

La sclérotinite et son importance pour l'origine de la durite

Prof. Dr. E. STACH,

Amt für Bodenforschung Krefeld (Allemagne).

INLEIDING

Op uitnodiging van het Nationaal Instituut voor de Steenkolenrijverheid (N.I.S.) gaf Professor E. STACH, een der grondleggers van de steenkolenpetrographie, in 1953, te Luik een conferentie over het industrieel en economisch belang van deze wetenschap.

De tekst van die lezing verscheen in het septembernummer 1953 van de « Annalen der Mijnen ». Onze lezers hebben kunnen kennis nemen van het verslag aangaande de Studiedagen over de toepassingen van de petrologie op de verkooksing en hebben kunnen vaststellen dat de opzoekingen van professor Stach en van andere petrologische laboratoria heden ten dage talrijke en belangrijke toepassingen kennen.

M. Stach onderhoudt ons thans over een bijzonder petrologisch probleem : de studie van een weinig gekend samenstellend element van de steenkool : het sclérotiniet.

Onder wetenschappelijk oogpunt is deze studie van uitzonderlijk belang want ze beschrijft voor de eerste maal een fossiele soort paddenstoelen bestudeerd op gepolijste steenkolenlijpjes. De beschrijving steunt zich op een merkwaardige micrographie.

Eens te meer ziet de auteur vooruit op de louter wetenschappelijke verdienste van zijn werk en voorziet reeds de praktische toepassing ervan op de stratigraphie voor wat betreft de identificatie en de correlatie van de kolenlagen.

AVANT-PROPOS

En 1953, à l'invitation d'Inichar, le Professeur E. Stach, l'un des fondateurs de la pétrologie du charbon, donnait à Liège une conférence sur l'importance industrielle et économique de cette science.

Le texte de son exposé a paru dans le numéro de septembre 1953 des « Annales des Mines ». Nos lecteurs auront pris connaissance, dans le numéro de novembre 1955, du compte rendu de la Journée des Applications de la Pétrologie à la Cokéfaction et auront pu constater que les recherches effectuées par le Professeur Stach et dans d'autres laboratoires de pétrologie connaissent aujourd'hui des applications industrielles nombreuses et importantes.

M. Stach nous entretient cette fois d'un problème très particulier de pétrologie : l'étude d'un constituant peu connu du charbon : la sclérotinite.

Cette étude présente, au point de vue scientifique, une très grande valeur, car elle décrit, pour la première fois, des espèces de champignons fossiles dans des surfaces polies de charbon. Les descriptions s'appuient sur une micrographie remarquable.

Une fois encore, au delà du très grand intérêt scientifique de sa recherche, l'auteur en prévoit déjà les applications pratiques, notamment en stratigraphie, pour l'identification et la corrélation des veines.

Pour mettre en valeur l'intérêt général soulevé par ce travail, nous donnons à sa suite un compte rendu des discussions qu'il a suscitées, lors de la Deuxième Réunion du Comité International de Pétrologie, tenue à Liège en mai 1955.

1. METHODES D'EXAMEN

La présence de restes de champignons est demeurée longtemps méconnue, malgré les nombreux examens pétrographiques réalisés en lames minces et en surfaces polies. Cependant, étant donné les conditions particulières dans lesquelles s'est installée la végétation exubérante des forêts marécageuses tertiaires et carbonifères sur un sol en voie de subsidence, il est très possible que de nombreux champignons ont dû trouver, sur les nombreuses plantes nécrosées, un milieu particulièrement favorable à leur développement.

Grâce à leur résistance aux agents de dissolution et de métamorphisme, des vestiges de champignons se sont bien conservés et peuvent être observés dans les houilles. Il s'agit principalement des spores, des sclérotés, des stroma et de certains mycéliums. Si l'on n'a pas encore reconnu jusqu'à présent ces vestiges caractéristiques de champignons, c'est qu'ils ne sont ni observables, ni reconnaissables par les anciennes méthodes : extraction par macération, étude en lames minces.

Dans les macérations, les sclérotés, les organes fructifères et les mycéliums des champignons sont, le plus souvent, noirs et opaques et cachés par la fusinite et la semi-fusinite. Même dans les macérations des houilles riches en sclérotinite, on ne les trouve que très rarement.

On les a parfois confondus avec des spores. Ce n'est que récemment qu'ils ont été identifiés.

Les parties sclérifiées des champignons actuels sont extrêmement résistantes. Elles résistent même partiellement à l'action de l'acide sulfurique bouillant. En lames minces, elles sont le plus souvent noires et opaques et peuvent être aisément confondues avec la fusinite et la pyrite.

Les chercheurs qui ont étudié le charbon en lames minces ont vu rarement des sclérotés, car cette méthode ne s'applique pas à l'examen des macéraux opaques. R. Thiessen, qui possédait pourtant d'excellentes lames minces, n'a décrit que très peu de restes de champignons.

C'est seulement dans l'étude des charbons en surface polie que l'on a pu observer les sclérotés, qui y apparaissent distinctement grâce à leur relief accentué et leur pouvoir réflecteur élevé.

2. LES SPORES ET LES SCLEROTES DE CHAMPIGNONS

Des spores et des sclérotés de champignons ont été découverts dans des lignites tertiaires. E. C. Jeffrey et Chrysler en mentionnent, en 1905, la première découverte dans un lignite dur anglais. En 1925, j'ai décrit des téléospores et des acidiospores du « Pechkohle » bavarois. Puis, mes collaborateurs et moi avons trouvé de nombreux sclérotés et des spores de champignons dans des surfaces polies de houilles allemandes et étrangères. G. Schulze (1933 et 1934), E. Stach (1934 et 1935), W. Penseler (1934), K. A. Jurasky (1936), A. Draht et C. Jackowsky (1936) publièrent alors des images de sclérotés de houilles et de lignites.

Dans les lignites, les spores et les sclérotés de champignons sont très facilement observables. On peut y reconnaître de nombreux détails. C'est pourquoi ce sont les sclérotés des lignites qui ont été identifiés en premier lieu. Ils ressemblent à des sclérotés trouvés dans des tourbières récentes (E. Stach, 1934). Dans les lignites, les sclérotés sont si bien reconnaissables que l'on n'a jamais mis en doute leur diagnose. Par contre, les sclérotés ne sont plus aussi bien conservés dans les houilles plus fortement altérées. Ayant, en outre, une tout autre apparence que ceux du tertiaire, les sclérotés du carbonifère n'ont pas été reconnus comme des restes de champignons et leur origine mycologique a été souvent contestée. On manquait de preuve pour affirmer que ces formes singulières fussent réellement des restes de champignons. Mon collaborateur W. Pickhardt (1954) a examiné les sclérotés du carbonifère au microscope en lumière réfléchie. Ces travaux et les miens apportent cette preuve. La comparaison des sclérotés récents avec les corps du carbonifère a démontré que ceux-ci étaient, sans aucun doute, des restes de champignons. La figure 1 montre la structure, en surface polie, de la paroi corticale du sclérote de *Xylaria* sp. Dans la figure 2, on voit de la sclérotinite d'un charbon flambant du district de la Ruhr, extrait de la veine Loki, agrandissement 2 000 ×. Les formes 1, 2, 3 correspondent aux formes 1a, 2a et 3 a. Dans le premier cas, il s'agit d'une coupe verticale dans un sclérote récent; dans le deuxième cas, d'une sclérotinite carbonifère, en surface polie, perpendiculaire au plan de stratification. Le degré de conservation de la sclérotinite carbonifère ne pouvant être aussi bon que celui du sclérote récent, on ne pouvait vraiment pas s'attendre à une meilleure ressemblance entre ces deux images.

D. Chandra (d'après une communication verbale, 1955) a récemment observé et microphotographié, dans des houilles anglaises, des formes d'origine incontestablement mycologique. Le fait qu'il existe des restes de champignons dans les houilles carbonifères n'est plus contesté actuellement.

La question se pose maintenant de savoir si toutes les formes inconnues qui possèdent un relief fortement accentué et un pouvoir réflecteur élevé doivent être considérées comme des restes de champignons. Question difficile à résoudre ! Les botanistes n'ont pas l'habitude des images en surface polie, dont le pouvoir réflecteur est très différent. Même des mycologues spécialistes n'ont pas été en mesure de me donner des renseignements précis. Il est donc possible que, parmi les formes décrites ici, quelques-unes ne soient pas des restes de champignons. C'est pourquoi le terme sclérotinite ne doit pas du tout exprimer l'origine botanique des tissus. Le mot sclérotinite, comme l'indique son radical « scléros », ne doit désigner que des restes végétaux caractérisés par leur dureté et qui ne sont toutefois pas de la fusinite ou de la semi-fusinite, du bois ou du périoderme.

Pour pouvoir utiliser la sclérotinite à des fins stratigraphiques, les formes qu'elle présente doivent être décrites et classées exactement.

En général, la sclérotinite se présente sous trois formes :

1) spores de champignons; 2) sclérotites; 3) mycéliums et stroma (organes fructifères).

Les hyphes sont des tubes flexibles fins et allongés. Le sclérote est la partie permanente d'un champignon, formée par l'entrelacement des hyphes, dont les membranes se sont épaissies et durcies. Dans les sclérotites sont accumulées des réserves nutritives. Ils constituent en quelque sorte des stades de protection du champignon contre des conditions de vie défavorables, par exemple, de forte sécheresse. Quelques plasmodermes ou mycéliums se transforment en corps végétatif présentant une forme de boule ou de corde, ou bien s'unissent en masses d'hyphes épais constituant ainsi les sclérotites.

Quand les conditions d'humidité redeviennent favorables, les champignons reprennent leur forme de vie active. Le sclérote est généralement constitué d'une écorce externe protégeant un plectenchyme central. L'écorce est constituée d'un plectenchyme d'hyphes épais. Le plectenchyme central est souvent constitué de membranes minces. Cette structure, habituellement observée dans les sclérotites récents, se retrouve dans les formes fossiles. Comme il est impossible de déterminer, en premier lieu, l'origine de tous les sclérotites de tous les champignons, leur classification doit s'établir sur une base morphologique. On se basera d'abord sur les contours très caractéristiques, puis sur la structure interne, c'est-à-dire sur la zone corticale et sur le plectenchyme interne.

De cette manière, W. Pickhardt a distingué huit genres :

1. Crénaclérotites;
2. Coronasclérotites;
3. Striatasclérotites;
4. Polyporasclérotites;
5. Cellulasclérotites;
6. Globasclérotites;
7. Spongiasclérotites;
8. Pillulasclérotites.

Parmi ces genres, les crénaclérotites et les coronasclérotites sont les formes les plus fréquentes et les plus abondantes. Je tiens à insister sur le fait qu'il s'agit dans cette classification, d'une proposition préliminaire, étant donné qu'il n'y a encore aucun autre essai de classification.

En coupe transversale, ce genre présente un contour plus ou moins circulaire ou ovale, lisse ou partiellement ondulé, sans rainure marginale. Nombre et grandeur des rainures varient fortement. Les rainures sont droites ou légèrement ondulées, le plus souvent faiblement courbées, parfois plus, et entourées d'un bord gris. Ces rainures semblent parcourir toute la masse du sclérote. Apparemment, il n'y a pas de cavité centrale. Les crénaclérotites ont presque toujours un relief très accentué; ils étaient donc particulièrement durs.

La figure 1 montre une espèce du genre Crénaclérotites.

Les Coronasclérotites ont, en coupe verticale, un contour ovale ou elliptique, partiellement polygonal et lisse, souvent à petite ou grande rainure marginale très caractéristique, qui est peut-être la trace de germination du sclérote. A l'inverse des crénaclérotites, le corps n'est pas massif, mais est constitué par une écorce dense présentant, en coupe, une zone marginale qui enferme une cavité interne à structure bulleuse et irrégulière. Cette structure ressemble un peu à une structure spongieuse. La partie centrale montre parfois une entaille plus ou moins grande et noire.

Les figures 2 et 3 représentent *Coronasclérotites australis* W.P. et *Coronasclérotites polygonalis* W.P. La forme *Spongiasclérotites funginus* W.P., dans la figure 4, est un corps rond manifestement à écorce épaisse possédant une structure à mailles fines. L'espace intérieur est rempli de plectenchyme à grosses mailles et à parois minces comprimées et détruites. Le sclérote ne présente aucun relief. C'est la seule forme de sclérote qui ressemble fortement aux sclérotites tertiaires que j'ai figurés antérieurement. C'est pourquoi, le *Spongiasclérote* est remarquable, bien qu'il n'ait été trouvé qu'une fois jusqu'à présent.

3. LES MYCELIUMS ET LES ORGANES FRUCTIFÈRES DE CHAMPIGNONS

Les mycéliums et les stroma (organes fructifères) sclérifiés de différentes espèces de champignons jouent un rôle aussi important que les sclérotites. Si mes collègues reconnaissent depuis peu que les corps dont je viens de décrire la structure dans la houille, sont des sclérotites de champignons, l'origine mycologique des mycéliums et des organes fructifères est parfois mise en doute ou même controversée.

Aucune autre interprétation meilleure de ce macéral, qui ressemble à la semi-fusinite, n'a été donnée jusqu'à présent. J.M. Schopf (1952) a également constaté la présence de mycéliums de champignons dans les houilles. Il dit : « I have been able to verify personally the presence of a sparse mycelium in a few plant fragments in Palaeozoic coals... ».

D'après une communication d'un mycologue averti, W. Halbsgut, il est tout à fait possible que des mycéliums et des filaments de mycéliums (dans le sens strict) se soient conservés dans le charbon.

A. Duparque et Ch. Delattre (1954) étaient antérieurement d'avis que les filaments constitutifs des mycéliums de champignons sont formés de cellulose et, pour cette raison, ne peuvent pas s'être conservés dans les charbons. Mais, les figures suivantes montrent que, non seulement les différents hyphes, mais encore des parties de mycéliums sont bien conservés et bien visibles dans la houille. W. Halbsgut m'a donné un stroma récent de champignons qui, enrobé de cire de carnauba, a montré, après avoir été dégrossi et poli, des images semblables à celles que l'on trouve en examinant les surfaces polies de houille.

La figure 5 représente la section transversale d'un sclérote d'un *Xylaria* sp. récent, examiné en surface polie. On désigne ce corps plus exactement par le terme « stroma ». Il présente des hyphes inégaux, un cylindre comprimé à cet endroit. J'insiste particulièrement sur l'irrégularité des sections transversales des hyphes. Cette irrégularité frappante que j'ai décrite déjà en 1934 dans mon travail sur les sclérotites, et à nouveau en 1951, je l'ai mise en évidence dans l'Atlas de Pétrographie, quoique je n'y aie pas parlé des hyphes.

Ces sections irrégulières des hyphes sont retrouvées aussi, maintenant, dans les houilles. La figure 6 présente, au même grossissement, dans une houille turque, un organe qui a une ressemblance frappante avec la structure du stroma d'un *Xylaria* récent. Il est évident que les hyphes ont été cassés sous la pression des sédiments. Plus on compare les deux images en détail, plus distincte devient cette ressemblance. Dès lors, je suis parfaitement convaincu d'avoir affaire à un morceau de stroma fossile. La figure 7 montre, à un grossissement de 2 000 fois, la structure de la paroi d'un stroma de *Xylaria* sp. Les sections transversales des hyphes coupés en partie obliquement sont bien visibles. La figure 8 présente de la sclérotinite d'une houille flambante du district de la Ruhr (veine Loki), également agrandie 2 000 fois. La comparaison de ces images montre aussi que les sections des hyphes des numéros 1, 2 et 3 de la figure 7 correspondent à celles de 1a, 2a et 3a de la figure 8. Dans le premier cas, il s'agit d'une coupe verticale dans un sclérote récent; dans le deuxième cas, d'une sclérotinite carbonifère, mise en évidence dans une surface polie perpendiculaire au plan de stratification. Le degré de conservation de la sclérotinite carbonifère ne pouvant être aussi bon que celui du sclérote récent, on ne pourrait vraiment pas s'attendre à trouver une meilleure ressemblance entre ces deux images. La figure 9 présente également la coupe verticale d'un corps fructifère de champignons, un stroma. On voit distinctement la cavité interne. Le corps cylindrique est coupé à peu près obliquement. De telles images se rencontrent souvent. Une autre forme d'organe fructifère, forme qui a été interprétée aussi par K.A. Jurasky comme étant un corps fructifère, est représentée à la figure 10. Cependant, tous les restes de champignons ne peuvent pas être identifiés avec certitude comme appartenant à des corps de champignons. Ainsi, la figure 11 présente un peloton d'hyphes au grossissement de 150 fois. On peut y distinguer par endroits des hyphes de champignons, mais on ne peut pas définir l'espèce du corps. On peut reconnaître à la figure 12, prise au grossissement de 500 fois, qu'il s'agit ici réellement de tubes ramifiés. Cette structure n'a pas la moindre ressemblance avec les structures de bois ou de périderme. Il s'agit ici aussi, bien entendu, d'hyphes séparés, fossilisés et conservés, qui sont bien plus répandus qu'on ne l'admet généralement. Quelques-uns de ces hyphes de champignons sont visibles dans la figure 13 provenant d'une photo prise au grossis-

sement de 2 000 fois parallèlement au plan de stratification. Ils constituent parfois une partie prédominante de la micrinite massive. Le plus souvent, à un grossissement faible et sans immersion d'huile, cette micrinite de champignons n'est pas visible.

Les figures 14 et 15 montrent très distinctement de la sclérotinite caractéristique qui représente probablement des mycéliums. En tout cas, il s'agit d'entrelacements d'hyphes (plectenchyme) où les hyphes sont partiellement reconnaissables. L'irrégularité de ce plectenchyme est particulièrement caractéristique.

Enfin, la structure visible sur la figure 16 apporte la preuve indiscutable qu'un mycélium peut être conservé dans la houille. La connexion qui existe entre un sclérote formé du mycélium et le mycélium lui-même est ici incontestable. Comme on le voit, *les filaments du mycélium passent tout à fait graduellement au sclérote*. Ce ne sont donc pas seulement les sclérotites qui sont conservés, mais aussi les mycéliums. Cette preuve de la présence des mycéliums dans la houille est très importante.

En effet, les figures que nous venons de décrire montrent très distinctement qu'on ne rencontre pas seulement, dans la houille, des tissus cellulaires végétaux : bois, périderme, sclérenchyme, liège ou mésophylle, mais aussi des corps dont l'origine est attribuable à des hyphes de champignons. Il n'est d'ailleurs pas exclu que des restes de lichens se cachent aussi sous ces formes. En tout cas, il faut admettre la présence de lichens dans le carbonifère, même si ceux-ci n'ont pas été capables de se conserver.

4. LE MODE DE GISEMENT DE LA SCLEROTINITE

Le mode de gisement de la sclérotinite est important pour la genèse des houilles. L'analyse pétrographique exacte d'une série de profils de veines a montré que la proportion de sclérote, dans toute la veine, ne s'élève qu'à 1,1 - 1,8 %.

Dans plusieurs lits microscopiques de veine (dans plusieurs surfaces polies) on a trouvé, toutefois, jusqu'à 7,7 % de sclérotinite. La sclérotinite ne se présente pas en même quantité dans tous les microlithotypes, mais elle se trouve surtout dans la durite.

Parfois, la sclérotinite se trouve plus abondamment dans les schistes charbonneux. A une haute teneur en durite correspond une haute teneur en sclérotinite. Dans la plupart des veines, la teneur en sclérotinite augmente aussi, nettement, vers le toit. Dans la durite, la sclérotinite est associée à la semi-fusinite. Cette association habituelle de la sclérotinite et de la semi-fusinite dans la durite nous permet d'expliquer l'origine de la durite.

5. L'IMPORTANCE DE LA SCLEROTINITE POUR L'ORIGINE DE LA DURITE

En 1928 déjà, traitant de l'origine de la semi-fusinite, j'ai dit que les transitions entre la vitrite et la fusite n'ont pas pour origine des incendies

de forêts, mais l'action de l'oxygène avant la fossilisation. On peut imaginer qu'à la nécrose des arbres, les tiges, les branches et les feuilles se sont desséchées. Ces tissus de bois et de périderme desséchés et attaqués par l'oxygène de l'air, puis immergés dans la tourbière, ne se sont pas transformés en vitrite, mais en semi-fusinite. Suivant la durée et l'intensité de l'action de l'oxygène, il se formait un stade de transition vitrite-fusite (« intermediates » de Seyler) montrant des tissus cellulaires à pouvoir réflecteur plus ou moins élevé et à relief plus ou moins accentué. Ces transitions sont fréquemment observables au microscope dans un même morceau de bois ou de périderme. Pour expliquer l'origine de la semi-fusinite, il faut donc nécessairement faire intervenir le dépérissement et le dessèchement du bois et du périderme et, en général, des tissus cellulaires des plantes. Autrement, c'est la vitrite qui se serait formée.

A cause de l'affaissement presque constant du sous-sol des forêts houillères et de l'élévation du niveau de la nappe aquifère souterraine, il y avait toujours une grande quantité de plantes en voie de dépérissement.

Si le niveau de la nappe aquifère souterraine s'élève trop fortement, la vie des plantes est rendue impossible et la végétation est finalement étouffée. Les parties mortes des plantes, restées au-dessus du niveau de l'eau, peuvent être aisément attaquées et détruites par des champignons. Ceux-ci trouvent un terrain nourricier favorable dans le bois mort, mais encore frais et humide. Peu à peu, les tiges et branches mortes qui sortent de l'eau deviennent de plus en plus sèches, toute montée d'eau et de sève ayant cessé. Finalement elles sont tellement desséchées que même les champignons saprophytes ne trouvent plus assez d'humidité pour y vivre. Pour se protéger d'une trop grande dessiccation, ils forment, dans leurs mycéliums, des sclérotites qui tombent à l'eau en même temps que les morceaux de plantes mortes qui se désagrègent complètement. C'est ainsi que les mycéliums chitineux, aussi bien que les mycéliums contenant déjà des sclérotites et quelques sclérotites isolés, sont enrobés dans la tourbe. Sous une certaine épaisseur d'eau et à l'abri de l'air, les débris végétaux sont protégés d'une décomposition plus forte. Le tissu végétal desséché, colonisé par les champignons, se conserve sous forme de semi-fusinite qui présente souvent un pouvoir réflecteur assez semblable quoique généralement plus faible que les restes de champignons, c'est-à-dire que la sclérotinite. Comme on peut l'observer dans beaucoup de tourbières, la décomposition mécanique des débris végétaux est très accentuée. Les débris attaqués par les champignons sont, en fin de compte, réduits en très petits éclats. En même temps, de nombreuses microspores transportées par le vent tombent dans la tourbe couverte d'eau et sont mélangées à la micrinite massive, à la semi-fusinite et à la sclérotinite et forment avec elles la durite. Suivant la prédominance des spores ou de l'inertinite, on parle d'une durite riche en exinite ou riche en

inertinite. Les deux espèces de durite contiennent de la sclérotinite. Une partie de la micrinite est de la semi-fusinite ou de la sclérotinite très finement divisée. Parfois on peut reconnaître, aux minces fragments des parois cellulaires, s'il s'agit d'éclats de sclérotinite ou de semi-fusinite. Les éclats de fusite et de sclérotinite peuvent être distingués grâce à leur forme caractéristique. Evidemment, il n'est plus possible de reconnaître l'origine de nombreuses particules de micrinite, car la micrinite contient les particules les plus diverses, comme il a été affirmé à différentes reprises par d'autres auteurs et par moi-même.

La durite a pris naissance, très généralement, dans des conditions humides, c'est-à-dire sous une forte épaisseur d'eau. C'est ce que montre la micrinite fine et floconneuse, dont l'origine est connexe à celle des microspores. Ceci n'était admis jusqu'à présent que pour la durite riche en exinite. Par contre, pour l'origine de la durite riche en semi-fusinite et micrinite, on admettait des conditions originelles plus sèches ou, en tout cas, moins humides. Mais cette durite, puisqu'elle contient aussi de nombreux corpuscules blancs de micrinite fine, a sans doute également pris naissance sous une certaine épaisseur d'eau. Si elle est riche en inertinite, c'est uniquement dû au fait qu'un plus grand nombre de particules de semi-fusinite et de sclérotinite lui ont été associées, en tombant dans l'eau. Il n'est pas nécessaire de supposer des conditions plus sèches ou plus oxygénées pour expliquer l'origine des durites riches en inertinite; au contraire, cette supposition est erronée, comme le prouve la présence des corpuscules blancs de micrinite, nécessairement formés dans l'eau. Toutes les espèces de durite contenant des proportions différentes de macéraux se sont donc constituées sous une épaisseur d'eau plus ou moins constante. La richesse de quelques durites en inertinite ne doit pas être attribuée à un dessèchement de la surface de la tourbière, mais à l'enlèvement de tissus végétaux (semi-fusinite avec sclérotinite) préalablement oxydés puis détruits par des champignons. Dans les cannel-coals qui se sont pourtant formés sous une forte épaisseur d'eau, on peut trouver des particules de semi-fusinite et de sclérotinite qui s'y sont enlées après être tombées dans l'eau. Dans la durite, il faut aussi tenir compte du transport des différents macéraux.

Le fait que le pouvoir réflecteur de l'exinite reste toujours le même dans toutes les espèces de durite d'une même veine, (comme l'ont constaté E. Stach et H.C. Michels [1955]) prouve que toutes les espèces de durite sont formées dans les mêmes conditions d'humidité. S'il n'en était pas ainsi, l'oxygène de l'air attaquerait différemment les macéraux et l'exinite présenterait des pouvoirs réflecteurs différents.

En résumé, en établissant la nature du macéral sclérotinite et son association particulièrement fréquente à la durite (grâce au travail de W. Pickhardt), nous avons mis en évidence et déterminé de façon définitive l'origine de la durite des houilles.

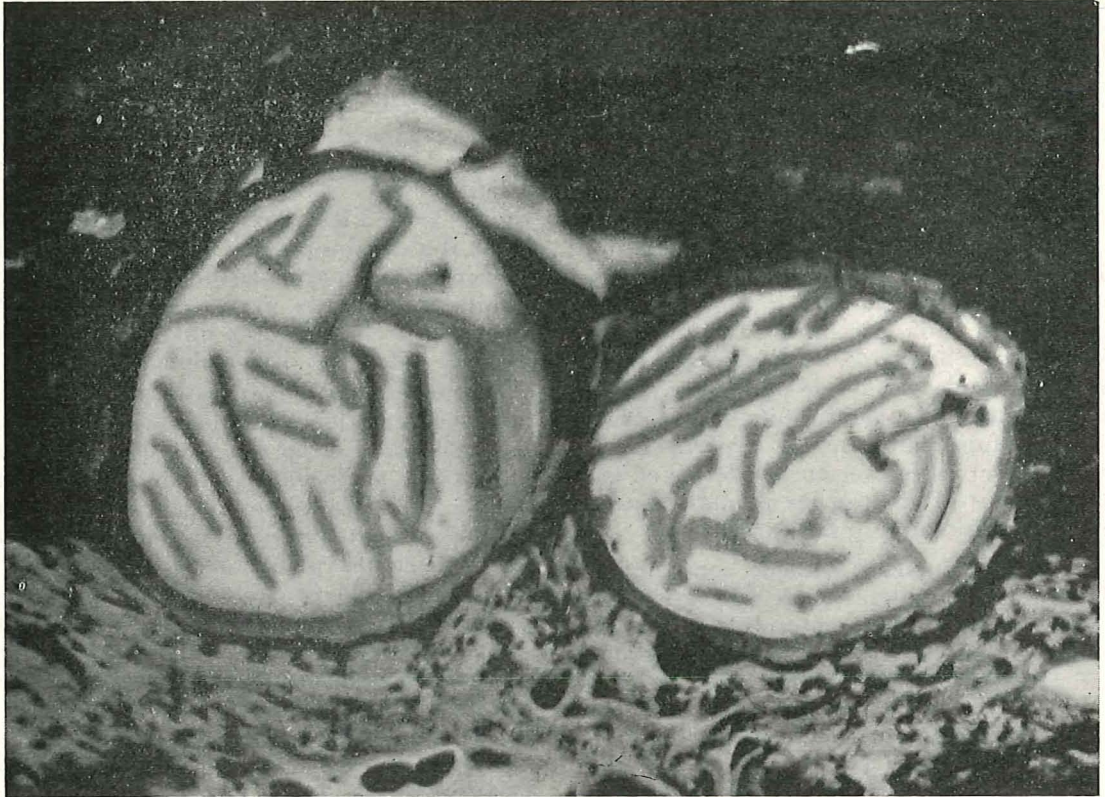


Fig. 1. — *CRENASCLEROTES STACHII* — W. Pickhardt.
Surface polie, immersion d'huile.

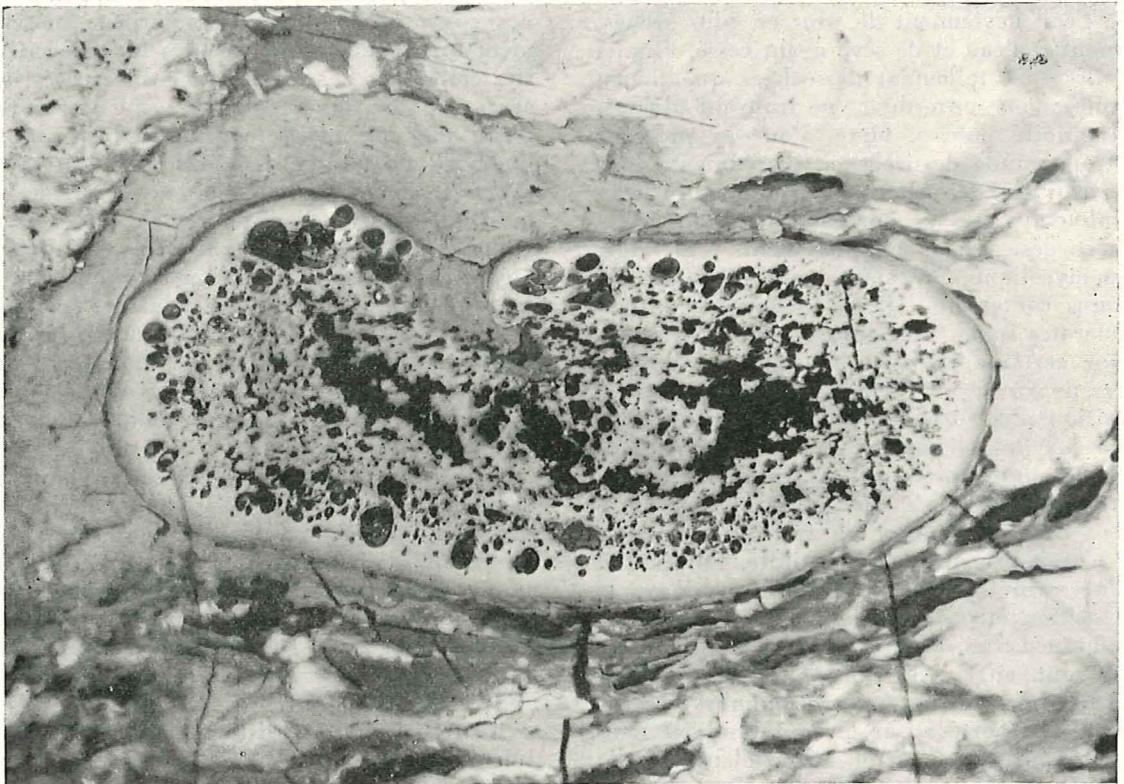


Fig. 2. — *CORONASCLEROTES AUSTRALIS* — W. Pickhardt. — Veine Buyuk Kitiç — Mine Çaydamar (Turquie).
Surface polie, immersion d'huile, 425 × (2025-410).

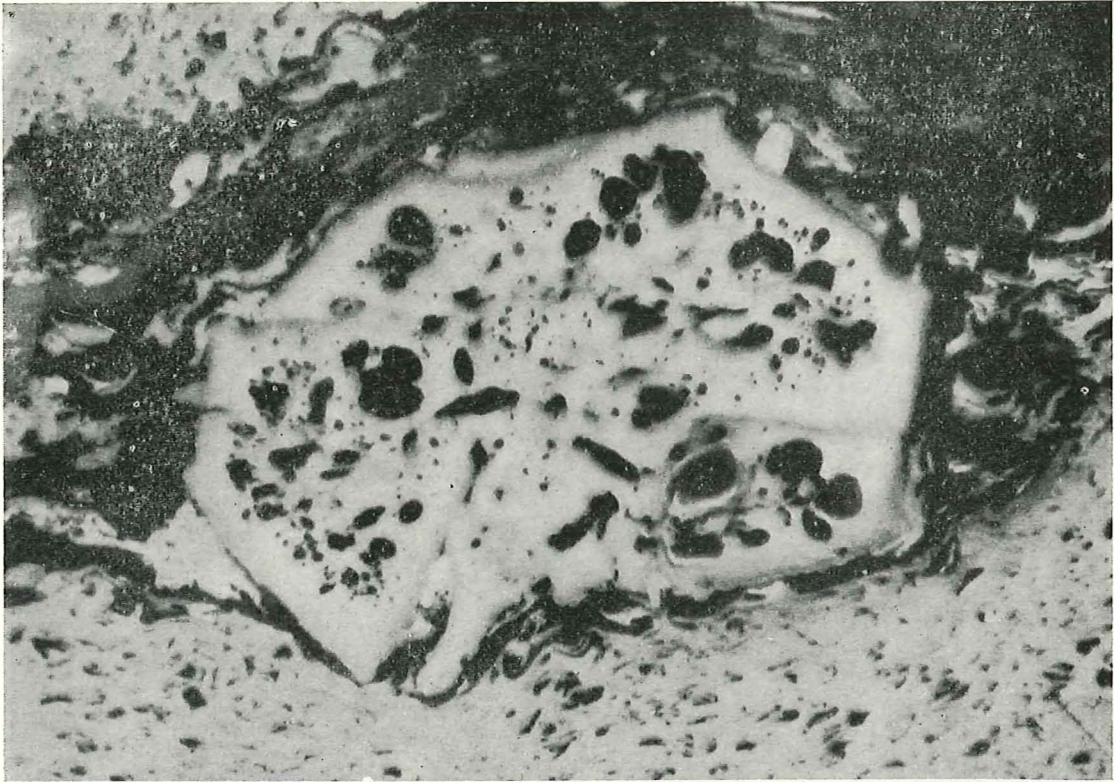


Fig. 5. — CORONASCLEROTES POLYGONALIS — W. Pickhardt. — Charbon flambant de la Ruhr (Westphalien C), Veine Hagen, mine Brassert.
Surface polie, immersion d'huile, 635 X.

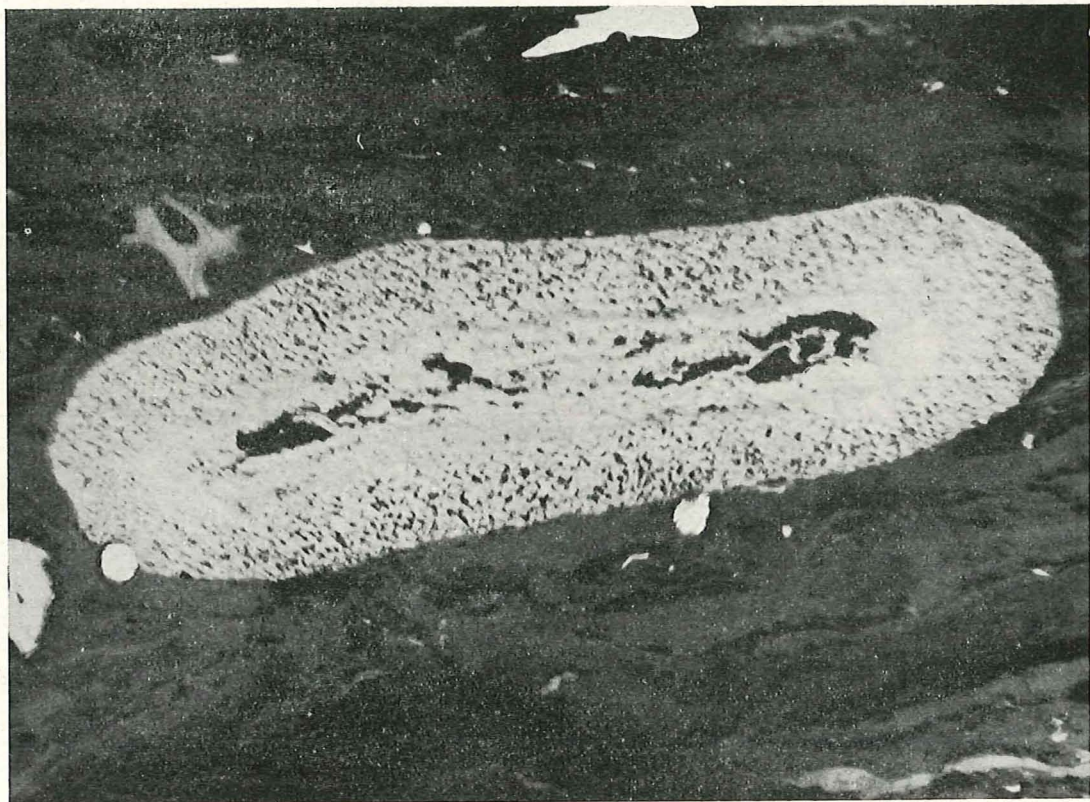


Fig. 4. — SPONGIASCLEROTES FUNGINUS — W. Pickhardt. — Veine P1, mine Brassert.
Surface polie, immersion d'huile.

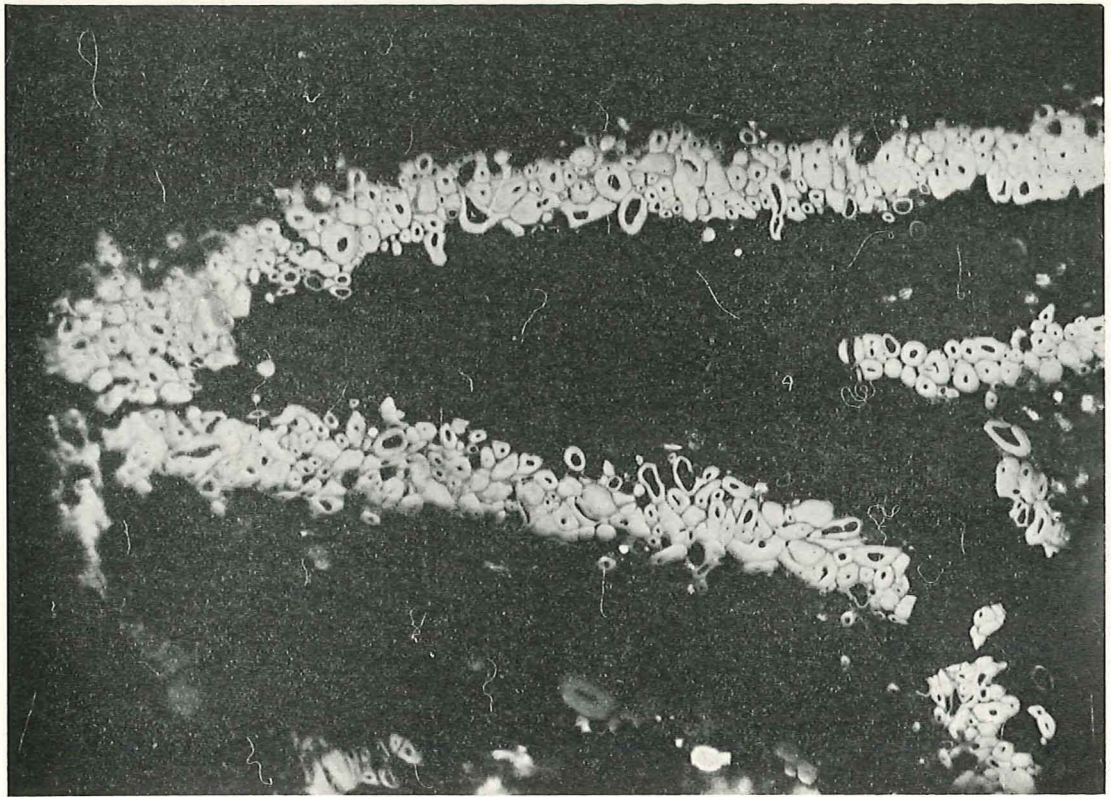


Fig. 5. — STROMA DE XYLARIA, sp. (récent).
Surface polie, immersion d'huile, 420 X.

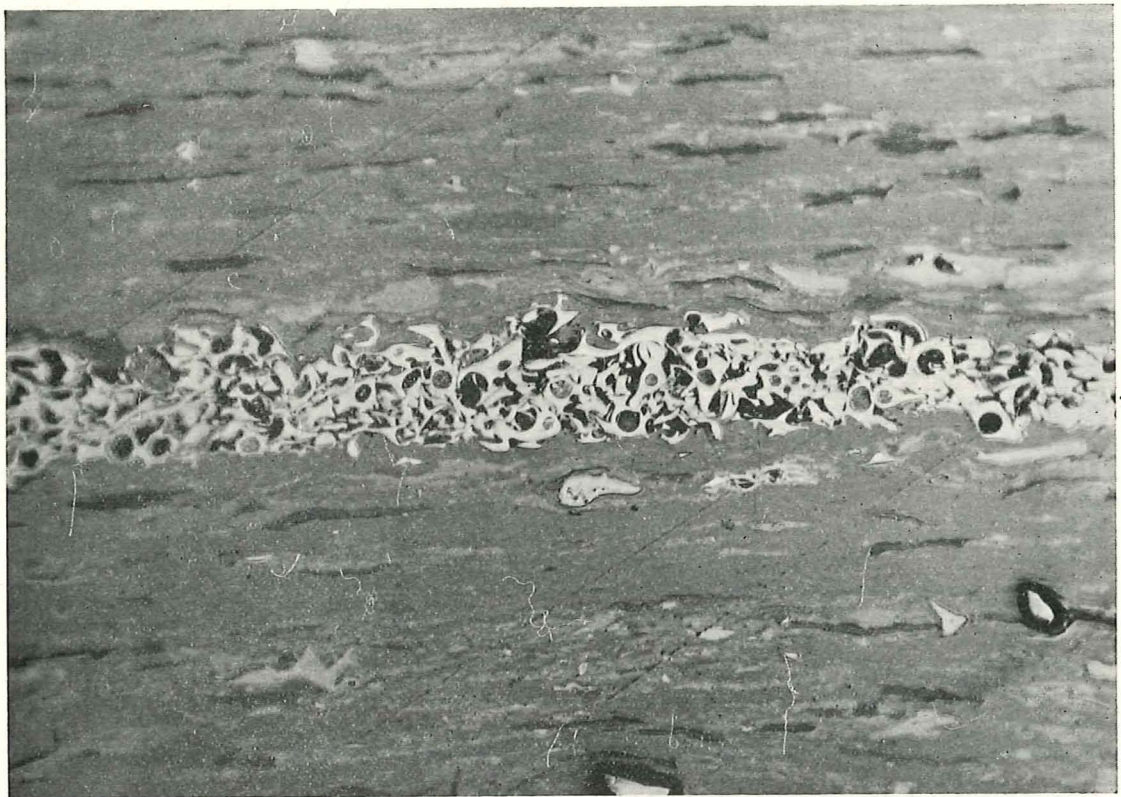


Fig. 6. — STROMA dans le charbon (charbon gras). — Veine Umdulmus de la mine Gelik près de Tonguldak (Turquie).
Surface polie, 425 X (2015).

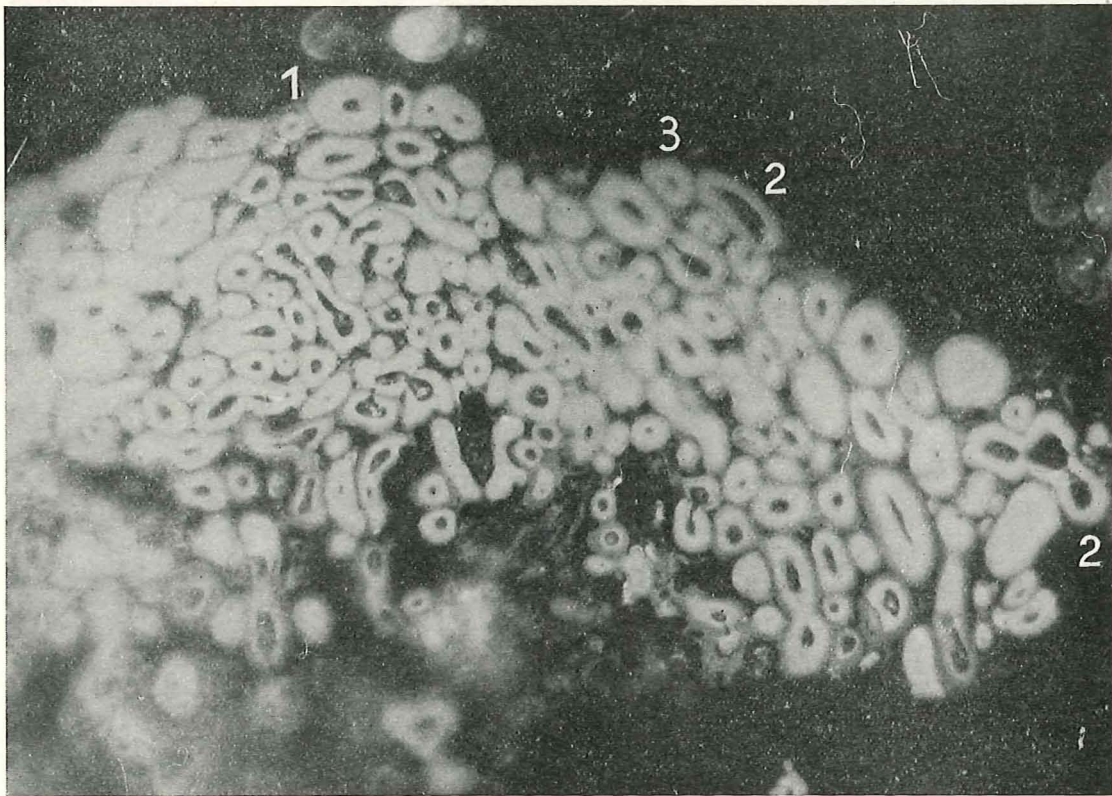


Fig. 7. — STROMA de champignon récent, *XYLARIA* sp. en coupe transversale. — Coupe transversale d'hyphes. Surface polie, immersion d'huile, 1694 × (1886).

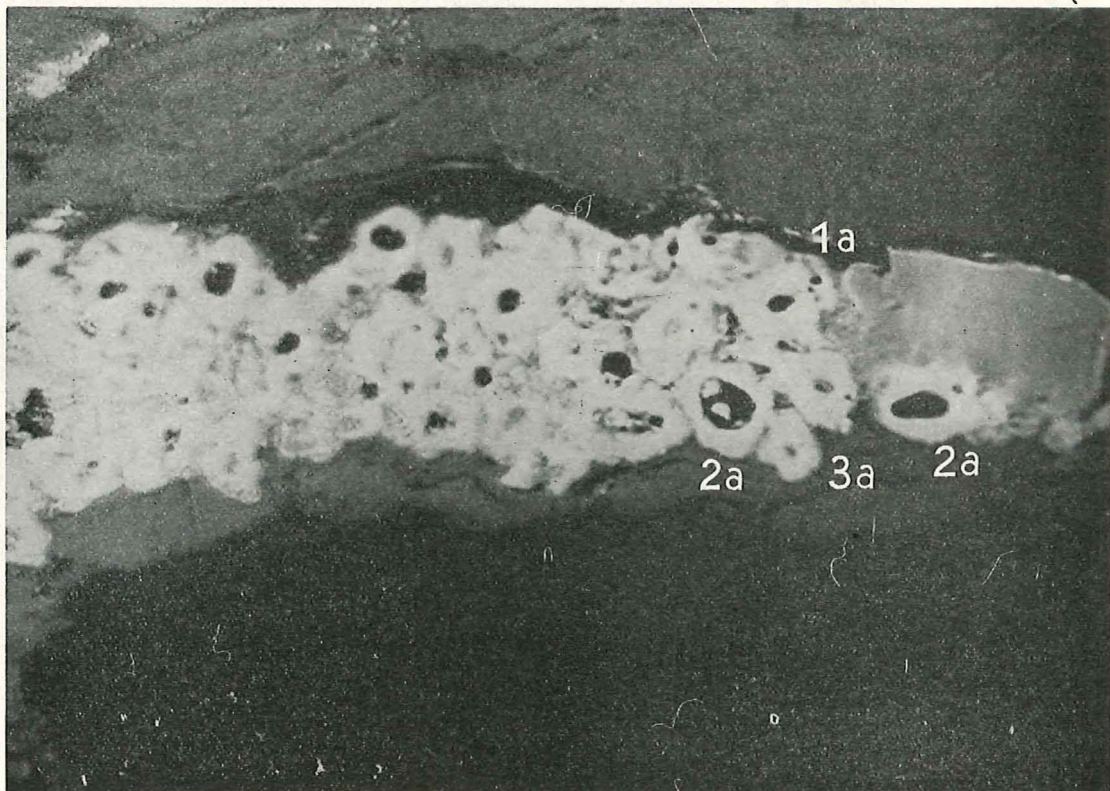


Fig. 8.— Sclérotinite dans la veine Loki; charbon flambant de la Ruhr. — Coupe transversale d'hyphes. Surface polie, immersion d'huile, 1694 × (768).

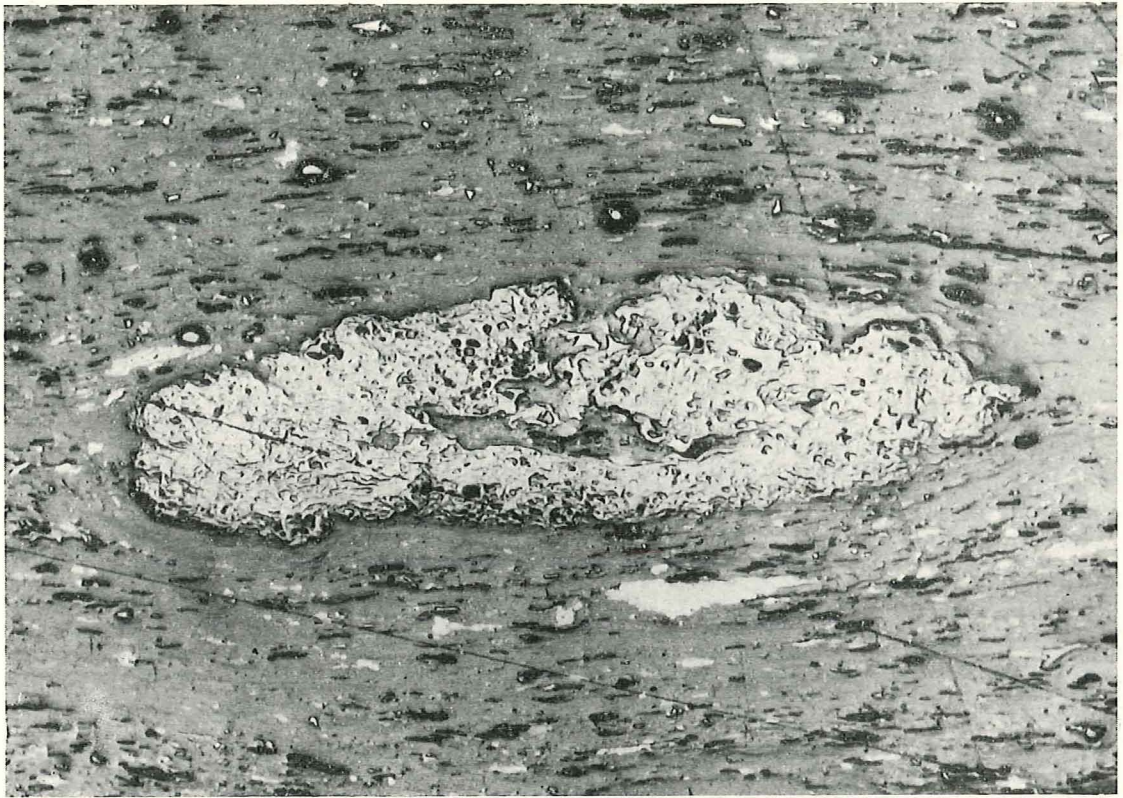


Fig. 9. — Sclérotinite, corps ayant la forme d'un champignon (stroma) dans un charbon turc. — Veine Bügük, mine Gelik.
Surface polie, immersion d'huile, 169 × (2020).

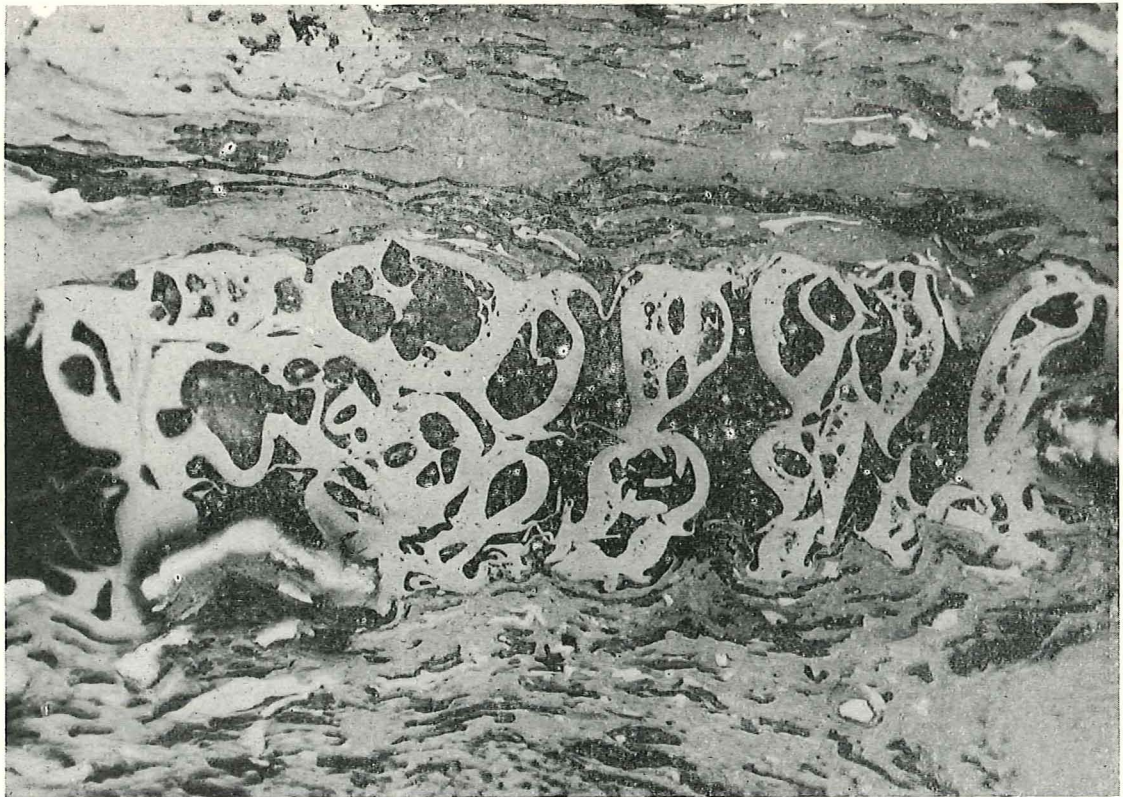


Fig. 10. — Sclérotinite, corps ayant la forme d'un champignon dans du charbon flambant. — Veine Baldur, mine Brassert
(Ruhr).
Surface polie, immersion d'huile, 425 × (1988).

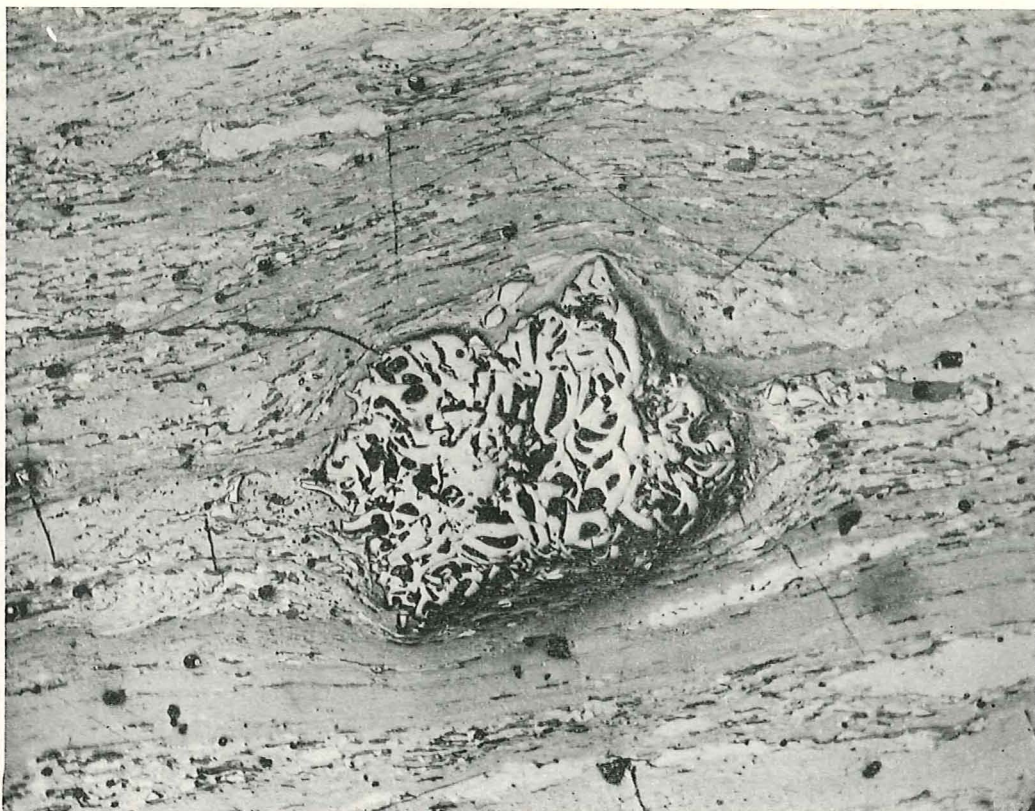


Fig. 11. — Sclérotinite, peloton d'hyphes. — Veine Kürt Scrif, mine Incir harman (Turquie).
145 × (2027-415).

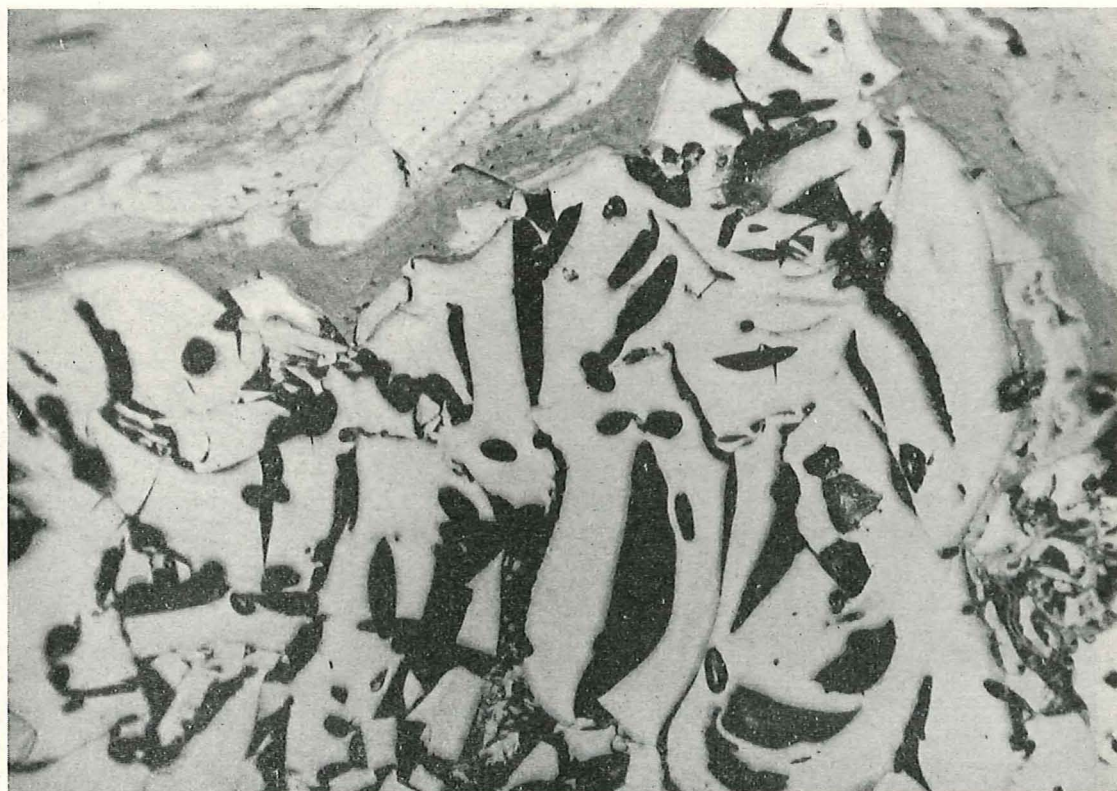


Fig. 12. — Sclérotinite, hyphes de champignon. — Veine Kürt Scrif, mine Incir harman (Turquie).
423 × (2026-415).

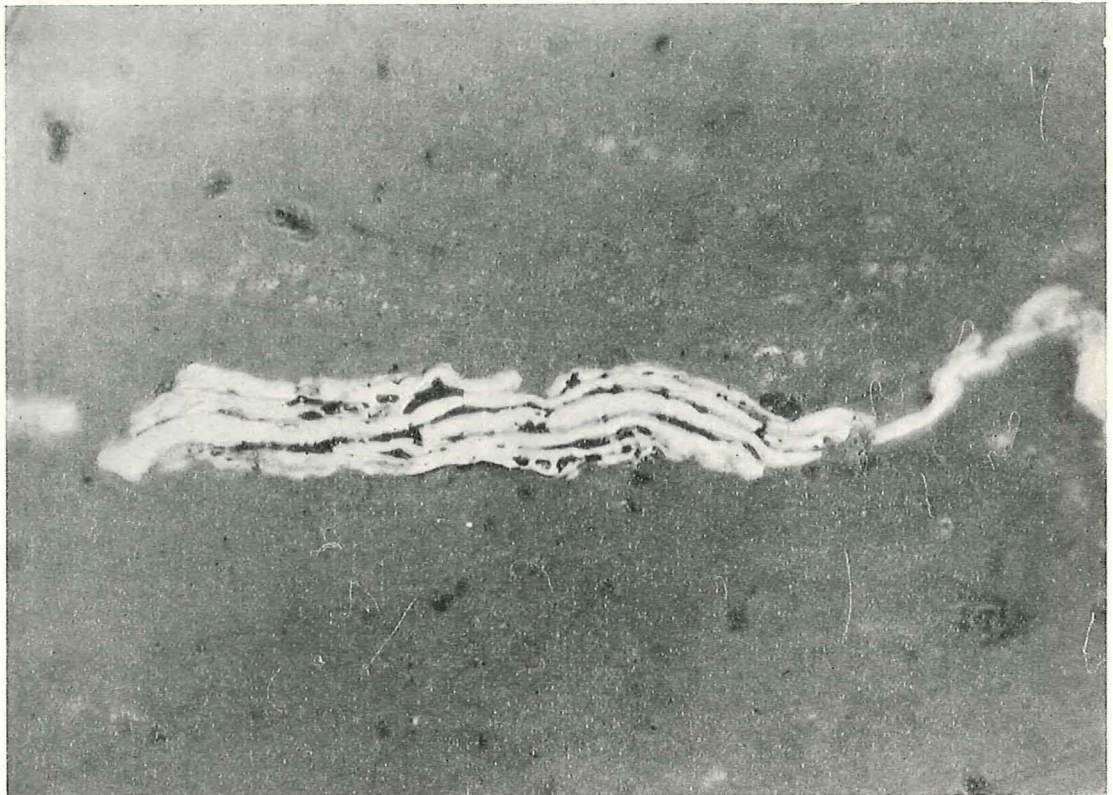


Fig. 13. — Sclérotinite, hyphes de champignon dans un charbon turc. — Veine Neomi de la mine Gelik.
Surface polie (403), immersion d'huile, 1680 × (2014).

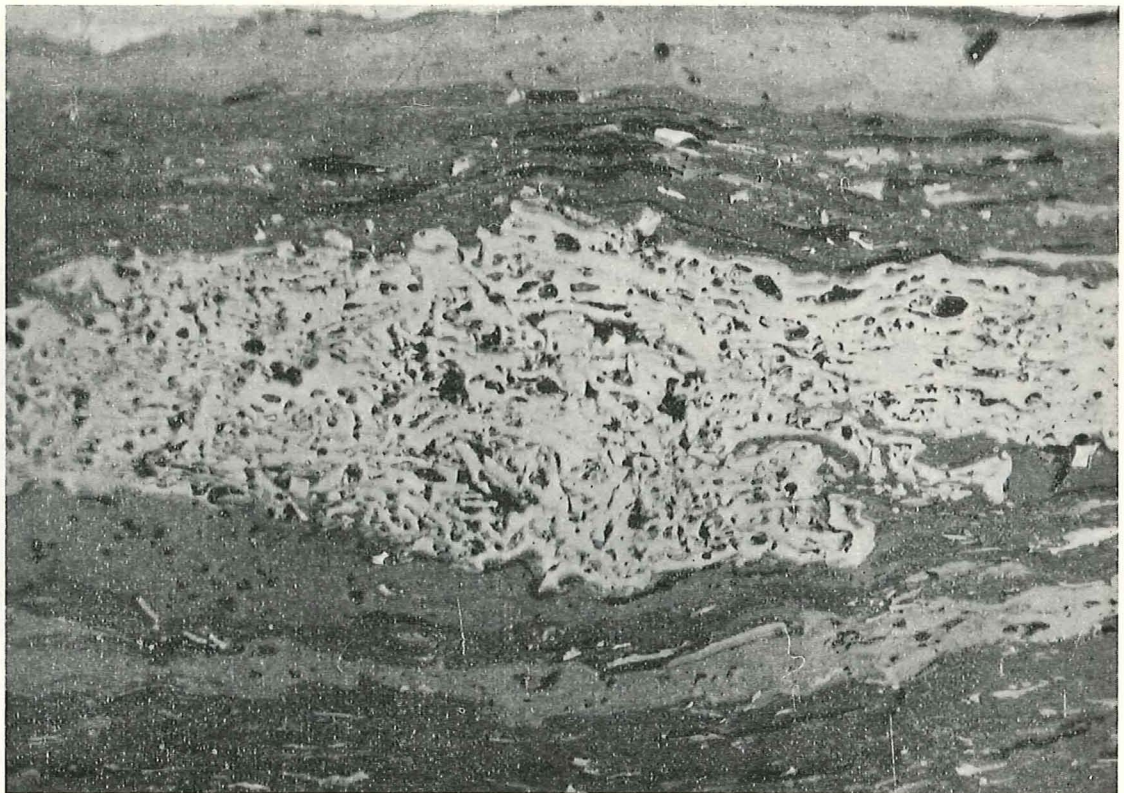


Fig. 14. — Sclérotinite (Mycélium) dans un charbon turc. — Veine Karamaniyan de la mine Gelik.
Surface polie (409), immersion d'huile, 425 × (2021).

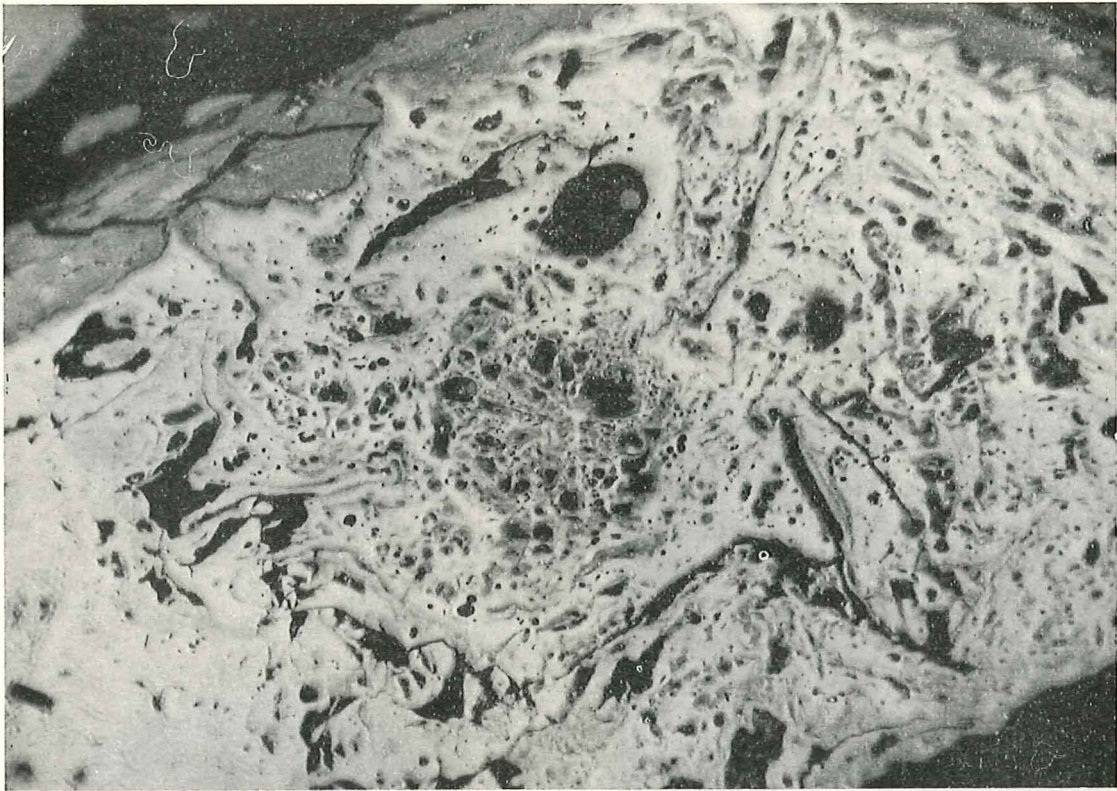


Fig. 15. — Sclérotinite (mycélium) dans un charbon demi-gras. — Veine Mauregatt de la mine Lothringen.
Surface polie (919), immersion d'huile, 425 × (1947).

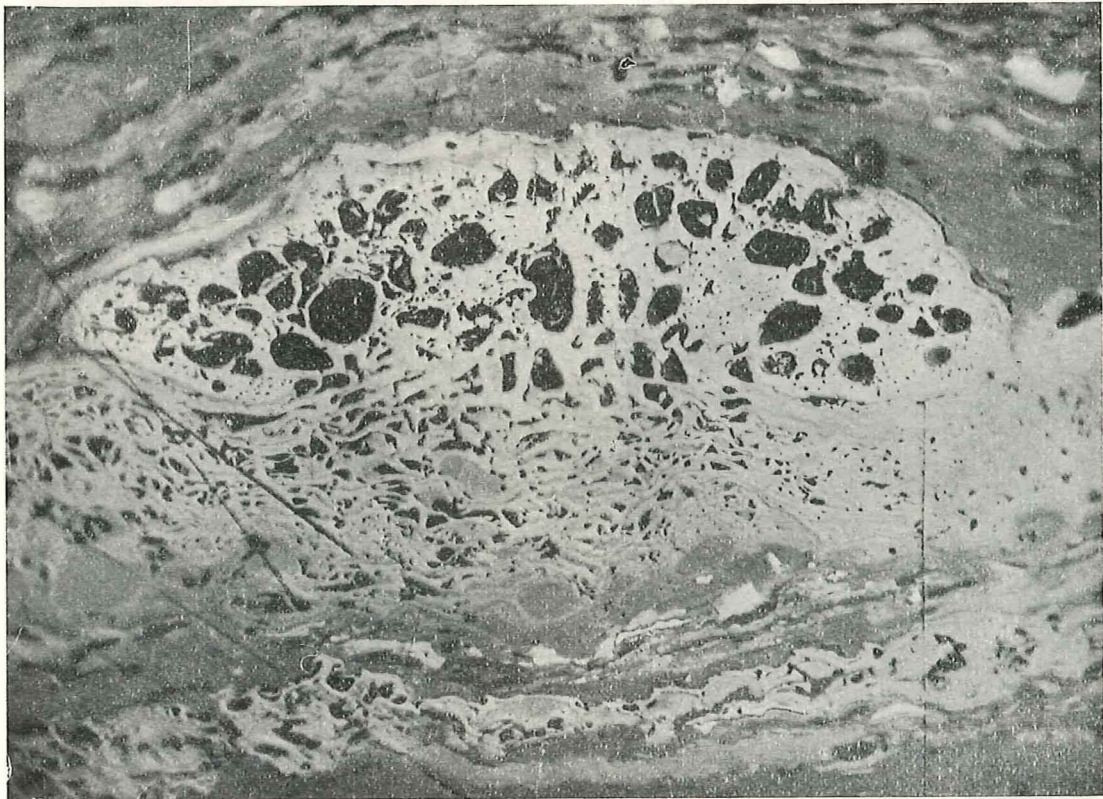


Fig. 16. — Sclérotinite — Sclérotium de champignon en connexion avec le mycélium dont il est issu. — Veine Kürt Scif,
mine Inehir harman (Turquie).
356 × — Négatif ; 180 × (2028-415).

DISCUSSION

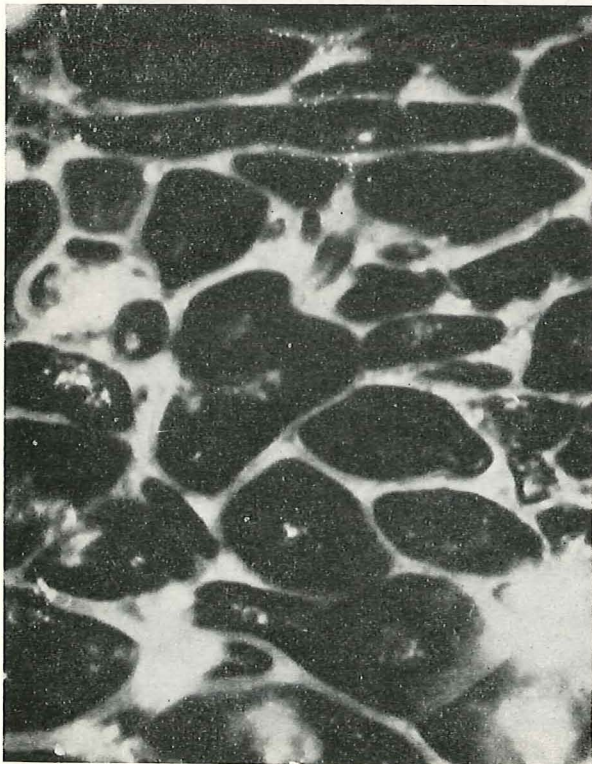
M. CHANDRA (Inde).

L'exposé du professeur Stach est très intéressant et très important pour l'étude systématique de la sclerotinite. J'ai effectué quelques recherches dans la même voie, sur la morphologie de la sclerotinite et mes résultats confirment les découvertes du professeur Stach. J'ai trouvé récemment des sclérotites de *Xylaria* semblables à ceux décrits par le professeur Stach, dans des lignites tertiaires (lignites de Palana-Inde) (fig. 17a).



Fig. 17.

a. — *XYLARIA* sp. dans du lignite tertiaire de Palana, Inde, grossissement : 2000 X.

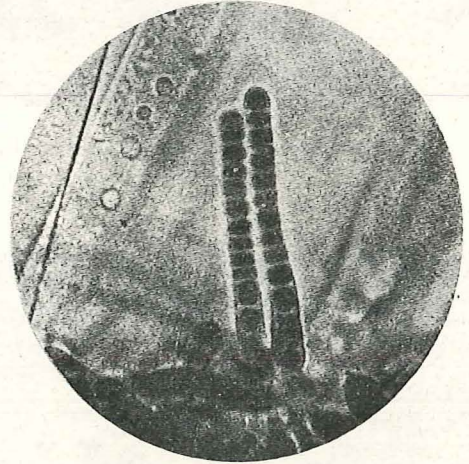


b. — *XYLARIA* sp. (communiqué par E. Stach), grossissement : 200 X.

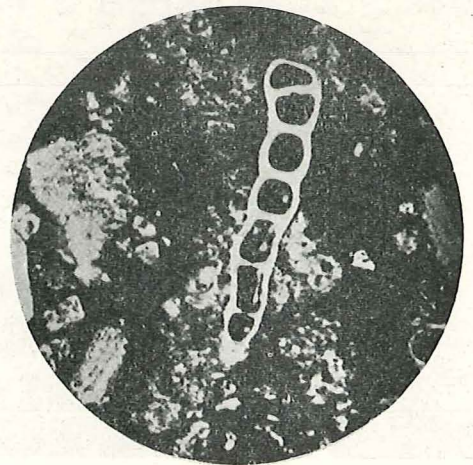


Fig. 18.

a. — Sporangé tubulaire dans du lignite tertiaire de Cuddalore, Inde.



b. — Sporangé tubulaire de *SYNCEPHALASTRUM CINEREUM* Bainier (Synonyme : *S. RECEMOSUM* Cohn-Schröter) espèce récente.



c. — Sporangé tubulaire dans du lignite tertiaire de Böhlen, Allemagne. Grossissement : 1000 X.

Une photographie de *Xylaria* Sp. m'a été aimablement fournie par le professeur Stach pour m'aider à l'identification (fig. 17b).

En outre, des sporanges tubulaires ont été trouvés dans les lignites tertiaires de Cuddalore (Inde) et de Böhlen (Allemagne). On peut les comparer, sinon les assimiler, à l'espèce actuelle de *Syncephalastrum cinereum* Bainer (fig. 18a, b, c) (*).

Des restes de sporanges de champignons ont aussi été découverts dans le charbon du Carboni-

fère (Veine Townley — Grande-Bretagne) (fig. 19) (*).

L'existence de spores de champignons dans les lignites tertiaires de Kira'ld, en Hongrie, est importante parce que ces spores ressemblent extraordinairement aux espèces récentes de *Trichothecium roseum* Link (fig. 20) (*).

J'ai aussi observé, en coupe longitudinale, des types que l'on peut rattacher aux Sclérotites



Fig. 19.

a. — Sporange de champignon dans du charbon du carbonifère (veine Townley, Grande-Bretagne). Reconstitué à partir de la partie inférieure droite de la photo adjacente.

b. — La photographie actuelle du sporange.
Grossissement : 1200 X.

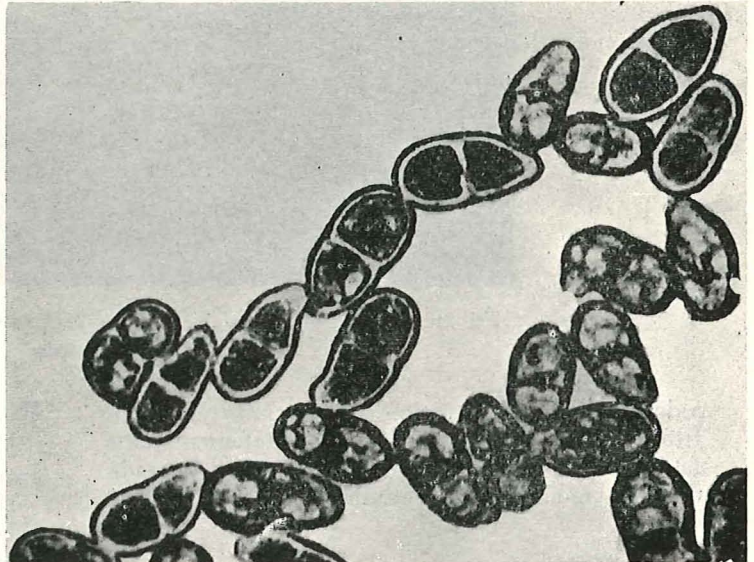
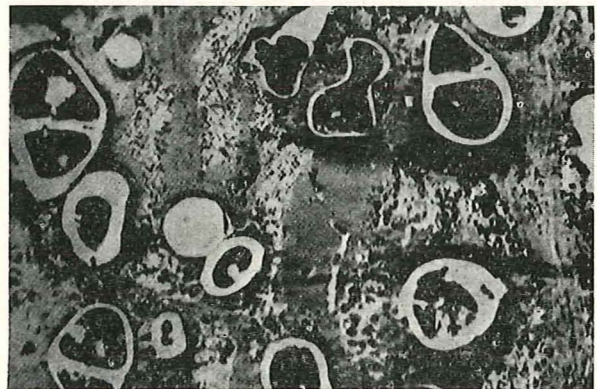


Fig. 20. — a. — Spores de TRICHOTHECIUM ROSEUM Link. Espèce récente



b. — Spores de lignite tertiaire de Kira'ld, Hongrie.
Grossissement : 1000 X.

(*) REMARQUES :

1. Les espèces récentes de *S. cinereum* et *T. roseum* sont reproduites d'après Smith : Une introduction à la mycologie industrielle, fig. 24 et 53, 3^e édition 1947, Edward Arnold & Co., Londres.
2. Les spores du lignite tertiaire de Kira'ld, Hongrie, proviennent de : E. Stach, Microscopie des lignites, dans le Traité de Microscopie dans la Technique (Handbuch der Mikroskopie in der Technik), édité par Hugo Freund, Tome II, 1^{re} partie, fig. 51, p. 640 - Edition Umschau, Francfort s/Main.
3. Le sporange tubulaire du lignite tertiaire de Böhlen, Allemagne, provient de : E. Stach, Traité de Pétrographie du Charbon (Lehrbuch der Kohlenpetrographie), fig. 159, p. 238, 1935 - Edition Gebrüder Borntraeger, Berlin.

Brandonianus Jeffrey et Chrysler (fig. 21).

Ces types sont apparentés au groupe des Mycormycètes. Cette espèce a été identifiée dans les lignites tertiaires de Palana (Inde).

MM. TAYLOR (Australie) et NOEL (Belgique).

Montrent des photographies faisant apparaître que certains sclérotites se retrouvent inchangés dans le coke. Ils restent donc inertes au cours de la cokéfaction.

Melle LECLERCQ (Belgique - paléobotaniste).

Par ses comparaisons entre les sclérotites modernes et la sclérotinite, Monsieur le Professeur Stach

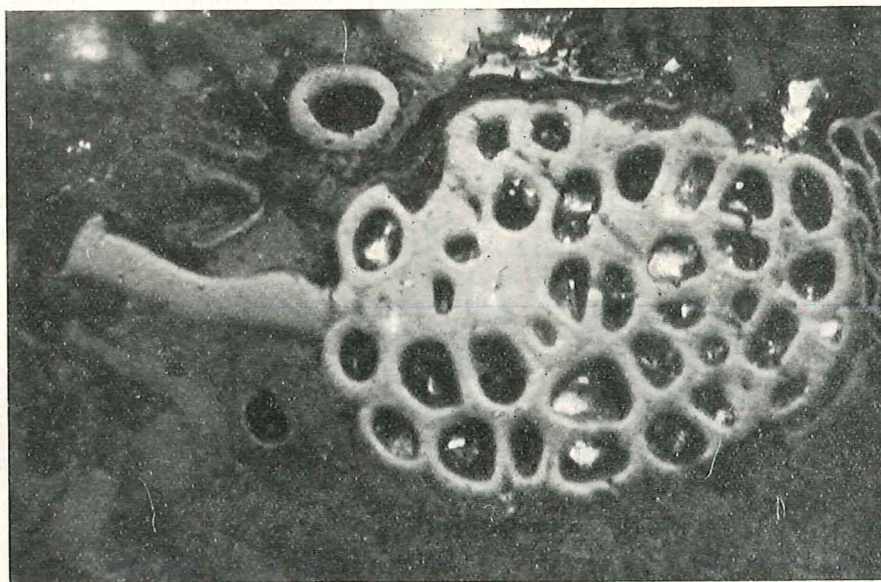


Fig. 21. — Coupe longitudinale de SCLEROTITES BRANDONIAMUS Jeffrey et Chrysler.
Grossissement 1000 X

a donné une démonstration convaincante de l'identité de ces deux formations, principalement dans la figure 16 qui montre la liaison entre le stade d'enkystement et le mycélium.

M. ALPERN (France).

Dans une étude récente de charbons très riches en sclérotinite, j'ai trouvé que la sclérotinite était surtout associée à la semi-fusinite. De plus, elle se trouvait principalement dans la claro-durite et beaucoup moins dans la durite vraie.

En ce qui concerne le mode d'altération des sclérotites, j'ai observé et photographié des différences dans le relief, le pouvoir réflecteur et la forme des sclérotites isolés.

M. POTONIE (Allemagne - paléobotaniste).

Outre leur rôle propre de champignon au cours du Carbonifère, les sclérotites peuvent jouer un rôle en stratigraphie. Dans certaines couches, certaines spores sont mal conservées. Généralement les spores des couches les plus anciennes sont mieux conservées que les spores des couches plus jeunes.

Récemment, MM. Kroutch et Pflug, ayant constaté que les spores du carbonifère étaient plus ou moins percées de trous, comme les grains de pollen actuels, ont cru pouvoir tirer de cette observation des arguments sur la phillogenèse des Angiospermes.

Mais, il ne faut pas oublier que les grains de pollen flottés dans les marais sont attaqués par des champignons qui ont fait ces petits trous.

Il est donc très intéressant de constater que M. Stach a trouvé les champignons surtout dans les constituants qui possèdent beaucoup de spores,

M. AMMOSSOV (U.R.S.S.).

M. Stach a très bien défini la complexité du groupe de la sclérotinite.

Il est probable que l'on trouvera sous peu des éléments dans lesquels on retrouvera des cellules de levure. M. Stach a établi une classification de la sclérotinite. Le problème consiste maintenant à étudier en détail chaque groupe de cette classification.

M. SEYLER (Angleterre).

Je propose que le terme sclérotinite soit inclus dans le groupe des constituants de la carbinite, suivant la nomenclature du National Coal Board.

Mme TEICHMULLER (Allemagne).

Je pense que les spores de champignons que l'on classe au point de vue de la pétrographie des charbons, dans la sclérotinite, et qui se caractérisent par un pouvoir réflecteur exceptionnellement élevé, n'appartiennent pas à un seul groupe déterminé de champignons. En réalité, il y a aussi, dans les champignons récents, différentes espèces qui forment des spores et des mycéliums sombres (qui absorbent plus fortement la lumière), par exemple la rouille du blé (*Puccinia graminis*) qui répand des spores noires bien connues.

Par ailleurs, il y a des espèces de champignons auxquelles appartiennent par exemple les cèpes (*Boletus edulis*), qui ne forment ni mycélium foncé ni spores sombres et dont les vestiges, si on en trouvait dans les charbons, ne montreraient certainement pas un pouvoir réflecteur élevé. De tels champignons ne sont pas de la sclérotinite.

M. STACH.

Je suis du même avis que Mme Teichmüller. Il va de soi que les vestiges de champignons qui ne

sont pas bien sclérotinisés ne sont pas rangés dans la sclérotinite et M. Duparque a raison quand il écrit que les mycéliums composés uniquement de cellulose ne peuvent pas s'être conservés.

M. DUPARQUE (France).

Il doit y avoir une erreur d'interprétation.

Les myceliums sont surtout composés de mucilage et d'autres corps qui ne sont pas de la cellulose. En général, dans la nature actuelle, le mycelium disparaît quand les organes de reproduction se sont différenciés.

Dans mon mémoire sur les houilles, j'ai décrit un seul corps qui se rapporte à la sclérotinite et que j'avais déterminé comme une algue en me basant sur les figures de Bertrand. Puis, j'ai suivi votre opinion et j'ai déterminé ce corps comme un sclérote.

Mon laboratoire a commencé une étude systématique sur la position des sclérotites dans les veines du bassin du Nord de la France.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREWS, H.N. & LENZ, L.W. : A microrhizome from the carboniferous of Illinois. - *Torrey Bot. Club. Bull.* 70, 1943, Nr. 2, S. 120-125.
- CHANDRA, D.C. : Mündliche Mitteilung. - 1955.
- DELATTRE, Ch. & DUPARQUE, A. : Caractères généraux des houilles de Kenadsa (Algérie). - *Ann. Soc. Geol. du Nord*, Bd. LXXIII, 238 S., Lille 1954.
- DRAHT, A. & JACKOLSKI, C. : Petrographical investigations of the Otto Coal Bed, Radzionkow mine, Upper Silesia. - XII. Annual of the Polish Geol. Soc., Krakau 1936, S. 685-770 mit Taf. 10-21.
- DUPARQUE, A. & DELATTRE, Ch. : Caractéristique microscopiques des sclérotites et spores de champignons des Houilles et des Anthracites. - *Soc. Géol. du Nord, Lille, Annales*, Bd. 73, S. 247-268, Taf. 13.
- HACQUEBARD, P.A. : Opaque matter in coal. - *Economic Geol.* 47, Nr. 5, S. 494-516, 1952.
- HALBSGUT, W. : Briefliche Mitteilung. - 1955.
- JEFFREY, E.C. & CHRYSLER, M.A. : The lignites of Brandon. - *Rep. of the Vermont State Geologist*, S. 195-201, 1905/1906.
- JURASKY, K.A. : Deutschlands Braunkohlen und ihre Entstehung. - *Deutscher Boden* 2, 165 S., m. 67 Abb., Gebr. Borntraeger, Berlin, 1936.
- PENSELER, W. : The waikato coal. - *Fuel*, 13, S. 176-185, S. 198-208, 1934.
- PICKHARDT, W. : Ueber den Sklerotinit in paläozoischen Steinkohlenflözen. - *Diss. Bonn*, 1954.
- SCHOPF, J.M. : Was decay important in origin of coal? - *Journ. of Sedimentary Petrology* 22, Nr. 2, S. 61-69, Ohio 1952.
- SCHULZE, G. : Untersuchungen über den Aufbau der westfälischen Brandschiefer. - *Glückauf*, Bd. 68, S. 921-927, 1932.
- SCHULZE, G. : Vorkommen von Sklerotien in der Ruhrkohle. - *Glückauf*, S. 947-948, 1935.
- STACH, E. : Zur Petrographie und Entstehung der Peissenberger Pechkohle. - *Ztschr. d. Dt. Geol. Ges.*, Bd. 77, 1925; *Abh.* Nr. 2, S. 260-299 m. 6 Taf.
- STACH, E. : Zur Entstehung des Fusits. - *Glückauf*, Nr. 21, S. 759-765, 1 Taf., 1927.
- STACH, E. : The origin of fusain. - *Fuel*, Bd. 6, H. 9, S. 405-410, 1927.
- STACH, E. : Sklerotien in der Kohle. - *Glückauf*, 70, S. 297-304, 1934.
- STACH, E. : Lehrbuch der Kohlenpetrographie. - 293 S. m. 173 Abb., Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1935.
- STACH, E. & MICHIELS, H.C. : Reflexionsmessungen an Kohlenanschliffen mit dem Berek-Mikrophotometer, insbesondere am Exinit der Ruhrkohlenflöze. - *Geol. Jb.* 71, S. 115-143, 4 Taf., 5 Abb., 1 Tab., Hannover, 1955.