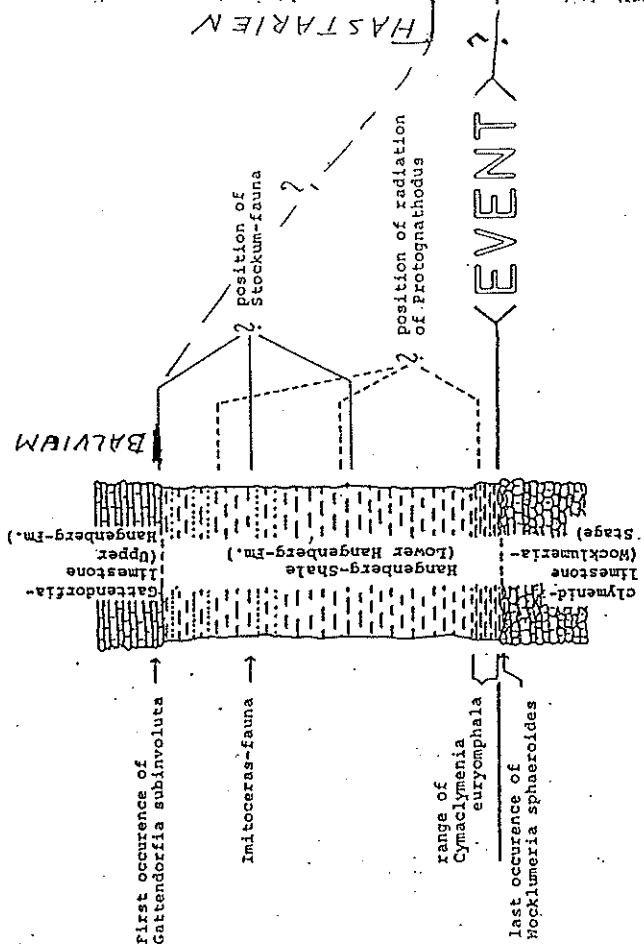
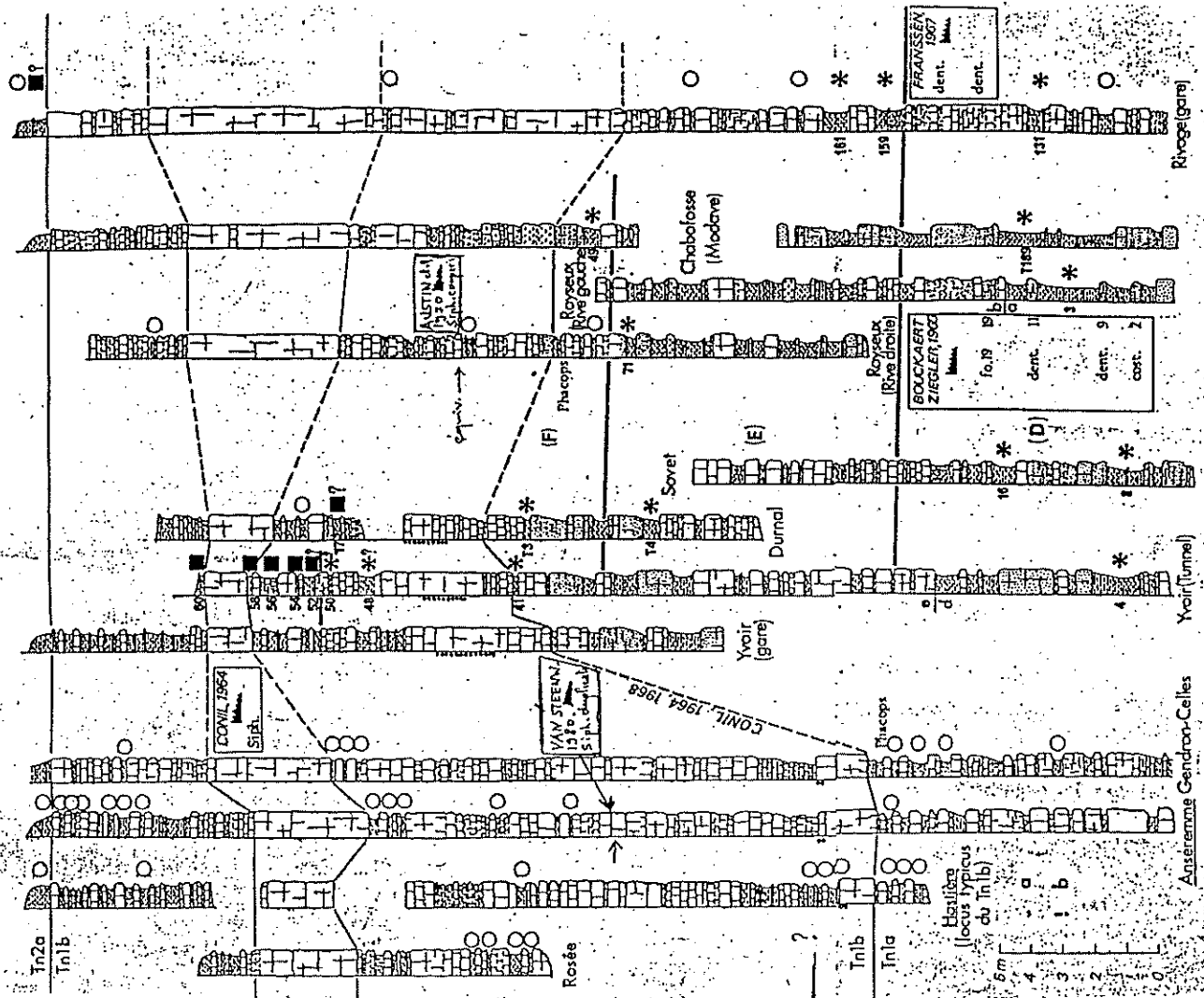
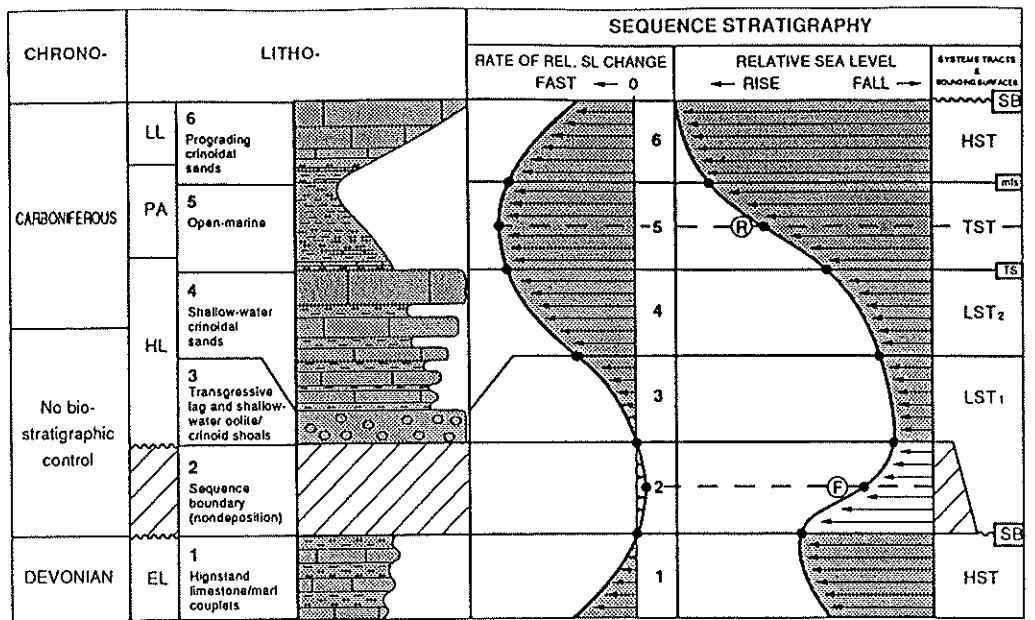


Illustration to the text, concerning lithology, fauna and open questions at and above the D/C-event (this sedimentary sequence is roughly based on the Hünnefeld-section).

WALLISER 1984

Fig. 16



Not to scale

Lithological formation names: LL : Landeles Limestone; PA : Pont d'Arcole Shale; HL : Hastière Limestone; EL : Etreungt Limestone/Comblain-au-Pont Formation

Systems tracts: HST : Highstand Systems Tract; TST : Transgressive Systems Tract; LST₂ : Lowstand Systems Tract (upper part); LST₁ : Lowstand Systems Tract (lower part)

Bounding surfaces: SB : Sequence Boundary; mfs : maximum flooding surface; TS : Transgressive Surface

Ⓡ Rise inflection point; Ⓣ Fall inflection point

1-6 Time units (see text)

Fig. 12. Chrono- (based on bio-), litho- and sequence stratigraphy of the Devonian-Carboniferous boundary interval.

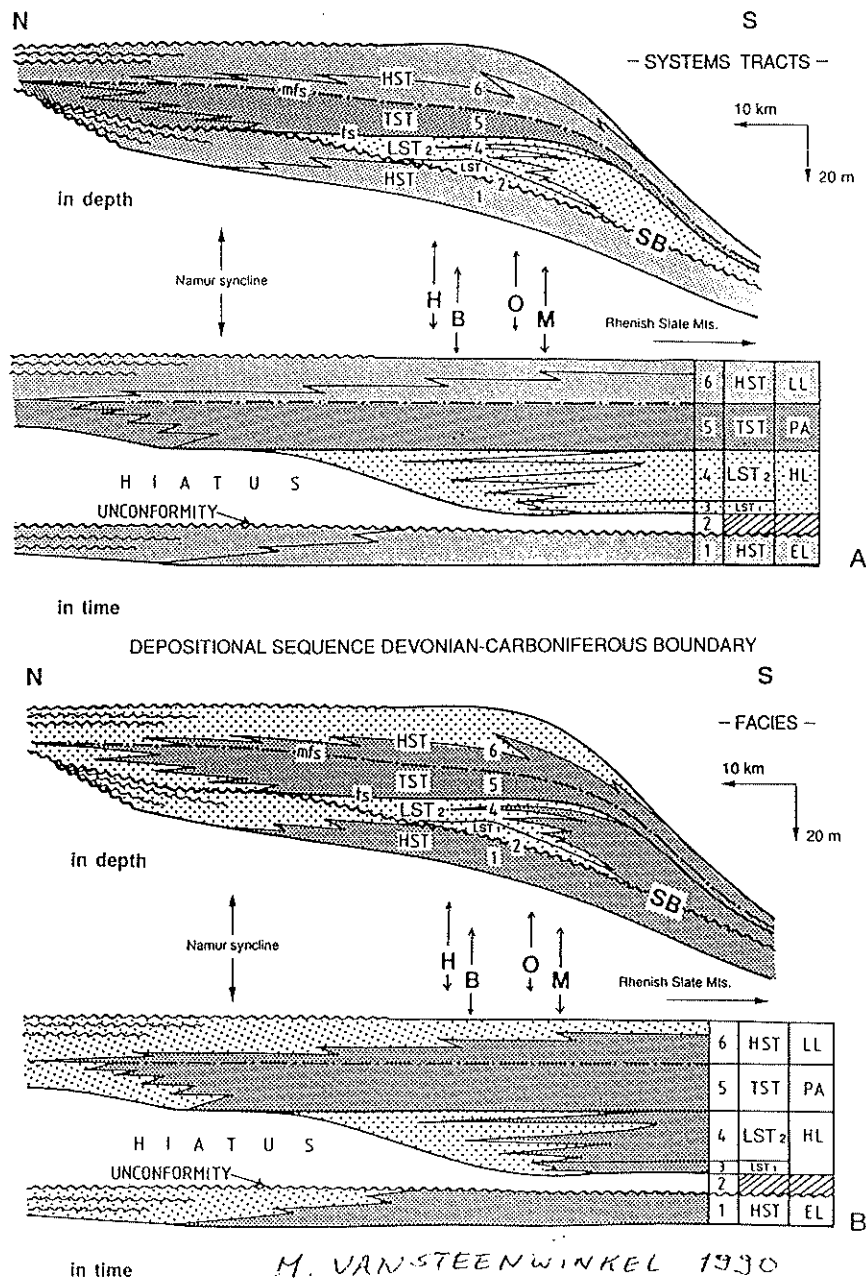
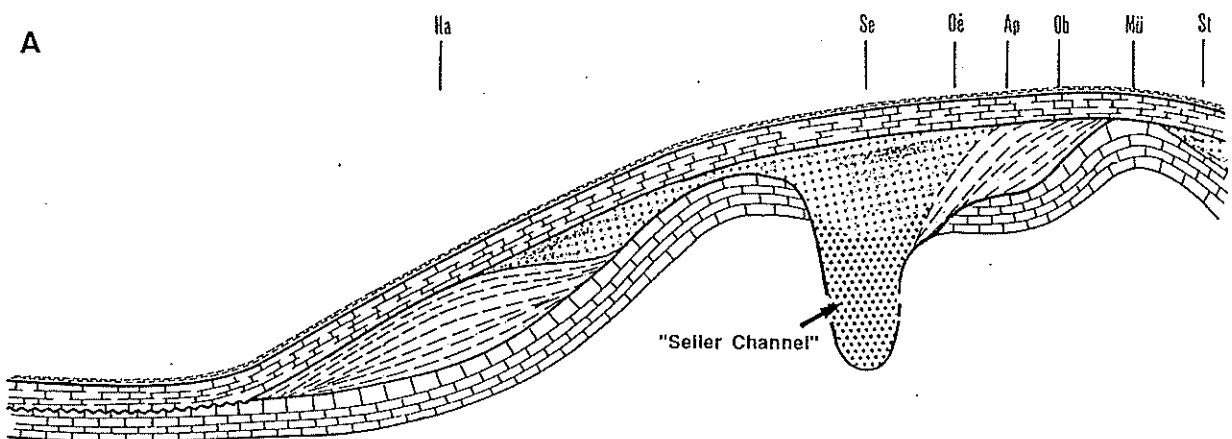


Fig. 13. A. Depositional sequence of the Devonian-Carboniferous boundary: Succession of Systems Tracts (in depth and in time). B. Depositional sequence of the Devonian-Carboniferous boundary: Succession of facies (in depth and in time). Light raster shows above wave-base facies; dense raster shows below wave-base facies. This sequence summarises the sedimentary response to the fluctuations in the rate of relative sea-level change.

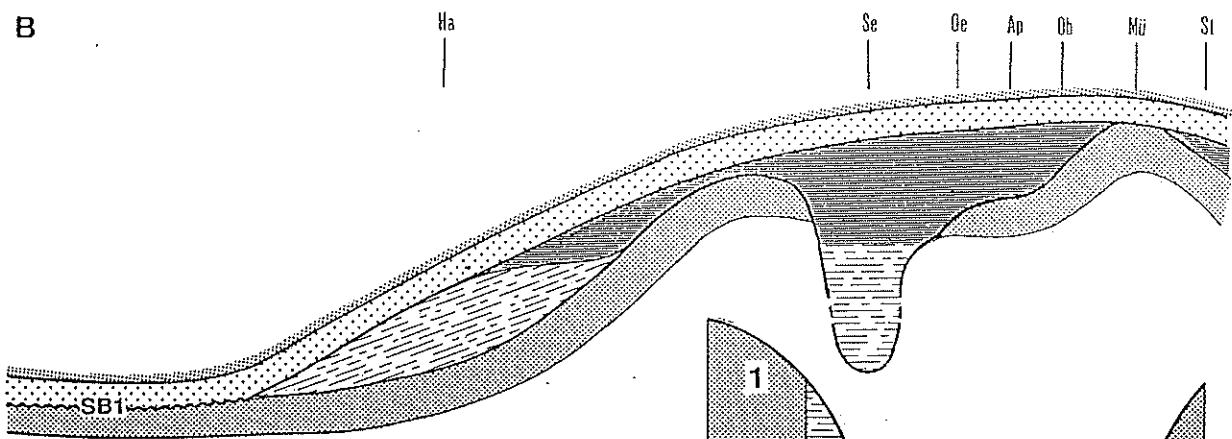
Fig. 16 bis

M. VAN STEENWINKEL 1930



Legend:

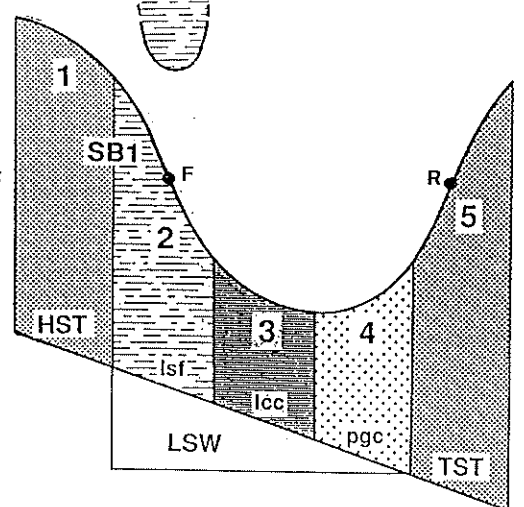
- | | | |
|--|---|------------------|
| | Alaunschiefer | Zwischenschiefer |
| | Hangenberg limestone (Hangenberg-Kalk) | |
| | Hangenberg shale (Hangenberg-Schiefer) | |
| | Hangenberg sandstone (Hangenberg-Sandstein) | |
| | Stockum sandstone | |
| | Seiler Conglomerate | |
| | Wocklum limestone | |
-
- | | |
|-----|------------------|
| Ha: | Hasselbachtal |
| Se: | Seiler |
| Oe: | Oese |
| Ap: | Apriche |
| Ob: | Oberrödinghausen |
| Mü: | Müssen-Berg |
| St: | Stockum |



Legend:

- | | | |
|--|-----------------------------------|---|
| | Transgressive Systems Tract (TST) | |
| | prograding complex (pgc) | } Lowstand Wedge
Systems Tract (LSW) |
| | leveed channel complex (lcc) | |
| | lowstand fan (lsf) | |
| | Highstand Systems Tract (HST) | |
| | (SB1): Type-1 Sequence Boundary | |

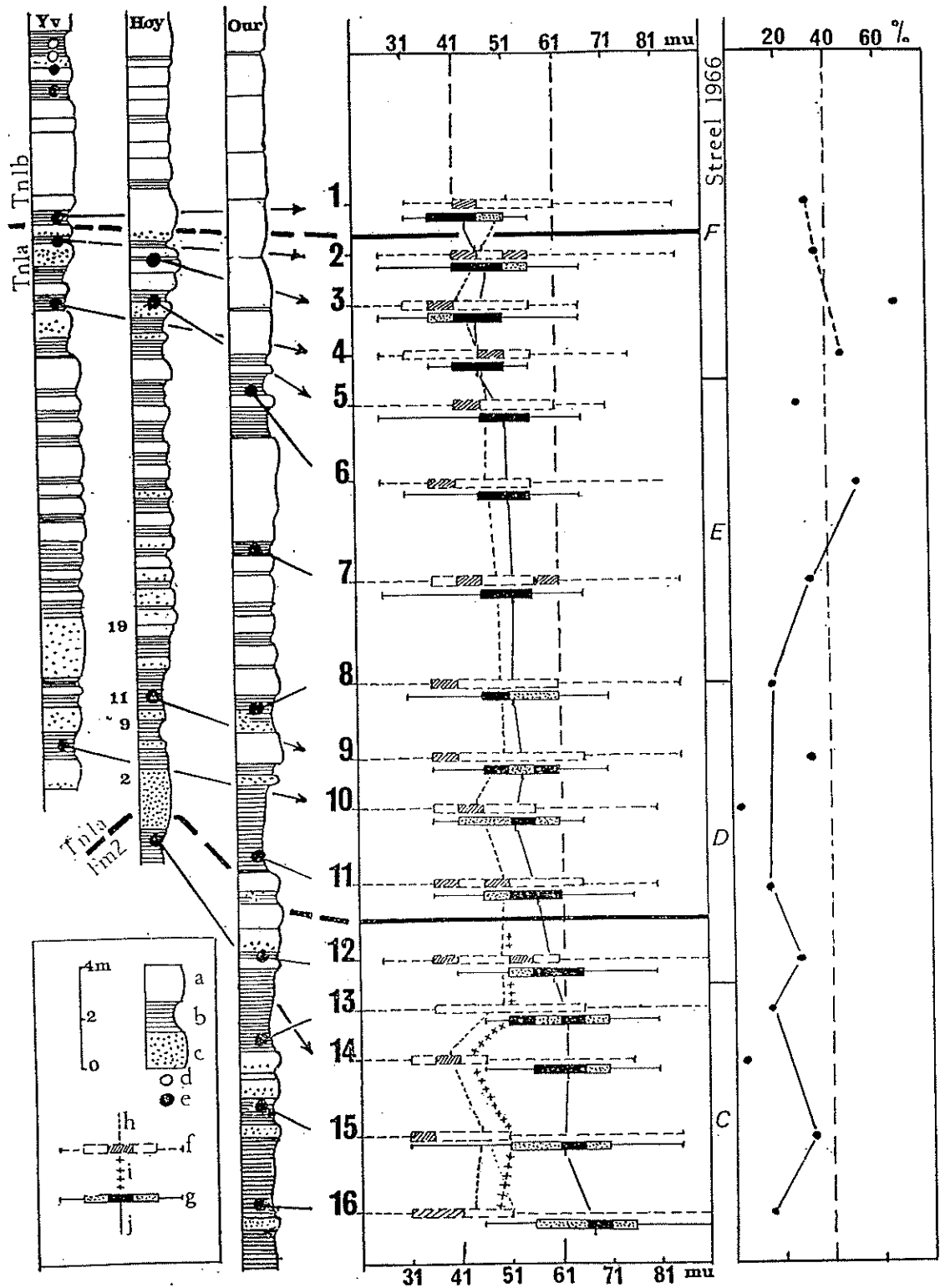
RELATIVE CHANGE OF SEA LEVEL



After M. VANSTEENWINKEL 1988

Fig. 7.6 ter

ARDENNO-RHÉNAN TRANSITION DÉVONIEN/DINANTIEN

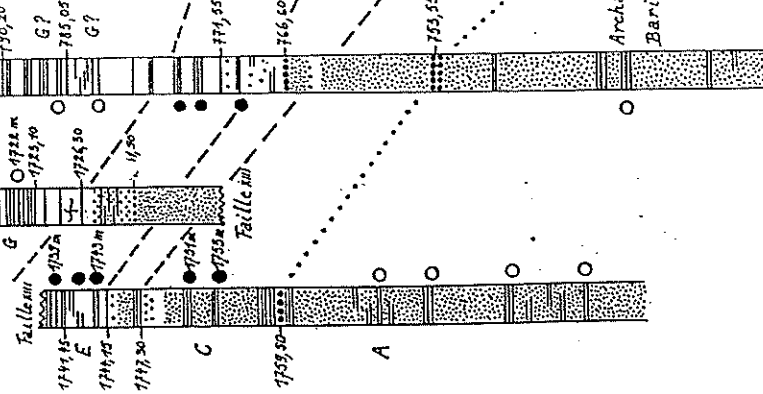


Analyse biométrique des populations de spores de niveau riches en *H. lepidophytus* dans trois coupes du Bassin de Dinant. Yv., Yvoir-tunnel (Conil *et al.* 1964, p. 41); Hoy., Royseux (Conil *et al.* 1964, p. 43), numéros de Bouckaert & Ziegler 1965, p. 17; Huy; Our., Rivage-gare, parastratotype du 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.*

Sondage de Wépion
(Wép.)

c. autochtones

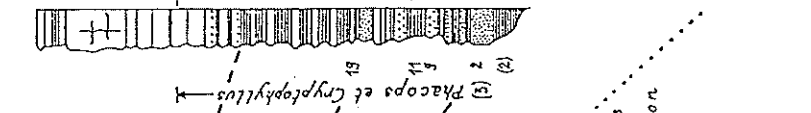
c. renversées



Hoyoux

Royseux (Rois.)

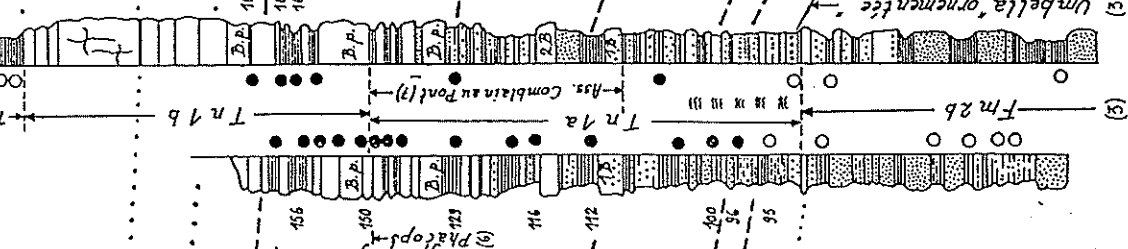
Modave (Mod.)



Ourthe

Chanxhe (Ch.)

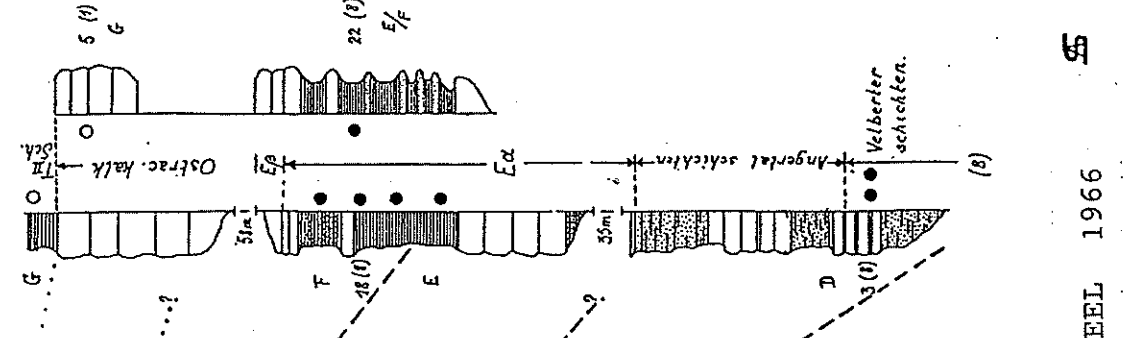
Rivage gare (Rg.)



Ant. de Velbert

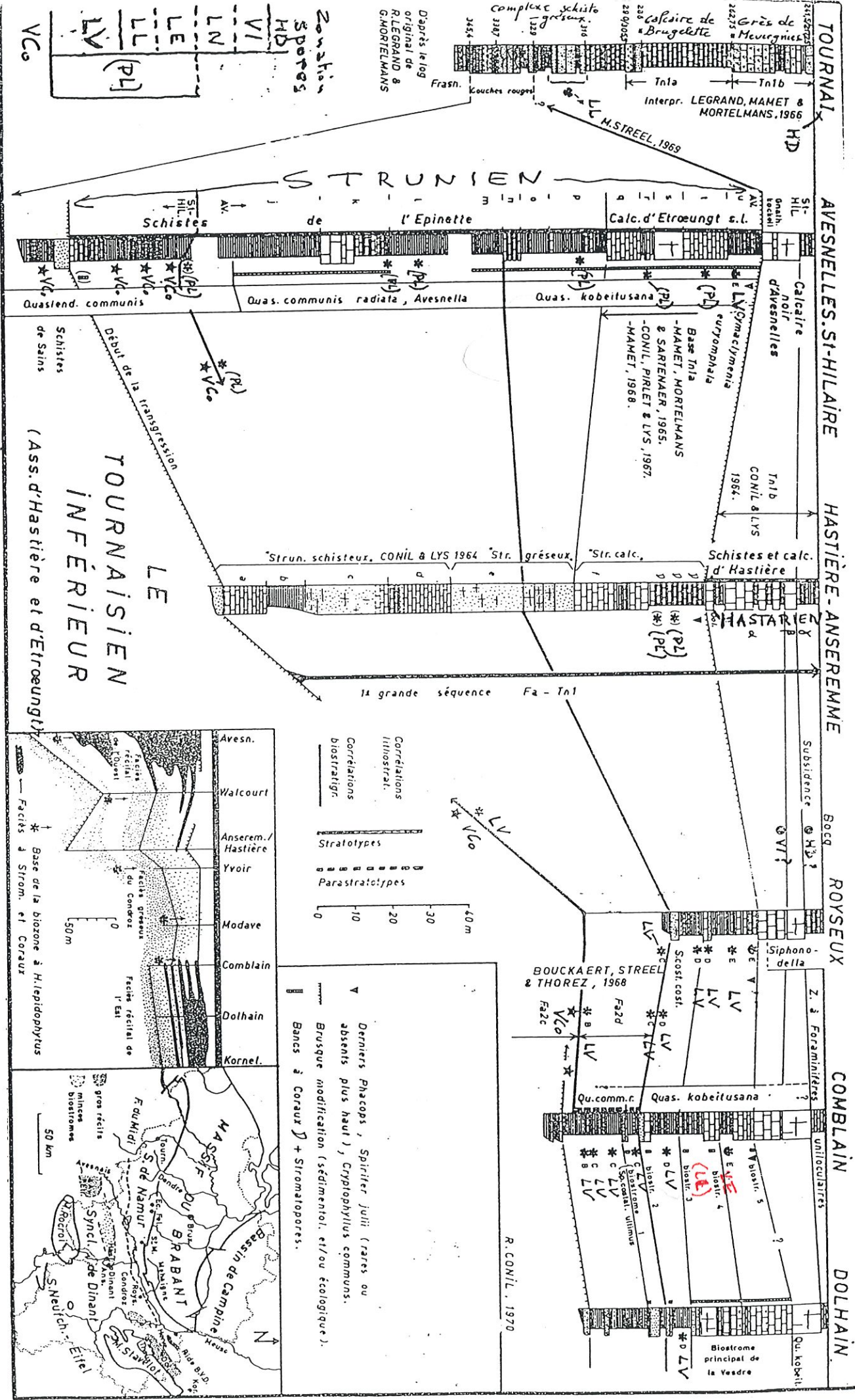
Rätigen (Cr.)

Klein-Steinkothen (Kl.)



- Diastere orthoïdique massif
- Biocrome principal.
- Biochrome.
- Châtaîn.
- Châtaîn gréséux.
- Robâtes.
- Orbe.
- Conglôméat.
- Zone à petites girardinies.
- Contient *H. lepidophylus*.
- 31m contient 2-3 *H. lepidophylus*.

Fig. 18

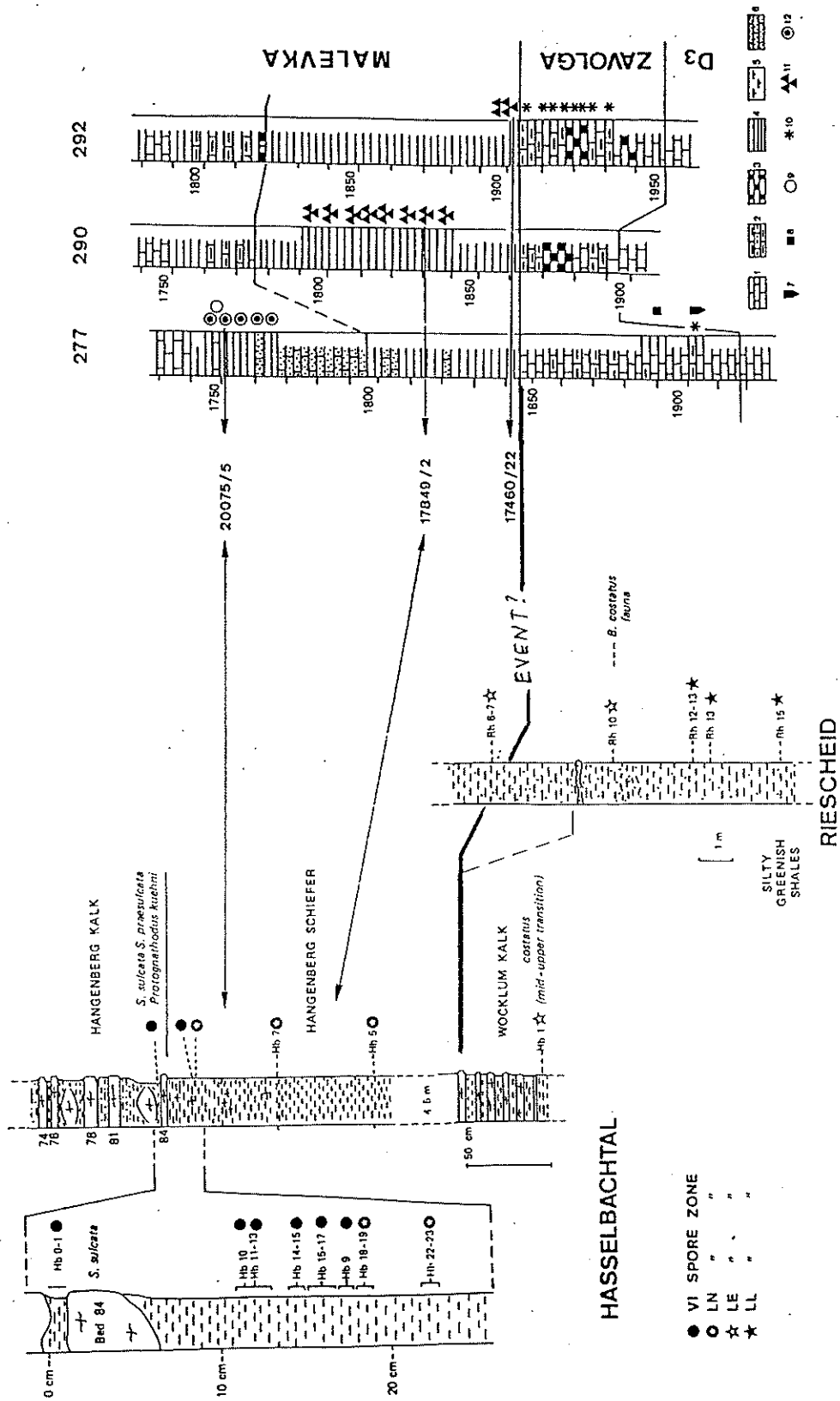


ex. CONIL, MORTELMANS et PIRLET 1971 (emend.)

Fig. 19

RHENISH SLATE MOUNTAINS

UDMURTIA



Biostratigraphical comparison at the Devonian-Carboniferous boundary between several Rhenish Slate Mountains (FRG) and Udmurtia (USSR) sections.

1. limestone, 2. muddy limestone, 3. bituminous limestone, 4. mudstone, 5. carbonaceous mudstone, 6. sandstone, 7. *Quasindothyra* ex. gr. *communis*, 8. *Q. konensis*, *Q. communis*, 9. *Parathurammina cushmani*, *Bisphaera malevkensis*, *B. Irregularis*, *Vichnesphaera squaidea*, *V. angulata*, *Archaeosphaera minima*, 10. *R. lepidophyta* ass., 11. *V. pusillites* (mg) ass., 12. *T. malevkensis* ass.

ex. BIVSCHEVA, HIGGS et STREEL 1984

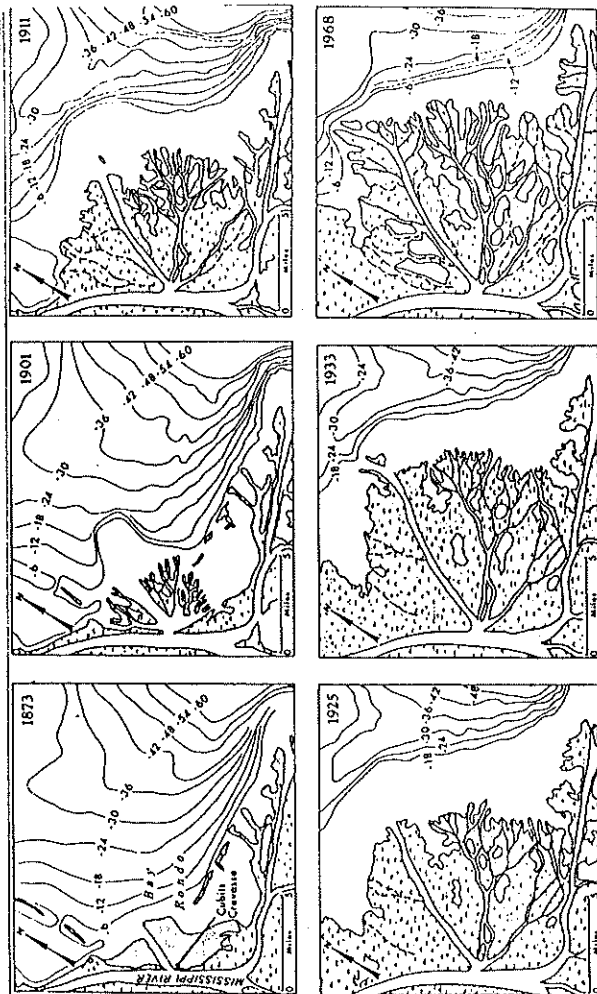
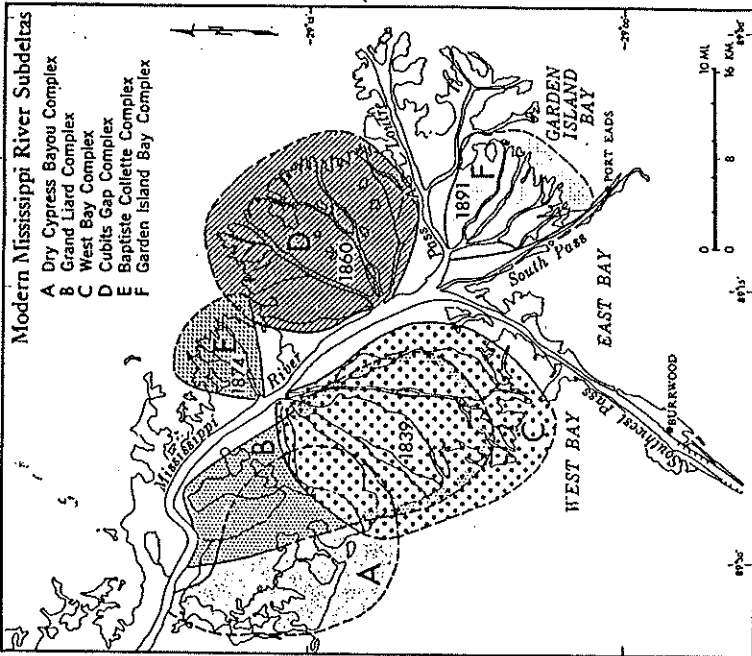
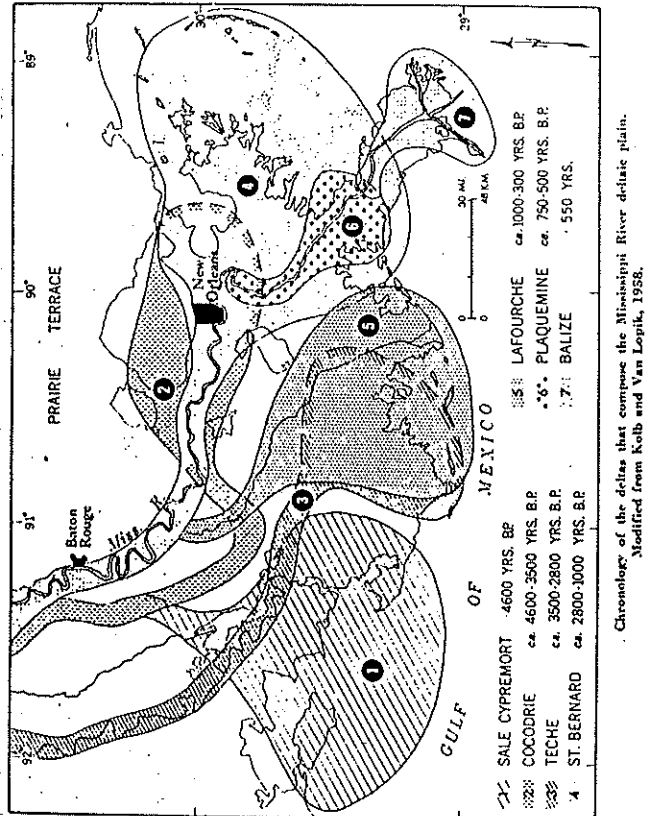
19	17	17	10	17	13	15	19	10	1718										
EpINETTE-ETROEUNGT (Condens.-lacune) Avesnelles Pt. d'arc.					Synclinorium de Dinant Avesnois (France)					Pt. d'arc. Meuse-Ourthe (Belg.)					Sauerland (RFA)				
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.					1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.					1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.					1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.				
Mat. org. trop évol.					Mat. Org. trop évol.					Mat. Org. trop évol.					Mat. Org. trop évol.				
Carbonates					Carbonates					Carbonates					Carbonates				
STRUNIEN					HASTARIEN					HASTARIEN					HASTARIEN				
Forams - Brachiop. - Coraux LV E					Oblain-au-Pt-Eroeuung (Condens.-lacune) Hestière marin "plateforme" régression					Conodontes-Forams-Brachiop. LV/LL E, F					Wocklumer kalk Marin "bathyal"				
VCo					VCo					VCo					VCo				
Dasberg					Dasberg					Dasberg					Dasberg				
Eloign.source					Eloign.source					Eloign.source					Eloign.source				
Carbonates					Carbonates					Carbonates					Carbonates				
DEVONIEN					DEVONIEN					DEVONIEN					DEVONIEN				
Siphonodella praesulcata					Siphonodella praesulcata					Siphonodella praesulcata					Siphonodella praesulcata				
Siphonodella sulcata					Siphonodella sulcata					Siphonodella sulcata					Siphonodella sulcata				

Fig. 21

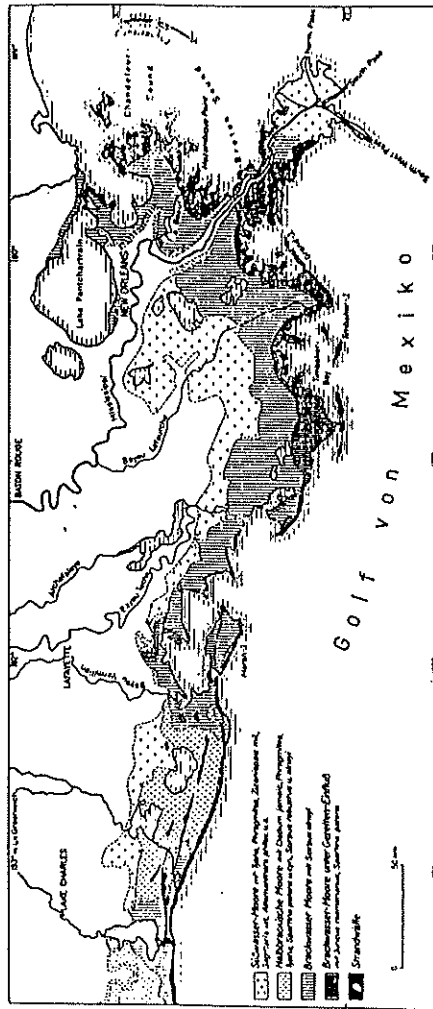
Voir figs de l'atlas N°

Castkill	Pocano	14, 12
Delta front plateform-fluvial (condensation-lacune)	fl. (1.) fl. (lac.) fluvial	14, 12
VCo(1,2) A	mégaflore VI(5)	14
sédim. rouge (oxyd.?)	LL LE (3) (4) A ^B -C B ^C -D	14
		15
Toe head / Old head sdst. Kinsale		11
Fluvial / Delta front / prodelta slope (ress.) platf. COURCEYAN		11
	Brachiopodes	
	LL LE IN VI	
Sédim. rouge (oxyd.?)		11-13
(discordance)	Complexe arénacé - Brugelette Méverg. →	19
	littoral - marin →	
	! TOURNAISIEEN Forams (rares)	19
	LL | HD	10

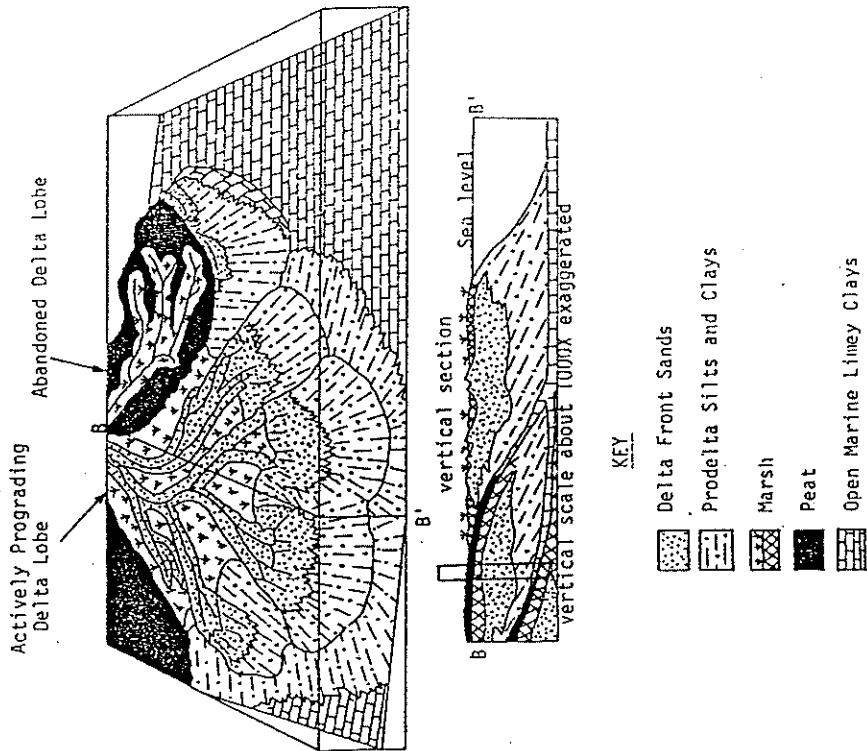
- 1. Lithostratigraphie
- 2. Faciès sédimentaire
- 3. Chronostratigraphie
- 4. Faunes, Mégaflore
- 5. Spores (zone d'intervalle)
- 6. Spores (zone de lignage)
- 7. Facteur(s) limitant les spores



Vegetation
actuelle



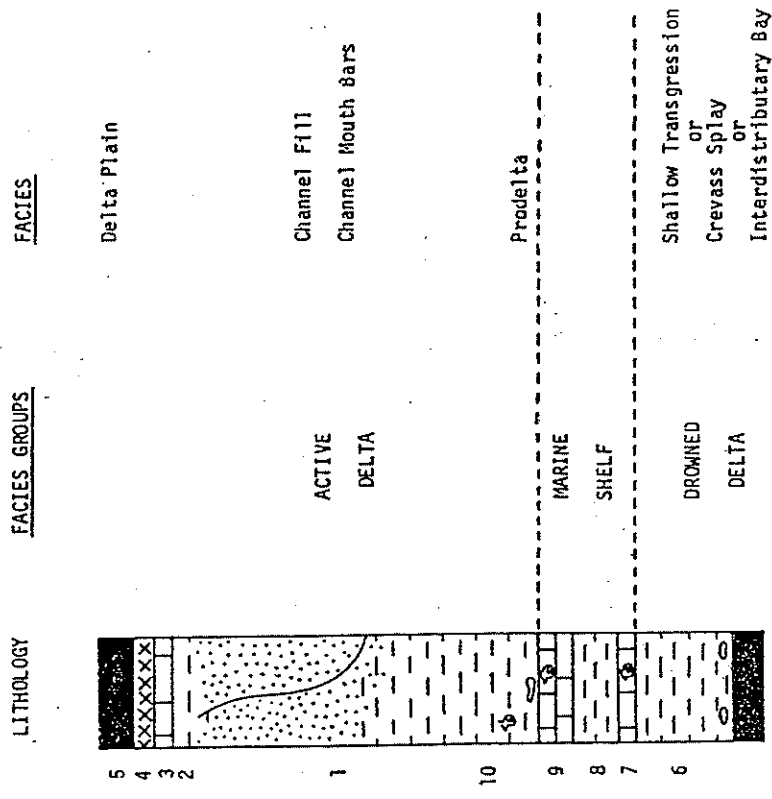
Brack- und Süßwassermoore an der Nordküste des Golfs von Mexiko (nach O'Neil 1919)



Sedimentary facies in idealized prograding and abandoned deltas. The former area of active sedimentation has been abandoned and a new wedge has developed on the flank of the old one. Cross section B-B' shows the abandoned wedge enveloped in coal and limestone (after Ferm, 1970). The vertical section corresponds to the vertical profile, Figure 4.

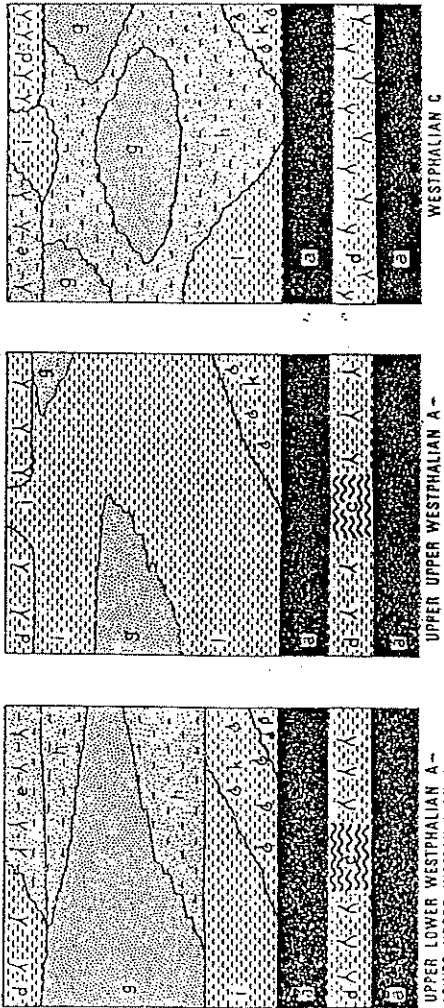
Fig. 23

ex. WRIGHT, SHABICA 1979



Deltaic cyclothem model (modified after Weiler, 1956; Kosanke et al., 1960). Units 10 and 1 are placed together as evidence exists that they often represent a single uninterrupted sequence of deposition. Cores through modern delta complexes show a similar sequence of active delta deposits lying on marine and pre-existing drowned delta sequences.

Fig. 24

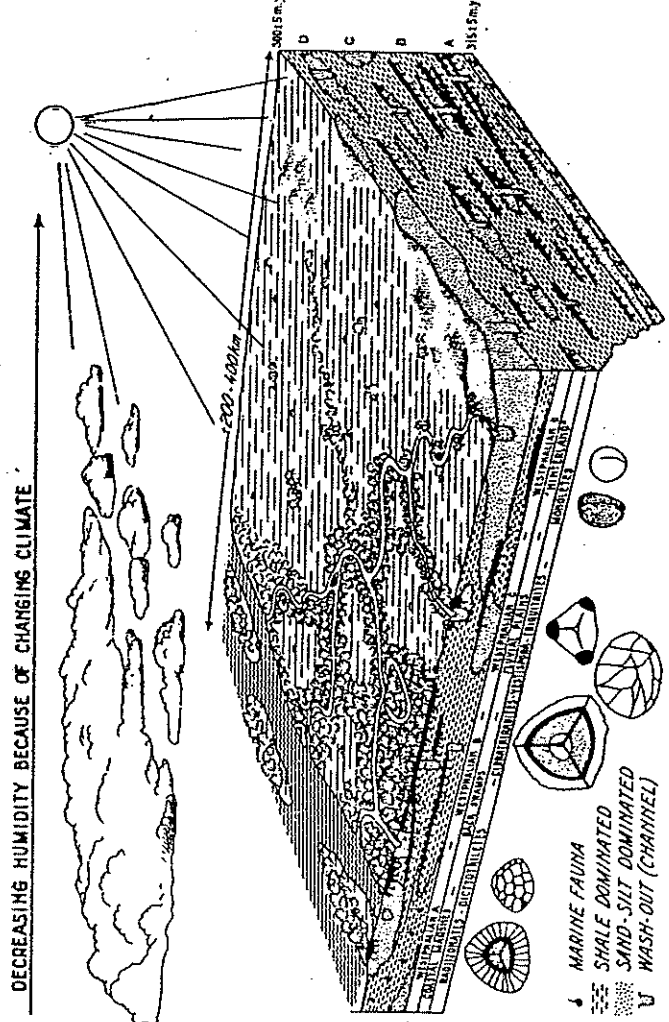


Schematized cyclothems in the Westphalian A-C of Limburg (the Netherlands) with simplified lithological classification adopted by Bless (1973). Lithologies b, f, l, m, and o are extremely rare and can be neglected in practice. Key to symbols: g) coal; b) pseudocannel coal; c) shale with coalstreaks; d) shales and siltstones with rootlets (including seat-earth or underclay); e) slightly sandy sediments with rootlets; f) sandy sediments with rootlets; g) sandy sediments; h) slightly sandy sediments (including striped beds); i) shales and siltstones; k) shales and siltstones with non-marine fauna; l) slightly sandy sediments with non-marine fauna; m) sandy sediments with non-marine fauna; o) conglomerate; p) shales and siltstones with marine fauna. (From Van Wijhe & Bless, 1974.)

- Cycles with a marine to brackish phase immediately overlying the (usually thin) coal and with widespread sheet sands practically without erosional channels. These developed in an alluvio-deltaic environment with short-lived coastal marshes.
- Cycles with a brackish to non-marine phase above the (often well-developed) coal and isolated channel sands in a shale-dominated succession. These represent a back swamp facies at relatively longer distance to the shoreline.
- Cycles with a non-marine phase immediately above the coal (often of irregular thickness and limited lateral extension) and widespread sheet sands alternating with channel sands. Most likely, these cycles are characteristic of fluvial plains with relatively high rates of sedimentation and local, often short-lived swamps or open moors.

Fig. 25

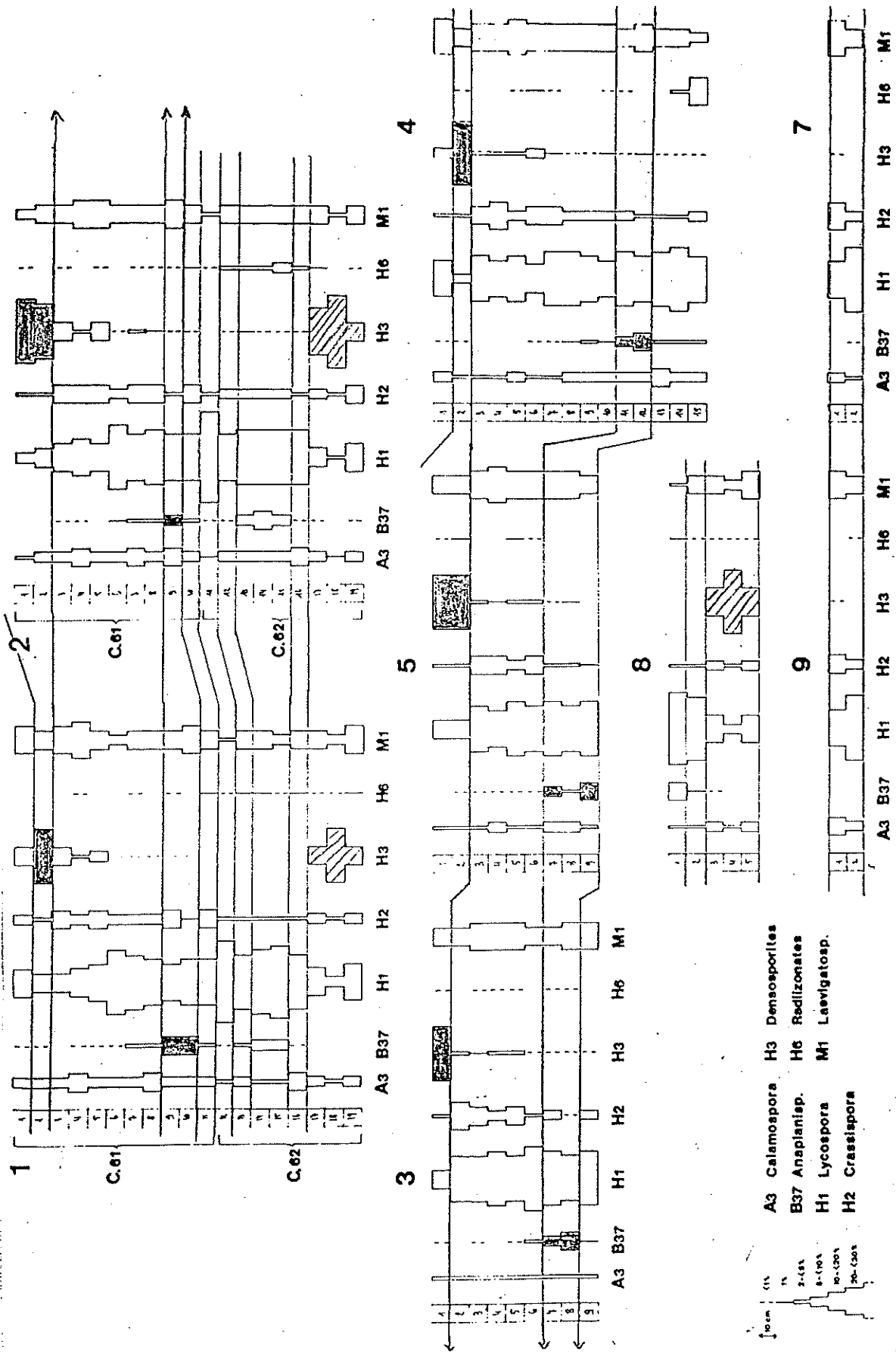
Van Wijhe & Bless (1974) adopted an environmental model for the Westphalian of northwestern Europe (fig. 45) that assumes a vast sedimentary basin with an extremely low relief. In such a situation sea level fluctuations could effect important parts of the depositional area. The progressive withdrawal



Environmental model for the Westphalian in northwestern Europe. Idealized relationship between sedimentary facies and vegetational pattern, in time and space. Different vegetation types are indicated by some characteristic microspore genera. Of course, these were not restricted to the indicated areas and time. (From Van Wijhe & Bless, 1974.)

Fig. 26

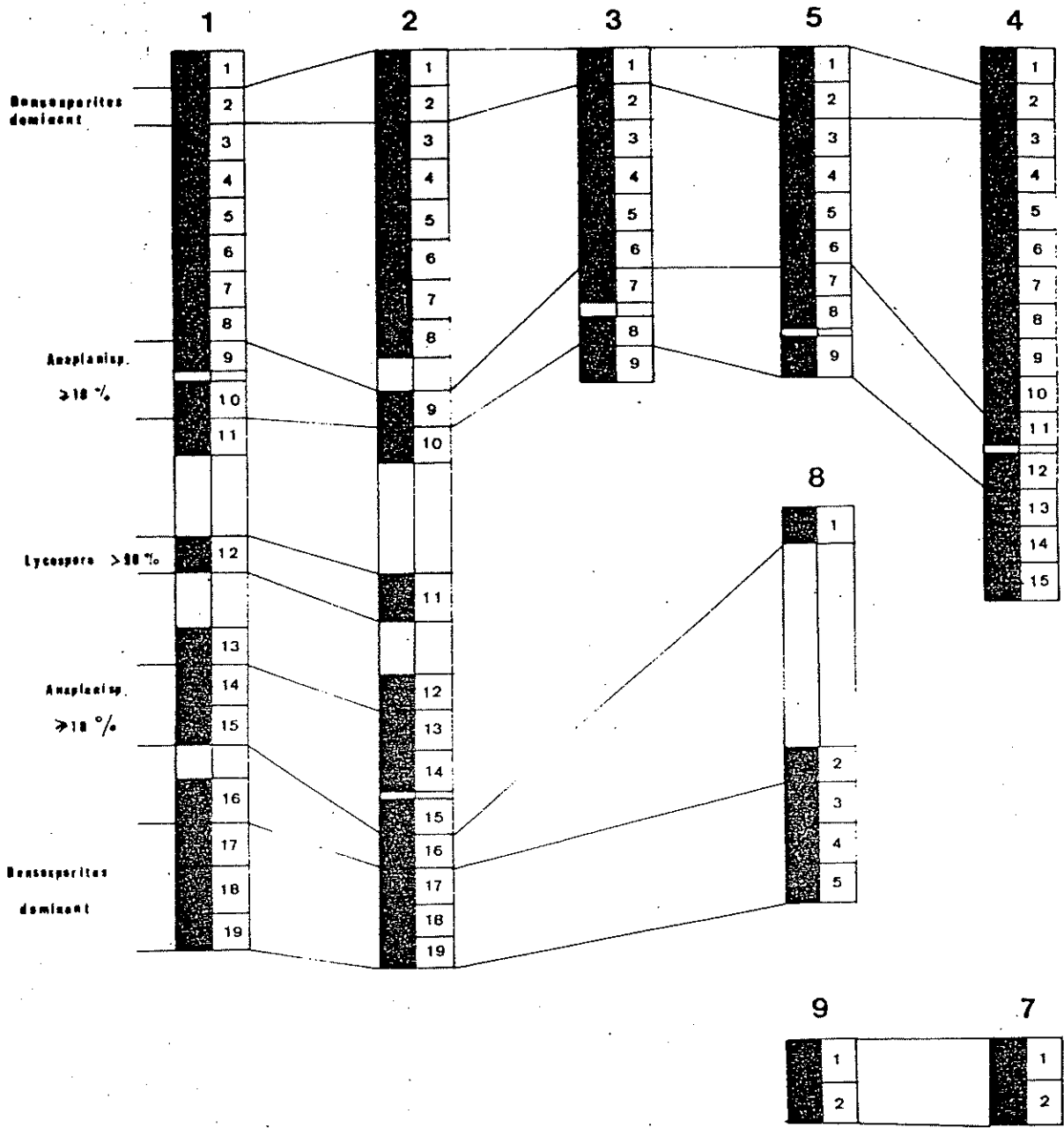
ex. BLESS et al.



COMPOSITION PALYNOLOGIQUE DES COUCHES 61 ET 62 DE BERINGEN.

Fig. 27

ex. SOMERS (inédit)

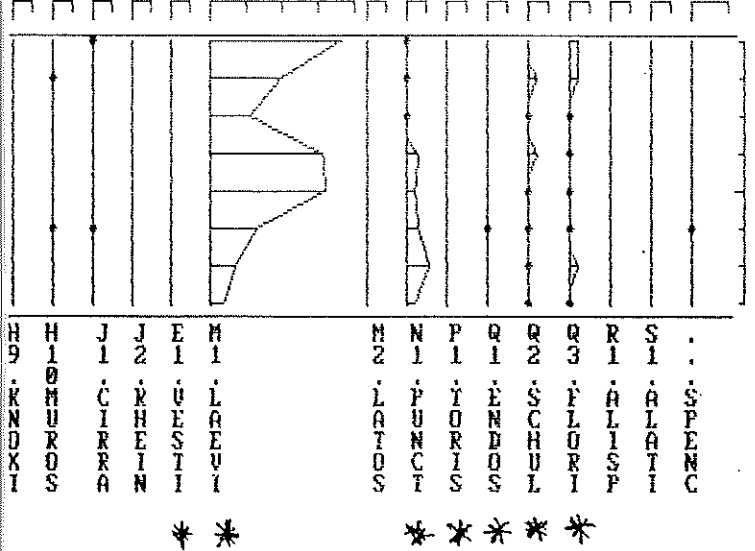
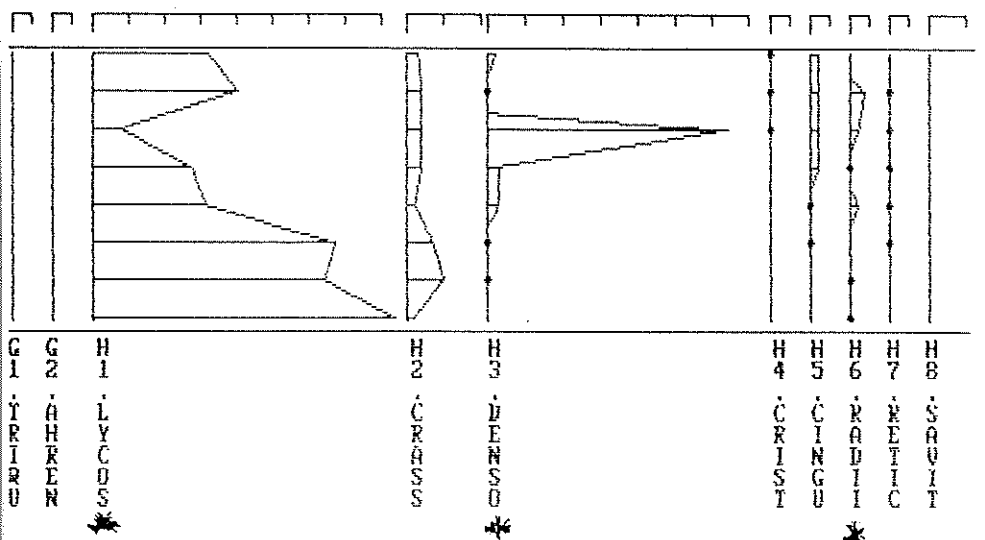
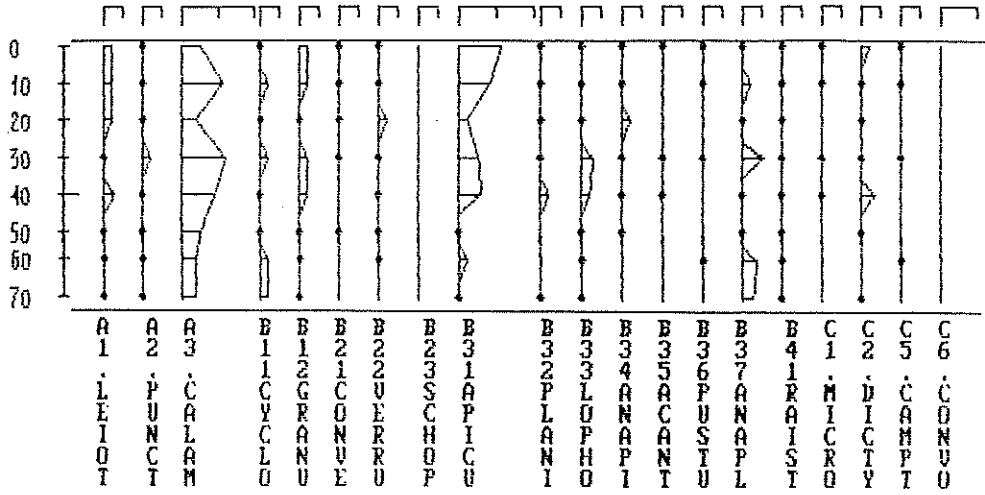


CORRELATIONS ETABLIES ENTRE DIFFERENTS PRELEVEMENTS
DES COUCHES 61-62 DE BERINGEN.

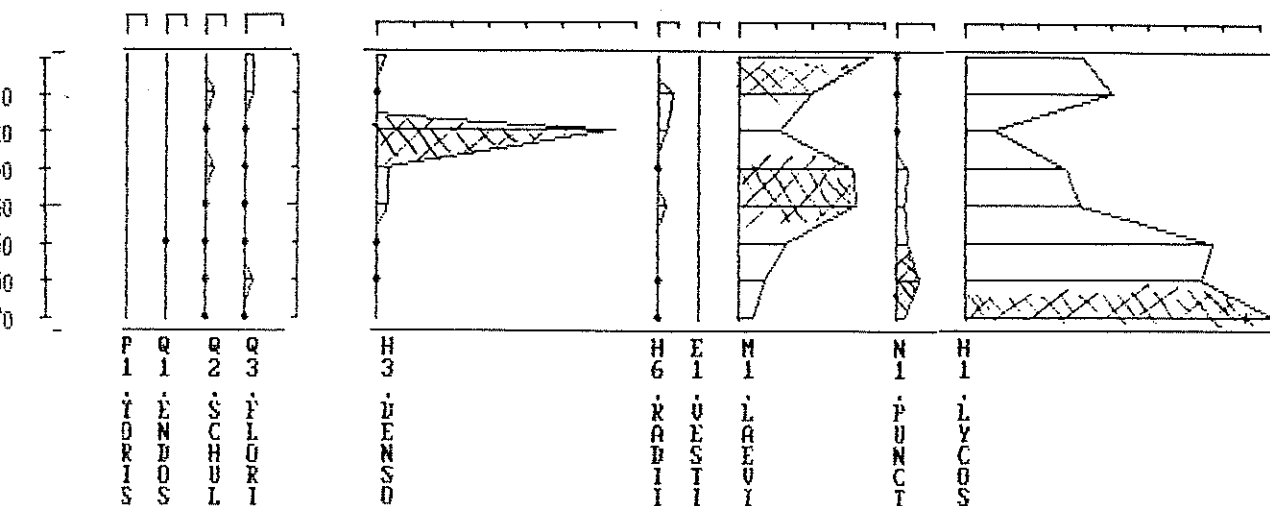
ex. SOMERS (inédit)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 A1.LEIOTR:	1.8	3.6	1.4	0.6	2.2	1.8	1.0	0.4	0.4
2 A2.PUNCTA:	0.6	1.0	0.6	..	0.8	0.4	0.6	0.4	0.2
3 A3.CALAMO:	7.2	4.8	4.4	5.8	6.6	6.2	2.4	2.0	3.2
4 B11CYCLOG:	0.8	1.2	2.6	2.0	1.6	1.6	1.6	1.8	2.4
5 B12GRANUL:	1.2	2.0	1.4	1.8	1.6	1.4	1.2	2.0	1.8
6 B21CONVER:	0.2	0.2	0.2	..	..	..	..	0.2	..
7 B22VERRUC:	0.2	0.4	0.8	0.8	0.6	..	0.4	0.2	0.8
8 B23SCHOPF:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
9 B31AFICUL:	9.6	2.2	1.6	2.2	3.2	1.4	..	0.2	0.6
10 B32PLANIS:	0.2	..	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2
11 B33LOPHOT:	1.4	1.0	1.2	1.6	0.4	0.2	..	0.2	0.2
12 B34ANAPIC:	0.2	1.0	..	0.6	1.2	0.2	0.6	0.4	0.2
13 B35ACANTH:	..	0.4	0.2	0.2	0.6	0.2	0.2	..	..
14 B36PUSTUL:	0.2	..	..	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	..
15 B37ANAPLA:	0.2	0.6	1.0	1.0	..	..	0.6	0.6	1.6
16 B41RAISTR:	0.2	..	..	..	0.2	0.2	0.2	0.6	..
17 C1.MICROR:	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	..	..	..	..
18 C2.DICTYO:	0.8	0.8	0.6	0.6	1.0	0.2	0.4	..	..
19 C5.CAMPTO:	0.2	..	..	..	..	..	..	0.2	..
20 C6.CONVOL:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
21 G1.TRIGUI:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
22 G2.AHRENS:	0.4	0.2	..	0.2	0.4	..	0.2	0.2	..
23 H1.LYCOSP:	26.2	17.2	12.6	15.6	22.0	52.2	65.0	62.8	67.2
24 H2.CRASSI:	1.8	0.2	1.6	1.4	0.8	3.6	5.0	7.4	4.8
25 H3.DENSOS:	3.6	35.6	45.0	28.4	6.6	1.6	1.4	1.6	0.2
26 H4.CRISTA:	..	0.6	1.2	0.4	..	0.2	..	..	..
27 H5.CINGUL:	0.2	2.4	3.6	2.2	3.2	0.4	..	..	0.2
28 H6.RADIIZ:	0.2	1.2	2.4	0.8	9.8	1.0	..	0.4	..
29 H7.RETICU:	..	0.2	..	..	..	..	0.2	0.2	0.2
30 H8.SAVITR:	..	0.2	..	..	..	..	..	..	..
31 H9.KNOXIS:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
32 H10MUROSP:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
33 J1.CIR RAT:	..	0.2	..	..	..	..	0.6	0.2	..
34 J2.RHEINS:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
35 E1.VESTIS:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
36 M1.LAEVIG:	39.0	20.6	15.4	31.0	34.4	25.4	13.6	9.0	9.8
37 M2.LATOSP:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
38 N1.PUNCTA:	0.6	0.6	0.6	1.2	0.6	1.2	3.2	6.6	4.8
39 P1.TORISP:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
40 Q1.ENDOSP:	0.2	..	..	0.2	..	..	0.2	..	..
41 Q2.SCHULZ:	0.4	0.6	..	..	0.4	..	..	..	0.2
42 Q3.FLORIN:	2.2	0.6	1.2	0.4	1.0	..	1.0	1.8	1.0
43 R1.ALISPO:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
44 S1.ALATIS:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
45 ...SPENCE:	..	..	..	..	..	..	..	..	..
46 ...MICROS:	..	..	..	..	0.2	..	..	..	..
Total Gpl : 100									

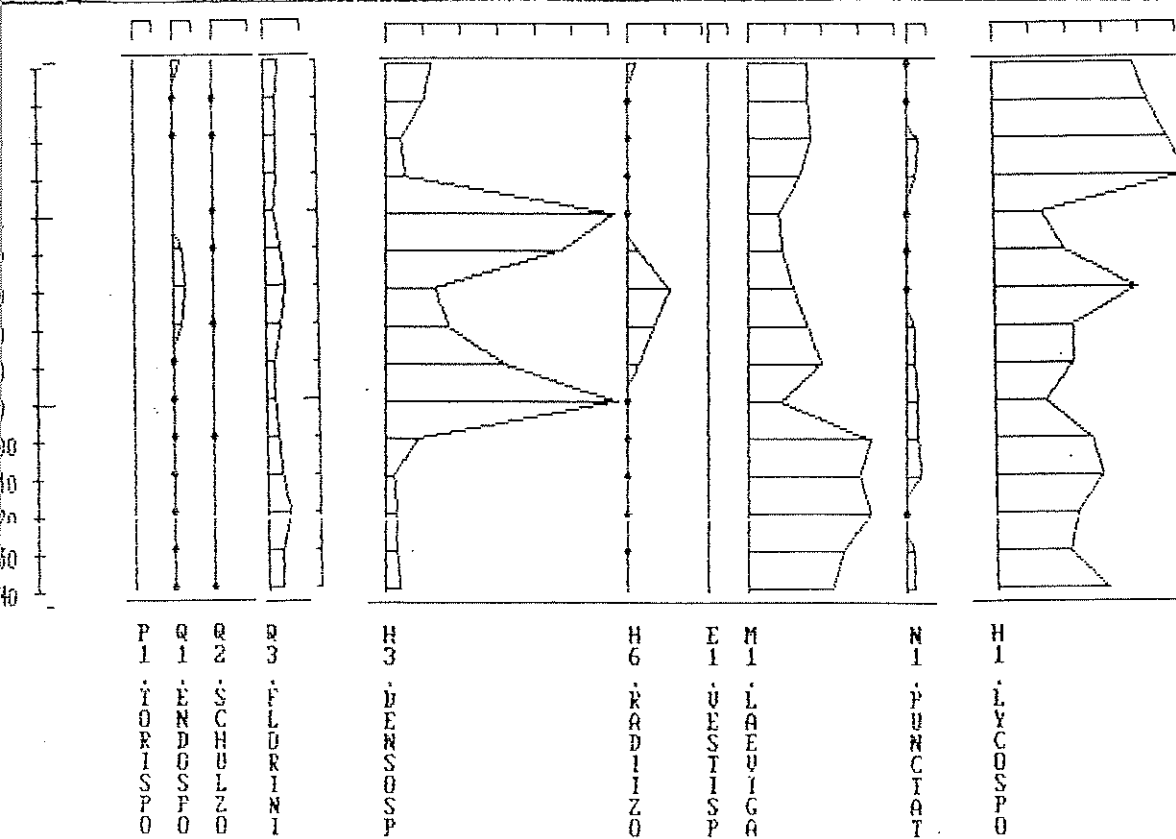
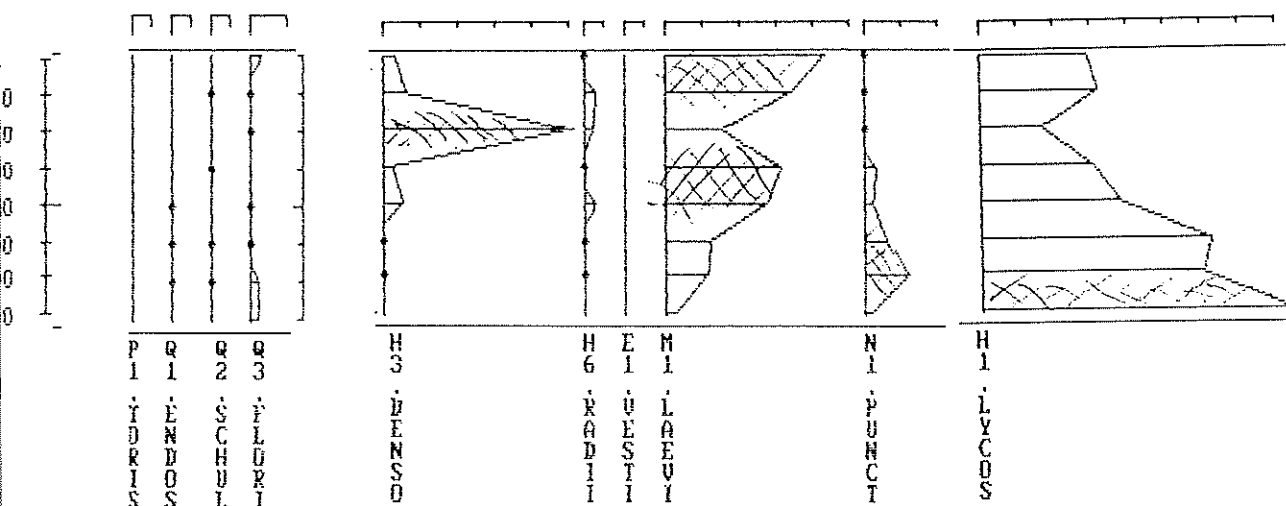
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 A1.LEIOTR:	1.6	1.8	1.0	0.8	2.6	0.8	0.8	0.4
2 A2.PUNCTA:	0.4	0.8	0.4	1.4	0.8	0.6	0.4	0.6
3 A3.CALAMO:	4.8	10.0	3.2	11.4	8.4	4.4	3.4	3.6
4 B11CYCLOG:	0.8	1.6	0.4	1.2	0.6	0.4	1.8	1.2
5 B12GRANUL:	1.0	1.0	0.8	1.8	1.8	0.8	0.8	0.6
6 B21CONVER:	0.2	0.2	0.2	0.2	..	0.2	..	..
7 B22VERRUC:	0.4	0.4	1.0	0.4	0.6	0.4	0.4	..
8 B23SCHOPF:	..	..	..	..	..	..	..	..
9 B31AFICUL:	10.8	7.0	1.4	4.4	5.2	0.4	1.2	0.2
10 B32PLANIS:	0.4	0.6	0.2	0.2	1.0	..	..	0.2
11 B33LOPHOT:	0.8	0.2	0.2	2.0	1.4	0.4	0.2	0.2
12 B34ANAPIC:	0.4	0.8	1.2	0.4	0.8	0.2	..	..
13 B35ACANTH:	0.4	..	..	0.2	0.2	..	..	..
14 B36PUSTUL:	0.4	0.4	..	0.2	..	..	0.2	..
15 B37ANAPLA:	0.2	1.6	0.2	5.2	0.8	0.4	3.6	2.4
16 B41RAISTR:	0.6	0.8	0.2	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2
17 C1.MICROR:	0.2	0.2	..	0.6	0.2	..	..	..
18 C2.DICTYO:	1.8	0.2	0.4	0.4	3.8	0.6	..	0.2
19 C5.CAMPTO:	0.2	0.2	..	0.4	..	..	0.2	..
20 C6.CONVOL:	..	..	..	..	..	..	..	..
21 G1.TRIGUI:	..	..	..	..	..	..	..	..
22 G2.AHRENS:	..	..	..	..	..	..	..	..
23 H1.LYCOSP:	31.2	39.8	7.8	26.4	30.2	66.2	63.2	82.8
24 H2.CRASSI:	2.6	3.6	3.0	3.4	1.8	6.8	9.6	1.6
25 H3.DENSOS:	1.6	0.2	63.4	2.6	2.0	0.6	0.2	..
26 H4.CRISTA:	0.2	0.4	0.2	..	..	..	..	..
27 H5.CINGUL:	1.2	1.6	1.4	1.6	0.8	0.4	..	..
28 H6.RADIIZ:	..	3.8	1.6	0.8	1.8	..	0.2	0.2
29 H7.RETICU:	..	0.4	0.2	0.2	0.2	..	..	..
30 H8.SAVITR:	..	..	..	..	..	..	..	..
31 H9.KNOXIS:	..	..	..	..	..	..	..	..
32 H10MUROSP:	..	0.2	..	..	..	0.2	..	..
33 J1.CIR RAT:	0.4	..	..	..	..	0.2	..	..
34 J2.RHEINS:	..	..	..	..	..	..	..	..
35 E1.VESTIS:	..	..	..	..	..	..	..	..
36 M1.LAEVIG:	35.6	19.4	10.0	30.2	31.8	12.2	6.2	3.6
37 M2.LATOSP:	..	..	..	..	..	..	..	..
38 N1.PUNCTA:	0.2	0.2	0.6	2.0	1.4	2.0	5.6	1.2
39 P1.TORISP:	..	..	..	..	..	..	..	..
40 Q1.ENDOSP:	..	..	..	..	..	0.2	..	..
41 Q2.SCHULZ:	..	1.0	0.2	1.0	0.6	0.6	0.2	0.2
42 Q3.FLORIN:	1.6	1.6	0.8	0.4	0.6	0.4	1.2	0.6
43 R1.ALISPO:	..	..	..	..	..	..	..	..
44 S1.ALATIS:	..	..	..	..	..	..	..	..
45 ...SPENCE:	..	..	..	..	..	0.2	..	..
Total Gpl : 100								



01-70A.DAT / 8 sampl. / 04-23-1990 / Gpal-3

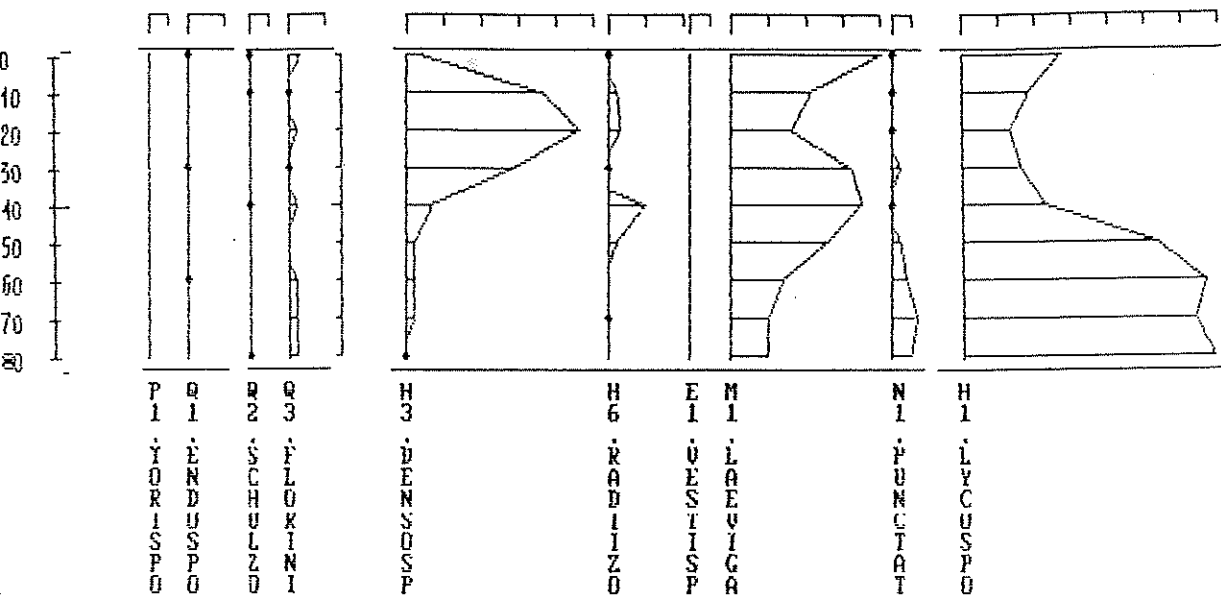


02-70A.DAT / 8 sampl. / 04-24-1990 / Gpal-3



A:1-03-70B.DAT / 15 sampl. / 04-24-1990 / Gpal-3

28/4



4-24-1990*21:30 * Gpal3 * Correlation between ① 02-70A and ② 01-70

-01-70: x-axis
 -02-70A: vertical axis
 Multiplier of symbols: 3
 Levels: 1.41 : 1.24 + 1.05 X 0.84 █ 0.63 █ 0.42 █

Calculation with dynamic variations

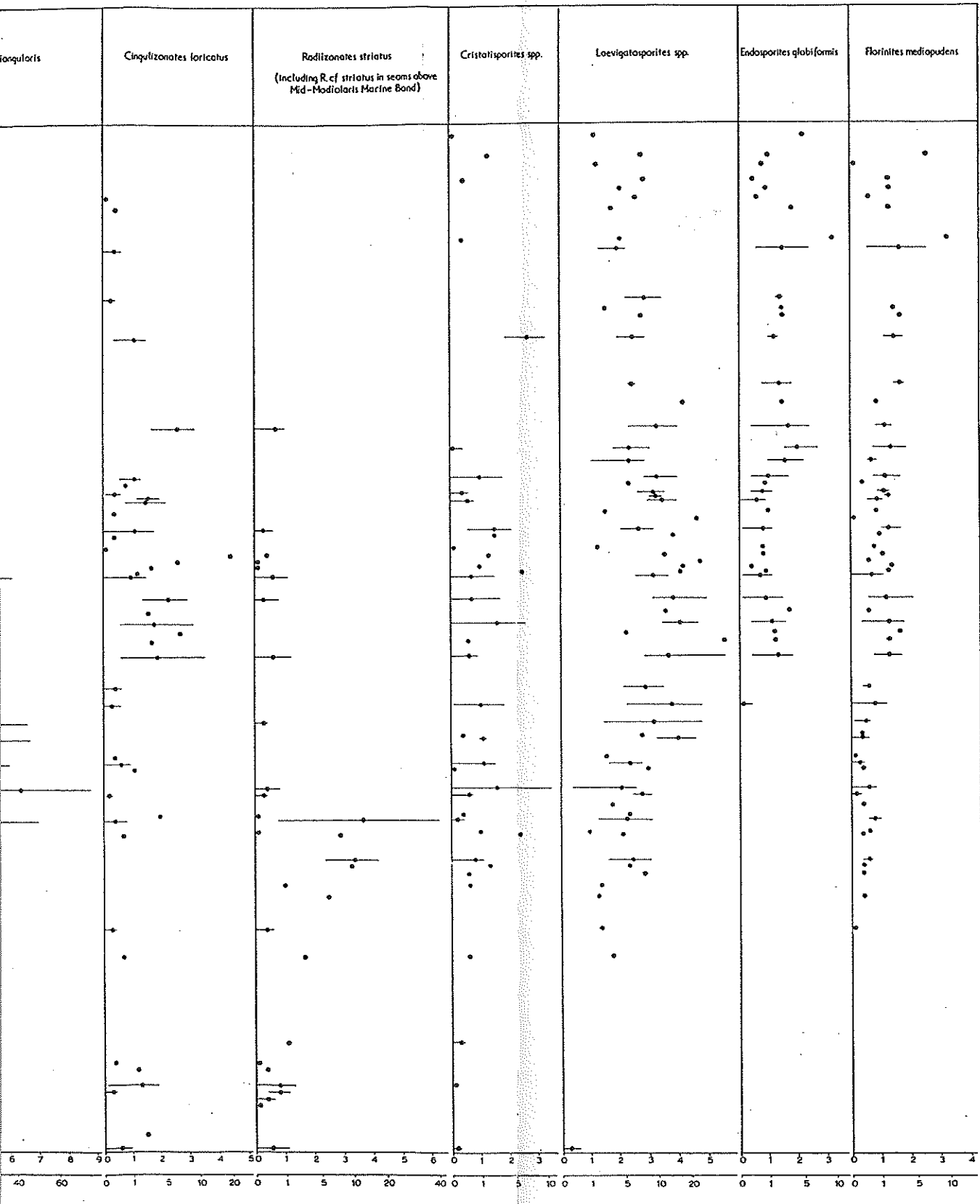
1234567890:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	+ + +	1*	0.27	0.46	1.20	0.77	0.53	0.38	0.64	0.65	0.67
10	+ +	2*	0.27	0.33	1.11	1.06	0.47	0.47	0.64	0.69	0.67
20	:	3*	1.36	0.33	0.19	0.30	0.66	0.69	1.18	0.72	0.73
30		4*	0.36	0.47	1.68	0.74	0.55	0.34	0.49	0.51	0.40
40		5*	0.36	0.83	0.29	0.32	0.33	0.28	0.44	0.51	0.50
50	X	6*	0.64	0.77	0.86	0.82	0.71	0.41	0.27	0.28	0.33
60	X	7*	0.68	0.88	0.78	0.83	0.64	0.43	0.42	0.33	0.33
70	X + X	8*	0.87	1.46	1.23	1.70	0.85	0.34	0.37	0.56	0.50

= 2.58/9
= 0.286

4-25-1990*16:56 * Gpal3 * Correlation between ① 03-70B and ② 01-70

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0		1*	0.49	0.62	0.47	0.40	0.50	0.36	0.50	0.43	0.41	
10		2*	0.74	0.77	0.39	0.38	0.46	0.48	0.55	0.41	0.50	
20		3*	0.39	0.76	0.56	0.51	0.42	0.29	0.35	0.29	0.34	
30	:	4*	0.39	0.42	1.33	1.10	0.63	0.33	0.45	0.37	0.44	
40		5*	1.42	0.44	0.34	0.46	0.63	0.81	1.43	0.76	0.80	
50		6*	1.78	0.45	0.24	0.31	0.70	0.79	1.05	0.69	0.76	
60		7*	0.78	0.62	1.17	0.78	0.62	0.81	0.79	0.70	0.88	
70		8*	0.68	0.51	0.57	0.67	0.72	0.79	0.86	0.66	0.87	
80		9*	0.34	0.22	0.36	0.36	0.90	0.61	0.60	0.75	0.80	
90		10*	1.82	0.50	0.29	0.30	0.97	0.89	1.29	0.67	0.74	
100		11*	0.46	0.85	0.52	0.28	0.38	0.40	0.63	0.60	0.60	
110		12*	0.45	0.64	0.89	0.63	0.57	0.47	0.48	0.63	0.64	
120		13*	0.36	0.64	0.92	0.62	0.56	0.38	0.53	0.58	0.63	
130		14*	0.56	0.67	0.83	0.69	0.62	0.52	0.66	0.39	0.45	
140		15*	0.45	0.69	0.75	0.70	0.72	0.46	0.61	0.47	0.48	

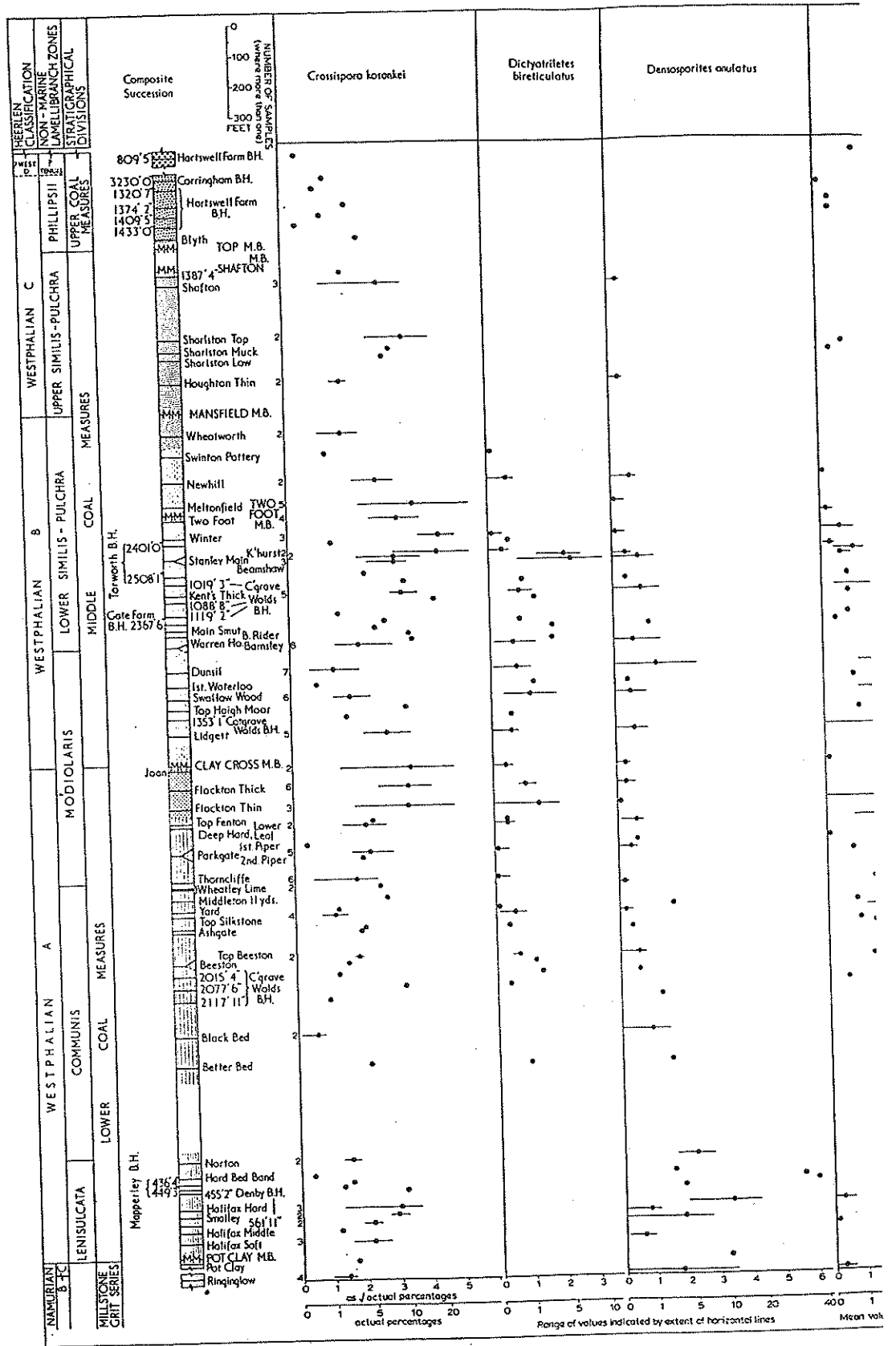
3.21/9
= 0.356



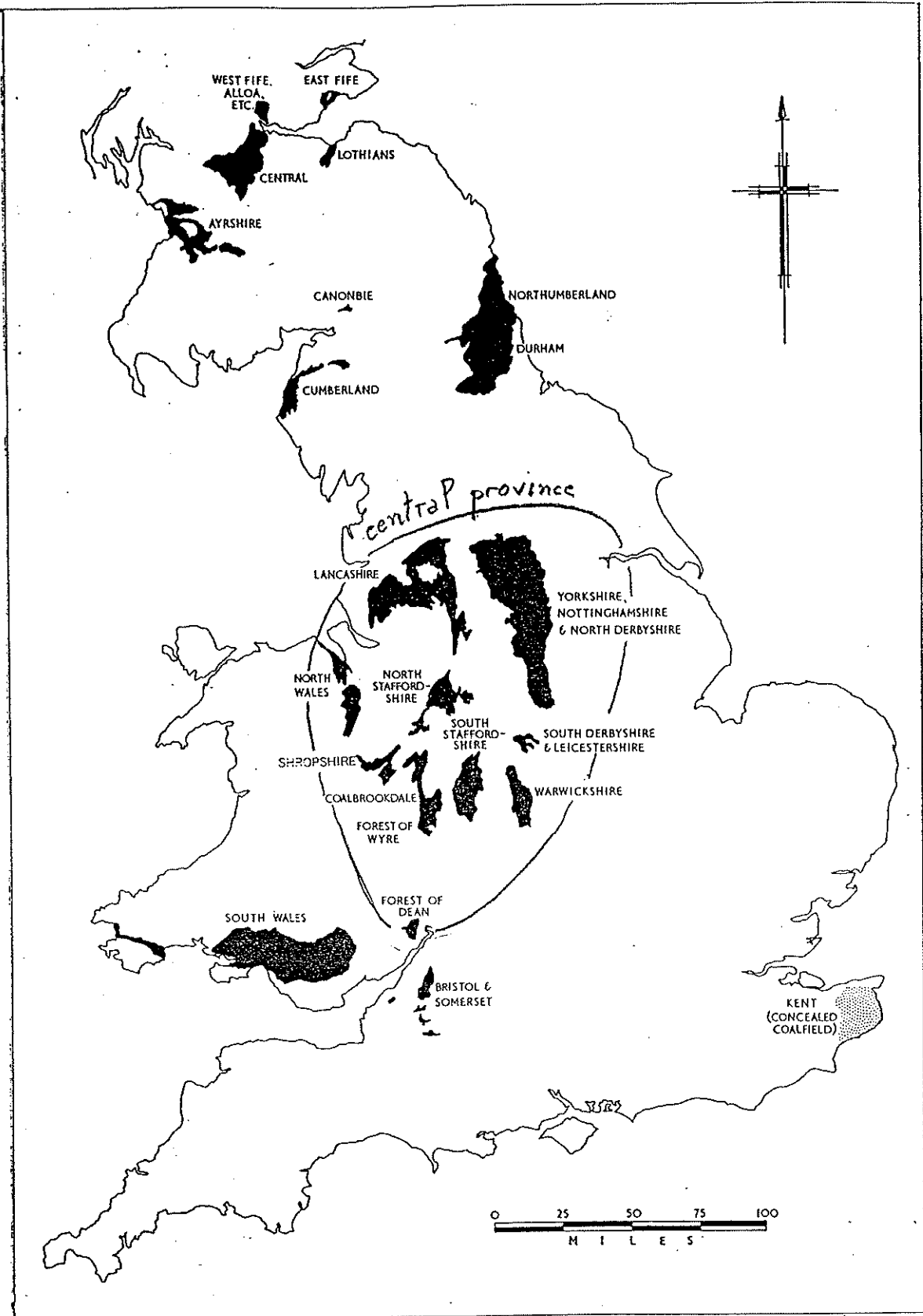
in certain seams of the Yorkshire and Nottinghamshire Coalfields.

et BUTTERWORTH 1967

Fig. 29

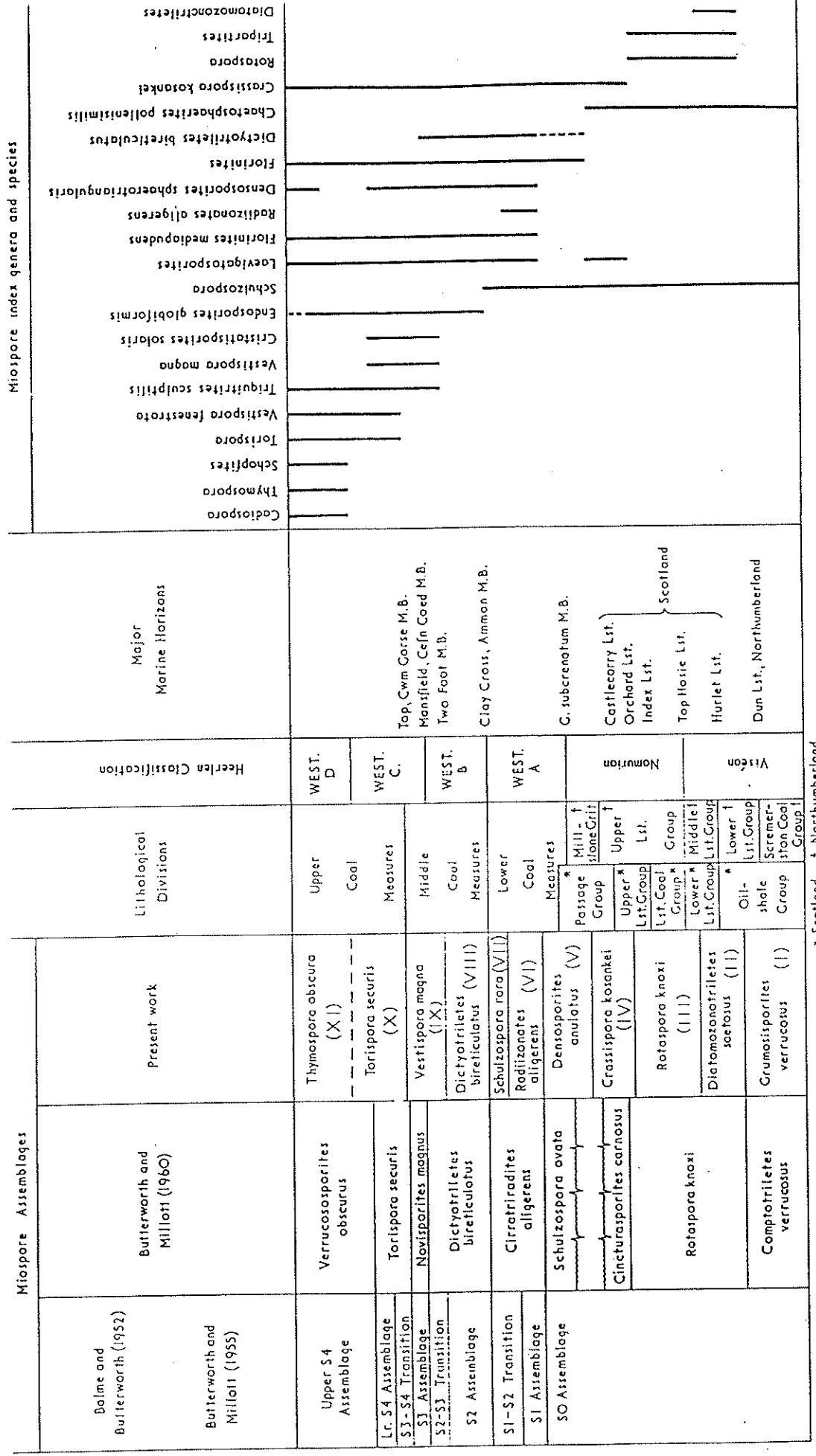


Frequencies of selected m



The coalfields of Great Britain

ex. SMITH et BUTTERWORTH 1967

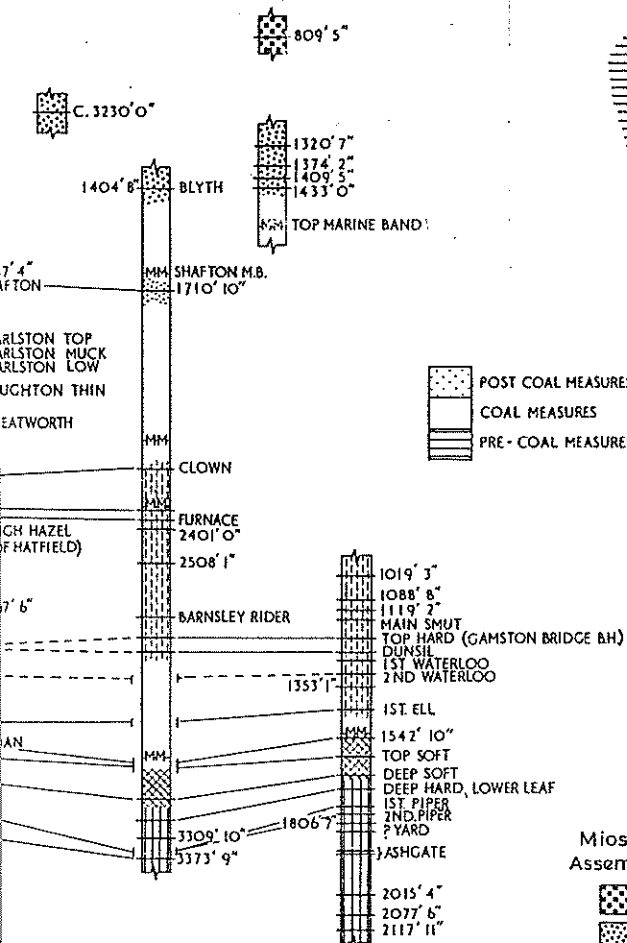


Boundaries of the miospore Assemblages and the ranges of index genera and species

ex. SMITH et BUTTERWORTH 1967

Fig. 31

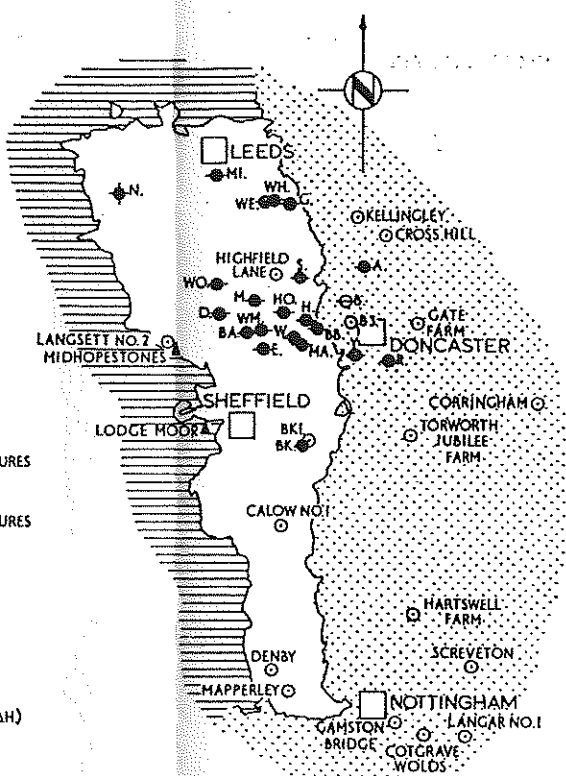
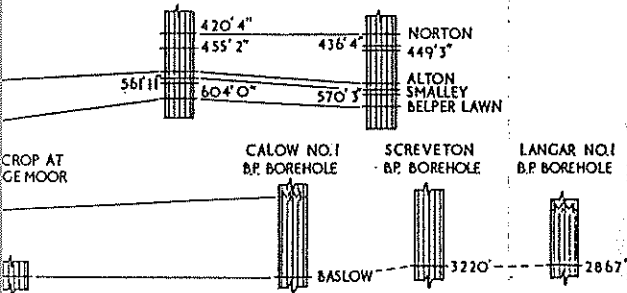
CORRINGHAM TORWORTH HARTSWELL COTGRAVE
BOREHOLE JUBILEE FARM WOLDS &
BOREHOLE BOREHOLE GAMSTON
BRIDGE
BOREHOLES



POST COAL MEASURES
COAL MEASURES
PRE-COAL MEASURES

Miospore Assemblages

[Pattern]	XI
[Pattern]	X
[Pattern]	IX
[Pattern]	VIII
[Pattern]	VII
[Pattern]	VI
[Pattern]	V



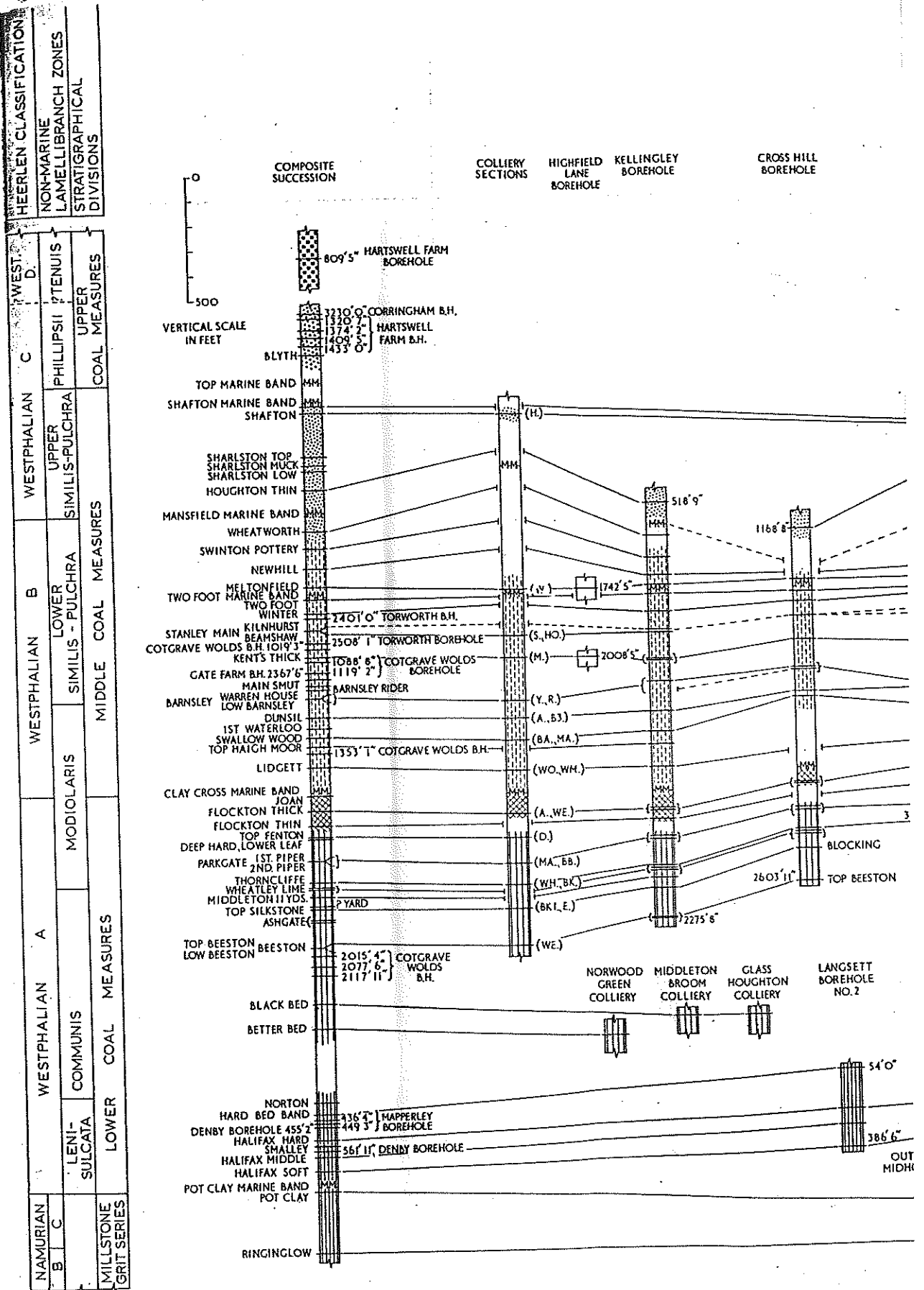
⊕ COLLIERY SHAFT
○ SOURCE OF SAMPLES
● COLLIERY
◆ COLLIERY (ABANDONED)
○ BOREHOLE
▲ OUTCROP

0 5 10 15
MILES

Key to Colliery letters

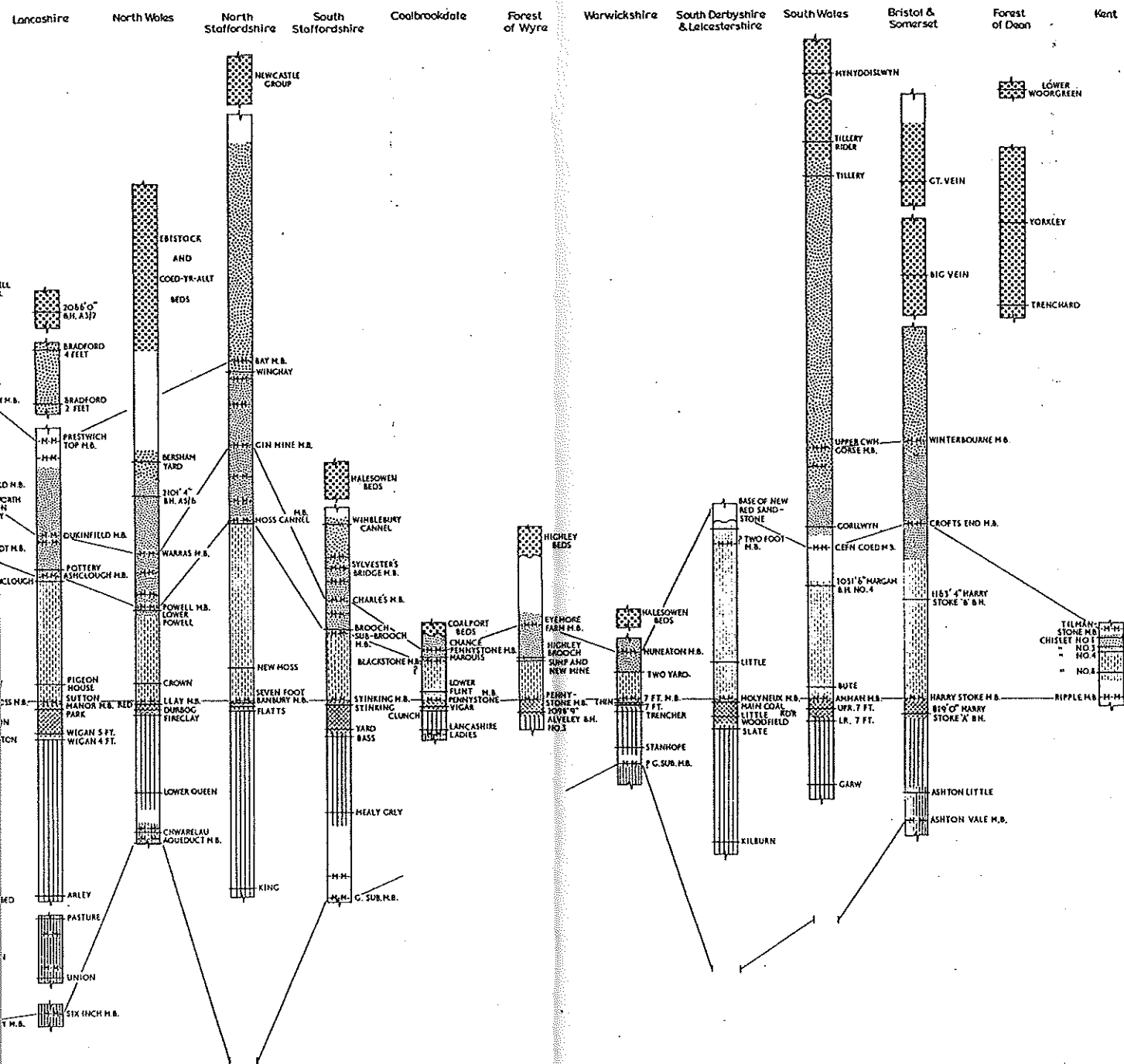
- A ASKERN MAIN
- B. BRODSWORTH MAIN
- B.3 BRODSWORTH MAIN, UNDERGROUND BOREHOLE NO.3
- BA. BARROW
- BB. BARNBURGH MAIN
- BK. BROOKHOUSE
- BKI. BROOKHOUSE UNDERGROUND BOREHOLE NO.1
- D. DODWORTH
- E. ELSECAR MAIN
- G. GLASS HOUGHTON
- H. HIGHTATE
- HO. HOUGHTON MAIN
- M. MONK BRETTON
- MA. MANVERS MAIN
- MI. MIDDLETON BROOM
- N. NORWOOD GREEN
- R. ROSSINGTON MAIN
- S. SOUTH KIRKBY
- W. WATH MAIN
- WE. WEST RIDING
- WH. WHITWOOD
- WM. WOMBWELL MAIN
- WO. WOOLLEY
- Y. YORKSHIRE MAIN

from the Yorkshire and Nottinghamshire Coalfields.



TEXT-FIG. 29. Locations of samples and sequences of seams

ex. SMITH

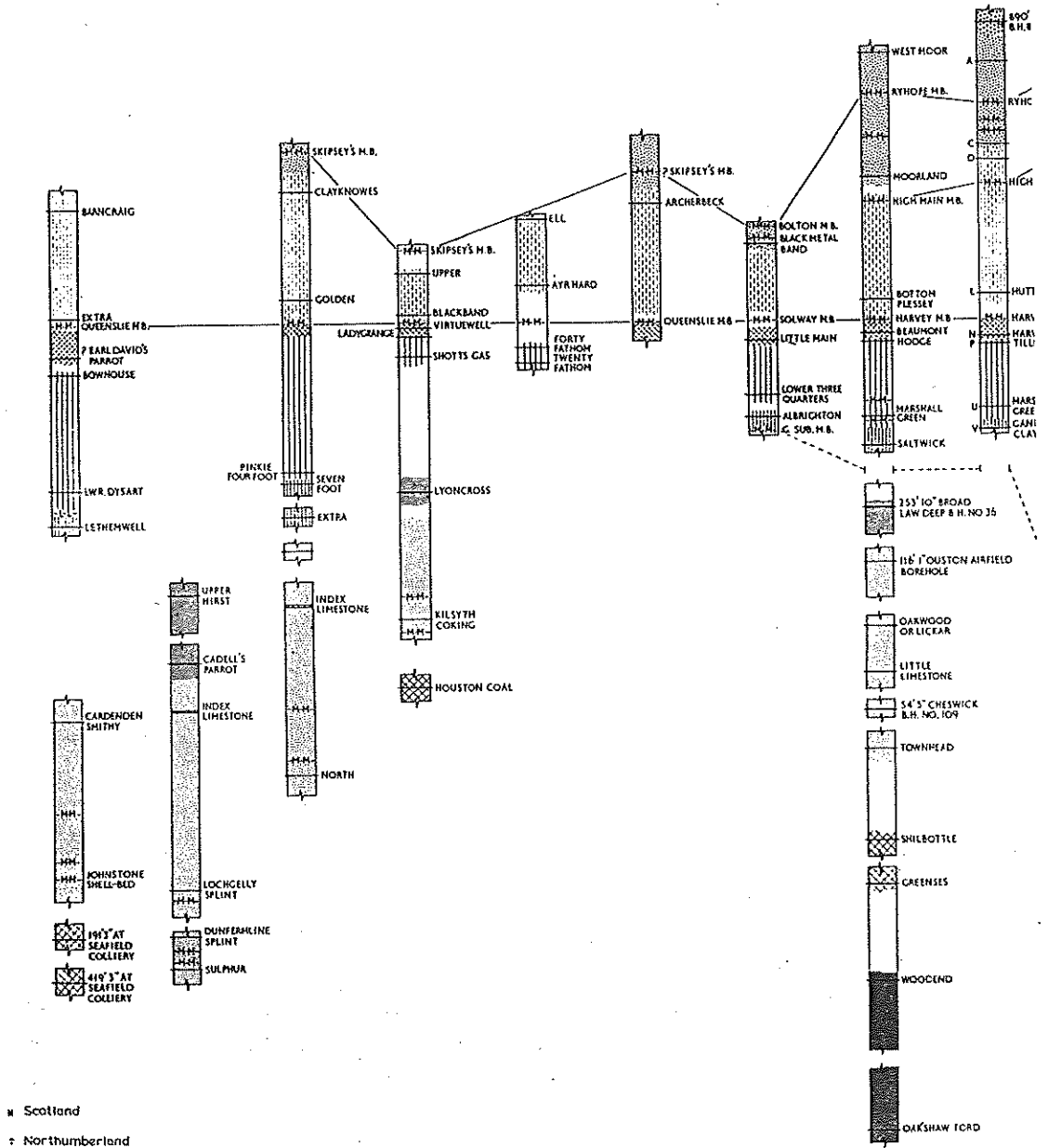


in the different coalfields based on the composite sections.

BUTTERWORTH 1967

Fig. 33

HEERLEN CLASSIFICATION		STRATIGRAPHICAL DIVISIONS		MIOPORE ASSEMBLAGES	
WESTPHALIAN D		UPPER COAL MEASURES		THYKOSPOA ONCURA	
WESTPHALIAN C		MIDDLE COAL MEASURES		TOTISPOA SECURIS	
WESTPHALIAN B		LOWER COAL MEASURES		VESTISPOA HICHA	
WESTPHALIAN A		LOWER COAL MEASURES		DICTYOTRILETES BIRICULATUS	
NAMURIAN		LOWER COAL MEASURES		SCHIZO-SPOA PARVA	
VISEAN		LOWER COAL MEASURES		RADIOLINATES ALICERENS	
VISEAN		LOWER COAL MEASURES		DENSOPORITES ANULATUS	
VISEAN		LOWER COAL MEASURES		CRASSISPOA ROSANKEI	
VISEAN		LOWER COAL MEASURES		KOTASPOA KNOKI	
VISEAN		LOWER COAL MEASURES		DIATYHOZONO-TRILETES SHELDONI	
VISEAN		LOWER COAL MEASURES		CRASSISPOA SPORITES YEMUCOSUS	



Comparison of miospore Assemblage

Depth (m)	<i>Boreia Democarpocina</i>	<i>Saxifraga lycopodiifera</i>	<i>Reticularia floribunda</i>	<i>Vaccinium obtusum</i>	<i>Vaccinium pseudoreticulatum</i>	<i>Trichopterites aculeatus</i>	<i>Endoparites globiformis</i>	<i>Vaccinium magna</i>	<i>Cruciatoparites ezaris</i>	<i>Florinites junior</i>	<i>Punctatoparites graminifera</i>	<i>Tortipora securis</i>	<i>Vaccinium fenestratum</i>	<i>Lanuginosporites parvum</i>	<i>Alveoloparites garckii</i>	<i>Reticularia tenuis</i>	<i>Dactylotriplax bivescens</i>	<i>Sommatoparites</i> sp.	<i>Cinnamomites nativus</i>	<i>Cinnamomites flabelliformis</i>	<i>Retripterites superba</i>	<i>Trichopterites amplexatus</i>	<i>Trichopterites velutinus</i>	<i>Calamopterites</i> sp.
1095,90																								
1099,40	X																							
1102																								
1112	X																							
1120,90																								
1125,20	X	X	X	X																				
1137,70	X	X	X	X																				
1145																								
1165																								
1178	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1187	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1189	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1197	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1210	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1226	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1231	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1231,25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1243	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1256	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1263	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1281,70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1301,50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

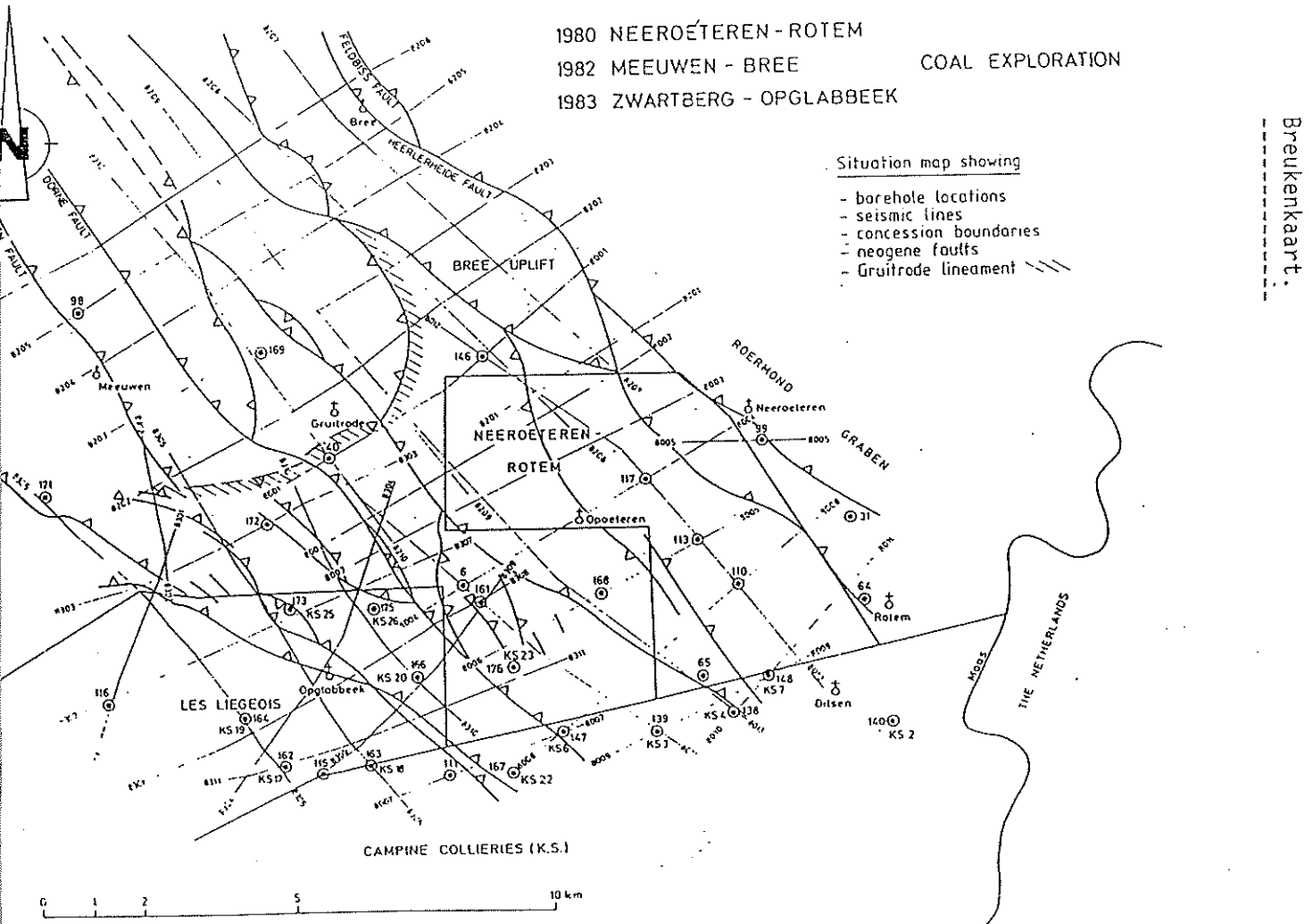
Palynologie

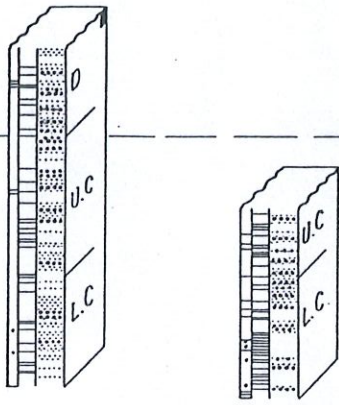
3.3.2. Palynologie

In het Steenkoolterrein van boring 169 werden 22 niveaus bemonsterd, normaal overeenkomend met het dak van de steenkoollagen. Hiervan heeft slechts het bovenste niveau geen sporen opgeleverd. De verdeling van de meest karakteristieke sporen is hernomen op tabel 2.

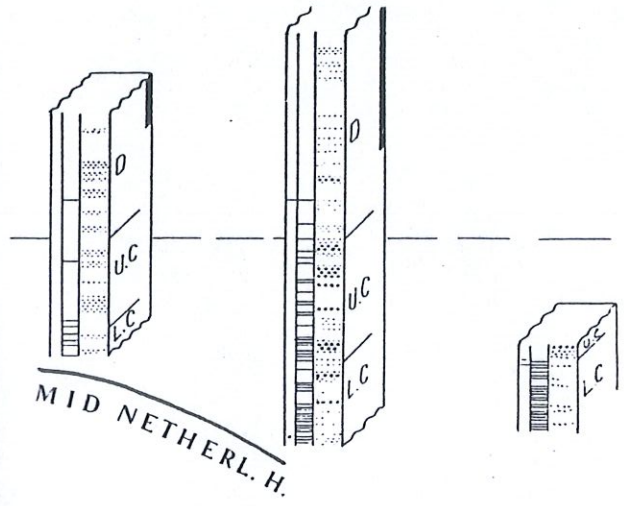
Merkwaardig is het voorkomen van twee geremaneerde Devoonsporen op 1301,50 m (*Reticularia lepidophyta* en *Retuso triletes* sp.).

De grens GS/SF (*P. granifer-T. sculptilis/T. securis-V. fenestrata*) ligt tussen 1243 m (L. 17b) en 1256 m (L. 18), overeenkomend met de basis van de SC4 sporozone (Somers, 1971). Deze grens ligt steeds bij de top Odin zandsteen horizon, zelf 75 tot 125 m boven de tonstein Hibelung gelegen, en bevestigt de korrelaties op basis van boorgatmetingen. Een meer uitgebreide palynologische studie van het Westphaliaan C-D in het Kempens Bekken is in voorbereiding.





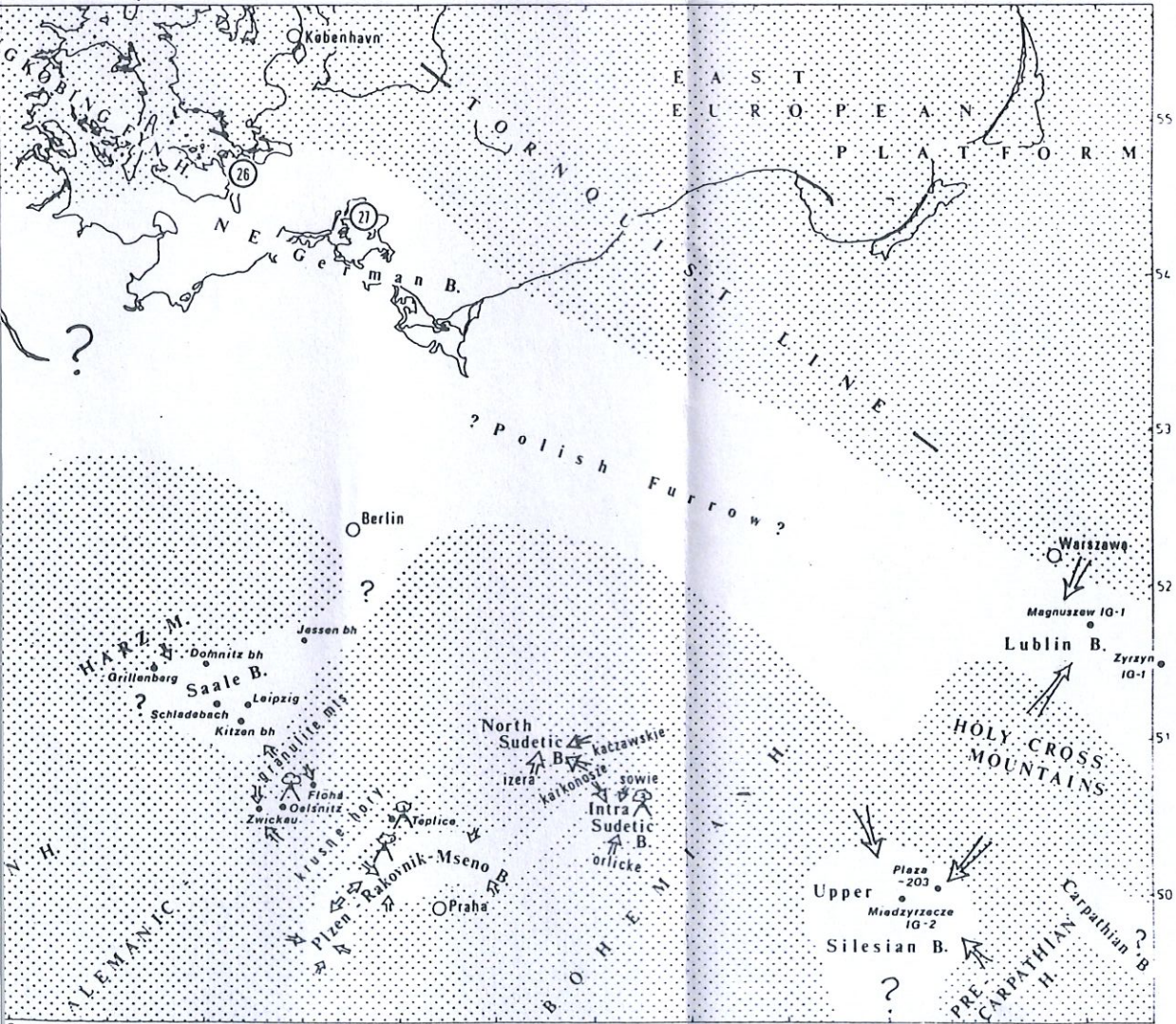
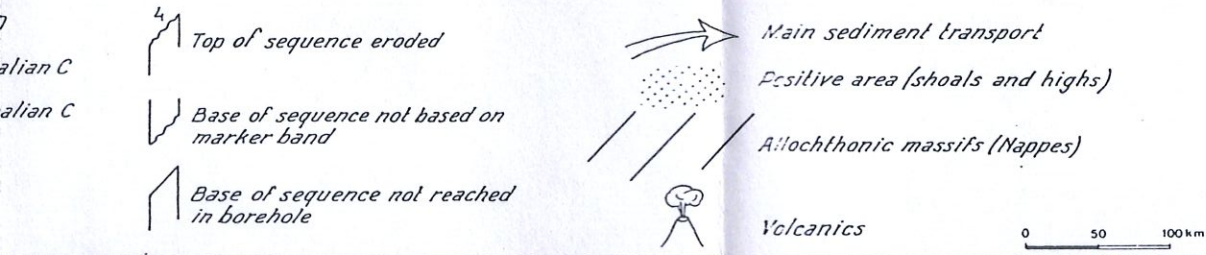
Z1 Ibbenbüren Lippermulde



Tubbergen-8 MID NETHERL. H. Norddeutschland-8 Hoya-Z1

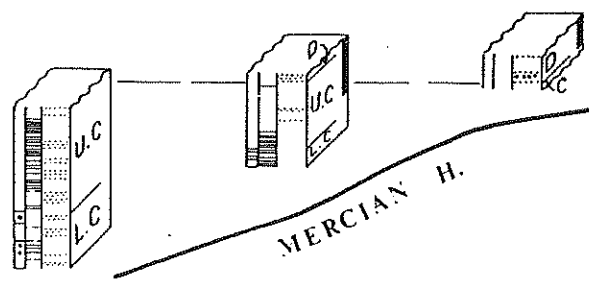
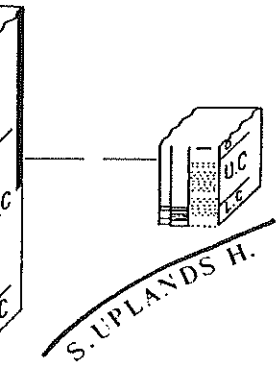
GERMAN

BASIN



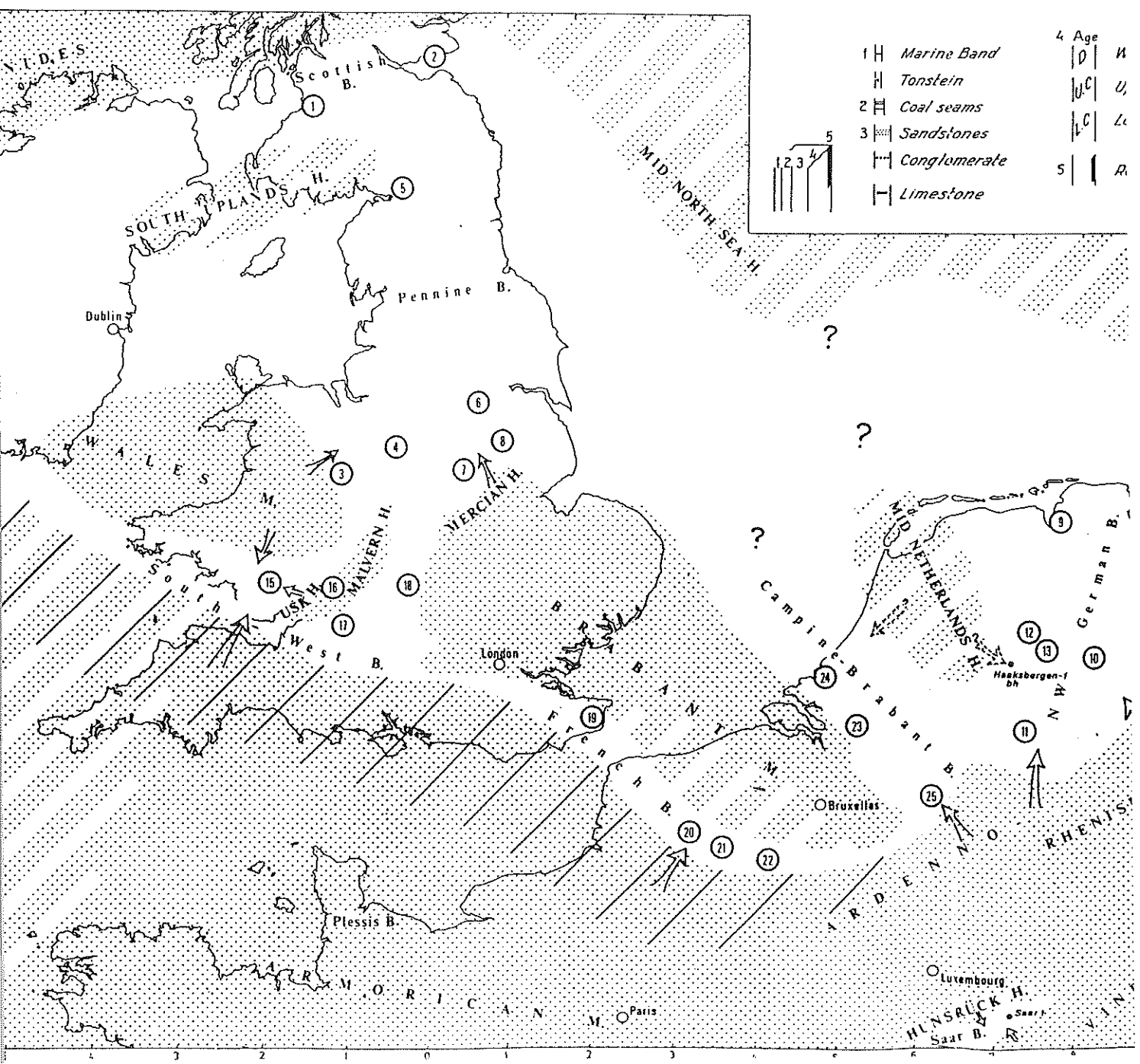
ex. BLESS et al. 1977

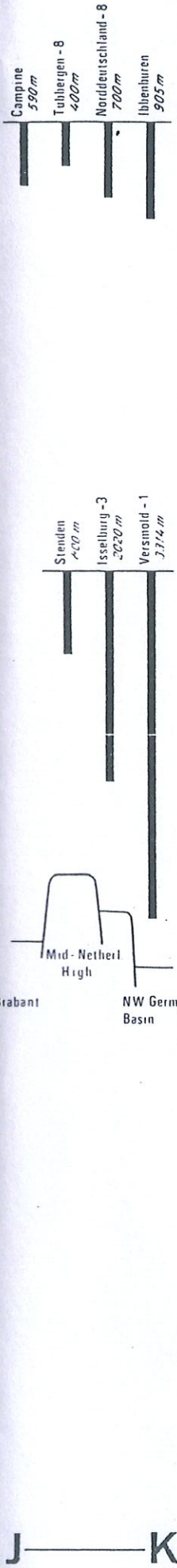
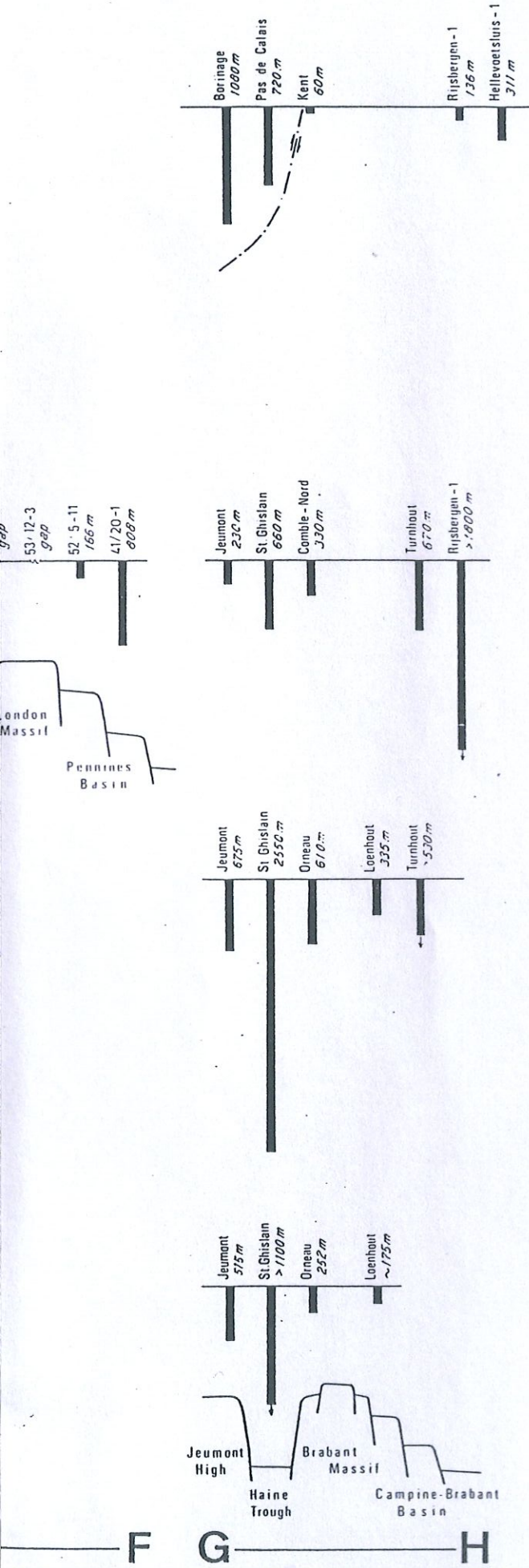
Fig 36



rdshire Canonbie Doncaster (Yorkshire) Nottingham Doddington Gi

I N E B A S I N ↑

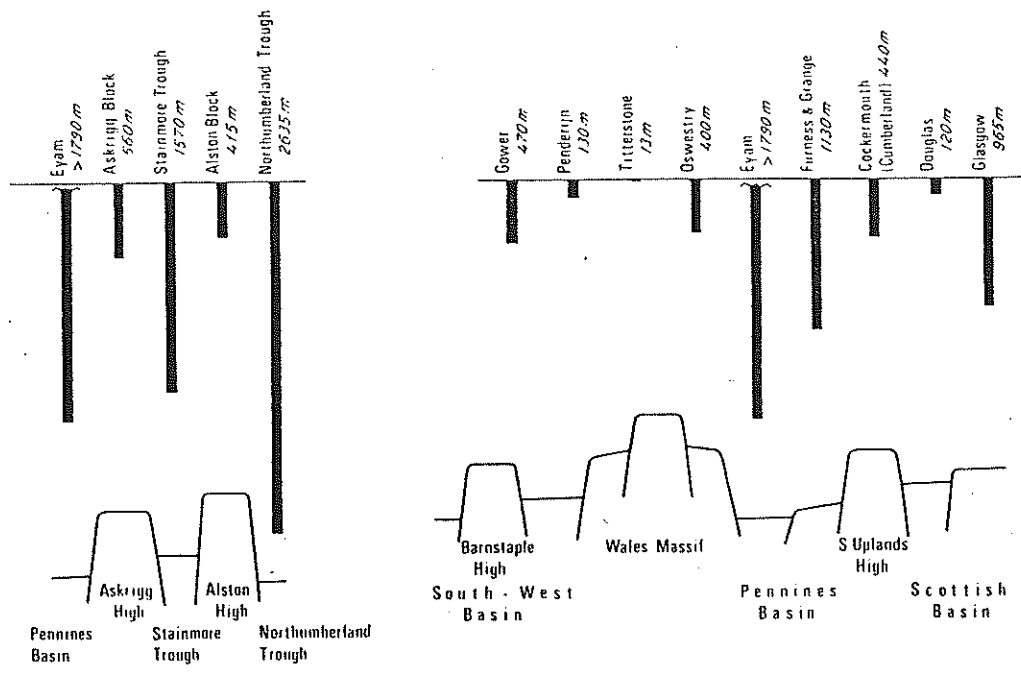
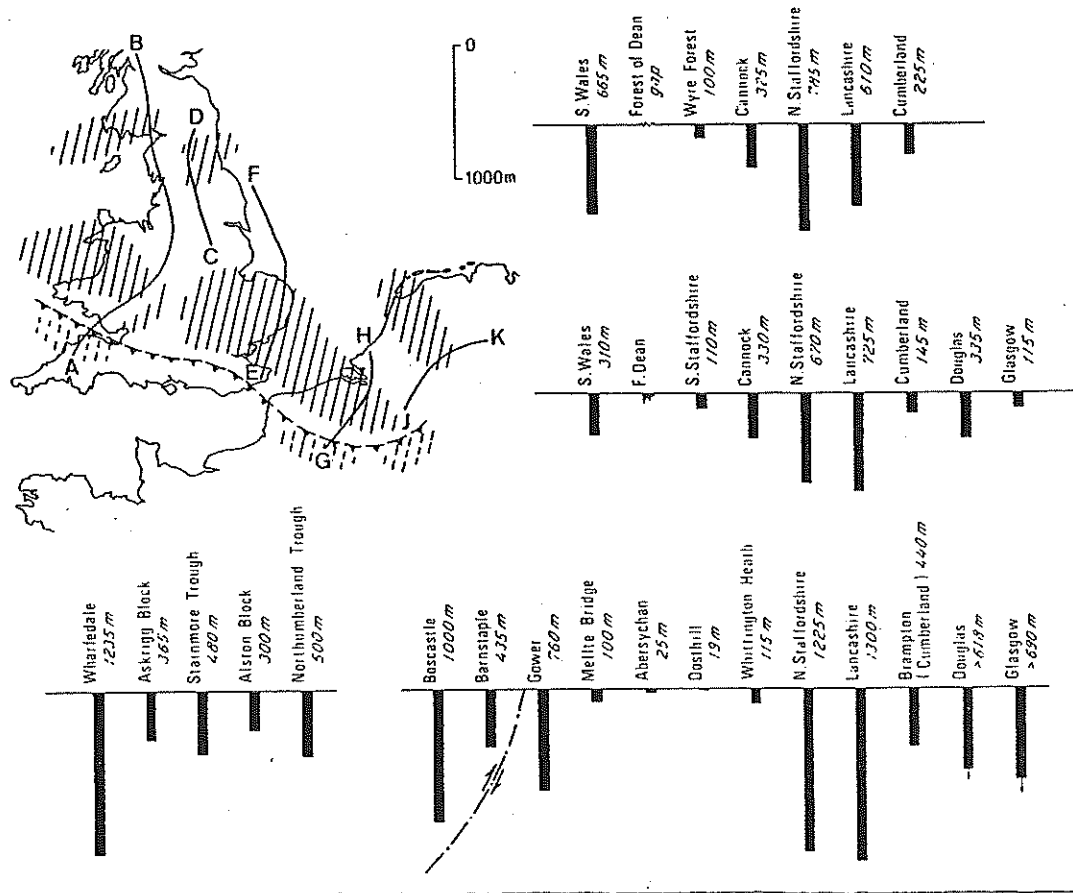




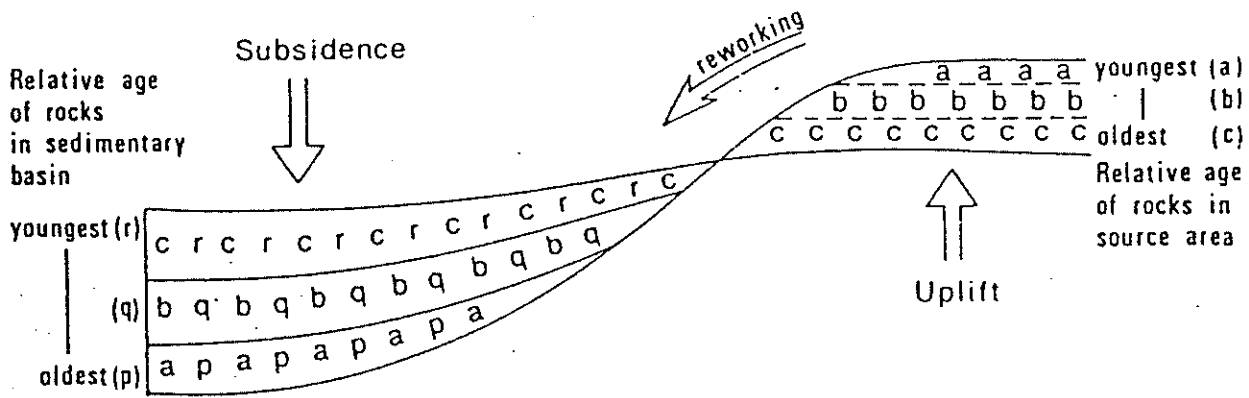
WESTPH. C | WESTPH. A | NAMURIAN | DINANTIAN | U. DEVONIAN

Fig. 37

Variation in thickness of Upper Devonian and Carboniferous deposits in NW Europe. Note persistent pattern of areas with respectively high and low rates or relative subsidence.



C ————— D A ————— B

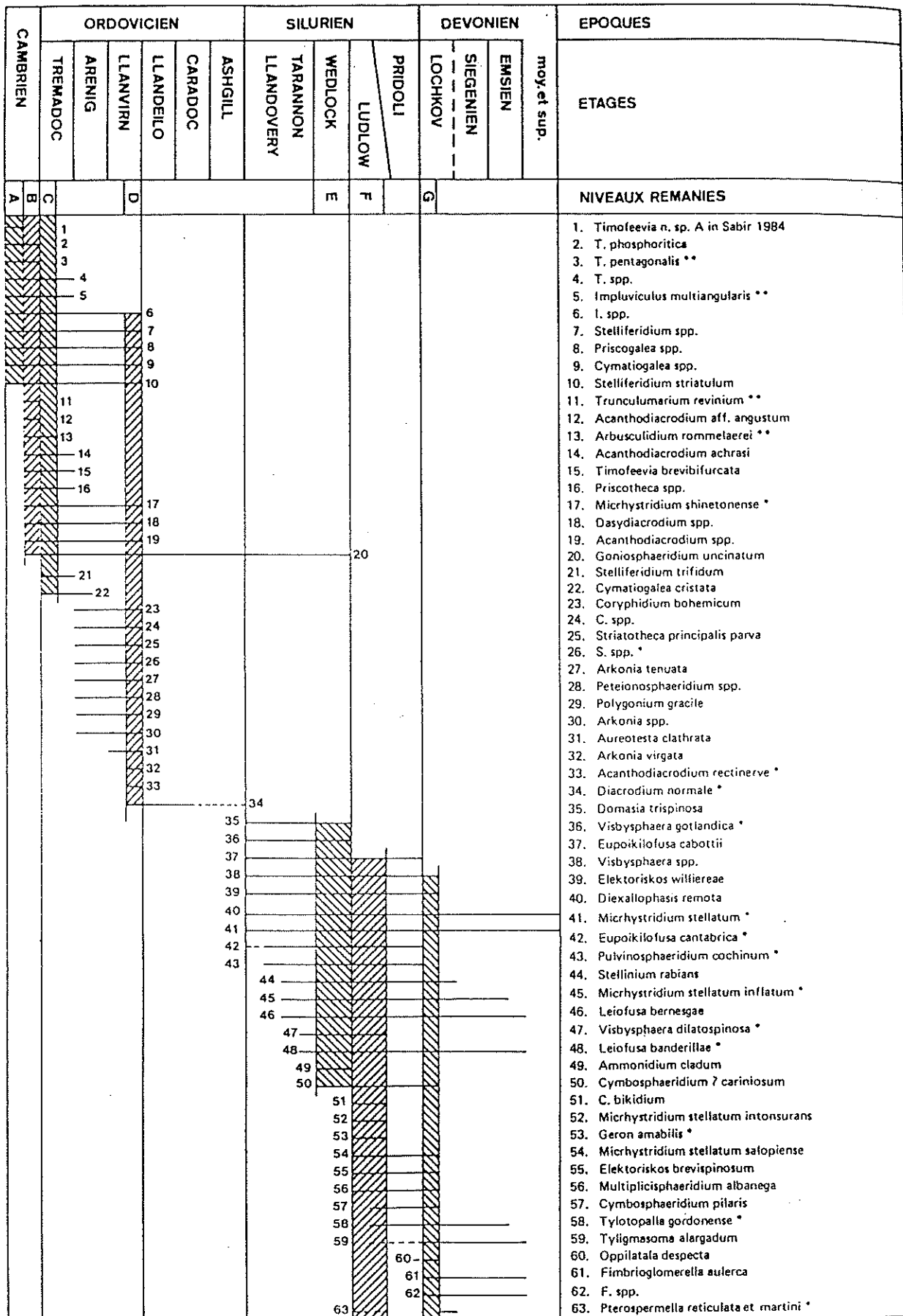


Simplified example of "geological age inversion" of reworked fossils (dated as a, b, c) due to gradually deeper cutting erosion in source area.

ex. STREEL et BLESS 1980

ETAGES	BIOZONES à SPORES		NIVEAUX PROBABLEMENT REMANIÉS	LISTE DES ESPÈCES																		
	DEV. moy. et sup.	AB		Cymatogalea spp.	Visbysphaera spp.	Cymbosphaeridium pilaris	Stelliferidium striatulum	Coryphidium spp.	Stelliferidium spp.	Polygonium gracile	Cymbosphaeridium ? carinosum	Diexallophasis remota	Eupoikilofusa cantabrica	Acanthodiacrodium rectinerve	A. spp.	Arkonina tenuata	Diacrodium normale	Micrhystridium shinetonense	Pulvinosphaeridium cochinum	Striatotheca spp.	Timofeevia phosphoritica	
EMSIEEN.	AB	Su	cf	cf	■	●	●	●	cf	?	cf	cf	cf	cf	cf	?	cf	■	■	■	■	
SIEGENIEN			PoW	Pa	W	Po																
GEDINNIEN	MN	E	●	●	●	●																
		Z																				
		G																				
		Si																				
PRIDOLI	C	R	●																			
		N																				
LUDLOW																						
WENLOCK																						
TARANNON																						
LLANDOVERY																						
ASHGILL																						
CARADOC																						
LLANDEILO																						
LLANVIRN	B																					
ARENIG																						
TREMADOC	A																					
CAMBRIEN																						

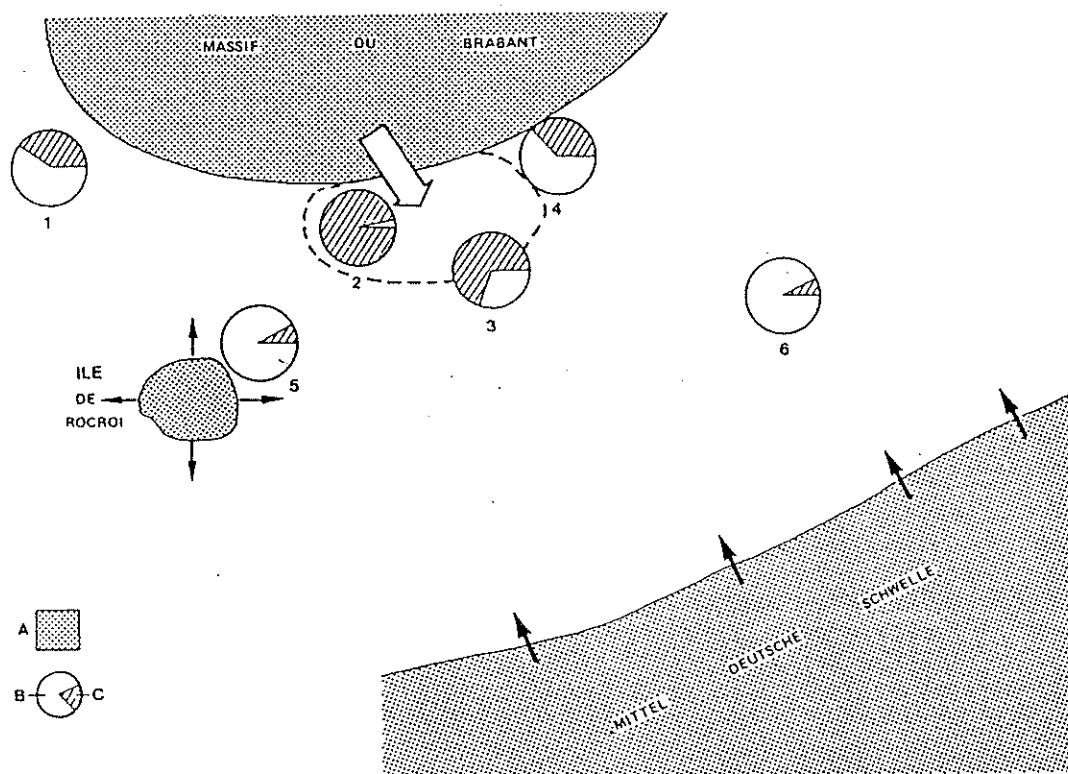
Extensions stratigraphiques et distributions des acritarches remaniés, non ubiquistes dans la vallée de la Pernelle et à la carrière de Lahony.
ronds noirs : échantillons du présent travail; carrés noirs : échantillons étudiés par Vanguetaine (1979).
Les zones hachurées indiquent les niveaux remaniés probables.



Extensions stratigraphiques connues des acritarches non ubiquistes provenant des coupes ardenno-rhénales.

Les zones hachurées indiquent l'âge approximatif des niveaux remaniés.

* : données provenant de Vanguetaine (1979), ** : données provenant de Sabir (1984).




































Représentation paléogéographique du bassin ardenno-rhénan et pourcentages en acritarches remaniés en fonction de leur lieu de dépôt.
 A. aires émergées; B. % en acritarches cambro-ordoviens; C. % en acritarches siluro-dévonien.

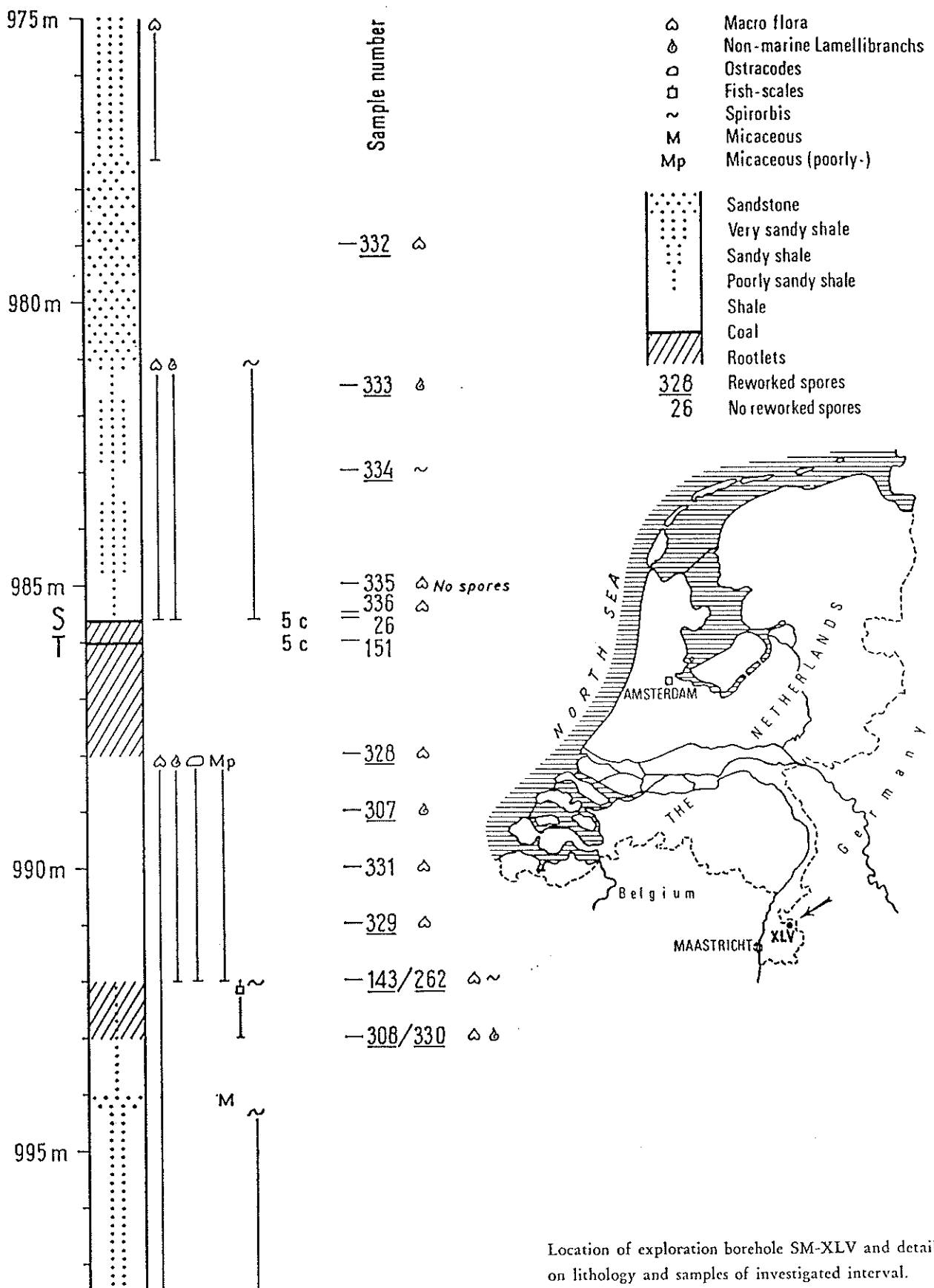
ex. STEEMANS 1986

Geological Time Table

Main orogenic events

Quaternary	Holocene Pleistocene		(Changes of base level) (Glaciations)
Tertiary	Pliocene	) Laramian/ Subhercynian
	Miocene		
	Oligocene		
	Eocene		
	Paleocene		
Cretaceous	Senonian	) Late Kimmerian
	Turonian		
	Cenomanian		
	Albian		
	Aptian		
	Barremian		
	Nemcomian (incl. Wealden)		
Jurassic	Malm	) Early Kimmerian
	Dogger		
	Lias		
Triassic	Rhaet	) Early Kimmerian
	Keuper		
	Muschelkalk		
	Buntsandstein		
Permian	Thuringian	) Early Kimmerian
	Saxonian		
	Autunian		
Carboniferous	Stephanian	) Asturian
	Westphalian		
	Namurian		
	Dinantian		
Devonian	Upper	) Bretonian
	Middle		
	Lower		
Silurian	Ludlovian/Pridolian	) Late Caledonian
	Wenlockian		
	Llandoveryian		
Ordovician			
Cambrian			

Tentative correlation between recorded ages of deposits containing reworked palynomorphs and main orogenic events, as well as glaciations and sea level changes in the Quaternary. (From Streel & Bless, 1980.)



Location of exploration borehole SM-XLV and details on lithology and samples of investigated interval.

