

**Spores du sommet du Dévonien à Langenaubach
(synclinal de la Dill, RFA). Relations entre la conservation des spores,
le pouvoir réflecteur de la vitrinite et des intrusions diabasiques**

Yvonne SOMERS* et Maurice STREEL**

RESUME

Vingt-trois échantillons de schistes répartis sur un profil de 17 m dans une séquence schisto-gréseuse appartenant aux couches de Wocklum et de Hangenberg, à Langenaubach, dans le synclinal de la Dill (RFA), contiennent des spores à divers états de conservation appartenant à la sous-zone pusillites-lepidophytus supérieure (PLs) d'âge Tn1a supérieur ou Tn1b basal. Il est démontré pour la première fois que cette sous-zone existe dans des sédiments sous-jacents aux Schistes de Hangenberg.

La partie moyenne du profil comprend cinq intrusions diabasiques de faible épaisseur dont l'influence sur l'état de la matière organique a été étudiée. Bien que les variations du pouvoir réflecteur de la vitrinite soient faibles et de l'ordre de grandeur de ce que l'on peut attendre de simples variations lithologiques, il apparaît cependant que les valeurs maximales se groupent, comme les spores mal conservées, dans l'intervalle sédimentaire qui comprend les intrusions diabasiques, sans que l'on puisse cependant établir de relations directes entre chacune de ces intrusions et les échantillons étudiés.

ZUSAMMENFASSUNG

Dreiundzwanzig Schieferproben, verteilt über ein 17 Meter langes Profil in einer Abfolge von Sandstein/Schiefer, die zu den Wocklumer und Hangenberger Schichten, zu Langenaubach, in der Dill-Mulde (Bundesrepublik Deutschland) gehört, enthalten Sporen in verschiedenen Erhaltungszuständen, die zur

SAMENVATTING

Drieëntwintig leisteenmonsters verdeeld over een profiel van 17 m in een lei- en zandsteenachtige sequentie die behoort tot de lagen van Wocklum en Hangenberg bevatten te Langenaubach in de synclinale van de Dill (BRD), sporen in diverse staten van bewaring die behoren tot de bovenste pusillites-lepidophytus onderzone (PLs) van boven-Tn1a of onder-Tn1b ouderdom. Er wordt voor de eerste maal aangetoond dat die onderzone bestaat in de onderliggende afzettingen van de Leistenen van Hangenberg.

Het middenste deel van het profiel bevat vijf diabasische intrusies van geringe dikte waarvan de invloed op de staat van de organische stof werd bestudeerd. Alhoewel de veranderingen van het weerkaatsingsvermogen van het vitriniet zwak zijn en van de orde van grootte van wat kan worden verwacht van gewone lithologische veranderingen, blijkt toch dat de maximale waarden zich groeperen, zoals de slecht bewaarde sporen, in het sedimentair interval dat de diabasische intrusies omvat, zonder dat echter rechtstreekse verbanden tussen elk van die intrusies en de bestudeerde monsters kunnen worden gelegd.

SUMMARY

Twenty-three samples of shales taken from a 17-metre profile in a shale-sandstone sequence from the Wocklum and Hangenberg beds, from Langenaubach, in the Dill syncline (Federal Republic of Germany) were found to contain spores in various states of preservation; these spores are assigned to the upper pusilli-

* INIEX, rue du Chéra, 200, B-4000 Liège.

** Université de Liège, Paléobotanique et Paléopalynologie, place du XX Août, 7, B-4000 Liège.

oberen *pusillites-lepidophytus*-Unterzone (PLs) im oberen Tn1a bzw. unteren Tn1b gehören. Zum erstenmal wird der Beweis erbracht, dass diese Unterzone in den unter dem Hangenberger Schiefer liegenden Sedimenten vorhanden ist.

Der mittlere Profilverteil umfasst fünf nicht sehr dicke Diabasintrusionen, deren Einfluss auf den Zustand der organischen Materie Gegenstand einer Untersuchung war. Obwohl die Schwankungen des reflektierenden Vermögens des Vitrinites als gering zu bezeichnen sind und sich in der Grössenordnung bewegen, die man von einfachen lithologischen Schwankungen erwarten dürfte, hat es allerdings den Anschein, dass die Höchstwerte genau wie die schlecht erhaltenen Sporen in dem Sedimentzwischenraum zusammengefasst sind, der die Diabasintrusionen einschliesst, ohne dass man jedoch direkte Beziehungen zwischen jeder einzelnen Intrusion und den untersuchten Proben herstellen kann.

tes-lepidophytus sub-zone (PLs), in upper Tn1a or basal Tn1b. The presence of this sub-zone in the sediments underlying the Hangenberg Shales is demonstrated the first time.

The central section of the profile exhibits five thin diabasic intrusions ; the effect of these intrusions on the organic matter was studied. Although variations in the reflectance of the vitrinite are slight, being of the order of magnitude of those to be expected in simple lithological variations, it is nevertheless clear that the maximum values are found together, like the badly-preserved spores, in the sedimentary interval containing the diabasic intrusions ; however, it was not possible to establish direct links between each of these intrusions and the samples examined.

O. INTRODUCTION

Le synclinal de la Dill se situe au nord-est du Westerwald dans le massif schisteux rhénan, en République Fédérale d'Allemagne (RFA). Il occupe une position très particulière au sein du géosynclinal varisque à l'est du Rhin où on l'assimile à une crête géosynclinale au milieu d'un bassin (Meischner, 1971). Le volcanisme y est important et la sédimentation dévono-dinantienne a oscillé entre des formations récifales et des formations détritiques (Krebs, 1966). L'activité récifale a cessé au cours du Frasnien et des sédiments détritiques se sont accumulés ensuite de manière plus ou moins continue selon l'emplacement dans le bassin. Des brèches, des bombes volcaniques et des diabases intrusives s'intercalent dans ces sédiments. Les couches détritiques sont les plus épaisses dans les faciès périphériques au récif, en particulier là où affleure aujourd'hui, dans la vallée de la Rombach, l'écaïlle tectonique n° 1 (Krebs, 1966).

Le profil que nous avons échantillonné appartient à cette écaïlle. Il comprend essentiellement une vingtaine de mètres de sédiments schisto-gréseux intercalés entre deux ensembles d'allure bréchique : au sommet le « Langenaubacher Breccie », à la base une couche d'environ 25 m d'épaisseur dénommée « Jungoberdevonischer Bombenschalstein ». Seule la séquence schisto-gréseuse est reprise sur la figure 1. L'ensemble du profil est reproduit dans la notice explicative de la carte géologique de Hesse au 1/25.000e (feuille 5215 Dillenburg, page 164 : Abb. 5, Prof. 2, 1970).

Dans cette notice sont repris également les résultats préliminaires de 4 échantillons prélevés dans ce profil et que l'un de nous (MS) a étudiés il y a plusieurs années. Ils appartiennent tous à la zone à *V. pusillites-S. lepidophytus* : zone PL. L'échantillon Ra 637 est récolté immédiatement sous le « Jungoberdevonischer Bombenschalstein » (voir notice *op.cit.* page 215 : Tab. 16, Fundpunkt 1a).

Il contient de grands spécimens de *S. lepidophytus* et correspond à la zone biométrique C d'âge Fa2d dans la région type de la vallée de l'Ourthe en Belgique. La position des échantillons Ra 638 et 639 est mentionnée sur la figure 1 (voir aussi notice *op.cit.* page 209 : Abb. 7, Profil 1 ; page 225 : Fundpunkt 1c = Ra 638 et page 254 : Fundpunkt 1a = Ra 639).

Un quatrième échantillon provenant de la partie supérieure du profil correspond approximativement à l'éch. 639. Il contient en plus de nombreux *S. lepidophytus* (45 %), une quantité notable (10 %) de *V. pusillites* (Streel 1969, p. 11).

Cet échantillon comme le n° 639 contient une population de *S. lepidophytus* correspondant aux zones biométriques E et F d'âges Tn1a à Tn1b en Belgique, mais rencontrées également dans les « Hangenberg Schiefer » de l'Hönnetal (Paproth et Streel, 1971).

Un nouvel échantillonnage plus dense et limité à l'intervalle schisto-gréseux qui sépare les deux « brèches » a été réalisé en 1974 et a permis d'entreprendre le présent travail. La position stratigraphique des points de prélèvement a été contrôlée

par le Dr. A. Rabien du « Hessisches Landesamt für Bodenforschung » à Wiesbaden, qui a bien voulu nous transmettre le profil lithologique de la figure 1 réalisé par l'Ing. Hühner. Nous les en remercions très vivement.

1. OBSERVATIONS PRELIMINAIRES

L'intervalle schisto-gréseux considéré ici correspond à deux formations lithologiques distinctes, les « Hangenberg Schiefer » surmontant une « suite schiste/grès des couches de Wocklum ». Cette dernière formation contient cinq intrusions diabasiques principales correspondant sur la figure 1 aux bancs n° 19, 21, 23, 29 et 31. Deux échantillons ont été prélevés au sommet des « Hangenberg Schiefer » et 21 échantillons dans la formation beaucoup plus épaisse sous-jacente, afin de tenter notamment de situer l'ensemble de cette dernière formation dans le cadre palynostratigraphique détaillé établi en Belgique et d'observer la transition entre les zones biométriques C et E.

Un examen préliminaire des préparations microscopiques nous a montré cependant que le mauvais état de conservation de l'éch. Ra 638 n'était pas fortuit. L'ensemble des échantillons 04 à 18 contient en effet entre 50 et 100 % de spores indéterminables (fig. 1) rendant illusoire toute analyse biométrique précise sur la population de *S. lepidophytus*. Seuls la base et le sommet de la « suite schistes/grès des couches de Wocklum » peuvent être étudiés à ce point de vue.

Cette constatation nous a donc amenés à considérer deux questions distinctes : a) A quelles zones biométriques appartiennent respectivement la base et le sommet de cette formation ? b) Pourquoi la partie moyenne de cette formation ne contient-elle, là où elle a été échantillonnée, que des assemblages de spores mal conservées ? L'ensemble des échantillons semble se répartir indifféremment au sein de cette séquence entre péloschistes, pélitoschistes et micropsamoschistes. Mais les échantillons 4, 5 et surtout 12 à 14 sont particulièrement peu favorables aux microfossiles. Les pourcentages de spores indéterminables y sont établis de ce fait sur un petit nombre de spores observées (moins de 100). Or on peut constater que ces échantillons se situent à proximité des intrusions diabasiques, en particulier des bancs les plus épais 29 et 31. On pouvait se demander dès lors s'il n'existait pas une relation entre le degré d'évolution de la matière organique dispersée dans ces sédiments et la proximité de ces intrusions diabasiques.

2. AGE DE LA FORMATION APPELEE « SUITE SCHISTES/GRES DES COUCHES DE WOCKLUM » A LANGENAUBACH

Tous les échantillons étudiés dans les deux formations et en particulier les n° 01 à 03 et 19 à 23, les plus riches en spores, appartiennent à la sous-zone *V. pusillites-S. lepidophytus* supérieure (PLs). La liste des espèces identifiées est donnée ci-dessous. Les références bibliographiques peuvent être consultées dans BBST 1974 (Becker *et al.*, 1974). *Retusotriletes planus* Dolby & Neves 1969, *Apiculiretusispora plicata* (Allen) Strel 1967, *Aneurospora incohata* (Sullivan) Strel in BBST 1974, *Aneurospora greggsii* (McGregor) Strel in BBST 1974, *Acanthotriletes famenensis* Naumova 1953, *Raistrickia variabilis* Dolby & Neves 1969, *Vallatisporites pusillites* (Kedo) Dolby & Neves 1969, *Grandispora echinata* Hacq. 1957, *Grandispora microseta* (Kedo) Strel in BBST 1974, *Grandispora uncatata* (Hacq.) Playford 1971, *Spelaeotriletes cassis* (Kedo) Strel in BBST 1974, *Spelaeotriletes lepidophytus* (Kedo) Strel in BBST 1974, *Endosporites ? crassaspinosus* Winslow 1962, *Auroraspora hyalina* (Naum.) Strel in BBST 1974, *Auroraspora macra* Sullivan 1968, *Auroraspora solisorta* Hoff. St. & Malloy 1955, *Rugospora flexuosa* (Jusch.) Strel in BBST 1974.

G. echinata a été trouvé dès l'éch. n° 01. Son apparition caractérise dans les couches de l'Ourthe la base de la sous-zone PLs connue au sommet des couches de Comblain-au-Pont dans la vallée de l'Ourthe (Belgique) et au sommet du Calcaire d'Étroeungt dans l'Avesnois (France) (Paproth & Strel 1971, fig. 1).

L'analyse biométrique (Strel 1966) de la population de *S. lepidophytus* des échantillons n° 01 à 03 et 19 à 21 montre par ailleurs que tous ces échantillons se situent indistinctement dans les zones E/F. Les histogrammes de fréquence de taille sont tous semblables les uns aux autres et ne se différencient pas de ceux que nous avons observés précédemment dans les « Hangenberg Schiefer » sus-jacents. L'interquartile se situe entre 41 μ et 55 μ . La valeur minimale est donc caractéristique de la zone F, la valeur maximale, de la zone E (Strel 1969). La comparaison avec l'échelle de référence construite dans la vallée de l'Ourthe ne peut donc être très précise. Ces résultats s'accordent cependant avec ceux qui permettent de caractériser la zone PLs.

Dans les « Hangenberg Schiefer » de Langenaubach, nous n'avons pu mettre en évidence les rares espèces caractéristiques qui permettent de différencier dans l'Hönnetal (Paproth et Strel 1971) les subdivisions PLs1 et PLs2. Cependant, l'abondance de *V. pusillites* dans un des échantillons antérieure-

ment étudiés peut être comparée à celle que nous avons observée entre 3,50 m et 4 m au-dessus du Wocklum Stufe à Oberrödinghausen. Nous pensons donc que les « Hangenberg Schiefer » sont vraisemblablement de même âge dans les deux localités.

On peut en conclure que la « suite schistes/grès des couches de Wocklum » à Langenaubach appartient entièrement à la partie supérieure du Tn1a, voire à la partie basale précambrienne du Tn1b. L'intervalle sédimentaire couvert par le « Jungoberdevonischer Bombenschalstein » appartient donc vraisemblablement à la partie inférieure du Tn1a.

Il est aussi intéressant de constater pour la première fois qu'une épaisse formation sous-jacente aux « Hangenberg Schiefer » contient la sous-zone PLs et non une sous-zone stratigraphiquement inférieure.

3. RELATIONS EVENTUELLES ENTRE L'ETAT DE LA MATIERE ORGANIQUE DISPERSÉE ET LA PRESENCE DE DIABASES INTRUSIVES

3.1. Données connues par la littérature

- a) Les effets de l'influence thermique d'intrusions volcaniques sur des charbons ont été étudiés entre autres par Chatterjee, Chandra et Ghosh (1964), Kisch (1966), Kisch et Taylor (1966), Noël (1966), Chandra et Taylor (1975) et Jones et Creaney (1977). Ces auteurs ont examiné les transformations subies par le charbon, au contact et au voisinage des intrusions, au point de vue de la modification de la structure des constituants microscopiques et du degré de houillification estimé par la mesure du pouvoir réflecteur.

Les observations rendent compte d'une cokéfaction naturelle du charbon au contact de l'intrusion (structure en mosaïque, vésiculation...) accompagnée d'une très forte augmentation du pouvoir réflecteur et de la biréflexance. L'influence thermique des intrusions diminue rapidement lorsqu'on s'éloigne du contact et est déjà très faible lorsque la distance au contact vaut la moitié de la largeur de l'intrusion.

Il est à noter que la majorité des études concernent des intrusions d'épaisseur nettement supérieure à 1 m, parfois de plusieurs dizaines de mètres à l'exception d'un exemple décrit par Jones et Creaney 1977 : dyke de 10 cm d'épaisseur affectant un charbon westphalien sur une distance de 6 cm à partir du point de contact.

- b) Des phénomènes comparables ont été observés sur la matière organique finement dispersée dans

les roches, modifiée par la présence d'intrusions volcaniques. Citons les études de Bostick (1971-1973), Correia et Maury (1975), Sauvan, Esquevin et Chennaux (1975), Baker et al. (1976). Ces auteurs observent, comme dans le cas des couches de charbon, une très forte altération thermique au contact des intrusions, suivie d'une diminution assez rapide des modifications de la matière organique dispersée lorsqu'on s'écarte du contact.

Sans entrer dans le détail, on peut conclure de ces études que l'importance et la nature des modifications subies dépendent de l'épaisseur de l'intrusion et de l'état d'évolution déjà atteint par la matière organique avant l'intrusion.

- c) Pour tenter de traduire les modifications observées (pouvoir réflecteur principalement) en température, de nombreuses expériences ont été réalisées en laboratoire : des échantillons de diverses natures (charbons de rangs divers, roches à kérogène, bois actuels) ont été chauffés à des températures connues, pour des durées variables, avec ou sans pression, en présence ou en l'absence de O₂... (cf. Chandra 1965, Kisch 1966, Correia 1967, Bostick 1971, Somers, Leplat et Noël 1975, Maury 1976...).

On peut en conclure que le facteur essentiel déterminant la modification du rang est la température et que, dans les conditions expérimentales de laboratoire tout au moins, les facteurs temps et pression ne modifient guère les résultats des expériences.

D'après les différentes échelles pouvoir réflecteur/température construites, et en se référant aux conditions expérimentales donnant des résultats comparables à ceux de la nature, on peut conclure que le pouvoir réflecteur ne subit de modification sensible qu'à partir d'une température de $\approx 300^{\circ}\text{C}$ (cf. Bostick 1973). Une conclusion intéressante peut également être tirée de l'étude de Correia et Maury (1975) qui montre que, si le pouvoir réflecteur n'évolue qu'à partir d'une paléotempérature calculée d'environ 300°C , par contre l'état de conservation étudié en lumière transmise, et qui rend compte notamment de la transparence des spores, subit déjà une évolution thermique à partir d'une paléotempérature d'environ 100°C .

3.2. Données de Langenaubach

Les résidus palynologiques ont été fixés sur un bloc de plexiglas et polis par les méthodes classiques permettant l'observation en lumière réfléchie et lumière transmise.

L'observation en lumière réfléchie montre que les particules de matière organique dispersée sont principalement de type vitrinite et sporinite (cf. planche I, fig. 8 à 11).

Les mesures du pouvoir réflecteur effectuées sur les particules de vitrinite sont portées sur les figures 1 et 2. Pour chaque échantillon, une centaine de points ont été mesurés. La figure 1 reprend les histogram-

mes des mesures et le tableau (fig. 2) donne les valeurs moyennes ainsi que les valeurs de la dispersion (σ).

On peut voir sur ces figures que, à l'opposé des résultats obtenus par comptage des spores non identifiables, les variations du pouvoir réflecteur sont peu sensibles dans la zone affectée par les diabases. De même, les variations du σ , qui sont une indication du degré d'anisotropie, ne sont pas liées à la présence des intrusions. Les valeurs obtenues ici sont d'un ordre de grandeur en rapport avec les pourcentages de pouvoir réflecteur mesurés. Les légères modifications observées sont du même ordre de grandeur que les variations liées à la nature lithologique des sédiments (cf. les études sur des séries de grès, schistes gréseux, schistes et calcaires par Bostick et Foster (1975), Blanquart et Mériaux (1975)).

Il semble donc que l'influence thermique des diabases n'a pas été suffisante pour modifier le pouvoir réflecteur des particules de vitrinite.

Cependant, on constatera (fig. 2) que la moyenne des valeurs calculée sur la séquence d'échantillons n° 04 à 18 l'emporte sur les moyennes des autres échantillons. Les valeurs maximales se groupent, comme les spores mal conservées, dans l'intervalle sédimentaire qui comprend les intrusions diabasiques, sans que l'on puisse cependant établir de relations directes entre chacune de ces intrusions et les échantillons étudiés.

Il existe peu de données dans la littérature, au sujet d'intrusions très minces. Les références citées décrivent le cas d'intrusions toujours supérieures à 1 m d'épaisseur, parfois jusqu'à des dizaines de mètres d'épaisseur. Dans le cas qui nous concerne, l'intrusion la plus épaisse a une hauteur de 40 cm et on peut supposer que les modifications thermiques intervenues ont été relativement faibles.

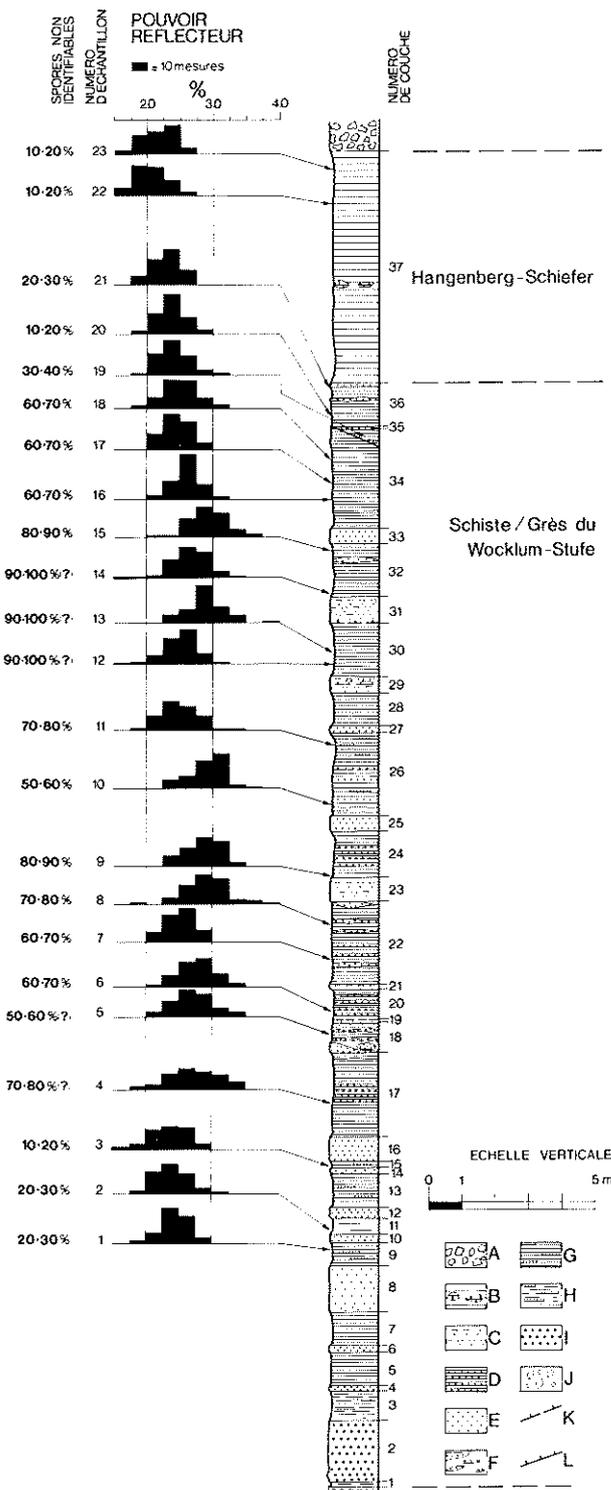
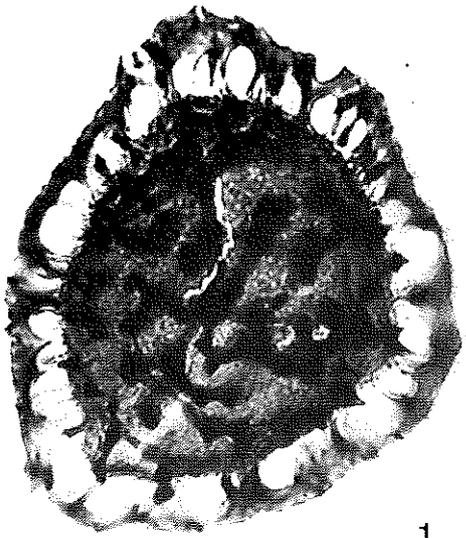


Fig. 1. — Coupe le long de la rivière Rombach à Langenaubach (RFA) - Ecaille n° 1.

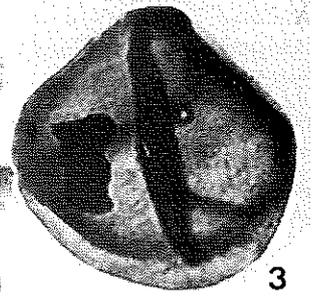
- A. « Langenaubacher Breccie ».
- B. « Hangenberg Schiefer » gris verdâtre avec des inclusions de calcaires.
- C. Diabase ou Spilite, gris verdâtre, intrusive.
- D. Couches silteuses dans les schistes argileux.
- E. Grès, gris verdâtre.
- F. Grès dans les schistes argileux.
- G. Schistes argileux, gris verdâtre à vert grisâtre avec des couches silteuses.
- H. Schistes argileux, rouge pâle avec des couches silteuses.
- I. Banc oolithique.
- J. « Jungoberdevonischer Bombenschalstein ».
- K. Déangement présumé.
- L. Déangement établi.



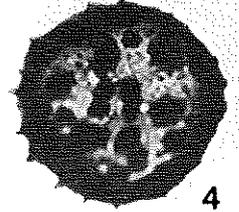
1



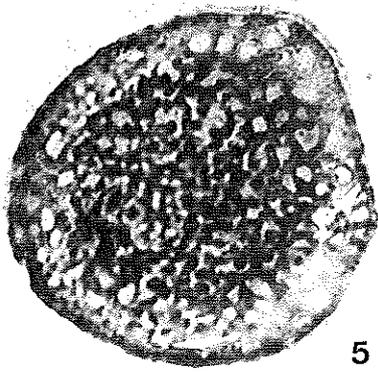
2



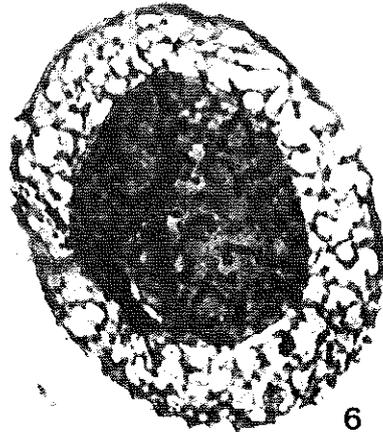
3



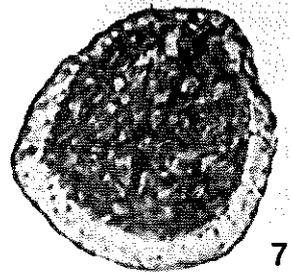
4



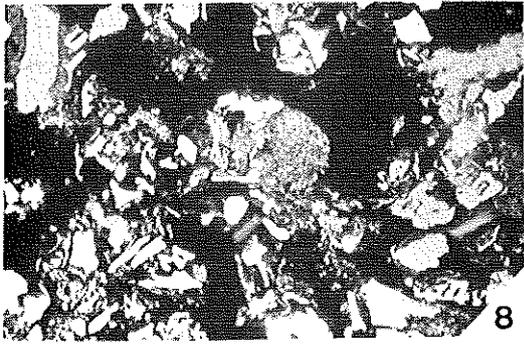
5



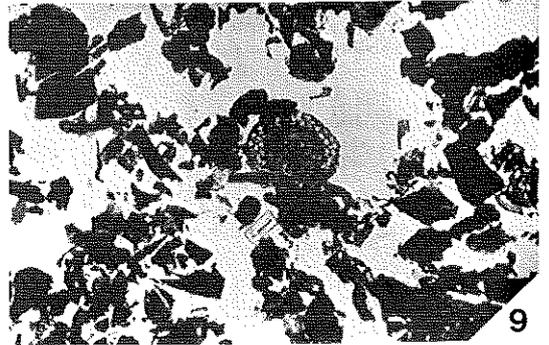
6



7



8



9



10



11

Echan- tillon n°	< 50 % spores non identifiables	PR %	moyennes par zone	moyenne générale	différence par rapport à la moyenne générale = 2,56		σ
					—	+	
23	X	2,17	2,12 (1)	2,56	0,39		0,24
22	X	2,07			0,49		0,24
21	X	2,29	2,35 (2)		0,27		0,21
20	X	2,35			0,21		0,21
19	X	2,41	0,15			0,23	
18		2,50	0,06			0,26	
17		2,45	0,11			0,20	
16		2,60			0,04	0,19	
15		2,94			0,38	0,26	
14		2,70			0,14	0,22	
(40 cm) (4)							
13		2,89			0,33	0,28	
12		2,49	2,70 (3)		0,07	0,25	
(25 cm) (4)							
11		2,49	0,07			0,26	
10		2,90			0,34	0,27	
9		2,85			0,29	0,27	
(36 cm) (4)							
8		2,90			0,34	0,29	
7		2,53			0,03	0,23	
(7,5 cm) (4)							
6		2,77		0,21	0,25		
(5 cm) (4)							
5		2,71		0,15	0,30		
4		2,73		0,17	0,36		
3	X	2,38	2,40 (2)	0,18	0,28		
2	X	2,38		0,18	0,26		
1	X	2,44		0,12	0,23		

Fig. 2 : Tableau des valeurs moyennes du pouvoir réflecteur de la vitrinite.

- (1) sp. indéterminables < 50 % - Hangenberg-Schiefer.
- (2) sp. indéterminables < 50 % } Wocklum-Stufe.
- (3) sp. indéterminables > 50 % }
- (4) position et épaisseur des diabases intrusives.

PLANCHE 1

Spores isolées (× 1000)

Fig. 1. *Vallatisporites pusillites* (Kedo) Dolby & Neves 1969, Ech. 22, L. 15031 : 2983.

Fig. 2. *Raistrickia variabilis* Dolby & Neves 1969, Ech. 22, L. 15031 : 3063.

Fig. 3. *Aneurospora greggsii* (McGregor) Strel in BBST 1974, Ech. 22, L. 15031 : 1669.

Fig. 4. *Acanthotriletes famenensis* Naumova 1953, Ech. 22, L. 15031 : 1473.

Figs. 5, 6, 7. *Spelaeotriletes lepidophytus* (Kedo) Strel in BBST 1974, Ech. 22, L. 15031 : 1400, 0789 et 1109.

Matière organique dispersée (× 200)

Deux aspects de concentrés de particules organiques en lumière réfléchie (fig. 8 et 10) et en lumière transmise (fig. 9 et 11) (Mélange de sporinite et de vitrinite essentiellement).

En lumière transmise, les spores se distinguent facilement (voir *S. lepidophytus* sur la fig. 9), tandis qu'en lumière réfléchie la distinction n'est pas toujours possible, le pouvoir réflecteur des deux constituants étant semblable.

En ce qui concerne les modifications de l'état de conservation des spores, il est intéressant de se rappeler les résultats de Correia et Maury qui signalent que les spores sont déjà affectées à des températures relativement faibles.

BIBLIOGRAPHIE

- BAKER E.W., HUANG W.Y., RANKIN J.G., CASTAÑO J.R., GUINN J.R. & FUEX A.N., sous presse. Electron paramagnetic resonance study of thermal alteration of kerogen in deep-sea sediments by basaltic sill intrusion. *In* : Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 41 : Washington (U.S. Government Printing Office), 839-847.
- BBST = BECKER G., BLESS M.J.M., STREEL M. & THOREZ J., 1974. Palynology and ostracode distribution in the Upper Devonian and Basal Dinantian of Belgium and their dependence on sedimentary facies. Mededelingen Rijks Geologische Dienst, Nieuwe Series, 25, 2, 9-99.
- BLANQUART P. & MERIAUX E., 1975. Etude comparative du pouvoir réflecteur de veines, passées, lits, veinules, filets et grains de matière organique dispersée dans quelques sédiments du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. *In* : Pétrographie Organique et Potentiel Pétrolier, B. Alpern (Ed.), Paris (CNRS), 27-39.
- BOSTICK N.H., 1971. Thermal alteration of clastic organic particles as an indicator of contact and burial metamorphism in sedimentary rocks. *Geoscience and Man*, III, 83-92.
- BOSTICK N.H., 1973. Time as a factor in thermal metamorphism of phytoclasts (coaly particles). C.R. 7^e Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère (Krefeld 1971), 2, 183-193.
- BOSTICK N.H. & FOSTER J.N., 1975. Comparison of vitrinite reflectance in coal seams and in kerogen of sandstones, shales and limestones in the same part of a sedimentary section. *In* : Pétrographie Organique et Potentiel Pétrolier, B. Alpern (Ed.), Paris (CNRS), 13-25.
- CHANDRA D., 1965. Use of Reflectance in Evaluating Temperature of Carbonized or Thermally Metamorphosed Coals. *Fuel*, XLIV, 171-176.
- CHANDRA D. & TAYLOR G.H., 1975. Thermally altered coals. *In* : Stach's Textbook of Coal Petrology, Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 165-174.
- CHATTERJEE N.N., CHANDRA D. & GHOSH T.K., 1964. Reflectance of Poniaty Seam affected by a Mica-Peridotite Dyke. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 12, 346-349.
- CORREIA M., 1967. Relations possibles entre l'état de conservation des éléments figurés de la matière organique (microfossiles palynoplantologiques) et l'existence de gisements d'hydrocarbures. *Revue de l'I.F.P.*, XXII, 1285-1306.
- CORREIA M. & MAURY R.C., 1975. Effets thermiques, minéralogiques et chimiques de l'intrusion d'un dyke basaltique dans le Toarcien des Causses. *Bulletin du Centre de Recherches Pau-SNPA*, 9, 245-259.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25000, Blatt Nr. 5215 Dillenburg-Wiesbaden 1970.
- JONES J.M. & CREANEY S., 1977. Optical character of thermally metamorphosed coals of northern England. *Journal of Microscopy*, 109, 105-118.
- KISCH H.J., 1966. Carbonization of semi-anthracitic vitrinite by an analcime basanite sill. *Economic Geology*, 61, 1043-1063.
- KISCH H.J. & TAYLOR G.H., 1966. Metamorphism and alteration near an intrusive-coal contact. *Economic Geology*, 61, 343-361.
- KREBS W., 1966. Der Bau des oberdevonischen Langenaubach-Breitscheider Riffes und seine weitere Entwicklung im Unterkarbon (Rheinisches Schiefergebirge). *Abh. senckenb. naturf. Ges.*, 511, 1-105.
- MAURY R.C., 1976. Evolution à haute température des matériaux organiques dans les formations volcaniques ou à leur contact. *Bulletin du Centre de Recherches Pau-SNPA*, 10, 289-300.
- MEISCHNER D., 1971. Clastic Sedimentation in the Variscan Geosyncline East of the River Rhine. *Sedimentology of parts of Central Europe. Guidebook. VIII Int. Sediment. Congress*, 9-43.
- NOËL R., 1966. Recherche charbonnière : perspectives d'ensemble et exemples d'application de la mesure du rang des charbons. *Bulletin du Centre de Recherches Pau-SNPA*, 10, 301-315.
- PAPROTH E. & STREEL M., 1971. Corrélations biostratigraphiques près de la limite Dévonien/Carbonifère entre les faciès littoraux ardennais et les faciès bathyaux rhénans. *Colloque sur la Stratigraphie du Carbonifère. Congr. et coll. Univ. Liège*, 55, 365-398.
- SAUVAN P., ESQUEVIN J. & CHENNAUX G., 1975. Transformations induites par des intrusions doléritiques dans une série argileuse : l'Ecca de Bergville (Afrique du Sud). *Bulletin du Centre de Recherches Pau-SNPA*, 9, 261-351.
- SOMERS Y., LEPLAT P. & NOËL R., 1975. Comparaison de l'évolution géologique et de l'évolution par pyrolyse des propriétés optiques de roches à kérogène et de charbons. *In* : Pétrographie Organique et Potentiel Pétrolier, B. Alpern (Ed.), Paris (C.N.R.S.), 243-252.
- STREEL M., 1966. Critères palynologiques pour une stratigraphie détaillée du Tn1a dans les Bassins ardenno-rhénans. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 89, 1-4, 65-96.
- STREEL M., 1969. Corrélations palynologiques entre les sédiments de transition dévonien/dinantien dans les bassins ardenno-rhénans. C.R. 6^e Congr. int. Strat. Geol. Carbonifère (Sheffield 1967), 1, 3-18.