

DIRECÇÃO-GERAL DE GEOLOGIA E MINAS
SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL



MEMÓRIA N.º 26 (NOVA SÉRIE)

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU BASSIN
HOILLER DU DOURO (NW DU PORTUGAL)
**ATLAS DE MICROPETROGRAPHIE DES
PERANTHRACITES**

par

M. J. LEMOS DE SOUSA

DOCTEUR ES-SCIENCES
AGREGE DE L'UNIVERSITE

LISBOA

1978

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL
Rua da Academia das Ciências, 19, 2.º
LISBOA 2 — PORTUGAL

As doutrinas expostas são
da completa responsabi-
lidade dos seus autores

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU BASSIN
HOILLER DU DOURO (NW DU PORTUGAL)

**ATLAS DE MICROPETROGRAPHIE DES
PERANTHRACITES**

DIRECÇÃO-GERAL DE GEOLOGIA E MINAS
SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL



MEMÓRIA N.º 26 (NOVA SÉRIE)

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU BASSIN
HOILLER DU DOURO (NW DU PORTUGAL)
**ATLAS DE MICROPETROGRAPHIE DES
PERANTHRACITES**

par

M. J. LEMOS DE SOUSA

DOCTEUR ES-SCIENCES
AGREGÉ DE L'UNIVERSITÉ

Publication subventionnée par l'« Instituto Nacional de Investigação Científica-INIC » (Portugal)

L I S B O A

1 9 7 8

Cette publication est le résultat de travaux initiés comme boursier de la «Comissão Permanente INVOTAN-Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica» (Portugal) et poursuivis dans le plan de recherche PMG 1 (Bassin Houiller du Douro) subventionné par l'«Instituto Nacional de Investigação Científica-INIC» (Portugal).

TABLE DES MATIERES

RESUME — RESUMO — ABSTRACT	11
AVANT-PROPOS	13
INTRODUCTION GENERALE	15
ETUDE DE LA COMPOSITION PETROGRAPHIQUE (TYPE) DES PERANTHRACITES DU BASSIN HOUILLER DU DOURO	19
1. Introduction	19
2. Le point des connaissances sur le type des anthracites (l. s.)	22
3. Les problèmes particuliers soulevés par l'étude du type des peranthracites du Bassin Houiller du Douro. Limite d'identification des constituants microscopiques dans les stades terminaux de la houillification — Proposition d'une nomenclature pour l'étude du type dans les peranthracites	24
4. Méthodologie utilisée pour l'étude du type — Analyse critique	35
5. Description de la composition pétrographique des peranthracites du Bassin Houiller du Douro	36
5.1. La Vitrinite	36
5.1.1. La Télinite	37
5.1.2. La Télocollinite	38
5.1.3. La Desmocollinite — La Gélocollinite — La Macrinite (en partie)	38
5.2. L'Exinite	40
5.2.1. La Sporinite	41
5.2.2. La Cutinite	42
5.2.3. La Résinite	42
5.3. L'Inertinite	43
5.3.1. La Fusinite	43
5.3.2. La Semi-fusinite	44
5.3.3. La Sclérotinite	45
5.4. Les Corps sphéroïdaux	49
5.5. La Détrinite	49
5.6. Les Inclusions minérales	51
5.7. Le Pyrocarbone	54
6. Les effets de la tectonique sur les peranthracites du Bassin Houiller du Douro	57
7. Les effets de l'oxydation naturelle sur les charbons d'affleurements	60
BIBLIOGRAPHIE	63
ANNEXES	
Annexe I — Echantillons prélevés en profondeur dans le groupe de São Pedro da Cova (siè- ges de «Monte Alto e Ervedosa» et de «São Pedro da Cova»)	85
Annexe II — Echantillons prélevés en sondages effectués dans le groupe de São Pedro da Cova	86

Annexe III — Echantillons prélevés sur des affleurements dans le groupe de São Pedro da Cova (sièges de «Monte Alto e Ervedosa» et de «São Pedro da Cova»)	86
Annexe IV — Echantillons prélevés en profondeur dans le groupe de Pejão (siège de «Germunde/Serrinha»)	87
Annexe V — Echantillons prélevés en profondeur dans le groupe de Pejão (siège de «Pejão») et dans le siège de «Paraduça n.º 1»	88
Annexe VI — Echantillons prélevés sur des affleurements dans le groupe de Pejão (siège de «Germunde/Serrinha»)	88
Annexe VII — Résultats des analyses chimiques et des mesures de pouvoir réflecteur effectuées sur les échantillons de peranthracite prélevés en profondeur dans le Bassin Houiller du Douro	89
Annexe VIII — Résultats des analyses chimiques et des mesures de pouvoir réflecteur effectuées sur les échantillons de peranthracite prélevés sur des affleurements dans le Bassin Houiller du Douro	92
PLANCHES I a XXXVI	93
FIGURES HORS-TEXTE (dans la pochette)	
Carte géologique schématique de la région du Bassin Houiller du Douro	
Carte des houillères du Bassin Houiller du Douro	

LISTE DES FIGURES DANS LE TEXTE

Fig. 1 — Les macéraux des lignites et des houilles — Nomenclature STOPES-HEERLEN (SH), lumière réfléchie	21
Fig. 2 — Influence de la composition macérale sur la relation PR-MV — Schéma de principe	25
Fig. 3 — Qualification d'un charbon selon divers indices	26
Fig. 4 — Différentes échelles optiques de houillification en rapport avec le rang des charbons et les zones pétrolières de WASSOJEWITSCH	27
Fig. 5 — Relation entre les différentes propriétés des charbons et les zones pétrolières de WASSOJEWITSCH	29
Fig. 6 — Schéma de principe de l'évolution de quelques macéraux et groupes de macéraux au cours de la houillification	31
Fig. 7 — Evolution des macéraux et groupes de macéraux au cours de la houillification. Limite d'identification des constituants microscopiques dans les peranthracites selon la conception de l'auteur	33

RESUME

Après une *introduction générale* dans laquelle l'auteur présente le Bassin Houiller du Douro des points de vue géologique et minier et aussi des études antérieures sur les peranthracites exploités, il rapporte les résultats de ses travaux inédits sur l'étude de la composition pétrographique (type) des peranthracites du Bassin Houiller du Douro. Dans cette deuxième partie et précédant la description minutieuse de la composition pétrographique proprement dite, l'auteur fait d'abord le point des connaissances sur le type des anthracites (l.s.), après quoi il discute en détails les problèmes particuliers soulevés par l'étude des peranthracites du Douro. En raison de ces problèmes, l'auteur a proposé une nomenclature, basée sur des conceptions génétiques, pour la description du type dans les termes les plus élevés de la houillification. La méthodologie utilisée pour l'étude du type est aussi l'objet d'une analyse critique. Enfin, l'auteur présente sur les peranthracites du Douro les résultats obtenus dans l'étude des effets soit de la tectonique, soit de l'oxydation naturelle sur des affleurements.

D'après les raisons exposées, cette publication peut être considérée comme une première contribution d'ensemble, aussi complète que possible, à la connaissance de la composition pétrographique dans les stades ultimes de la houillification, non seulement en ce qui concerne les charbons (peranthracites), mais encore les particules du même rang de matière organique fossile dispersée dans les sédiments (organolites).

RESUMO

Após uma *introdução geral* em que apresenta a Bacia Carbonífera do Douro dos pontos de vista quer geológico, quer mineiro e na qual, além disso, faz um balanço dos estudos até à data levados a efeito sobre as peranthracites aí exploradas, o autor dá relato dos trabalhos inéditos por si efectuados sobre o estudo da composição petrográfica (tipo) das peranthracites da Bacia Carbonífera do Douro. Nesta segunda parte do trabalho e precedendo a descrição pormenorizada da composição petrográfica propriamente dita, o autor faz, em primeiro lugar, um resumo dos conhecimentos sobre o tipo das antracites (l.s.), após o que discute os problemas peculiares suscitados pelo estudo das peranthracites durienses em consequência dos quais foi levado a propor uma nomenclatura, baseada em concepções genéticas, para a descrição do tipo nos termos mais elevados da incarbonização. A metodologia utilizada para o estudo do tipo é, ainda, alvo de uma análise crítica. Por fim, o autor apresenta os resultados obtidos no estudo dos efeitos, quer da tectónica, quer da oxidação natural em afloramento nas peranthracites do Douro.

Em conformidade com razões expostas pelo autor, esta publicação pretende ser, fundamentalmente, uma primeira contribuição de conjunto, tão completa quanto possível, para o conhecimento da composição petrográfica dos termos mais elevados da incarbonização, quer no que respeita a carvões (peranthracites), quer no que respeita à matéria orgânica fóssil dispersa nos sedimentos (organólitos) do mesmo grau de carbonificação.

ABSTRACT

In an *introductory chapter* the Douro Coalfield is described under both geological and a mining point of view, together with an up-to-date review of the studies carried out on the peranthracites from that coalfield.

The author proceeds with a report of his original study of the petrographic composition (type) of the peranthracites from the Douro Coalfield. In this study, and before a detailed account on the petrographic composition the author i) summarizes the knowledge about the type of anthracites (l.s.), ii) discusses in detail the peculiar problems arising from the study of the Douro peranthracites which necessitate a genetic nomenclature for type description at the higher levels of coalification, iii) critically analyzes the methodology used for the study of type, and iv) presents the results of tectonic, and outcrop weathering (oxidation) studies carried out on the Douro Coalfield peranthracites.

The fundamental intention of the author is to give a first contribution, as complete as possible, on the knowledge of the petrographic composition of the higher coalification levels, both for coals (peranthracites), and fossil organic matter dispersed in sediments (organolites).

AVANT-PROPOS

Ce mémoire est le résultat de la succession dans le temps d'une partie des travaux de recherche que nous avons entrepris en vue de notre thèse de doctorat-ès-sciences.

Le support financier des recherches ayant été assuré par la «Comissão Permanente INVOTAN» de la «Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica» et par l'«Instituto Nacional de Investigação Científica-INIC» — qui, en outre, a bien voulu subventionner la publication de ce mémoire — nous remercions ici très vivement ces deux institutions.

Nous tenons également à témoigner notre respectueuse gratitude à M.le Professeur MIGUEL MONTENEGRO DE ANDRADE, pour l'intérêt qu'il a manifesté envers nos travaux et pour l'aide précieuse qu'il nous a donné en nous guidant avec ses conseils et critiques constructives.

Une grande partie de nos recherches ont été effectuées dans le «Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto». Il nous est ainsi particulièrement agréable d'adresser nos vifs remerciements à tout le personnel de ce service pour l'aide matérielle qu'il nous a apporté tout au long de nos travaux. A ce sujet nous remercions tout spécialement Mlle MARIA MANUELA MERGULHÃO DE CASTRO TAVARES qui a assuré avec le plus grand soin l'organisation de la bibliographie.

Nous exprimons aussi notre profonde gratitude envers MM. FERNANDO SOARES CARNEIRO, Directeur Général de Géologie et Mines, et NORBERTO MÚRIAS DE QUEIRÓS, qui, chaque fois que cela fut nécessaire, ont mis à notre disposition les laboratoires et la bibliothèque du «Serviço de Fomento Mineiro».

Le matériel étudié dans ce mémoire n'aurait jamais pu être rassemblé sans l'accord et le concours de la «Companhia das Minas de Carvão de São Pedro da Cova» et de la «Empresa Carbonifera do Douro», sociétés minières qui exploitent les houillères du Bassin Houiller du Douro. Qu'il nous soit permis d'exprimer ici notre sincère remerciement aux administrations, ainsi qu'à tous les collaborateurs, du plus humble au plus élevé, de ces deux sociétés qui ont bien voulu nous aider au cours des prélèvements d'échantillons.

Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans que nous puissions profiter des solides connaissances de pétrographie des charbons qui nous ont été enseignées lors des stages que nous avons effectués en France, à l'Institut de la Houille de la Faculté des Sciences et Technologie de Lille et au Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France-CERCHAR à Verneuil-en-Hallate.

Pour le stage effectué à Lille, nous avons à coeur de remercier M.le Professeur PAUL CORSIN, Correspondant de l'Institut, qui nous a offert l'hospitalité de ses laboratoires de l'Institut de la Houille et qui s'est intéressé, à tout moment, à l'état d'avancement de nos travaux. Nous remercions aussi M.le Professeur CHARLES DELATTRE et M. EMILE MÉRIAUX qui nous ont procuré toutes facilités pour mener à bien nos recherches. Ces derniers eurent, tout deux, la bienveillance d'avoir avec nous de nombreuses et fructueuses discussions sur nos thèmes de recherche.

Pour le stage réalisé au CERCHAR nous tenons à faire une place toute particulière et à manifester toute notre respectueuse reconnaissance à M. BORIS ALPERN qui a témoigné un grand intérêt pour nos travaux de recherche en nous réservant un accueil spécialement chaleureux dans son laboratoire et en guidant avec une grande bienveillance nos recherches.

Malgré son immense activité, il nous a sacrifié de longs moments au cours desquels nous avons bénéficié de sa grande connaissance des problèmes de la pétrographie des charbons, de ses précieux conseils et ses suggestions particulièrement constructives.

Au cours de plusieurs visites d'étude à l'«Instituto Nacional del Carbón-INCAR» à Oviedo—Espagne, nous avons eu d'importantes discussions, sur les résultats scientifiques obtenus, avec MM. VICTOR HEVIA-RODRIGUEZ et JAVIER GONZALEZ PRADO. Nous les associons ainsi dans un même sentiment de vive gratitude pour l'intérêt qu'ils nous ont porté, pour leurs précieux avis et pour l'accueil qu'ils nous ont réservé dans leur laboratoire.

En ce qui concerne nos recherches de pétrographie des charbons nous n'oublierons pas, en outre, l'aide précieuse qui nous a été toujours apportée, non seulement par M. HENRIQUE VIEIRA DE OLIVEIRA, mais aussi par les collègues du Comité International de Pétrographie des Charbons-ICCP, duquel nous avons l'honneur d'être Membre. Nous tenons donc à leur témoigner aussi, à tous, l'expression de notre gratitude.

Nous remercions, enfin, les «Serviços Geológicos de Portugal» qui ont bien voulu accepter de publier ce travail, ainsi que M. GEORGES ZBYSZEWSKI qui n'a jamais ménagé son temps pour nous aider dans la révision de nos manuscrits en français.

INTRODUCTION GENERALE

Le *Bassin Houiller du Douro* correspond, dans le NO du Portugal, à une bande étroite et allongée de terrains du Carbonifère (Stéphanien moyen-supérieur) de facies continental, longue d'environ 35 km et orientée NO-SE, qui s'étend depuis São Pedro Fins (Commune de Maia, Arrondissement de Porto) jusqu'à Paraiso (Commune de Castelo de Paiva, Arrondissement d'Aveiro) (Voir «Carte géologique schématique de la région du Bassin Houiller du Douro» en hors-texte et SOUSA, 1977 b). Nous utilisons ainsi la dénomination dans le même sens que THADEU (1965) et VIANNA (1928), c'est-à-dire, nous la considérons directement liée à l'existence de veines de charbon exploitables (1), bien que l'affleurement du Carbonifère s'allonge bien au-delà de la limite SE susmentionnée.

Le Stéphanien moyen-supérieur correspondant au Bassin Houiller du Douro présente, dans la région de São Pedro da Cova, une grande complexité structurale avec la formation de deux sub-bassins — un à l'occident appelé «bassin classique ou occidental», un autre à l'orient appelé «bassin oriental» — séparés par le Silurien au sein duquel le Carbonifère affleure, parfois, en boutonnière.

Par ailleurs, dans la région, depuis Ervedosa (Valongo) et jusqu'à São Pedro da Cova, il existe aussi un affleurement étroit et allongé du Westphalien D et/ou du Cantabrien. Ces terrains du Carbonifère qui ne contiennent pas des veines de charbon et qui sont séparés, dans l'espace et dans le temps, du Stéphanien moyen-supérieur ne s'intègrent donc pas dans le Bassin Houiller du Douro.

Au niveau régional, le Carbonifère est encadré par des terrains metasedimentaires du «Complexe de schistes et grauwackes anté-ordoviciens», de l'Ordovicien, du Silurien, du Dévonien et encore par des granites hercyniens d'âges divers: «granites anciens» («older granites» des auteurs hollandais qui ont étudié la région) essentiellement westphaliens (297 ± 14 ma) et «granites modernes» («younger granites» des mêmes auteurs) essentiellement stéphanien et/ou permien (280 ± 5 ma).

L'ensemble des formations anciennes mentionnées est recouvert en différents endroits par des dépôts du Plio-Pléistocène.

*
* * *

Sur la «Carte des houillères du Bassin Houiller du Douro», en hors-texte, sont indiquées les mines de charbons qui existent dans la région (2).

Par ailleurs, la presque totalité des études qui ont précédé celles que nous avons entrepris sur les charbons exploités dans le Bassin Houiller du Douro, était consacrée à des aspects liés au calcul des réserves du bassin, à la statistique des exploitations, ou bien, à des problèmes technologiques (lavabilité, qualité des produits industriels et leur utilisation, etc.) (ALMEIDA, 1929, 1931, 1936, 1940 et S.d.; CARNEIRO, 1971 et S.d.; CARVALHO, 1891; CRUZ,

(1) Les limites ci-dessus mentionnées sont celles adoptées dans les deux cartes minières publiées au Portugal (VIANNA, 1952; *Carta mineira de Portugal* (au 1/500.000 ème), 1960).

(2) Voir aussi *Minas concedidas no Continente desde Agosto de 1836 a Dezembro de 1962. Lista cronológica e índice alfabético*, S.d.

1923; MACHADO, 1970; PEGO, 1925; QUEIRÓS, S.d.a et S.d.b; RODRIGUES, Solla, Moniz & Pinheiro, S.d.; SANTOS, 1953 a et 1953 b; Solla, S.d.; Solla & Santos, 1960, S.d.a et S.d.b; VASCONCELOS, 1929; VIANNA, 1928). En effet, en ce qui concerne la pétrologie des charbons du bassin, il existait quelques notes publiées, pétrographiques (DUPARQUE, 1949 a; OLIVEIRA, 1945, 1956 et 1958) et chimiques (BRITO, S.d.; CARVALHO & MOURA, 1960; *Carbões Portugueses*, 1941). Il faut aussi mettre en évidence une importante étude de ALMEIDA (1958) dans laquelle, outre des problèmes de classification discutés, l'auteur émet, pour la première fois, quelques hypothèses de travail fondamentales pour la poursuite des recherches sur la pétrologie des charbons du Douro.

Entre-temps, nous avons entrepris, soit au «Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto» (Portugal), soit dans des laboratoires français (Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France-CERCHAR à Verneuil-en-Halatte et Institut de la Houille de la Faculté des Sciences et Technologie de Lille), des études de base, systématiques, sur la pétrologie des charbons exploités dans le Bassin Houiller du Douro. En résultat de ces études, nous avons déjà publié, ou bien nous avons sous presse, une série de travaux sur les propriétés pétrographiques, physiques et chimiques et sur les conditions génétiques de ces combustibles solides (ALPERN & SOUSA, 1970; SOUSA, 1971, 1973, 1974, 1976, 1977 a, sous presse a et sous presse b).

D'autre part, en prenant comme base les propriétés étudiées, il a été possible d'émettre des nouvelles interprétations — dans certains cas tout à fait différentes de celles antérieurement émises à partir de la Paléontologie — en ce qui concerne la genèse et la structure du Bassin Houiller du Douro et des régions avoisinantes (SOUSA, 1973, 1977 b et sous presse a). Il a été ainsi possible de préciser l'intérêt économique de certains sièges, fait dont l'importance n'a pas besoin d'être mise en évidence, compte tenu des problèmes énergétiques actuels.

L'ensemble des recherches scientifiques indiquées est, en outre, indispensable à toute planification de cette région minière en ce qui concerne les études en cours sur l'évaluation actualisée des réserves et sur la détermination des meilleures conditions soit d'exploitation, soit d'utilisation des combustibles solides. Ceci justifie l'importance attribuée à ces études dans des publications fondamentales sur la politique minière nationale (CARNEIRO, 1971; QUEIRÓS, S.d.a et S.d.b).

Par ailleurs, tous les charbons du Douro sont des peranthracites fortement houillifiés. De ce fait et indépendamment de son intérêt économique, le Bassin Houiller du Douro, s'est révélé une région de choix pour la définition d'ensemble des propriétés pétrographiques, chimiques et physiques des matériaux représentatifs du domaine le plus élevé de la carbonification.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la publication de ce mémoire consacré à l'étude de la composition pétrographique (type) des peranthracites du Douro.

Enfin, avec cette publication nous envisageons de présenter une étude d'ensemble dans ce domaine, qui soit utile à la connaissance, aussi complète que possible, non seulement de la composition pétrographique des peranthracites, mais encore des particules du même rang de matière organique fossile dispersée dans les sédiments (organolites — ALPERN, 1970 et 1972 a) dont l'intérêt pour la prospection pétrolière et de certains minerais métalliques est bien connu (ALPERN, 1972 b, 1975 a et 1975 b; BOSTICK, 1971 et 1974; BOSTICK & NICKSIC, 1975; CAYE & RAGOT, 1972; CORREIA & PENIGUEL, 1975; DIESEL & OFFLER, 1975; DURAND, 1975; RAYNAUD & ROBERT, 1976; ROBERT, 1971 et 1974; TAYLOR, 1971 a; M. TEICHMÜLLER, 1958 et 1971; *Applying coal petrology to assessment to the national fuel resources*, 1970; *Carbonaceous matter in genesis of ores and hydrocarbons*, 1970).

En effet, comme ALPERN (1970) l'a bien mis en évidence, «La classification de cette matière organique est devenue une nécessité et le pétrographe doit pouvoir classer chaque type de particule qu'il rencontre sous son objectif». Et s'il est un fait que le domaine de la houillification que nous avons étudié, est bien éloigné du rang qui correspond à la phase principale de formation du pétrole, il n'est pas moins vrai que dans les analyses des concentrés d'organolites on trouve fréquemment — en raison des remaniements et des pollutions par

retombée dans les sondages — des particules autres que celles correspondant à la population autochtone de la zone en étude qu'il faut reconnaître et identifier (BOSTICK & ALPERN, 1977).

*
* *
*

Toutes les recherches entreprises sur les peranthracites du Douro sont basées sur un échantillonnage dont la distribution dans les sièges a été choisie, compte tenu de l'état de l'exploitation du bassin, de manière à couvrir les extensions maximales, soit du NO au SE, soit de la surface aux profondeurs maximales exploitées.

Le procédé d'échantillonnage choisi a été celui des «séries de blocs» représentatifs de la totalité de la veine entre le toit et le mur dans les lieux de prélèvement.

A partir de chaque série de blocs nous avons préparé pour l'étude pétrographique des «échantillons en bloc», des «échantillons en grains» ou bien des «échantillons moyens en grains», confectionnés dans tous les cas d'après les normes fixées dans le *Lexique international de pétrographie des charbons du Comité International de Pétrographie des Charbons* (1963) ⁽³⁾ et dans le *Lexique international de pétrographie des charbons du Comité International de Pétrographie des Charbons. Supplément à la 2^{me} Ed.* (1971) ⁽³⁾ (SOUSA, sous presse a).

Sur la «Carte des houillères du Bassin Houiller du Douro» en hors-texte et dans les annexes I à VI, le lecteur trouvera les éléments nécessaires à l'identification de tous les échantillons prélevés soit en profondeur, soit sur des affleurements dans le bassin ⁽⁴⁾.

Par ailleurs, dans les annexes VII et VIII nous avons inventorié tous les résultats obtenus jusqu'à présent dans les déterminations de rang (analyses chimiques et mesures de pouvoir réflecteur (en abrégé PR)) effectuées sur les mêmes échantillons (SOUSA, sous presse a et sous presse b).

⁽³⁾ Tout au long de cette publication nous sommes, à maintes reprises, obligés de citer le «*Lexique international de pétrographie des charbons du Comité International de Pétrographie des Charbons*, 1963» et le «*Lexique international de pétrographie des charbons du Comité International de Pétrographie des Charbons Supplément à la 2^{me} Ed.*, 1971». Par commodité nous désignerons ces deux manuels de base en abrégé, respectivement, par «*Lexique*, 1963» et «*Lexique-Supplément*, 1971».

⁽⁴⁾ Voir aussi SOUSA (sous presse a et sous presse b).

ETUDE DE LA COMPOSITION PETROGRAPHIQUE (TYPE) DES PERANTHRACITES DU BASSIN HOUILLER DU DOURO

1. Introduction

En variant les nomenclatures utilisées pour la description pétrographique des charbons de pays en pays et d'auteur en auteur, la bibliographie sur ce sujet étant très nombreuse, il est nécessaire avant tout de définir le système de nomenclature utilisé.

Ainsi, ayant considéré comme base l'ensemble constitué par le *Lexique* (1963) ⁽⁵⁾ et par le *Lexique-Supplément* (1971) ⁽⁶⁾ et encore par d'autres publications fondamentales (ALPERN, BOUROZ, DELATTRE, DOLLÉ, MÉRIAUX, NOËL & QUINOT, 1970; DELATTRE & MÉRIAUX, 1973; DIESEL & CALLCOTT, 1965; STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975; TAYLOR, 1971 b), nous avons adopté, parmi les quatre systèmes de nomenclature utilisés dans l'état actuel des connaissances, celui que l'on désigne par STOPES-HEERLEN (en abrégé SH), basé fondamentalement, comme chacun le sait, sur l'étude, à niveau microscopique, de surfaces polies observées en lumière réfléchie.

En réalité, bien que l'on reconnaisse que parmi tous les systèmes proposés, celui-ci soit le moins naturel — la nomenclature du système SH se base sur des critères divers entre lesquels les propriétés technologiques des constituants —, le fait est que son utilisation présente des avantages incontestables dus à la facilité d'obtention de surfaces polies et à la possibilité de son emploi généralisé dans l'étude, soit des charbons dans tous les stades de carbonification, soit de l'ensemble des particules de matière organique fossile dispersée dans les sédiments. Le système SH est ainsi adopté, aujourd'hui, comme système international.

Parmi les constituants que l'on peut définir et décrire grâce à la nomenclature SH, l'étude de la composition pétrographique (type) des péranthracites du Bassin Houiller du Douro qui suit, se rapporte, en ce qui concerne la fraction organique, seulement aux entités élémentaires fondamentales identifiables à niveau microscopique, c'est-à-dire, aux macéraux.

En effet, toujours dans le domaine de la nomenclature SH, il est encore possible de définir d'autres constituants tant au niveau microscopique — microlithotypes —, qu'au niveau macroscopique — lithotypes. Cependant, en ce qui concerne nos recherches, les uns comme les autres ont un intérêt limité.

Dans le *Lexique* (1963) et dans le *Lexique-Supplément* (1971) on trouve des fiches qui définissent et décrivent en détail (origine du terme, propriétés physiques et chimiques, origine botanique, gènèse et mode d'occurrence, importance pratique, etc.) chacun des macéraux de la nomenclature adoptée. Nous nous limitons donc à présenter, pour mémoire, dans la fig. 1, un tableau des macéraux appartenant à la nomenclature SH.

Les systèmes de nomenclature utilisés dans la description pétrographique des charbons se rapportent essentiellement à la matière organique fossile. Cependant, dans presque tous les

⁽⁵⁾ Présenté par NOEL (1964) et par M. TEICHMÜLLER & NOEL (1964).

⁽⁶⁾ Le *Lexique-Supplément* (1971) est le résultat du progrès des recherches réalisées depuis la publication de l'édition de 1963, en raison des insuffisances reconnues dans celle-ci (ALPERN, 1963 b et 1972 b; MACKOWSKY, 1969; MURCHISON, 1969; STACH, 1971).

charbons, on trouve, en plus ou moins grande quantité, des inclusions minérales, soit englobées dans la masse de ces kaustobioolithes au cours de la sédimentation, soit déposées postérieurement en fractures ou fissures. C'est ainsi que nous envisagerons dans l'analyse du type, l'étude et la description de telles inclusions.

D'autre part, et d'après la standardisation établie dans le *Lexique* (1963), les surfaces polies, d'échantillons en bloc, ou d'échantillons en grains, dont l'étude est basée sur la nomenclature adoptée, ont été observées en immersion à l'huile, condition indispensable à la validité des définitions et des descriptions données.

En effet, dans la gamme des corps dont l'étude pétrographique est habituellement effectuée au microscope métallographique, les matières organiques sédimentaires fossiles constituent, en général, des matériaux de faible PR, ce qui fait que les contrastes sont grandement facilités par l'immersion, considérée d'ailleurs comme étant à la base des grands progrès réalisés dans ce domaine scientifique (ALPERN, 1957 a; ALPERN & NOMARSKI, 1954; HSIEH, 1930; RODRIGUEZ, 1957 a; STACH, 1937, 1949 et 1954 a). Sans l'aide de cette technique, on perd d'importants détails, ce qui peut conduire à de fausses interprétations comme cela s'est produit dans de nombreux travaux de DUPARQUE, qui a toujours effectué ses observations à sec ⁽¹⁾.

Pour l'immersion, nous avons utilisé la même huile que pour les mesures de PR — huile Leitz normale ⁽²⁾.

L'utilisation de l'huile comme moyen d'immersion pose, malgré tout, certains problèmes, car une foi retirée des surfaces polies, celles-ci ne peuvent être réexaminées qu'après de nouvelles opérations de polissage. A cause de cela, on propose pour les observations qui envisagent exclusivement la détermination du type, l'utilisation de l'immersion en glycérine. Ce produit s'élimine facilement par simple lavage à l'eau, les surfaces polies restent en parfait état. Par cette méthode on a atteint des résultats identiques à ceux obtenus avec l'huile (HSIEH, 1930; MACKOWSKY, 1954 c). Dans nos travaux, nous avons utilisé quelquefois ce moyen et les résultats ont toujours été avantageux.

L'immersion en liquides d'indice de réfraction plus élevé que celui de l'huile, comme par exemple l'iodure de méthylène, a été proposée pour certaines observations spéciales dans lesquelles on prétend obtenir un grand contraste (PILLER, 1960 et 1966; RODRIGUEZ, 1960; STACH, 1957 a et 1958 a; STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975). Ce n'est donc pas une technique courante, étant donné les difficultés qui surgissent du fait de la toxicité du produit, qui nous oblige à prendre des précautions particulières lors de son utilisation.

D'autre part, nombreux sont les appareillages décrits et utilisés dans les différents laboratoires de pétrographie des charbons pour effectuer les observations microscopiques (ALPERN, 1959 a; ALPERN & NOMARSKI, 1954; JUCKES & PITT, 1977; PILLER, 1960 et 1966; PIRE & RODRIGUEZ, 1953; RODRIGUEZ, 1955, 1957 b, 1960 et S.d.). Cependant, ils sont tous basés sur la technique générale utilisée pour l'observation de surfaces polies au microscope métallographique (FREUND, 1966; SCHNEIDERHÖHN, 1952). Pour nos travaux, nous avons utilisé un équipement LEITZ constitué par un microscope Ortholux-Pol, équipé pour des observations en lumière réfléchie avec un oculaire 10x et des objectifs d'immersion à huile 25x, 60x et 125x. Pour des observations spéciales, où l'on désire obtenir de petites ampliations, nous avons utilisé l'objectif de «Nomarski» (ALPERN & NOMARSKI, 1954). Les observations ont été effectuées en lumière polarisée (polariseur seulement) sauf dans quelques cas, spécialement indiqués, où l'examen a été fait entre nicols croisés.

(1) Aujourd'hui, on fait des observations en lumière réfléchie, à sec, en les accompagnant par des techniques spéciales — comme par exemple celle qui utilise le dépôt de pellicules extrafines sur les surfaces polies — comme auxiliaire d'identification des macéraux (SHIBAOKA, 1970).

(2) $n_D^{589,0 \text{ nm}} = 1,5150 \text{ à } 24,5^\circ\text{C}$.

MACERAUX DES LIGNITES TENDRES				MACERAUX DES LIGNITES DURES ET DES HOUILLES		
SUBMACERAUX (TYPES)	MACERAUX	SOUS-GROUPES	GROUPES	GROUPES	MACERAUX	SUBMACERAUX (TYPES)
	Textinite	Humotélinite	Huminite	Vitrinite	Télinite	Télinite 1 Télinite 2
Texto-ulminite Eu-ulminite	Ulminite				Collinite	Télocollinite Desmocollinite Gélocollinite Corpocollinite
Porigélinite Levigélinite	Gélinite	Humocollinite				
Phlobaphinite Pseudophlobaphinite	Corpohuminite					
	Attrinite	Humodétrinite			Vitrodétrinite	
	Densinite					
	Sporinite Cutinite Résinite Subérinite Alginite Liptodétrinite Chlorophyllinite (Bituminite)* (Fluorinite)* (Exudatinite)*		Liptinite	Exinite	Sporinite Cutinite Résinite Alginite Liptodétrinite (Bituminite)* (Fluorinite)* (Exudatinite)*	
	Fusinite Semi-fusinite Macrinite		Inertinite	Inertinite	Fusinite Semi-fusinite Macrinite Micrinite Sclérotinite Inertodétrinite	Pyrofusinite Dégradofusinite
	Sclérotinite Inertodétrinite					

* Terme en cours de discussion

Fig. 1 — Les macéraux des lignites et des houilles — Nomenclature STOPES-HEERLEN (SH, lumière réfléchie. (D'après un tableau élaboré par ALPERN au Laboratoire de Pétrographie du CERCHAR)

2. Le point des connaissances sur le type des anthracites (I.s.)

Le présent travail est une tentative d'étude pétrographique, systématique et détaillée sur tout un bassin de péranthracites. En effet, les publications se rapportant à la composition pétrographique de combustibles solides de ce rang ne sont pas seulement rares, mais aussi ne font allusion qu'à l'étude de quelques échantillons de tel ou tel bassin.

Ainsi, en 1847, on défendait déjà l'existence des structures organisées dans des anthracites (TESCHEMACHER, 1847).

Par ailleurs, les premiers travaux de l'école anglaise que nous connaissons et dans lesquels on décrit certaines observations sur la composition pétrographique de charbons identiques, datent de 1923/1924 (SEYLER, 1923; STUART, 1924). Il s'agit là de recherches en surfaces polies ⁽⁹⁾, soumises à des attaques chimiques (réactifs oxydants) ou à la flamme, en vue de faciliter l'étude microscopique ⁽¹⁰⁾. La principale conclusion mise en évidence est l'identité de composition pétrographique entre les houilles et les anthracites.

En 1930, aussi bien l'école française d'alors — à la tête de laquelle se trouvait DUPARQUE, dont le principal disciple, dans le domaine des anthracites, était l'américain FANSHAWE — que l'école belge contemporaine — dirigée par LEGRAYE — ont commencé à publier les résultats de leurs études sur la composition pétrographique d'anthracites. Ces études ont progressé quelques années et ont amené les auteurs de ces deux écoles non seulement à une diversité de points de vue, mais encore à des controverses (DUPARQUE, 1931, 1932a, 1932b ⁽¹¹⁾, 1932c, 1933, 1949a, 1949b, 1949d, 1949e, S.d.a, S.d.b et S.d.c; DUPARQUE & FANSHAWE, 1930; DUPARQUE & LAVERDIERE, 1931; DUPARQUE & LEFRANC, 1931; FANSHAWE, 1930; LEGRAYE, 1930, 1932a et 1932b). En réalité, tandis que les chercheurs belges considéraient, dans cet état d'évolution des charbons, la nécessité de procéder à des attaques chimiques des surfaces polies, afin de mettre en évidence la nature des constituants microscopiques, les français étaient partisans de «la méthode par simple polissage», suivie de l'examen à sec, soit en lumière non polarisée, soit en lumière polarisée ⁽¹²⁾.

LEGRAYE a toujours défendu — comme les auteurs anglais ci-dessus mentionnés — l'identité de composition, en corps figurés, des houilles et des anthracites. L'opinion de DUPARQUE était cependant assez différente: profondément dominé par des conceptions génétiques, il rendait la nature du dépôt originel responsable pour telle ou telle catégorie de charbons (DUPARQUE, 1930a). Plus tard, dans l'important mémoire qui lui a servi de thèse — DUPARQUE (1933) — affirme, en synthèse, que les alluvions végétales qu'il considérait comme résultant de processus allochtones «donnaient naissance, suivant les cas à des boues végétales terrigènes riches en substances cellulosiques (houilles cellulosiques = anthracites) ou en substances ligneuses (houilles ligneuses = houilles à coke) ou encore en substances cutinisées (houilles de cutine = houilles grasses à gaz et houilles flambantes)», opinion d'ailleurs qu'il a gardée dans des travaux successifs jusqu'en 1955 (DUPARQUE, 1934, 1936a, 1936b et S.d.c) ⁽¹³⁾. En reconnaissant toutefois qu'il y avait quelques anthracites dans lesquels on pouvait examiner des restes de «substances cutinisées» (spores, cuticules, etc.), DUPARQUE considérait ces combustibles comme composés principalement par des «substances cellulosiques» et, en quantité plus faible aussi par des «substances ligneuses». De plus, en vérifiant que dans une même couche

⁽⁹⁾ Dans des travaux plus ou moins contemporains, GROUNDS (1922 et 1923) fait une étude des lithotypes des anthracites. Une publication de SEYLER (1923) se rapporte aussi à des constituants identiques dans des charbons de ce rang.

⁽¹⁰⁾ Voir aussi TURNER (1930b).

⁽¹¹⁾ Cette publication se rapporte essentiellement à l'étude des lithotypes.

⁽¹²⁾ L'utilisation de la lumière polarisée pour l'examen de charbons de ce rang a été préconisée pour la première fois, d'après ce que nous supposons, par les pétrographes chinois (HSIEH, 1930). Cette méthode a été aussitôt adoptée, après perfectionnement, et utilisée systématiquement en URSS (SARBEEVA, S. d.).

⁽¹³⁾ Cet auteur considérait aussi l'existence de «houilles mixtes» correspondant à un faciès intermédiaire entre les charbons de cutines et les charbons ligno-cellulosiques (DUPARQUE, 1948).

de charbon (par exemple, la veine Poissonnière dans le Bassin du Nord-Pas-de-Calais, en France) le rang variait latéralement depuis les «flambants» (au sud) jusqu'aux charbons anthraciteux (au nord), il amène ses conceptions génétiques à l'extrême, expliquant le phénomène par la sédimentation, dans l'espace, des différents constituants végétaux : spores et cuticules au Sud, constituants ligneux, puis ligno-cellulosiques vers le Nord.

Ces opinions n'ont jamais été suivies par les auteurs allemands, belges, hollandais et nord-américains, contemporains de DUPARQUE, qui, se basant sur la similitude de la composition pétrographique des houilles et des anthracites, interprétait d'une façon diverse (en attribuant la responsabilité du phénomène de l'évolution différentielle des constituants végétaux à l'enfouissement et à la tectonique) la variation latérale de rang présentée par une veine ou par un faisceau de veines (LEGRAYE, 1942a, 1942b, 1943 et 1944; ROOS, 1937 et S.d.; STADNICHENKO, 1934), hypothèse que des études postérieures ont largement confirmée (M. & R. TEICHMÜLLER, 1954 b).

Par ailleurs, d'autres publications plus ou moins contemporaines mais affiliées à des écoles diverses (HSIEH, 1933 et 1934; KOOPMANS, 1937; SARBEEVA, S.d.) rendent compte d'études basées sur des techniques identiques à celles déjà mentionnées (attaques chimiques et observations de surfaces polies en lumière polarisée), effectuées sur des anthracites chinois, russes et suisses, qui confirment les examens faits précédemment par les pétrographes des écoles de SEYLER et de LEGRAYE. Un peu plus tard, les pétrographes allemands (*Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie*, 1951⁽¹⁴⁾) et français n'appartenant pas à l'école de DUPARQUE (ALPERN, 1959a) ont exprimé des opinions identiques. A leur tour, les auteurs nord-américains (TURNER, 1925, 1930a et 1932; TURNER & ANDERSON, 1932; TURNER & RANDALL, 1923) arrivent aux mêmes conclusions, soit par l'étude de lames minces, soit par l'étude des surfaces polies soumises ou non à des attaques.

Plus récemment, de nombreuses publications se rapportent à la composition pétrographique d'anthracites plus ou moins évolués de bassins de divers pays et régions: Belgique (NOEL, 1956a); Tchécoslovaquie (HAVLENE, 1959); Espagne (MÉRIAUX & WATERLOT, 1969); France (ALPERN, 1969; FEYS, 1963a); Maroc (MÉRIAUX, 1967); Roumanie (MATEESCU, 1958, 1962, 1964 et 1967); Yougoslavie (CVETICANIN, 1973); Afghanistan ((LAPPARENT & MÉRIAUX, 1974) et Antarctique (BROWN & TAYLOR, 1961; SCHAPIRO & GRAY, 1966; *Coals from Antarctica*, 1961). Dans l'ensemble, ces publications viennent confirmer les premières observations des pétrographes anglais et belges sur l'identité de composition entre les houilles et les anthracites (l.s.), fait spécialement rehaussé lorsqu'on étudie la variation latérale de couches appartenant au même niveau stratigraphique (NOEL, 1956a). Dans les recherches qui conduisirent à ces travaux, on utilise encore couramment, soit les attaques oxydantes, soit plus particulièrement les examens en lumière polarisée, afin de mieux identifier les constituants. Les observations en lumière polarisée ont même permis, en ce qui concerne les anthracites peu carbonifiés du Maroc (MÉRIAUX, 1967), de procéder à des analyses macérales quantitatives.

Il est cependant curieux de noter que, malgré l'exposé qui précède et les critiques importantes qu'elle a reçu (ROOS, 1937 -pp. 1070-1072 et S.d.-pp.17-19), ainsi que toutes les démonstrations postérieures qui démontrent son incapacité pour traduire les phénomènes qui régissent la genèse et l'évolution des charbons, la théorie génétique de DUPARQUE (1933) est toujours la seule divulguée dans les publications de base récentes en langue française, sur les roches sédimentaires (BARRABÉ & FEYS, 1965; CAROZZI, 1953; JUNG, 1963; VATAN, 1967).

(14) Voir aussi STACH, MAÇKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER (1975).

3. Les problèmes particuliers soulevés par l'étude du type des peranthracites du Bassin Houiller du Douro. Limite d'identification des constituants microscopiques dans les stades terminaux de la houillification — Proposition d'une nomenclature pour l'étude du type dans les peranthracites

Nous avons vu dans le paragraphe précédent que, à l'exception de DUPARQUE — ainsi que certains de ses disciples (FANSHAWE, 1930; RINGARD, 1936) qu'il avait profondément influencés par ses idées — qui, non seulement ne sépare pas le type du rang, mais aussi rend le premier responsable du second, tous les auteurs sont unanimes à reconnaître l'identité dans la constitution pétrographique des houilles et des anthracites (l.s.). Cependant, nous sommes portés à croire que les assertions de DUPARQUE et de ses collaborateurs se basaient plus sur la tentative de reconnaissance morphographique des constituants — ce qui justifie la préoccupation systématique de les mettre en évidence par l'intermédiaire des attaques — que sur la compréhension des phénomènes évolutifs vérifiés lors du processus de carbonification. Toutefois, c'est précisément dans ce dernier point de vue que réside, à notre avis, la possibilité d'interpréter correctement et sans équivoque la composition pétrographique des termes les plus élevés de la houillification.

En réalité, tous les macéraux considérés dans l'étude des houilles et des anthracites (l.s.) (STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975; *Lexique*, 1963; *Lexique-Supplément*, 1971) sont facilement identifiables dans les houilles de bas rang et seules les modifications subies par les constituants au cours de la carbonification, depuis des stades très différenciés jusqu'à d'autres hautement homogènes, soulèvent, à mesure que le rang augmente, des difficultés croissantes dans l'identification et dans la définition des composants.

De nombreuses publications se rapportent à l'évolution des constituants des combustibles solides au cours de la carbonification. Le plus souvent, toutefois, elles le font partiellement, ou bien, quand elles englobent dans ces considérations une large gamme de rang (ALPERN, 1959 a et 1969; NOEL, 1956 a; STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975; *Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie*, 1951; *Lexique*, 1963; *Lexique-Supplément*, 1971) elles ne développent que l'aspect qualitatif du problème. C'est ainsi que, dans les deux cas, nous n'aboutissons pas à la synthèse nécessaire à l'interprétation de la composition pétrographique des termes plus élevés de la carbonification, desideratum que nous allons essayer de décrire dans les lignes qui suivent, en énonçant l'ensemble des réflexions auxquelles nous avons été amenés lors de l'étude des peranthracites du Bassin Houiller du Douro.

Avant d'aller plus loin, cependant, il faut rappeler que type et rang sont des concepts bien distincts et pratiquement indépendants, bien que l'on doit reconnaître que l'éventuelle variation de la composition pétrographique originelle a une certaine influence, toutefois assez faible, lors du phénomène d'acquisition du rang. Ce fait est d'ailleurs reconnu, non seulement dans les bassins de la Province Euroaméricaine de l'Atlantique du Nord (MÉRIAUX, 1969 a et 1969 b), mais aussi dans les études comparatives des bassins appartenant à cette province et à celle du Gondwana (ALPERN, 1969) (fig. 2). En effet, ce qui caractérise principalement un charbon c'est le rang, c'est-à-dire, l'état de carbonification que ses constituants ont atteint simultanément et qui se traduit dans les propriétés qu'ils présentent.

Ceci explique — comme d'ailleurs ALPERN (1969) l'a clairement mis en évidence — la correspondance entre le rang et les différentes catégories de charbons tant du point de vue géologique qu'industriel. Sur la fig. 3 nous présentons un schéma de base, d'après ALPERN (1969) modifié et complété par nous, sur lequel on peut voir les différentes catégories adoptées dans quelques-uns des principaux systèmes de qualification des charbons, selon divers indices correspondants à des paramètres de rang dont le domaine d'utilisation est

indiqué. Il faut toutefois noter que d'après ALPERN (1969) «la mise en corrélation des diverses classes nationales pose des problèmes souvent très difficiles, les échelles de rang utilisées étant différentes, nos équivalences ne sont donc que des approximations données à titre indicatif».

En ce qui concerne plus particulièrement la g n se et l'aspect quantitatif du processus évolutif subi par chacun des constituants microscopiques des charbons au cours de la carbonification, tant biochimique que géochimique, une récente publication de base fait le point des connaissances actuelles (STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975) (voir aussi figs. 4 et 5).

La compréhension du processus évolutif cité peut, en outre, et dans les stades les moins évolués de la carbonification, être facilité, si l'on tient compte des faits suivants:

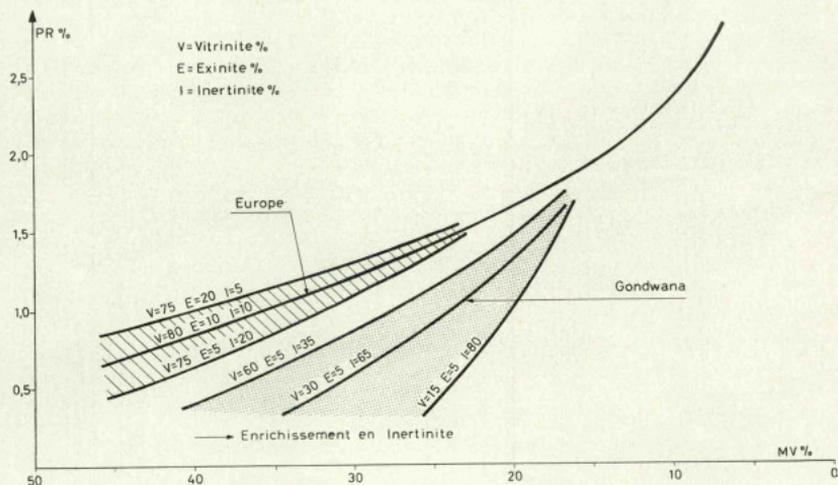


Fig. 2 — Influence de la composition macérale sur la relation PR-MV — Schéma de principe (D'après ALPERN (1969)).

- (i) — Les différences qui ont pu être imposées par la diversité de composition végétale originelle du dépôt (BRELIE & M. TEICHMÜLLER, 1954; KOCH, 1971; M. TEICHMÜLLER, 1952*b*) et par la variation des conditions du milieu au long des temps géologiques (FRANCIS, 1961; SCHOPF, 1952 et 1973; SHIBAOKA & SMYTH, 1975; SPACKMAN, 1958; TIMOFEEV, 1975). En effet, les deux phénomènes cités — en ensemble avec les conditions de pH et Eh du milieu (BECKING, KAPLAN & MOORE, 1960; FRANCIS, 1961) — semblent être à l'origine de la diversification précoce des tissus végétaux par le jeu simultané de la gélification et de la fusinitisation (KREVELEN, 1952; SCHOPF, 1948; SPACKMAN & BARGHOORN, 1968; TIMOFEEV & BOGOLYUBOVA, 1967 et 1974), ce qui paraît être en accord avec des recherches récentes sur la mesure du PR des macéraux des charbons en différentes longueurs d'onde (RODRIGUEZ, 1974).
- (ii) — Les études pétrographiques faites sur les tourbes (JACOB, 1961; JACOB & KOCH, S. d.; KOCH, 1966, 1967, 1969 et 1970*b*) et les lignites (STACH, 1952*a*; M. TEICHMÜLLER, 1950, *Lexique-Supplément*, 1971), sur la diagenèse des tourbières et sur les transformations tourbe-lignite tendre (JACOB, 1964; KOCH, 1971; M. TEICHMÜLLER, 1968; TING, 1977), lignite tendre-lignite dur (STACH, 1958*c*) et lignite dur-houille (ERCEGOVAC & HAGEMANN, 1973).

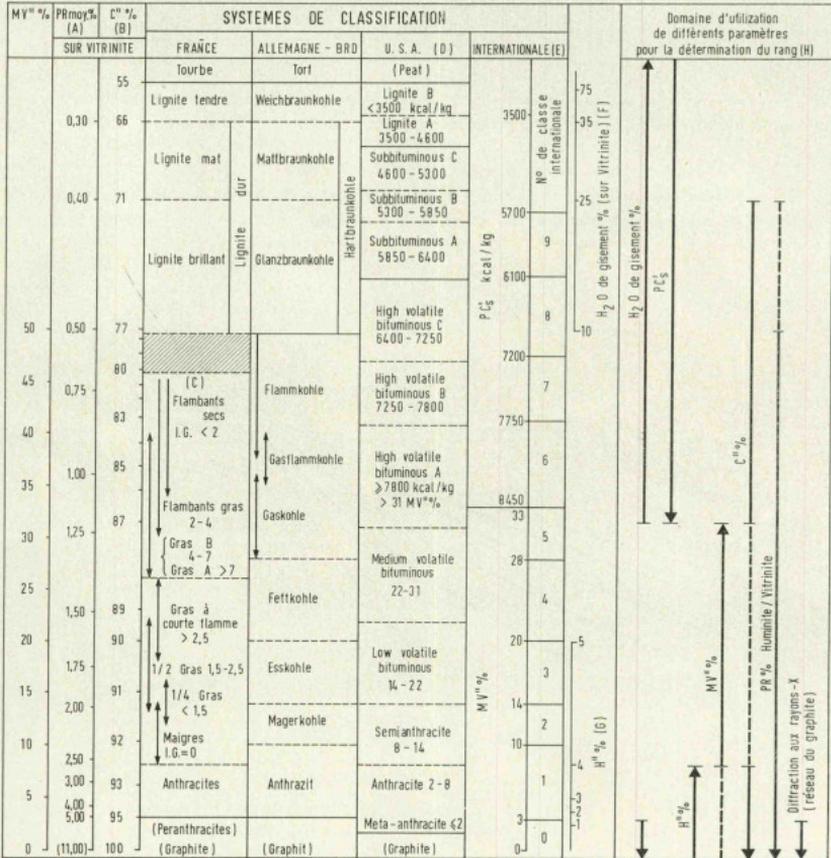


Fig. 3 — Qualification d'un charbon selon divers indices.

Echelle (A) — ALPERN (1969)

- » (B) — PATTEISKY & M. TEICHMÜLLER (1958); KÖTTER (1960)
- » (C) — Norme NF M 10.001 (1950)
- » (D) — Norme ASTM D 388-66 (1966)
- » (E) — *International classification of hard coals by type* (1956)
- » (F) — PATTEISKY & M. TEICHMÜLLER (1958)
- » (G) — FRANCIS (1961)
- » (H) — M. TEICHMÜLLER & R. TEICHMÜLLER (1967 et 1968).

Signification des paramètres de rang d'après COPPENS (1967).

(Schéma de base d'après ALPERN (1969), modifié par l'auteur).

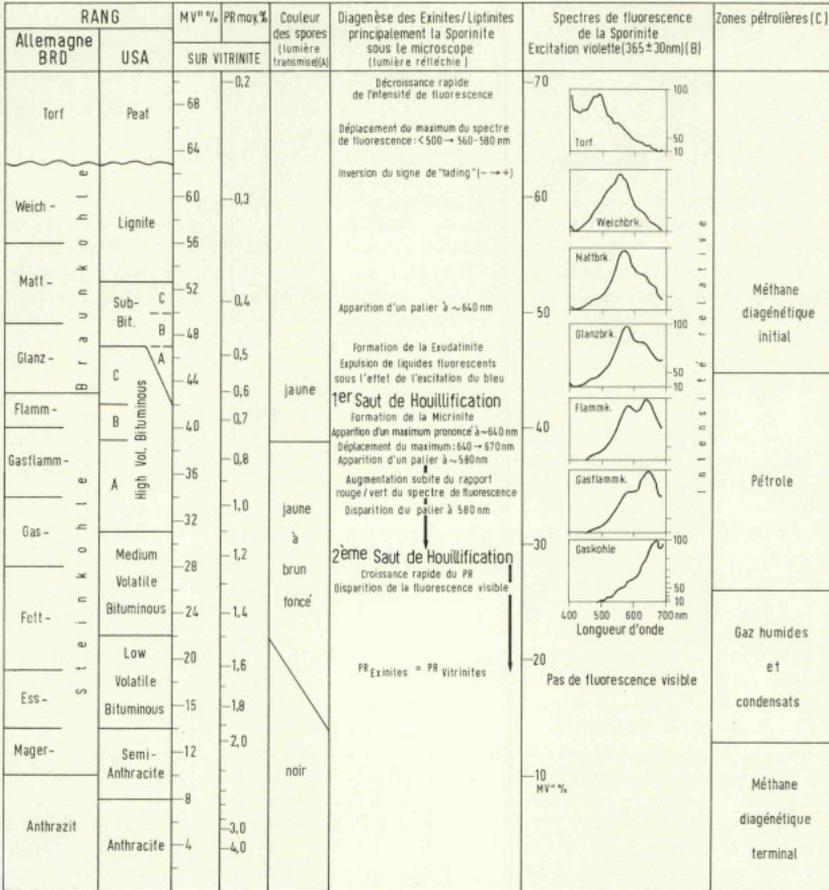


Fig. 4 — Différentes échelles optiques de houillification en rapport avec le rang des charbons, et les zones pétrolières de WASSOJEWITSCH.

Echelle (A) — GUTJAHR (1966)

> (B) — OTTENJANN, M. TEICHMÜLLER & WOLF (1974 et 1975)

> (C) — WASSOJEWITSCH, KORTSCHAGINA, LOPATIN, TSCHERNYSCHEW & TSCHERNIKOW (1969).

Signification des paramètres de rang d'après COPPENS (1967).

(D'après M. TEICHMÜLLER (1974 a et 1974 b)).

A ce sujet, sont particulièrement importantes les observations effectuées sur l'évolution de la cellulose (BARGHOORN, S. d.; STACH, 1970), sur la transition graduelle que l'on vérifie entre les macéraux du groupe de l'huminite et ceux du groupe de la vitrine (ALPERN & M. TEICHMÜLLER, 1971) et, enfin, sur la genèse de nouveaux macéraux au cours de la carbonification (M. TEICHMÜLLER, 1974 a, 1974 b et 1974 c).

- (iii) — Les études par microscopie en fluorescence, soit qualitative, soit quantitative (ALPERN, 1976; AMMOSSOV, 1956; GIJZEL, 1975; JACOB, 1969, 1973 a et 1973 b; MALÁN, 1962; OTTENJANN, M. TEICHMÜLLER & WOLF, 1974 et 1975; STACH, 1969; M. TEICHMÜLLER & WOLF, 1977).

Par contre, dans les stades plus avancés de la carbonification et principalement dans la zone hautement carbonifiée qui nous intéresse — dans laquelle une homogénéisation progressive rend très difficile les observations — la compréhension du processus évolutif subi par les constituants est, à notre avis, seulement possible si celle-ci se base sur une analyse quantitative systématique du phénomène évolutif. Ainsi, appuyés sur le fait que le PR mesure, avec une grande sensibilité, le degré l'évolution de toute matière organique fossile, nous nous sommes décidés pour une tentative d'interprétation quantitative du phénomène ayant comme base l'étude comparative du PR ⁽¹⁶⁾ des différents macéraux dans des stades de carbonification croissante à partir des houilles. Nous nous en occuperons dans les lignes qui suivent.

On sait aujourd'hui que le PR augmente de valeur dans les différents macéraux ou groupes de macéraux au fur et à mesure que le processus de houillification évolue. Mais cette augmentation se fait à des vitesses différentes d'après le constituant ou le groupe de constituants (fig. 6). Le décalage maximum se vérifie à environ 40% 42% de MV'' ⁽¹⁶⁾ — stade dans lequel on peut déjà facilement identifier tous les macéraux des houilles — avec des valeurs de PR de l'ordre suivant pour les différents groupes de macéraux :

Vitrinite \cong 0,70 % ⁽¹⁷⁾

Extinite \cong 0,20 % ⁽¹⁸⁾

Fusinite (inertinite) — variable entre \cong 2 et 4 % (PRM).

A mesure que le rang augmente, à 1,6 % de PRM (valeurs moyennes) et pour des teneurs en MV'' inférieurs à 20 %, le PR de l'extinite atteint celui de la vitrinite (ALPERN, 1964 et 1996; ALPERN & SOUSA, 1970; STACH & MICHELS, 1955).

A ce niveau d'évolution il n'est, en outre, plus possible de distinguer, par le PR, la télinite, la télcollinite, la desmocollinite et la gélocollinite. En réalité, en dessous de 1,6% de PR les tissus (télinite et télcollinite (cryptotélinite)) ont un PR légèrement plus élevé que celui des gels (gélocollinite et desmocollinite). Ceci fait qu'en dessous de la valeur indiquée, il est toujours possible de vérifier PR télcollinite > PR desmocollinite, ce qui, parmi d'autres raisons, a amené ALPERN (1964 et 1966) et BROWN, COOK & TAYLOR (1964) ⁽¹⁹⁾ à considérer précédemment deux types de collinite: homocollinite de ALPERN = vitrinite A de BROW, COOK & TAYLOR = télcollinite dans la nomenclature SH et hétérocollinite de ALPERN = vitrinite B de BROW, COOK & TAYLOR = desmocollinite dans la nomenclature SH.

⁽¹⁵⁾ Quand en présence d'anisotropie de réflexion — celle-ci étant détectée, sur une surface polie, dans la plupart des cas, à partir de 1% de PR — nous considérons seulement la mesure du pouvoir réflecteur maximal (en abrégé PRM) en lumière polarisée (polariseur seulement) (SOUSA, 1972). En effet, c'est cette valeur qui est en rapport avec le degré d'évolution maximum atteint.

⁽¹⁶⁾ MV'' = teneur d'un charbon en matières volatiles sur charbon sec exempt de cendres (COPPENS, 1967).

⁽¹⁷⁾ C'est la valeur moyenne des PR, légèrement différents, bien que du même ordre de grandeur, de la télcollinite, de la gélocollinite et de la desmocollinite.

⁽¹⁸⁾ Tous les macéraux du groupe de l'extinite ont, pour un même degré de carbonification, un PR du même ordre de grandeur, sauf dans le cas des spores et des résines précocement oxydés (BELL & MURCHISON, 1966; STACH, 1962 et 1966/67).

⁽¹⁹⁾ Voir aussi *An improved criterion of coal rank* (1964).

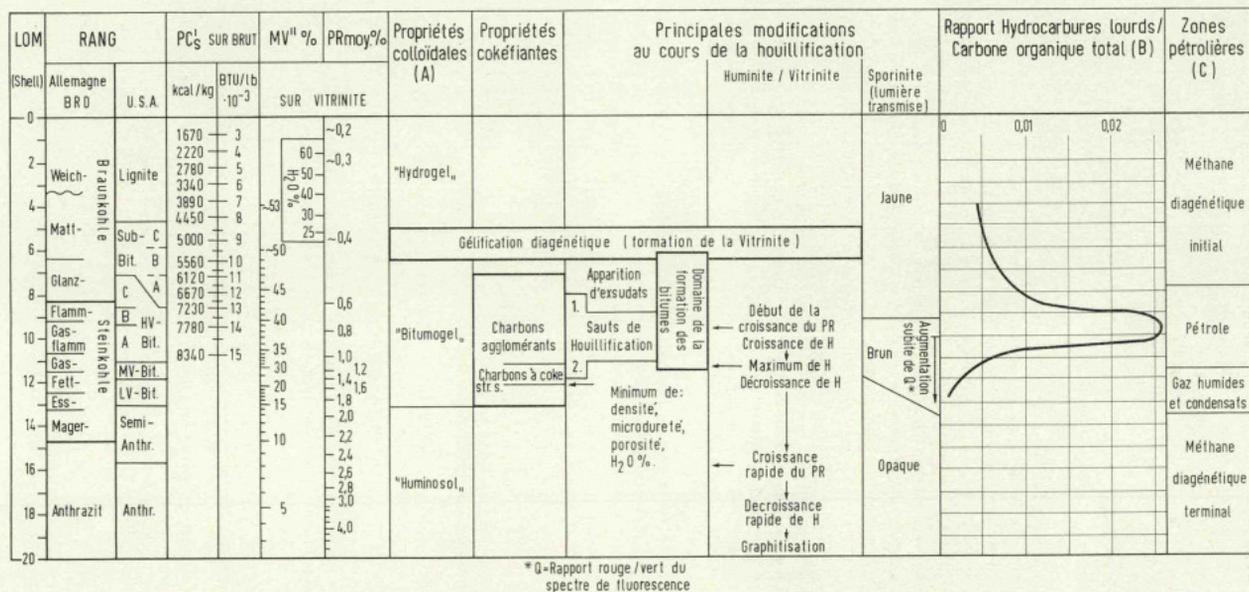


Fig. 5 — Relation entre les différentes propriétés des charbons et les zones pétrolières de WASSOJEWITSCH.

Echelle (A) — AMMOSSOV & SJIU I (1961)

> (B) — HOOD & GUTJHAR (S. d.)

> (C) — WASSOJEWITSCH, KORTSCHAGINA, LOPATIN, LOPATIN, TSCHERNYSCHIEW & TSCHERNIKOW (1969).

Signification des paramètres de rang d'après COPPENS (1967).

(D'après M. TEICHMÜLLER (1974 a et 1974 b), modifié par l'auteur).

Dans les conditions exposées et au-delà du niveau indiqué dans l'échelle croissante du rang (fig. 7), les macéraux des groupes de la vitrinite et de l'exinite ne peuvent plus se distinguer les uns des autres, sauf par la morphographie. Ainsi, s'il est possible d'identifier la sporinite, la cutinite, les globules résineux ornements, la télinite (1 et 2) et la télcollinite⁽²⁰⁾ on ne peut plus distinguer la liptodétrinite de la vitrodétrinite et les globules résineux homogènes⁽²¹⁾ de la corpocollinite. D'autre part, dans le groupe de la vitrinite, il n'est pas non plus possible de distinguer la gélocollinite de la desmocollinite. Enfin, dans le cas où l'on trouve de la résinite en remplissage de fissures (JONES & MURCHISON, 1963; MURCHISON & JONES, 1964; STACH, 1964 a et 1966/67) il n'est pas non plus possible pour PRM > 1,6% de distinguer la résinite de la gélocollinite.

Les macéraux du groupe de l'inertinite conservent toujours, jusqu'au degré d'évolution que nous sommes en train d'étudier, un PR nettement plus élevé que ceux des deux autres groupes maintenant fusionnés d'après cette propriété physique. Ce qui fait que morphographiquement (c'est le cas de la sclérotinite, y compris les résines fusinitisées, de la micrinite et de la semi-fusinite, en partie) ou par l'intermédiaire du PR (PR fusinite > PR télinite; PR macrinite > PR desmocollinite + gélocollinite; PR inertodétrinite > PR vitrodétrinite + liptodétrinite et PR fusinite > PR semi-fusinite⁽²²⁾) on peut toujours les identifier.

La houillification progressant, les macéraux du groupe de la vitrinite + exinite d'un côté et ceux du groupe de l'inertinite de l'autre, poursuivent leur évolution. Il y a encore peu de temps, les vraies lois de cette évolution étaient inconnues, car les charbons étudiés à l'époque n'atteignaient pas des stades suffisamment élevés de la carbonification (KREVELEN, 1961). On croyait alors que dans ces stades ultimes de l'évolution les PR de tous les macéraux avaient, d'une manière générale, tendance à converger (SIEVER, 1957; *Reflectance measurements on coal macerals*, 1961). La fusinite garderait cependant, dans tous les cas, le PR le plus élevé (LEXIQUE, 1963; *Reflectance measurements on coal macerals*, 1961).

L'étude de détail du PR des différents constituants des charbons du Bassin Houiller du Douro nous a montré l'inexactitude de telles suppositions⁽²³⁾, nous avons dû chercher minutieusement, en collaboration avec ALPERN, les courbes évolutives du PR de la vitrinite (conjointement avec l'exinite pour des valeurs de PRM > 1,6%), de la fusinite et de la semi-fusinite. Les résultats de ces recherches, déjà publiés (ALPERN & SOUSA, 1970), sont en résumé les suivants (fig. 6) :

- (i) — Tant la vitrinite (et l'exinite pour des valeurs de PRM > 1,6%) que la dégradofusinite (dans tous les charbons, le plus fréquent et le plus abondant des deux types de fusinite) évoluent régulièrement avec le rang.
- (ii) — La courbe évolutive de la dégradofusinite (montrant une évolution assez régulière, bien que peu prononcée) coupe, cependant, la courbe évolutive de la vitrinite (qui s'élève brusquement pour les valeurs de MV'' inférieures à 10%) à 4,5% de PRM (valeurs moyennes).

La pyrofusinite présente, à son tour, une ligne évolutive quasi horizontale, donc pratiquement indépendante de la houillification, ce qui est en accord avec la genèse de ce constituant⁽²⁴⁾.

⁽²⁰⁾ En principe, l'algaïte, pratiquement absente dans les charbons humiques pourrait aussi être identifiée morphographiquement.

⁽²¹⁾ Nous verrons plus loin que les «résines fusinitisées» sont, du fait de leurs propriétés, comptées, dans la sclérotinite.

⁽²²⁾ En ce qui concerne le PR intermédiaire présenté par la semi-fusinite par rapport, d'une part, à la télinite et à la télcollinite et, d'autre part, à la fusinite voir aussi: BENNETT (1968); SOUSA & MÉRIAUX (1970-Pl. XIV-Fig. 3 et 1971-Estampa I-fig. 3); *Vitrinite-semi-fusinite transition material* (1968).

⁽²³⁾ On a vérifié dans ces charbons, pour la première fois, que PR télcollinite > PR semi-fusinite > PR fusinite (ALPERN & SOUSA, 1970).

⁽²⁴⁾ Il s'agit d'un type de fusinite peu fréquent qui, dans le domaine des péranthracites est parfois difficile à distinguer de la dégradofusinite.

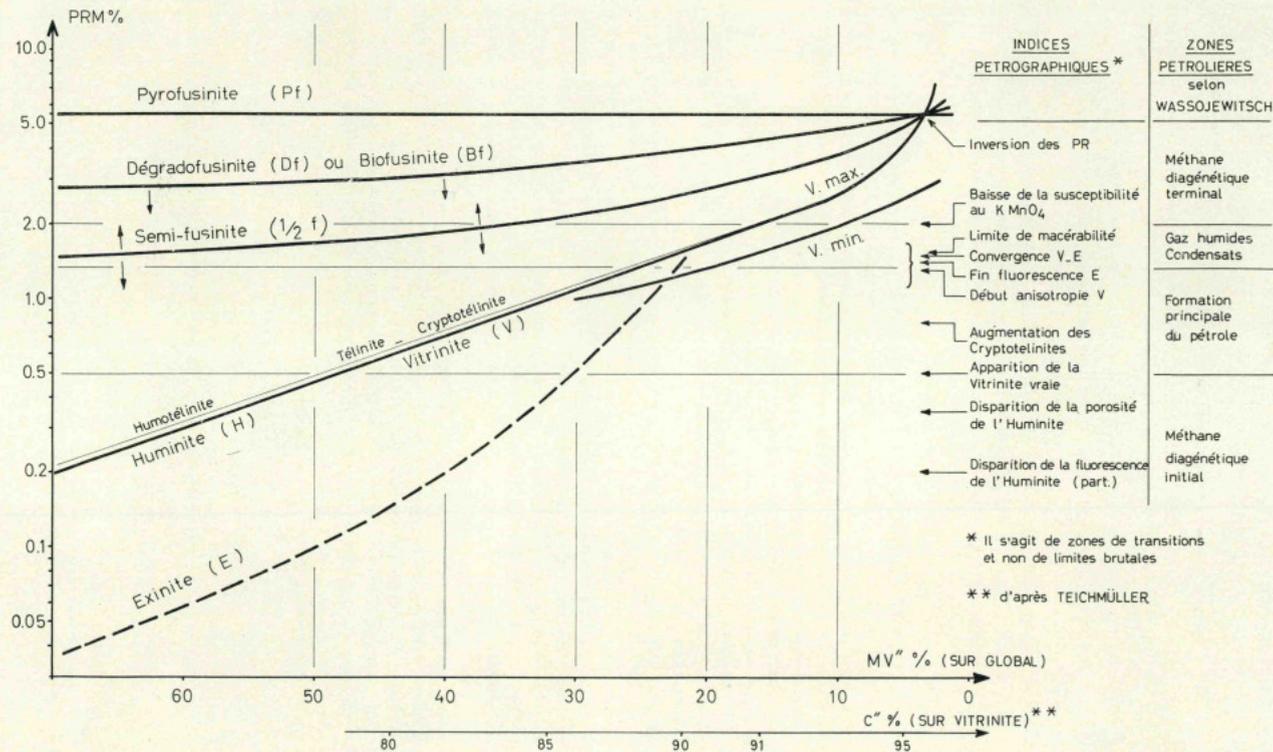


Fig. 6 — Schéma de principe de l'évolution de quelques macéraux et groupes de macéraux au cours de la houillification. (D'après ALPERN (1970)).

- (iii) — La semi-fusinite présente toujours des valeurs de PR comprises entre celles qui définissent les courbes évolutives de la dégradofusinite et de la vitrinite ⁽²⁵⁾.
- (iv) — En ce qui concerne les anisotropies de réflexion, on constate :
- 1 — La vitrinite (et aussi l'exinite pour des valeurs de PRM > 1,6%) présente l'anisotropie de réflexion la plus grande;
 - 2 — La fusinite fournit l'anisotropie de réflexion la plus petite;
 - 3 — La semi-fusinite présente, à son tour, des anisotropies de réflexion intermédiaires entre celles de la vitrinite et de la fusinite.
- (v) — Les phénomènes décrits en ce qui concerne l'inversion des rapports optiques entre la vitrinite et la dégradofusinite ont servi de base à une définition plus précise des peranthracites: zone évolutive de la houillification caractérisée par PR vitrinite + exinite > PR dégradofusinite et située au-dessus de la valeur 4,5 % de PR choisie comme limite conventionnelle.

Ainsi, en ce qui concerne la possibilité d'identifier les macéraux dans les stades ultimes de la houillification, on constate qu'il est toujours possible d'identifier, sans équivoque, par le PR — étant donné qu'ils suivent des lignes évolutives propres —, les macéraux du groupe de la vitrinite (la télinite, la télcollinite et la démocollinite + gélocollinite peuvent être différenciées morphographiquement) et les macéraux fusinite et semi-fusinite, ce dernier pouvant être aussi partiellement reconnu par critère morphographique.

En ce qui concerne le cas de la macrinite, de la micrinite et de l'inertodétrinite, rappelés que ces macéraux peuvent être originés à partir de substances diverses. Il en résulte une évolution aussi diverse à mesure que le rang augmente, leurs PR variant entre des limites très larges entre ceux de la fusinite et ceux de l'ensemble vitrinite + exinite, ce qui a déjà été reconnu par SEVER (1957). Ainsi, au-dessus de 4,5 % de PRM, il est impossible de distinguer, par le PR, la macrinite, la micrinite et l'inertodétrinite ⁽²⁶⁾. En outre, la diversité des PR signalée ne permet pas, dans le niveau de carbonification étudié, la distinction entre les ensembles macrinite + micrinite + inertodétrinite et vitrodétrinite + liptodétrinite, lesquels ne sont non plus discernables par la morphographie.

Enfin, la sclérotinite, y comprises les «résines fusinitisées», présente une ligne évolutive qui s'approche, soit de celle de la vitrinite + exinite, soit de celle des macéraux du groupe de l'inertinite (MÉRIAUX & WATERLOT, 1969; RISHI, 1970). On peut cependant, et comme nous le verrons plus loin, toujours identifier la sclérotinite grâce aux caractéristiques morphologiques qu'elle garde tout au long de l'échelle de rang.

Les considérations quantitatives, basées sur le PR, présentées jusqu'ici, permettent ainsi d'expliquer en détail l'ensemble des phénomènes responsables pour l'impossibilité d'identification, dans le domaine des peranthracites, d'une partie des macéraux que l'on trouve habituellement dans les houilles de bas rang. Il est ainsi possible de comprendre la pseudo-absence de certains constituants admise par DUPARQUE et ses disciples, qui, du reste, ont refusé systématiquement d'utiliser les techniques d'immersion à l'huile ⁽²⁷⁾ et des attaques

⁽²⁵⁾ Ceci rend inexactes les observations publiées par MÉRIAUX & WATERLOT (1969) qui — certainement influencés par la théorie génétique de DUPARQUE — se rapportant à des peranthracites espagnols (PRM collinite = 7,9 % et PR minimum collinite = 5,3 %) ont affirmé en ce qui concerne leur Pl. XXVIII-fig. 4: «le pouvoir réflecteur de la collinite est moins élevé que celui de la semi-fusinite apparemment amorphe de la même houille». Ces auteurs oublient toutefois que si cela est vrai pour la position de la platine dans laquelle a été obtenue la photographie, elle n'est plus valable si, par rotation, on cherche les valeurs maximales des PR de chacun des constituants, seuls capables de mesurer leur évolution.

⁽²⁶⁾ Par ailleurs, le degré de compaction des charbons de ce rang rend très difficile la définition morphologique de ces trois constituants.

⁽²⁷⁾ L'utilisation de l'iode de méthylène comme liquide d'immersion permet, aujourd'hui, de mettre plus en évidence certains contrastes. Il en résulte la possibilité de différencier l'exinite de la vitrinite pour PRM > 1,6 % (ALPERN, 1969; PILLER, 1960 et 1966; STACH, 1957 a et 1958 b).

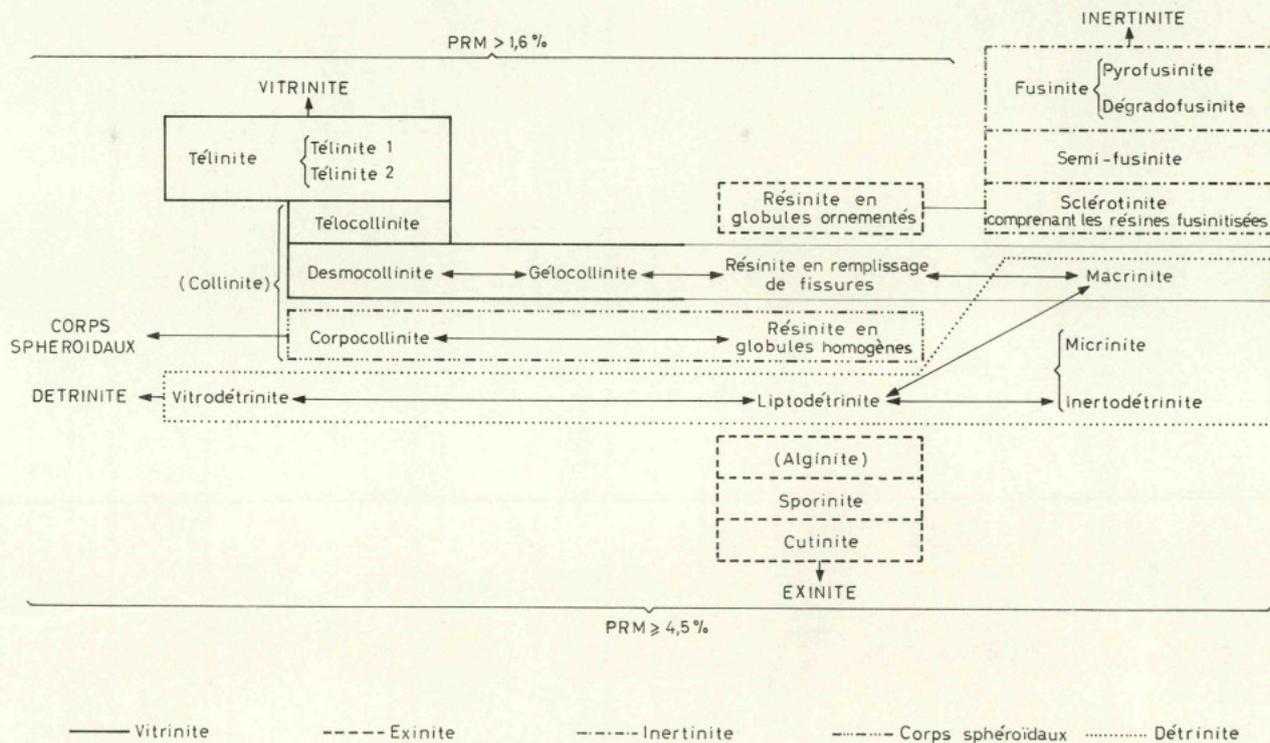


Fig. 7 — Evolution des macéraux et groupes de macéraux au cours de la houillification — Limite d'identification des constituants microscopiques dans les peranthracites, selon la conception de l'auteur.

chimiques. Il est cependant curieux de noter que dans des publications nord-américaines assez récentes (MIDDLETON, INOUIE & SPACKMAN, 1961), on considère encore les anthracites étudiés essentiellement «bimacérales».

D'après ce qui précède et en se basant sur des observations, en lumière polarisée, soit de la morphographie, soit du PR et de l'anisotropie de réflexion, il est possible d'identifier dans les peranthracites les constituants suivants (fig. 7):

(i) — *Vitrinite* — Groupe de macéraux qui, dans le cas des peranthracites, comprend ⁽⁶⁸⁾:

- *Télinite* $\left\{ \begin{array}{l} \text{Télinite 1} \\ \text{Télinite 2} \end{array} \right.$
- *Télocollinite*
- *Desmocollinite* + *Gélocollinite* ⁽²⁹⁾ + *Macrinite* (en partie)

(ii) — *Exinite* — Groupe de macéraux qui, dans le cas des peranthracites, comprend:

- *Sporinite*
- *Cutinite*
- *Résinite* en globules ornementés
- (*Alginite*)

(iii) — *Inertinite* — Groupe de macéraux qui, dans le cas des peranthracites, comprend:

- *Fusinite* $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pyrofusinite} \\ \text{Dégrodfusinite} \end{array} \right.$
- *Semi-fusinite*
- *Sclérotinite* (y comprises les «résines fusinitisées»)

(iv) — *Corps sphéroïdaux* — Dénomination proposée pour désigner l'ensemble suivant, identifiable par la morphographie: *corpocollinite* + *résinite* en globules homogènes

(v) — *Détrinite* — Terme proposé pour désigner l'ensemble suivant, identifiable par la morphographie: *vitrodétrinite* + *liptodétrinite* + *inertodétrinite* + *micrinite* + *macrinite*, en partie.

En ce qui concerne les macéraux et leurs «types» encore identifiables dans les peranthracites, nous maintenons, dans ce mémoire, les concepts adoptés dans la nomenclature SH et qui correspondent aux fiches respectives du *Lexique* (1963) et du *Lexique-Supplément* (1971), bien que nous sentions dès à présent la nécessité d'élaborer une nomenclature spécifique pour les constituants pétrographiques des peranthracites, nécessité déjà reconnue par HARRISON (1967) et par SPACKMAN & THOMPSON (1964). En temps opportun, nous élaborerons une proposition dans ce sens, que nous soumettrons à l'approbation de l'ICCP. Une précision s'impose toutefois, au sujet de l'emploi de la lumière polarisée. En réalité, pour les définitions des macéraux données dans le *Lexique* (1963) et dans de *Lexique-Supplément* (1971) on fait appel à la lumière non polarisée. Mais, dans le domaine de la houillification en étude, il est indispensable d'utiliser la lumière polarisée, puisque outre son aide pour une meilleure définition morphologique, elle est nécessaire à la détection des PRM et des anisotropies de réflexion. Ainsi les définitions du *Lexique* (1963) et du *Lexique-*

⁽²⁸⁾ Nous n'utilisons pas le terme *collinite* (macéral) dans l'étude de la composition pétrographique des peranthracites. En effet, dans ce cas, on ne peut pas considérer la *corpocollinite* dans la *collinite*. En outre, à l'ensemble *desmocollinite* + *gélocollinite* peut être associée, sans possibilité de distinction, soit de la *macrinite*, soit la *résinite* en remplissage de fissures.

⁽²⁹⁾ Pour PRM > 1,6% on ne peut plus distinguer la *résinite* en remplissage de fissures de la *gélocollinite*.

-Supplément (1971) doivent être considérées, dans notre cas, extrapolées pour des observations en lumière polarisée.

Enfin, en ce qui concerne le concept de macéral, et dans l'esprit du *Lexique* (1963) et du *Lexique-Supplément* (1971), nous ne nous sommes jamais servis des attaques pour l'identification des constituants, ce qui d'ailleurs est inutile si l'on utilise la méthode optique que nous préconisons pour l'identification des constituants pétrographiques. Ainsi, nous nous sommes servis de la technique des attaques seulement pour tenter de reconnaître des cryptomacéraux.

4. Méthodologie utilisée pour l'étude du type — Analyse critique

Sur la base de n'importe quelle nomenclature le type d'un charbon peut être défini qualitativement ou quantitativement (MACKOWSKY, 1954 a, 1954 b; PARKS, 1949; SCHOPF, 1956; *Lexique*, 1963; *Tentative method for microscopical determination of volume percent of physical components of coals*, 1969).

En ce qui concerne plus précisément l'application de la nomenclature SH, les méthodes d'analyse quantitative des macéraux et des microlithotypes ont connu un grand développement et un certain perfectionnement pendant les dernières années, notamment dans les appareillages et dans la détermination de la précision et de la reproductibilité des analyses. Celles-ci étaient effectuées, au début, à l'aide d'une platine intégratrice (BARRABÉ & FEYS, 1965; FRANCIS, 1961; KÜHLWEIN, HOFFMANN & KRÜPE, 1934). Aujourd'hui, elles s'effectuent en adaptant au microscope un compteur de points (ALPERN, 1956 a et 1959 a; CHANDRA, 1963; HENNIG, 1958; MACKOWSKY, 1954 a, 1954 b, 1960 et 1964; MÉRIAUX, 1966; NOEL, 1956 b; PEYOIS, 1967; PRADO & RODRIGUEZ, 1960; RODRIGUEZ, 1959 a, 1959 b, 1960 et 1964; RODRIGUEZ & PRADO, 1961; SOLOMON, 1963; STOYAN, 1974; *Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie*, 1951). Plus récemment encore, on a pu effectuer l'analyse combinée des macéraux et des microlithotypes (*Lexique-Supplément*, 1971) laquelle permet d'obtenir, en une seule analyse, les informations quantitatives suivantes sur le même échantillon:

- (i) — constitution du charbon en macéraux et groupes de macéraux;
- (ii) — constitution du charbon en microlithotypes;
- (iii) — constitution des microlithotypes en macéraux et groupes de macéraux.

Il existe encore la possibilité d'effectuer des analyses quantitatives en ce qui concerne la répartition des minéraux dans les charbons (*Lexique-Supplément*, 1971).

Les méthodes à suivre dans les différentes analyses quantitatives citées sont aujourd'hui standardisées dans les textes du *Lexique* (1963) et du *Lexique-Supplément* (1971).

D'autre part, les analyses quantitatives effectuées, en principe, en rapport avec le comportement technologique des charbons, ont été aussi récemment appliquées à des recherches sur la géologie et sur la genèse de quelques bassins houillers, soit du continent Nord-Atlantique, soit du continent de Gondwana. En réalité l'analyse quantitative des macéraux, des microlithotypes et même des lithotypes, peut avoir un grand intérêt dans les études sédimentologiques relationnées avec la genèse, l'évolution et la corrélation de veines de charbon (ALPERN, 1959 a; BASU, 1967; HACQUEBARD, 1943, 1951 et S. d.; HACQUEBARD, BIRMINGHAM & DONALDSON, S. d.; KARMAVIN, 1952; KOPPE, 1966; MAURENBRECHER, 1944; MÉRIAUX, 1969 a, 1969 b et 1969 c; ROOS, 1937 et S. d.; SMYTH, 1967 et 1970; STACH, 1954 b et 1955; *Coal seam correlation*, 1967).

En outre, on sait aujourd'hui que la structure et l'épaisseur des couches de charbon sont en rapport direct avec leurs conditions de genèse et, notamment, avec la subsidence subie lors de la formation du dépôt. Ainsi, étant donné que le contenu palynologique des couches a subi les mêmes conditions, on a établi des relations lithotypes-associations palynologiques

(KREMP & FREDERIKSEN, 1960; NAVALE, 1972) et microlithotypes-associations palynologiques (ALPERN, LIABEUF & NAVALE, 1964 et 1965; NAVALE, 1963 et 1965 b; SMITH, 1957 et 1968; STACH, 1952 e) qui se sont révélées d'une grande utilité dans les études pétrographique et palynologique de certains bassins (HACQUEBARD & BARSS, 1970; HACQUEBARD, CAMERON & DONALDSON, 1964; HACQUEBARD & DONALDSON, S. d.; NAVALE, 1962, 1964 et 1965 a; NAVALE & SRIVASTAVA, 1969).

Dans les conditions exposées, il pourrait paraître intéressant de procéder à une analyse quantitative du type des peranthracites du Douro. Il est cependant nécessaire de noter que, compte tenu de l'évolution subie pendant la houillification, dans les peranthracites il n'est pas possible d'identifier un certain nombre de macéraux d'une part, et d'en trouver des relations génétiques d'autre part. Les analyses macérales quantitatives—d'ailleurs très difficiles à effectuer dans ce rang—perdraient ainsi une grande partie de leur signification car il ne serait pas facile de les comparer avec des déterminations analogues faites sur des charbons moins évolués.

D'autre part, les analyses quantitatives de microlithotypes chez les peranthracites—elles aussi marquées par les limites d'identification des constituants—sont à caractère bien plus conventionnel. De plus, quand on prétend définir la composition en microlithotypes d'un pilier de veine, la représentation des résultats présente de grandes difficultés. A ce sujet, MÉRIAUX (1969 a et 1969 b) a noté que même en adoptant une échelle raisonnable (5 mm pour chaque 50 μ m) il faudra un profil de 10 m de long pour représenter une couche de 1 m d'épaisseur. Il en résulte que ce qui l'on fait c'est diviser arbitrairement la veine en bandes de hauteur uniforme (*Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie*, 1951) ou en zones de même faciès et d'épaisseur variable (NOEL, 1956 b). Dans les deux cas, la composition exacte du dépôt, est ainsi masquée, ce qui contrarie finalement les objectifs que l'on prétend atteindre avec ces analyses.

Ce qui précède paraît ainsi suffisant pour justifier notre propos de définir le type des charbons du Bassin Houiller du Douro seulement par l'intermédiaire de l'analyse macérale qualitative qui suit.

5. Description de la composition pétrographique des peranthracites du Bassin Houiller du Douro

5.1. La Vitrinite

Exception faite pour certains charbons du Gondwana, la vitrinite est le groupe de macéraux le plus abondant parmi les charbons humiques. De plus, les macéraux de ce groupe évoluent avec une grande régularité au cours de la houillification. La vitrinite est donc un constituant de choix pour la mesure du rang, notamment par ses propriétés physiques.

L'importance du groupe justifie d'ailleurs le grand nombre de travaux qui lui ont été consacrés.

Du point de vue pétrographique proprement dit, diverses publications de base se rapportent au groupe de la vitrinite et à la distinction entre les différents macéraux (HACQUEBARD, 1960; JONGMANS, 1954; STACH, 1957 b et 1970; STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975; *Coal macerals: Vitrinite*, 1959; *Lexique-Supplément*, 1971).

D'autre part, en ce qui concerne l'étude des propriétés de la vitrinite—et en dehors des publications strictement technologiques qui se situent hors du contexte du présent travail—nous devons rappeler les recherches effectuées au microscope électronique (ALPERN, 1956 b et 1959 a; ALPERN & PRÉGERMAIN, 1956; McCARTNEY, ERGUN & WALLINE, 1961; BROWN & TAYLOR, 1962; McCARTNEY & ERGUN, 1965; McCARTNEY, O'DONNELL & ERGUN, 1966; MURCHISON & BOULT, 1960; POOLEY, PLATT & HENDERSON, 1966; TAYLOR, 1966; *Ultrafine*

structure of vitrinite, 1965) et aussi les études chimiques (ALLAN, BJØRØY & DOUGLAS, 1977; ALLAN & DOUGLAS, 1977).

Par ailleurs, l'actuelle subdivision du groupe de la vitrinite en macéraux et submacéraux est le résultat de plusieurs années de recherches au sein du «Groupe de Travail de la Vitrinite» de la Sous-Commission de Nomenclature de l'ICCP. Elle représente un compromis qui vise à sauvegarder aux maximum les positions adoptées dans l'abondante bibliographie publiée sur le sujet depuis l'introduction du terme par STOPES (1935). De plus, les constituants du groupe de la vitrinite sont aujourd'hui suffisamment bien connus, exception faite en ce qui concerne la pseudovitrinite décrite par les auteurs nord-américains comme un constituant du groupe de la vitrinite à système caractéristique de fissures et structure cellulaire quelquefois visible. La pseudovitrinite présenterait, en outre, un PR légèrement plus élevé que celui des autres vitrinites, aussi bien que des propriétés technologiques différentes (BENEDICT, THOMPSON, SHIGO III & AIKMAN, 1968; THOMPSON, S. d.).

Jusqu'aux limites d'identification considérées nous avons détecté, dans les peranthracites du Douro, les constituants suivants du groupe de la vitrinite :

5.1.1. La Télinite

Il s'agit de la vitrinite présentant une nette structure cellulaire d'origine botanique. Comme il est bien connu, dans ce macéral on inclut seulement les parois cellulaires gélifiées indépendamment de leur remplissage très fréquent avec des substances étrangères : gélocollinite, corpocollinite, résinite, micrinite et matière minérale. La télinite correspond au constituant décrit par DUPARQUE sous la désignation de xylovitrain (DUPARQUE, 1949 b) ⁽³⁰⁾. Morphologiquement il est possible de distinguer, même dans les peranthracites, la télinite 1 et la télinite 2.

Les cellules de la télinite 1 sont arrondies (Pl. I—fig. 1) ou polygonales (Pl. I—fig. 2). Dans les deux cas figurés, les cavités cellulaires sont, en outre, remplies par des globules d'une substance étrangère qui dans ce rang doivent être classés dans les «corps sphéroïdaux». Quoique le matériel de remplissage présente les mêmes propriétés optiques de la télinite, les plans selon lesquels on observe les PRM des deux constituants ont des orientations différentes. Il en résulte donc la possibilité de trouver pour certaines positions de la platine tournante un contraste qui rend nettement visible la structure cellulaire de la télinite.

On observe par ailleurs la transition télinite-semi-fusinite (Pl. I—fig. 2).

Dans les peranthracites étudiés nous n'avons toutefois jamais observé les variétés (distinguées dans la télinite en fonction de l'origine botanique des tissus) citées dans le *Lexique-Supplément* (1971), notamment celles décrites par PATTEISKY (1958) : lépidophytélinite, cordaitotélinite, etc. D'ailleurs, même dans les charbons de bas rang, l'identification de ces variétés n'est possible que dans des cas favorables.

La télinite 2 typique présente les cavités cellulaires réduites à de simples lignes plus ou moins discontinues (Pl. II—figs. 3 et 4). D'autre part, la télinite 2 se présente dans nos peranthracites dans des différents stades de gélification. Dans les stades les plus poussés de gélification les structures botaniques sont de moins en moins nettes avec tendance pour la télcollinite avec laquelle nous avons détecté tous les termes de transition. Malgré cela, il est possible, à l'aide de la lumière polarisée, de déceler les «fantômes» représentatifs des alignements correspondants à la structure cellulaire (Pl. III—fig. 5) plus ou moins plissés (Pl. III—fig. 6). Généralement de telles figures sont intercalées entre des lits dont la stratification est parfaitement parallèle. Elles datent alors du stade de ulminite qui a précédé la genèse de la télinite.

⁽³⁰⁾ Cet auteur considérait une autre catégorie de xylovitrain, complètement gélifié et sans aucune structure, qu'il désignait par «substances secondairement amorphes» (DUPARQUE, 1949 c et 1956 b). Ce constituant correspond dans la nomenclature SH à la télcollinite.

5.1.2. La Télcollinite

La télcollinite bien caractérisée morphographiquement est abondante dans les combustibles solides du Douro. Elle se présente dans des lits à épaisseur variable, sans aucune structure botanique visible et avec des fissures de retrait typiques (Pl. IV — figs. 7 et 8). Il s'agit du constituant appelé «homocollinite» par ALPERN (1964 et 1966) et «Vitrinite A» par BROWN, COOK & TAYLOR (1964) et par *An improved criterion of coal rank* (1964). Formé par des tissus complètement gélifiés, la télcollinite correspond alors à l'ulminite d'après STOPES (1935) ⁽³¹⁾ et à des «substances secondairement amorphes» (= xylovitrain sans aucune structure) ⁽³²⁾ d'après DUPARQUE (1949 c et 1956 b).

5.1.3. La Desmocollinite — La Gélocollinite — La Macrinite (en partie)

La desmocollinite (mélange hétérogène de gels imprégné d'impuretés diverses), normalement plus abondante que la gélocollinite (gel colloïdal pur) forme le plus souvent le ciment des autres constituants. Il s'agit du constituant appelé «heterocollinite» par ALPERN (1964 et 1966) et «Vitrinite B» par BROWN, COOK & TAYLOR (1964) et par *An improved criterion of coal rank* (1964). L'ensemble desmocollinite-gélocollinite correspond, à son tour, à ce que DUPARQUE et collaborateurs (DUPARQUE, 1949 c, 1956 a et 1956 b; DUPARQUE & MASSINON, 1939) ont désigné par «substances originellement amorphes» (= «ciment amorphe, pâte, gélée ou substance fondamentale»).

La desmocollinite et la gélocollinite ne présentent pas de contours bien définis. Par ailleurs dans le stade de houillification en étude, on ne peut pas distinguer ces deux submacéraux, d'une part entre eux et d'autre part de la macrinite formant ciment. En outre, il n'est plus possible de distinguer par l'intermédiaire du PR les différents types de collinite. Malgré cela, il est toutefois possible dans nos peranthracites d'identifier, d'après la morphographie, des lits que l'on peut attribuer à l'ensemble desmocollinite-gélocollinite-macrinite (en partie). Dans ces lits, d'ailleurs très abondants, l'ensemble desmocollinite-gélocollinite forme souvent le ciment des corps dont la morphologie est celle des microspores (Pl. IV — fig. 7). Ces lits sont alors tout à fait comparables aux clarites des charbons de bas rang. Dans l'échantillon 99 (voir Annexe I) il a été même possible d'identifier, par la morphologie, des spores du genre *Densosporites* enrobés dans un lit du type mentionné.

Afin de mieux connaître la nature des vitrinites des charbons du Douro et, éventuellement, d'identifier des cryptomacéraux, nous avons effectué des attaques sur quelques unes de nos surfaces polies.

En réalité, on sait, par exemple, que bien des télcollinites sont des cryptotélinites; c'est-à-dire, qu'après une attaque, il est possible de mettre souvent en évidence leur structure cellulaire primitive ⁽³³⁾.

Les méthodes d'attaque, connues depuis longtemps (ALPERN, 1959 a; RODRIGUEZ, 1957 c; SEYLER, 1925; TWENHOFEL & TYLER, 1941), ont été d'abord utilisées, rappelons-le, pour aider l'identification morphographique des constituants des charbons de rang élevé. A présent, ces mêmes méthodes s'emploient de nouveau, mais cette fois pour la détection de cryptomacéraux

⁽³¹⁾ Il est très important de ne pas confondre l'ulminite d'après STOPES (1935) — qui correspond à la télcollinite dans la nomenclature SH — avec l'uminite dans le sens de la nomenclature SH (*Lexique-Supplément*, 1971), c'est-à-dire, un macéral du groupe de la huminite (sous-groupe de la humotélinite) dans les lignites tendres

⁽³²⁾ D'après DUPARQUE (1949 b) il existait, rappelons-le, une autre catégorie de xylovitrain dans lequel, malgré la gélification, une structure cellulaire était encore visible. Ce constituant correspond dans la nomenclature SH à la télinite.

⁽³³⁾ De même, après attaque, la desmocollinite et la gélocollinite, se révèlent parfois comme étant cryptocollinites. L'attaque de la desmocollinite conduit aussi, dans certains cas, à l'identification de cryptogélocollinite.

dans certains constituants. Plus récemment encore, la technique d'attaque s'est révélée un des moyens de distinguer, dans un concentré d'organolites, l'ensemble gélinite-collinite des kéra-bitumes du même rang (ALPERN, 1971).

Dans les essais que nous avons effectué, les méthodes d'attaque suivantes ont été employées :

(i) — «Mélange de Seyler».

C'est l'une des nombreuses méthodes classiques d'attaque chimique par l'intermédiaire de réactifs oxydants. Parmi toutes les méthodes d'attaque oxydante, nous avons cependant sélectionné celle du mélange de Seyler puisqu'elle est spécialement indiquée pour les charbons de rang élevé.

ALPERN (1959 a) et RODRIGUEZ (1957 c) nous ont déjà donné un bon résumé des manipulations et des résultats obtenus lors de son emploi par divers auteurs. Cela nous dispense de reprendre ce sujet d'une façon détaillée. Nous nous limiterons donc à dire que nous avons utilisé à cet effet un mélange bouillant⁽³⁴⁾ de $H_2SO_4 + H_2CrO_4$, préparé d'après la formule indiquée par SEYLER & EDWARDS (1929-pp. 7-8). De nombreux essais ont permis de déterminer que le meilleur temps d'attaque était, pour nos charbons, de 1 h et 15 mn.⁽³⁵⁾

(ii) — «Four à plasma d'oxygène».

Il y a déjà quelques années que l'on utilise aux Etats-Unis une méthode de destruction de la matière organique par l'intermédiaire d'un plasma d'oxygène (GLUSKOTER, 1965) afin d'extraire, pratiquement sans changement, la matière minérale des charbons destinés à certaines études (KARR Jr., ESTEP & KOVACH, 1967). Les appareils et la méthode décrits par GLUSKOTER ont été récemment adaptés par DELATTRE, DOLLÉ, MÉRIAUX & QUINOT (1970) pour procéder à l'attaque de la pellicule superficielle d'échantillons polis, en vue de mettre en évidence les cryptomacéraux. C'est la méthode de ces derniers auteurs que nous avons suivie. Les déterminations expérimentales ont indiqué que le temps idéal d'attaque était, pour nos charbons, de 15 mn.

En ce qui concerne les constituants du groupe de la vitrinite, voici les conclusions de l'étude comparative des résultats obtenus dans les attaques oxydantes de surfaces polies de peranthracites du Douro, par l'intermédiaire des deux méthodes rapportées :

(i) — Nous avons pratiquement abouti aux mêmes résultats en employant les deux méthodes d'attaque (Pl. V — figs. 10 et 11; Pl. VI — figs. 13 et 14);

(ii) — L'emploi du mélange de Seyler s'est révélé plus avantageux que celui du four à plasma d'oxygène.

En effet, l'emploi du mélange de Seyler — moins compliqué du point de vue des manipulations de laboratoire — permet en outre l'utilisation de n'importe quel type d'échantillon, enrobé ou non en résine synthétique, préparé pour l'étude pétrographique («échantillon en bloc» ou «échantillon en grains»). Par contre, l'emploi du four à plasma d'oxygène est limité aux seuls échantillons en bloc non enrobés. Par ailleurs les petites dimensions du four conditionnent la taille des échantillons destinés aux essais, ce qui engage des difficultés supplémentaires au cours du polissage de très petits échantillons en blocs non enrobés.

⁽³⁴⁾ HACQUEBARD (1960) préconise l'utilisation du mélange à 90°C.

⁽³⁵⁾ Le mélange de Seyler utilisé selon un procédé innovateur et très avantageux de périodes successives d'attaque de faible durée et accompagnées d'un enregistrement photographique, a été depuis longtemps employé dans les péranthracites du Douro par OLIVEIRA (1956 et 1958). DUPARQUE mis au courant de ce progrès et malgré son opinion contraire à l'utilisation des attaques, a mentionné l'intérêt de la manipulation conduite par le chercheur portugais bien que, d'après lui, elle ne mette en évidence que l'hétérogénéité et la stratification des anthracites (DUPARQUE, 1949 b).

Afin de procéder à des comparaisons, il est aussi nécessaire de conserver, dans les deux méthodes employées, une partie de l'échantillon à l'abri de l'attaque. À cet effet, quand on emploie le mélange de Seyler, il suffit de plonger partiellement l'échantillon dans le mélange. Par contre si on emploie le four à plasma d'oxygène, il faut protéger une partie de l'échantillon par une feuille d'aluminium. Nous avons alors souvent vérifié que cette protection provoque, par gonflement, des tourbillons qui conduisent à des attaques très inégales susceptibles de fausser les résultats.

- (iii) — Ni l'une, ni l'autre des méthodes d'attaque employées a mis en évidence des cryptostructures dans la télcollinite (Pl. V—figs. 9, 10 et 11). En effet la cryptotélinite que nous espérons trouver après attaque, n'a jamais été clairement décelée, probablement en raison de la gélification totale très poussée subie par la télcollinite (Pl. V—fig. 9). Les attaques sur ce submacéral ont seulement réussi à élargir les ponctuations typiques (Pl. V—figs. 9, 10 et 11) interprétées par nous comme les derniers témoins des cavités cellulaires, presque complètement fermées, de tissus dont la gélification a été poussée à l'extrême⁽⁸⁶⁾. Il y a toutefois des auteurs qui interprètent des figures d'attaque identiques comme une preuve de présence de la cryptotélinite (ALPERN & MOREL, 1968—Pl. XIX—fig. 2). Des recherches plus récentes entreprises sur les peranthracites du Douro ont cependant révélé après attaque, la présence de vraies structures cellulaires du type cryptotélinite sur des lits étroits de télcollinite⁽⁸⁷⁾.
- (iv) — Quand il a été possible de mettre en évidence, après l'attaque, des structures cellulaires bien visibles (Pl. VI—figs. 13 et 14) nous constatons qu'on a seulement réussi à confirmer le type de structure décelable avant l'attaque à l'aide de la lumière polarisée (Pl. VI—fig. 12). Il s'agit là de la télinite 2 dans laquelle, nous le savons déjà, il est possible de voir, à l'aide de la lumière polarisée, des «fantômes» représentatifs des alignements plissés correspondants à la structure cellulaire.

5.2. L'Exinite

En considérant les limites d'identification des macéraux du groupe de l'exinite dans les stades terminaux de la houillification, il a été possible de détecter dans les peranthracites du Douro, outre des corps éventuellement attribuables à la résinite, les deux constituants les plus importants du groupe: la sporinite et la cutinite (STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975; *Coal macerals: Exinite*, 1960; *Lexique*, 1963; *Lexique-Supplément*, 1971).

⁽⁸⁶⁾ Il est curieux de noter que même des auteurs modernes (FEYS, 1963 a; MÉRIAUX & WATERLOT, 1969), peut-être influencés par les conceptions génétiques de DUPARQUE, interprètent ces ponctuations comme des défauts de polissage.

⁽⁸⁷⁾ On est arrivé aux mêmes résultats au cours des attaques effectuées à notre demande dans le BERGBAU-FORSCHUNG GMBH à Essen-République Fédérale Allemande sur quelques uns de nos échantillons, en employant la méthode décrite par MACKOWSKY (1974). Comme dans la méthode de Seyler, il s'agit d'une méthode d'attaque chimique avec une solution oxydante sulfurique de permanganate de potassium (25 g de $KMnO_4$ + 70 ml de H_2O + 3 ml de H_2SO_4) utilisée à 50°C. L'attaque est suivie d'un lavage de la surface attaquée au bisulfite de sodium. Cette méthode, très efficace pour les attaques des charbons de bas rang est longue et difficile à conduire sur des peranthracites. Cependant, après 38 heures d'attaque, avec le renouvellement de la solution chaque deux heures, de très bons résultats ont été obtenus, probablement en raison de la suavité du processus.

En réalité, soit la sporinite, soit la cutinite peuvent, en certains cas, être isolées, non seulement des charbons, mais aussi des roches du toit et du mur des veines (ALPERN, 1963 c; COCQUEL, LOBOZIAK & NAKOMAN, 1965; HUGHES, JEROWSKY & SMITH, 1964). D'autre part ces deux macéraux sont à la base d'un important domaine scientifique — la Palynologie — considérée encore aujourd'hui comme l'une des méthodes les plus efficaces dans la datation et dans la corrélation stratigraphique (ALPERN, COMBAZ, CORSIN, JARDINÉ, TAUGOURDEAU & VERDIER, 1968; ALPERN & DURAND, 1972; ALPERN & STREEL, 1972; COCQUEL, DOUBINGER & LOBOZIAK, 1976; CLAYTON, COCQUEL, DOUBINGER, GUEINN, LOBOZIAK, OWENS & STREEL, 1977; DOUBINGER, LAVEINE & PONS, 1972; JURASKY, 1934/1935; NEVES, 1972; OWENS, 1970; POTONIE & ALPERN, 1964). Ainsi, la Commission Internationale de Microflore du Paléozoïque (ALPERN 1967 a) s'y est intéressée depuis sa fondation en 1958 (ALPERN, 1960 a).

De plus, le contenu palynologique des couches étant intimement lié aux conditions de sédimentation, il est indispensable de prendre son étude en considération dans l'établissement des faciès (ALPERN, LIABEUR & NAVALE, 1964 et 1965; NAVALE, 1963 et 1965 b; SMITH, 1968; STACH, 1964 b).

5.2.1. La Sporinite

Elle est constituée par la membrane externe des spores fossilisés.

Parmi les variétés de sporinite on peut distinguer la macrosporinite se rapportant aux mégaspores (200 μm à quelques millimètres) et la microsporinite se rapportant aux microspores (5 à 200 μm). En outre, les microspores peuvent présenter des parois soit épaisses, soit fines. On distingue ainsi la crassisporinite (microspores à parois épaisses) de la ténusporinite (microspores à parois fines), ce qui peut avoir un certain intérêt dans les études de corrélations entre les couches (STACH, 1954 b et 1955).

Du point de vue pétrographique, diverses publications de synthèse se rapportent à ce macéral, en particulier celles de l'école de Krefeld-République Fédérale Allemande (POTONIE, REHNELT, STACH & WOLF, 1970; STACH, 1964 b). On doit remarquer que dans la seconde publication mentionnée, l'auteur a établi, pour la première fois, une terminologie adéquate à la description morphologique des spores carbonifères en surfaces polies. BELL & MURCHISON (1966) et STACH (1962) ont, à leur tour, mis en évidence certaines particularités liées à la carbonification biochimique de la sporinite par fusinitisation précoce. Plus récemment encore, le tri à la main des macrospores, a rendu possible l'étude et la définition détaillée des propriétés de ce constituant à l'état pur (ALPERN & MALAN, 1973). Par ailleurs, JUVIGNE (1973) a déterminé les densités des spores fossiles des tourbes, relationnant les valeurs de cette propriété physique avec l'état d'évolution et l'âge des matériaux étudiés. Nous devons aussi citer les études de NEVES & SULLIVAN (1964) au sujet des modifications des exines de spores fossiles en présence de cristaux de pyrite, et les recherches de TING & LO (1975) sur la fluorescence de la sporinite. En outre, des travaux récents se sont portés tout particulièrement sur l'étude chimique de ce macéral (ALLAN, BJORBØY & DOUGLAS, 1977; ALLAN & DOUGLAS, 1977; NOWAK, 1969). Enfin, nous signalerons les études de la sporinite au microscope électronique (ALPERN, 1956 b et 1959 a; ALPERN & PRÉGERMAIN, 1956; BROWN & TAYLOR, 1962; MCCARTNEY, 1949; MCCARTNEY, O'DONNELL & ERGUN, 1966; MURCHISON & BOULT, 1960; SENGUPTA & MUIR, 1977) et son analyse thermique (PIERART & PICQUET, 1976).

Dans les peranthracites du Douro, la sporinite nous apparaît, nous le savons déjà, dans des lits comparables aux clarites des houilles, où l'ensemble desmocollinite-gélocollinite forme le ciment des corps dont la morphologie est celle des microspores. Nous avons même identifié, d'après la morphographie, des microspores du genre *Densosporites* au sein de la desmocollinite-gélocollinite.

En ce qui concerne les mégaspores, elles sont aussi bien identifiables par la morphologie surtout en sections typiques perpendiculaires au plan de stratification (Pl. VII — figs. 15

et 16). On voit alors la cavité et les contours ronds des sections équatoriales, bien que dans ce degré de houillification, la membrane — d'épaisseur totale fort variable — est normalement très homogène et, en conséquence, il n'est plus possible d'observer ni les différents feuilletés, ni l'aspect granuleux qu'on reconnaît souvent dans les mégaspores de houilles. Les mégaspores sont, par ailleurs, particulièrement bien identifiables quand elles sont fossilisées dans des lits de minéraux argileux (carbargilite) dont la finesse du grain a permis une conservation parfaite.

5.2.2. La Cutinite

La pétrographie de ce macéral — constitué par les cuticules (pellicules externes cutinisées qui revêtent l'épiderme des feuilles) fossilisées — a été aussi l'objet de divers travaux de base (DUPARQUE, 1927 *a*; MARET & DUPARQUE, 1936). ALPERN & PRÉGERMAIN (1956) ont publié, à leur tour, des microphotographies de cuticules observées au microscope électronique.

Dans les peranthracites du Douro, la cutinite nous apparaît sous la forme, soit de cuticules fines (Pl. VII — fig. 17), soit de cuticules épaisses (Pl. VIII — figs. 18 et 19).

Les cuticules fines se présentent préservées dans les mêmes conditions que celles des macrospores, c'est-à-dire dans des lits de minéraux argileux (carbargilite) (Pl. VII — fig. 17). Par contre, les cuticules épaisses sont interstratifiées avec les autres macéraux (Pl. VIII — figs. 18 et 19).

Dans tous les cas, sur la paroi interne des cuticules, la bordure dentelée typique qui correspond à la pénétration des lamelles cutinisées dans les cellules du parenchyme sous-jacent est bien visible (Pl. VII — fig. 17; Pl. VIII — figs. 18 et 19).

5.2.3. La Résinite

La résinite — ensemble des résines et d'autres excréctions végétales analogues fossilisées — a été l'objet de l'attention de plusieurs pétrographes depuis les travaux classiques de DUPARQUE sur le sujet (DUPARQUE, 1927 *b* et 1927 *d*). D'autres publications plus récentes ont apporté des connaissances importantes sur la composition élémentaire et sur les spectres infra-rouges de ce macéral (MURCHISON, 1963 et 1966; MURCHISON & JONES, 1963). Du point de vue strictement pétrographique, c'est à BELL & MURCHISON (1966); JONES & MURCHISON (1963); MURCHISON & JONES (1964) et à STACH (1966/67) que nous devons les travaux les plus récents. A leur tour, McCARTNEY, O'DONNELL & ERGUN (1966) font allusion à l'étude de ce macéral au microscope électronique.

Les études ci-dessus mentionnées ont démontré que la résinite se présente généralement sous la forme de globules en remplissage de cavités cellulaires, isolées ou en amas. Ces globules peuvent, en outre, être homogènes ou ornements. Ce macéral peut aussi, plus rarement, se présenter en remplissages de fissures.

Enfin, on doit noter que la plupart des résinites correspondent à ce que WHITE & THIESSEN (1913) on décrit sous la désignation de «resin rodlets» (= bâtonnets de résine), dénomination encore utilisée par certains auteurs nord-américains (KOSANKE & HARRISON, 1957).

Nous savons déjà que dans les stades ultimes de la houillification, il n'est plus possible de distinguer la résinite en remplissage de fissures de gélocollinite. Il en est de même en ce qui concerne la distinction entre la résinite en globules homogènes — en remplissage de cavités cellulaires (Pl. I — figs. 1 et 2), sous la forme de globule isolé (Pl. XXII — fig. 52) ou bien en amas (Pl. XXI — figs. 50 et 51) — et la corpocollinite, ensemble pour lequel nous avons adopté, dans le cas des peranthracites, la désignation de corps sphéroïdaux.

L'évolution de la résinite sous la carbonification biochimique est aujourd'hui bien connue (BELL & MURCHISON, 1966; STACH, 1962 et 1966/67). On sait ainsi qu'il y a un certain nombre de corps résineux qui se sont précocement transformés par oxydation primaire (fusinitisation) originant des constituants qu'on doit compter dans l'inertinite. A cet égard,

sont particulièrement importants les corps désignés comme «résines fusinitisées» qu'on doit inclure, par compromis de nomenclature, dans la sclérotinite (Pl. XVIII—figs. 40, 41 et 42; Pl. XIX—figs. 43, 44 et 45).

D'autre part, l'opinion des divers auteurs en ce qui concerne l'interprétation des globules résineux ornementés reste controversée. Ainsi, la plupart des auteurs considèrent ces corps comme appartenant aussi à la sclérotinite. Toutefois, dans une étude de synthèse récente et très complète sur la résinite, STACH (1966/67) inclut au moins une part de ces corps dans la résinite. Ce sont dans ce cas les globules dont l'ornementation est constituée par des filaments très fins qu'on peut observer dans les peranthracites du Douro (Pl. XIX—fig. 46 et Pl. XX—figs. 47 et 48). Pourtant, pour des raisons justifiées ci-après nous avons décidé d'effectuer son étude ensemble avec celle de la sclérotinite.

5.3. L'Inertinite

Parmi les restes d'inertinite identifiés dans les charbons du Douro il faut signaler les tissus ligneux fossilisés qui constituent la fusinite et la semi-fusinite, macéraux auxquels ont été consacrées diverses études (BANERJEE, MAZUMDAR & LAHIRI, 1966; DUPARQUE, 1926, 1928 *b* et 1929 ⁽³⁸⁾; FRANCIS, 1961; HACQUEBARD, 1952; MARSHALL, 1954; OELERT, 1970; PIERART & PICQUET, 1976; *Coal macerals: fusinite and semifusinite*, 1960). Du point de vue génétique les auteurs mentionnés ci-dessus sont unanimes: ces deux constituants se diversifient dès l'origine du dépôt. Cette interprétation est d'ailleurs en accord avec ce que l'on sait au sujet de la genèse et de l'évolution des macéraux au cours de la carbonification biochimique, exception faite pour les inertinites d'origine diagénétique citées par M. TEICHMÜLLER (1974 *a*, 1974 *b* et 1974 *c*) ⁽³⁹⁾.

5.3.1. La Fusinite

Dans les charbons étudiés du Douro, presque tous les champs identifiables comme la fusinite, à structure cellulaire encore parfaitement visible, peuvent être attribués à la dégradofusinite, liée à une certaine décomposition biochimique, sans doute précoce.

La pyrofusinite, bien que relativement fréquente, apparaît avec un pourcentage très faible. Du fait que la pyrofusinite provient vraisemblablement d'incendies de forêts ayant carbonisé les particules avant leur enfouissement, il en résulte qu'on peut la détecter dans tous les combustibles solides dès le stade de tourbe (M. TEICHMÜLLER, 1952 *a*—p. 258-259). Les conditions génétiques de ce constituant expliquent, en outre, pourquoi il n'évolue pas avec la carbonification. C'est pourquoi certains auteurs appellent la pyrofusinite, «fusinite vraie».

Il faut toutefois remarquer qu'on peut distinguer morphographiquement la pyrofusinite de la dégradofusinite, étant donné que la pyrofusinite présente des parois cellulaires très fines et de couleur jaune.

Comme dans tous les charbons, les tissus ligneux qui constituent, dans les peranthracites du Douro, la dégradofusinite peuvent être très divers en ce qui concerne l'origine botanique: tissu vasculaire (Pl. IX—figs. 20 et 21), sclérenchyme (Pl. X—fig. 22), etc. En outre les lentilles de ce submacéral sont orientées dans toutes les directions dans la masse du charbon. Ceci, en combinaison avec l'orientation des plans de coupe des surfaces polies, est à l'origine de l'aspect «polymorphe» exhibé par ce constituant (Pl. IX—figs. 20 et 21). Par ailleurs les débris ligneux peuvent présenter les caractères morphologiques originaux

⁽³⁸⁾ Dans les travaux de DUPARQUE, la fusinite est décrite sous le nom de «fusain» (= tissus ligneux non gélifiés) et la semi-fusinite sous le nom de xylain (= tissus ligneux partiellement gélifiés) (DUPARQUE, 1949 *b*).

⁽³⁹⁾ Voir aussi JACOB (1954).

(Pl. IX — figs. 20 et 21; Pl. X — fig. 22), ou bien ceux qui résultent de modifications ultérieures par désagrégation mécanique et amenuisement — structure étoilée (Pl. X — fig. 23; Pl. XI — fig. 24) — ou de plissement (Pl. XI — fig. 25). Étant donné que les lames de dégradofusinite qui présentent des modifications de la structure originale sont intercalées entre des lits non perturbés et dont la stratification est parfaitement parallèle, on doit admettre que ces modifications sont, au moins synsédimentaires.

5.3.2. La Semi-fusinite

Dans les peranthracites du Douro on peut observer tous les termes de transition entre la dégradofusinite et la semi-fusinite. Compte tenu de la gélification ménagée subie par la semi-fusinite, celle-ci présente les cavités cellulaires bien plus occlusées que celles de la fusinite, phénomène particulièrement évident dans des coupes avec la même orientation (Pl. IX — fig. 20; Pl. XIII — fig. 28). L'occlusion des cavités cellulaires est pourtant très diverse (Pl. XII — fig. 26; Pl. XIII — fig. 28). Dans les stades les plus évolués la semi-fusinite présente un aspect très compact et granuleux qui correspond au type «chagrin» (Pl. XII — fig. 26), aspect qui résulte des différentes anisotropies de réflexion qui se vérifient en raison de la juxtaposition des parois cellulaires de tissus plus ou moins gélifiés. Ce type de structure montre un aspect caractéristique lorsqu'il est observé entre nicols croisés (Pl. XII — fig. 27).

D'autre part, on peut aussi observer, dans les peranthracites du Douro, tous les termes de transition, soit entre la semi-fusinite et la télnite 1 (Pl. I — fig. 2) et la télnite 2 (Pl. XIII — fig. 29; Pl. XIV — fig. 30), soit entre la semi-fusinite et la télocolinite (Pl. XIV — fig. 31). La transition entre la télnite et la télocolinite (cryptotélnite?) est aussi observable (Pl. XIV — fig. 31). D'ailleurs, d'après les résultats publiés par certains auteurs (BENNETT, 1968; MÉRIALUX & SOUSA, 1970 — Pl. XIV — 3 et 1971 — Est. I — 3; STACH, 1968 a — Pl. 5 a et 1968 b — p. 514 — Abb. 27; *Vitrinite-semifusinite transition material*, 1968) ces transitions entre la semi-fusinite et la vitrinite sont observables dans toutes les houilles et anthracites (l. s.)⁽⁴⁰⁾.

A ce propos, il est curieux de noter que DUPARQUE qui, au début, niait l'existence de toute transition entre les constituants microscopiques des charbons, a fini, plus tard, par en vérifier l'existence. En réalité, dans une première série de travaux sur les anthracites (DUPARQUE, 1949 b, 1949 c, 1949 d et S. d. a), cet auteur admet que les différents types de «tissus ligneux»⁽⁴¹⁾ constituaient des entités parfaitement définies, conservant leur individualité originelle et ne passant jamais latéralement aux «substances amorphes»⁽⁴²⁾. Cependant, en 1956, le même auteur (DUPARQUE, 1956 b) précise mieux son opinion antérieure en affirmant que, bien que n'ayant jamais observé la transition du «fusain» au «xylain» ni au

⁽⁴⁰⁾ Les transitions entre les macéraux du groupe de la vitrinite et du groupe de l'inertinite peuvent conduire à des interprétations personnelles susceptibles d'influencer la détermination quantitative du type (BELL, DIESEL & NG, 1970).

⁽⁴¹⁾ DUPARQUE considérait comme «tissus ligneux» l'ensemble suivant (DUPARQUE, 1949 b):

- (i) — «fusain», non gélifié; il correspond dans la nomenclature SH à la fusinite;
- (ii) — «xylain», partiellement gélifié; il correspond dans la nomenclature SH à la semi-fusinite;
- (iii) — «xylovitrain», complètement gélifié, mais avec des cavités cellulaires encore visibles; il correspond dans la nomenclature SH à la télnite.

⁽⁴²⁾ Les «substances amorphes» de DUPARQUE correspondaient à deux types (DUPARQUE, 1949 c, 1956 a et 1956 b):

- (i) — «substances originellement amorphes» (ou «ciment amorphe, pâte, gelée ou substance fondamentale»); correspondant à l'ensemble actuel desmocolinite + géocolinite dans la nomenclature SH;
- (ii) — «substances secondairement amorphes», constituées fondamentalement par le xylovitrain, dans lequel on ne trouve aucune structure, c'est-à-dire complètement gélifié; correspondant à la télocolinite dans la nomenclature SH.

«xylovitrain avec les cavités cellulaires encore visibles», ni même le passage des ces deux derniers constituants aux «substances originellement amorphes», il a pu souvent vérifier la transition «xylovitrain»-«xylain», c'est-à-dire, télinite-semi-fusinite.

Ce que nous savons aujourd'hui sur l'origine botanique, sur la genèse des macéraux et sur l'évolution des constituants du groupe de l'huminite dans ceux du groupe de la vitrinite au cours de la carbonification biochimique (ALPERN & M. TEICHMÜLLER, 1971; *Lexique-Supplément*, 1971), ainsi que sur les phénomènes de gélification et de fusinitisation (STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975), facilite la compréhension de l'existence des différents types de transition vitrinite-semi-fusinite identifiables dans les stades avancés de la carbonification, mais qui doivent logiquement résulter de transitions précoces huminite-semi-fusinite.

5.3.3. La Sclérotinite

Il s'agit d'un macéral présenté avec une apparente simplicité dans le *Lexique* (1963) et dans le *Lexique-Supplément* (1971) ⁽⁴³⁾. En effet, selon ces manuels de base, la sclérotinite correspond à l'ensemble des hyphes, des spores, des sclérotés et des plectenchymes que l'on attribue à des restes de champignons. Tout au moins en ce qui concerne les charbons paléozoïques, on inclut aussi dans ce macéral des corps de sécrétion oxydés, correspondant en partie à des résines. On considère ainsi trois variétés dans la sclérotinite: plectenchyminite (pour les hyphes isolées et les plectenchymes de champignon), corposclérotinite (pour les spores et les sclérotés de champignon) et pseudocorposclérotinite (pour les autres corps, aujourd'hui interprétés comme des résines oxydées, traditionnellement incluses dans la sclérotinite, mais ne correspondant pas à des restes de champignons).

Cependant, dans la mesure où la présence de restes de champignons fossilisés dans les combustibles solides est incontestable, la sclérotinite est à la base des études de paléomycologie, discipline qui a connu un développement considérable (BENEŠ, 1964 et 1969; BENEŠ & KRAUSOVÁ, 1964).

La controverse suscitée entre les pétrographes au sujet de la sclérotinite a été grande à en juger par l'abondante littérature qui s'y rapporte et dans laquelle on assiste parfois à des changements d'opinion au cours des travaux successifs d'un même auteur.

En ce rapportant à des restes d'origine très diverse — opinion, d'ailleurs exprimée depuis longtemps par DUPARQUE et ses collaborateurs (DUPARQUE, 1933; DUPARQUE & DELATTRE, 1953 a, 1953 b et 1953 c; DUPARQUE & JUDAS, 1956) qui ont toujours déclaré que l'ensemble des corps liés à la sclérotinite pouvait aussi bien provenir de champignons (sclérotés seulement) que de résines altérées — la sclérotinite représente elle aussi un compromis de nomenclature qui vise à sauvegarder au maximum les positions adoptées dans la vaste bibliographie publiée depuis l'introduction du terme par STACH (1952 c).

En réalité le comportement inerte de la sclérotinite au cours de la carbonisation, invoqué quelquefois comme argument en faveur de la conservation du terme, n'est pas à retenir du fait que, dans la gamme de carbonification où un tel comportement est détectable, il est commun à tous les autres macéraux du groupe de l'inertinite. Ceci a mené certains auteurs australiens (TAYLOR & COOK, 1962) à prendre une position extrême contre la nomenclature admise par l'ICCP, proposant l'abolition du terme sclérotinite, puisque les différents corps traditionnellement assimilables à ce macéral pouvaient, d'après ces auteurs, être inclus de la manière suivante dans d'autres constituants du groupe de l'inertinite:

- (i) — «tissus» de champignons (plectenchyminite) dans la fusinite ou dans la semi-fusinite;
- (ii) — sclérotés et spores de champignons (corposclérotinite) + pseudocorposclérotinite, dans la macrinite.

⁽⁴³⁾ Voir aussi *Coal macerals: Sclerotinite* (1961).

Toutefois, si l'on avait adopté la proposition australienne, cela nous aurait obligé à réviser les définitions des termes fusinite, semi-fusinite et macrinite, et il en résulterait alors une plus grande complexité dans la nomenclature.

En outre, les chercheurs australiens ont considéré le problème sur un plan limité, car en formulant une telle proposition, ils admettent que les différents constituants de la sclérotinite ont dans tous les cas un PR plus élevé que celui des macéraux du groupe de la vitrinite. Or, aussi bien les observations de PRADO⁽⁴⁴⁾, que les nôtres sur des charbons de tous les rangs, permettent d'affirmer qu'il y a des stades de houillification dans lesquels les différents constituants attribuables à la sclérotinite peuvent avoir un PRM égal ou inférieur à celui de la vitrinite correspondante. En effet, chez les peranthracites, nous avons vérifié dans la sclérotinite les mêmes phénomènes optiques que ceux révélés dans la fusinite au cours de la carbonification (ALPERN & SOUSA, 1970). Ainsi, si l'on maintenait la proposition de TAYLOR et COOK quant à l'abolition du terme sclérotinite, cela impliquerait, lorsque le PR de la vitrinite est égal à celui de la sclérotinite, les équivalences suivantes :

- (i) — «tissus» de champignons (plectenchyminite) = télinite⁽⁴⁵⁾;
- (ii) — sclérotites et spores de champignons (corposclérotinite) + pseudocorposclérotinite = détrinite (macrinite).

Ceci impliquerait, à son tour, la révision de la définition du terme télinite, ainsi que celle de l'ensemble des constituants qui, au stade de carbonification en étude, doivent être inclus dans la détrinite.

D'autre part, et toujours si l'on maintenait la proposition TAYLOR et COOK, lorsque le PR de la vitrinite dépasse celui de la sclérotinite correspondante, on pourrait toujours continuer à considérer l'ensemble corposclérotinite + pseudocorposclérotinite, comme appartenant à la détrinite. Cependant, où faut-il inclure la plectenchyminite? La placer de nouveau dans la fusinite ou créer un nouveau terme, lorsqu'elle est à cet état de carbonification? Si l'on veut garder une certaine cohérence, il s'avère que la réponse est assez difficile!

En conclusion, pour éliminer le terme sclérotinite considéré par les auteurs australiens comme mal défini dans la nomenclature, nous serions conduits à redéfinir, rendant leurs acceptions plus artificielles et confuses, les macéraux fusinite, semi-fusinite, télinite, macrinite et détrinite et, peut-être, serions-nous obligés de créer un nouveau terme pour désigner les «tissus» de champignons lorsque PR vitrinite > PR plectenchyminite.

Par conséquent, nous ne voyons pas pourquoi, dans l'état actuel des connaissances, on doit s'opposer à la définition du terme sclérotinite tel qu'il a été adopté par l'ICCP (Lexique, 1963; Lexique-Supplément, 1971) pour désigner les corps correspondant à :

- (i) — restes fossilisés qui peuvent être attribués à des champignons: hyphes isolés et plectenchymes, spores, sclérotites, etc. C'est la funginite de BENEŠ & KRAUSSOVÁ (1964 — p. 66):

⁽⁴⁴⁾ Document présenté au «Groupe de Travail Vitrinite» de la Sous-Commission de Nomenclature de l'ICCP (Proposition PRADO-Lettre à M. Alpern-5 mai 1969).

⁽⁴⁵⁾ Dans l'important document de travail mentionné, PRADO, tout en faisant seulement allusion aux restes de champignons fossilisés — ne se rapportant pas ainsi aux autres corps (résines oxydées) que l'on inclu habituellement dans la sclérotinite — fait noter, pour la première fois, que les PR de la sclérotinite et de la vitrinite pouvaient être égaux. Cet auteur propose alors que les restes de champignons dans les conditions indiquées soient classés dans la télinite avec les désignations suivantes :

- (i) — *funginite* (au sens de PRADO et non pas celui de BENEŠ & KRAUSSOVÁ (1964) qui utilisent ce terme pour désigner n'importe quel reste de champignon) si l'on a affaire à des parois de «tissus» de champignon;
- (ii) — *fungodétrinite* si l'on a affaire simplement à des fragments.

Dans ce même document de travail le terme sclérotinite est ainsi réservé aux restes de champignons fossilisés dont le PR est supérieur (inertinite) à celui de la vitrinite correspondante.

- (ii) — corps, quelquefois énigmatiques, quelquefois faciles à relier avec les résines oxydées (= «résines fusinitisées»), identifiables par la morphologie dans les charbons de tous les rangs.

Il s'agit, en effet, d'un ensemble assez artificiel et, bien entendu, l'idéal serait de considérer séparément les constituants indiqués par les points (i) et (ii). Mais cet avantage apparent, que l'on peut défendre dans le domaine des principes, aurait en contrepartie les inconvénients de surcharger la nomenclature et d'établir des ruptures fondamentales dans la bibliographie considérable consacrée à la sclérotinite. En réalité, presque tous les corps considérés en (ii) ont été interprétés longtemps par la plupart des auteurs comme des sclérotites de champignons et pour cela décrits en même temps qu'eux. La totalité des corps ainsi considérés a même été décrite en détails sous la désignation de genres de forme (BENEŠ, 1969; MALÁN, 1959; PICKHARDT, 1954; STACH & PICKHARDT, 1957). A ce sujet, seule une bonne expérience en pétrographie permet de faire certaines séparations entre quelques vrais sclérotites et les «résines fusinitisées», d'autant plus que nous ne disposons pas encore de termes de comparaison précis sur la morphologie des différents «organes» des champignons paléozoïques.

Cependant, aujourd'hui les corps indiqués en (ii), grâce aux nombreux termes de comparaison dont on dispose sur les charbons de bas rang, sont considérés comme des globules et des bâtonnets («rodlets») de résine qui ont subi une oxydation (fusinitisation) contemporaine du dépôt (STACH, 1966/67). Il en résulte ainsi qu'il s'agit d'entités qui ont eu une histoire génétique tout à fait comparable à celle des restes de champignons — celle-ci magistralement tracée par STACH (1956 a et 1964 a) qui, dans le dernier travail indiqué, les considère, conjointement aux «résines fusinitisées», bons indicateurs de faciès — ce qui explique pourquoi elles présentent des propriétés identiques depuis des stades précoces de la carbonification.

Comme dans tous les charbons, dans les peranthracites du Douro, la sclérotinite est bien représentée.

Nous nous occuperons d'abord de ce que nous pouvons appeler la sclérotinite vraie, c'est-à-dire, celle qui correspond à des restes de champignons.

Jusqu'à présent nous n'avons pas observé dans nos peranthracites des mycéliums de champignons typiques. Par contre, la corposclérotinite — représentée par des sclérotites, des spores et d'autres «organes» de reproduction des champignons — est abondante.

Les sclérotites sont représentés, dans quelques cas, par des corps à membrane et dont l'intérieur est formé par des hyphes entrelacés (Pl. XV — fig. 32). Dans d'autres cas, il s'agit de corps ovoïdes à contour lisse et épais et structure spongieuse qui se rapprochent des représentants du genre *Coronasclerotes* PICKHARDT (PICKHARDT, 1954; STACH, 1956 a; STACH & PICKHARDT, 1957) (Pl. XV — fig. 33).

Sont aussi abondants des restes que, d'après STACH & PICKHARDT (1964) et BENEŠ & KRAUSSOVÁ (1964), on doit attribuer à des spores de champignon. Il s'agit de corps à formes diverses (en anneau, en croissant, etc.), isolés ou dans des amas, et dont les parois, plus ou moins ornementées, présentent une épaisseur très variable (Pl. XV — fig. 34; Pl. XVI — figs. 35 et 36). Les formes en croissant résultent du morcellement de formes bouclées. Nous avons aussi observé des corps qui d'après certains auteurs (BENEŠ & KRAUSSOVÁ, 1964) peuvent être rapprochés des asques de champignons (Pl. XVI — figs. 37 et 38) ⁽⁴⁶⁾.

Par ailleurs, nous avons aussi identifié des corps de structure cavernuse et à dimensions remarquables (Pl. XVII — fig. 39) dont l'interprétation reste encore aujourd'hui énigmatique. Considérés par DUPARQUE & DELATTRE (1953 c) comme des «poches sécrétrices» à inclure dans la résinite, ces corps sont interprétés par d'autres auteurs (STACH, 1956 a) comme un ensemble d'hyphes (plectenchyme?) sclérifiés. D'autres chercheurs, pourtant BENEŠ & KRAUSSOVÁ (1964), les rangent parmi les sclérotites de champignons (genre *Sulcatiscleerotes* BENEŠ).

⁽⁴⁶⁾ MALÁN (1959) considère qu'on peut confondre ces corps avec des sclérotites.

Enfin, signalons que, comme dans des charbons de plus bas rang (HACQUEBARD, 1952; SAPPAL, 1975), dans nos peranthracites on voit souvent les restes de champignons décrits au sein des tissus (semi-fusinite, par exemple) qui ne sont point déformés au contact avec la sclérotinite (Pl. XV—fig. 33). On peut alors penser qu'il s'agit là de tissus qui ont été attaqués, à l'origine, par des champignons qui ont contribué à leur décomposition.

Comme sclérotinite on compte aussi, tout au moins par compromis de nomenclature, des corps de sécrétion oxydés. Il s'agit dans la plupart des cas des résines qui ont subi une oxydation primaire (fusinitisation) ⁽⁴⁷⁾. Dans les peranthracites du Douro on peut vérifier l'existence de ces corps sous les formes suivantes :

- (i) — Corps de dimensions diverses, à paroi plus ou moins épaisse, à bord lisse ou irrégulier et forme subcirculaire, fusiforme, ovale ou polygonale. Par ailleurs, ils présentent des fractures, des fissures, des ponctuations et des cavités (mono ou pluriloculaires) qui leur donnent un aspect caverneux typique (Pl. XVIII—figs. 40, 41 et 42; Pl. XIX—figs. 43, 44 et 45). Ce caractère vacuolaire a eu certainement comme origine une dévolatilisation provoquée par oxydation primaire (fusinitisation). Des bourrelets typiques seraient dans quelques cas (Pl. XIX—fig. 45) les témoins de l'oxydation primaire subie (SCHOPF, 1962).

Autrefois considérés comme des sclérotites (PAREEK, 1958; PICKHARDT, 1954; STACH, 1956 a; STACH & PICKHARDT, 1957), ces corps — après qu'ils ont été logiquement interprétés comme des résines oxydées — sont à présent groupés sous des désignations diverses: «Resinit-Sklerotinit» (STACH, 1964 a) et «fusi-resinite», «fusinized resins» ou «fusinized resin rodlets» (KOSANKE & HARRISON, 1957; PAREEK, 1963, 1964 a, 1964 b, 1966 a et 1966 b; PAREEK, SANYAL & CHAKRABARTI, 1964; STACH, 1966/67).

- (ii) — Corps qui correspondent à des globules, isolés ou en amas, ornementés par des filaments plus ou moins entrelacés dans toutes les directions et que l'on peut très bien mettre en évidence avec le mouvement de la vis micrométrique de mise au point. Ces globules présentent des formes aussi variées (arrondie, ovale, fusiforme, etc.), à bords soit lisses, soit crénelés (Pl. XIX—fig. 46; Pl. XX—figs. 47 et 48).

DUPARQUE et collaborateurs considéraient ces corps comme appartenant à la résinite (DUPARQUE, 1933; DUPARQUE & DELATTRE, 1953 a; DUPARQUE & JUDAS, 1956). Dans des publications plus modernes STACH (1964 a et 1966/67) émet la même opinion.

Au moins dans les peranthracites du Douro nous les avons pourtant considérés, ensemble avec les résines fusinitisées précédemment décrites, dans la sclérotinite. En effet, après attaque dans le four à plasma d'oxygène les filaments de l'ornementation se révèlent comme de vrais «fantômes» d'un réseau de rainures d'oxydation primaire (fusinitisation) déjà décrites. Il y a même des corps dans lesquels on constate après attaque, que les filaments correspondent à des rainures identiques à celles décrites dans les formes du genre *Crenasclerotes* PICKHARDT ⁽⁴⁸⁾ par PICKHARDT (1954), par STACH (1956 a) et par STACH & PICKHARDT (1957). D'ailleurs, même avant l'attaque, quelques uns de ces corps (Pl. XX—fig. 47, coin supérieur droit de la figure) montrent un aspect vacuolaire avec des cannelures et des perforations qui doivent correspondre au processus de fusinitisation, accompagné de dévolatilisation, typique des résines.

⁽⁴⁷⁾ Pour KOCH (1970 a) ces corps proviennent de substances humiques et protéiques qui ont subi un processus thermique.

⁽⁴⁸⁾ Ces corps ont été anciennement considérés comme des sclérotites caractérisés par l'absence de cavité centrale et de rainure marginale et par la présence de nombreuses rainures droites ou légèrement ondulées à l'intérieur.

Enfin, on doit faire remarquer la dureté très élevée de l'ensemble des corps, représentant les résines fusinitisées par rapport aux constituants environnants. En effet, les résines fusinitisées n'ont pas été pratiquement affectées par la compaction, tandis que les macéraux environnants ou bien se sont moulés à ses contours (Pl. XVIII — fig. 40; Pl. XIX — figs. 43, 44 et 45; Pl. XX — fig. 48), ou bien se sont fracturés (Pl. XIX — fig. 44).

5.4. Les Corps Sphéroïdaux

Nous utilisons cette dénomination, rappelons-le, pour désigner un ensemble de corps homogènes à dimensions variables et forme arrondie ou ovale, lesquels dans les termes les plus élevés de la houillification ne peuvent être attribués, sans équivoque, ni à la corpocollinite, ni à la résinite en globules homogènes.

Comme dans les charbons de bas rang, la résinite se trouve fréquemment sous la forme de remplissages cellulaires de la télinite, il est donc plausible d'admettre que les corps sphéroïdaux que l'on peut observer dans la télinite 1 des peranthracites du Douro, ont été des globules résineux homogènes à l'origine.

Par ailleurs, dans nos peranthracites, on peut aussi observer d'autres corps identiques mais dont l'occurrence, soit isolée (Pl. XXII — fig. 52), soit en amas (Pl. XXI — fig. 50 et 51; Pl. XXII — fig. 53), n'est pas en relation visible avec des tissus. À l'origine ces corps peuvent, en effet, être attribués tantôt à la résinite en globules homogènes, tantôt à la corpocollinite (du type 1 ou du type 2⁽⁴⁹⁾). Quelques uns d'entre eux présentent même un aspect morphographique, avec des ponctuations, tout à fait identique à celui de la corpocollinite 2 des houilles de bas rang (Pl. XXII — fig. 53). Pour les corps de ce type, il est donc possible d'admettre leur individualisation dès la fin de la carbonification biochimique à partir de la corpohuminite (pseudophlobaphinite?). Cependant, d'après SCHOPF (1975), quelques uns des corps décrits correspondent à des pétioles du type *Myeloxylon* fossilisés.

5.5. La Détrinite

Nous savons déjà qu'au niveau des peranthracites on ne peut plus distinguer les uns des autres les macéraux suivants: la vitrodétrinite, la liptodétrinite, l'inertodétrinite, la micrinite et, en partie, la macrinite. C'est pour cet ensemble de macéraux, inséparables pour PRM $\geq 4,5\%$, que nous proposons la désignation de détrinite.

Il s'agit de constituants assez divers, d'autant plus que plusieurs d'entre eux peuvent avoir une origine non seulement diverse mais aussi dans des étapes différentes de la carbonification (M. TEICHMÜLLER, 1974 a, 1974 b et 1974 c).

Précisons, avant tout, que les désignations macrinite et micrinite, telles que nous les concevons à présent, ont été proposées très récemment (STACH & ALPERN, 1966; *Lexique-Supplément*, 1971). En réalité, il y a peu de temps encore (*Lexique* 1963), ces deux macéraux étaient désignés ensemble par le terme «micrinite» (l.s.) dans lequel on considérait deux variétés: «micrinite massive» (= macrinite dans le sens actuel du terme) et «micrinite fine» (= micrinite dans le sens actuel du terme)⁽⁵⁰⁾ ⁽⁵¹⁾.

Diverses hypothèses, auxquelles ne sont pas étrangers les différents modes d'occurrence, soit de la macrinite, soit de la micrinite (accumulation dans les cavités cellulaires de la

⁽⁴⁹⁾ On peut distinguer morphographiquement la corpocollinite 1 (globules dont les dimensions sont celles des cellules végétales habituelles 50 à 100 μm) et la corpocollinite 2 (globules $> 100 \mu\text{m}$) (*Lexique-Supplément*, 1971).

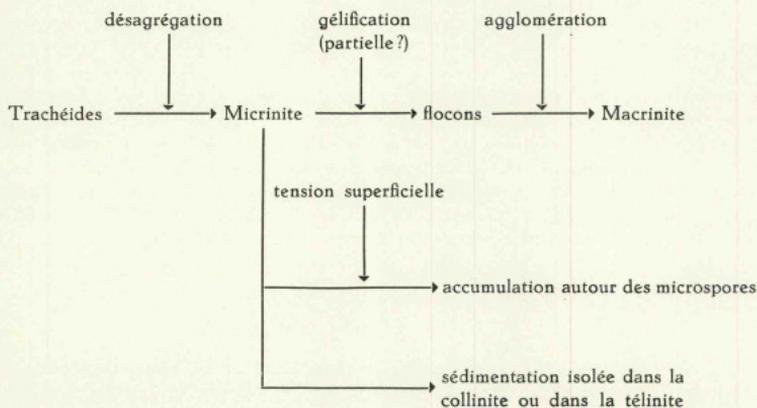
⁽⁵⁰⁾ Voir aussi *Coals macerals: Micrinite* (1960).

⁽⁵¹⁾ La désignation «pulpe végétale» que l'on trouve dans les travaux de DUPARQUE et de ses collaborateurs (DUPARQUE, 1956 a; DUPARQUE & MASSINON, 1939) correspond, en partie, à l'actuel binôme macrinite-micrinite.

télinite, dépôt autour de différents macéraux du groupe de l'exinite — spores, cuticules, etc. ...), ont été émises quant à leur origine génétique⁽⁵²⁾.

Ainsi il y a des auteurs qui attribuent l'origine de la micrinite à la désagrégation, soit des tissus (SCHOPF, 1971), soit des restes d'exinite (DUPARQUE, 1956 a et 1956 c). D'autres cependant pensent que la genèse de ce constituant doit être en rapport avec la décomposition des membranes secondaires cellulósiques (sclérenchymes ou trachéides) de certains végétaux (DELATRE & MÉRIAUX, 1966; HACQUEBARD, 1952; PAREEK, 1964 a; THIESSEN & SPRUNK, 1936). A son tour, STACH (1932 et 1964 b), remarquant l'association sporinite-micrinite, attribue l'origine de ce dernier macéral au contenu protoplasmatique des spores (STACH, 1932 et 1964 b). Dans une étude fondamentale, DIESEL (1961) a défendu également l'origine de la micrinite à partir de la sporinite. Par ailleurs, l'étude de la micrinite au microscope électronique effectuée par ALPERN & PRÉGERMAIN (1965) a permis de préciser que les différentes hypothèses admises pouvaient, selon les cas, être considérées comme vraisemblables.

D'autre part, dans une tentative d'interprétation de synthèse des faits observés MÉRIAUX (1969 a et 1969 b) a proposé le schéma génétique suivant pour l'ensemble macrinite-micrinite :



Ce même auteur qui refuse l'hypothèse admise par STACH, selon laquelle la micrinite résulte du contenu protoplasmique des spores, fait noter qu'il n'existe pas seulement l'association sporinite-micrinite, mais aussi fréquemment, l'association cutinite-micrinite. D'après ce chercheur dans les deux cas, la concentration de la micrinite autour de l'exinite se serait effectuée par tension superficielle.

Plus récemment, les études de base menées par M. TEICHMÜLLER (1974 a, 1974 b et 1974 c) — voir aussi figs. 4 et 5 — ont permis d'émettre des opinions nouvelles quant à la genèse de la micrinite, laquelle y est considérée comme un macéral de néoformation formé — lors du « premier saut de houillification » — à partir de la bituminite, elle aussi un macéral de néoformation. Cette hypothèse s'harmonise particulièrement bien avec le fait de l'inexistence de micrinite dans les lignites. D'autre part, le même auteur admet qu'une partie des inertinites, notamment la macrinite, pourraient avoir été formées — lors du « deuxième saut

⁽⁵²⁾ Outre les études de caractère génétique, les recherches effectuées sur l'ensemble macrinite-micrinite sont peu nombreuses. Parmi celles-ci on peut faire ressortir l'étude chimique (OELERT, 1970) et l'examen pétrographique au microscope électronique (MCCARTNEY, 1970; MCCARTNEY, O'DONNELL & ERGUN, 1966).

de houillification», lequel, rappelons-le, correspond au saut de houillification classique antérieurement défini par STACH (1953) — à partir de l'exudatinite, elle aussi un macéral de néoformation, au moins en partie, aux dépens de la fluorinite.

Quel que soit le type de genèse admis pour le binôme macrinite-micrinite, il paraît indéniable que ces deux constituants se forment dans des stades très peu avancés de la carbonification. C'est d'ailleurs la seule explication qui est en accord avec les observations très importantes et détaillées de PRADO (1963 et 1966) sur des macrospores, qui, dans des conditions lentes de sédimentation, ont été «farciées» par des microspores, de la micrinite, de la macrinite et de la matière minérale. Dans ce cas, on peut aussi remarquer la séparation des constituants cités par densité, avec une impressionnante régularité: la matière minérale et l'inertinite se déposant au fond, l'exinite (microspores) se trouvant dans la partie supérieure. Ce phénomène, à polarité bien marquée et qui ne peut s'expliquer, à moins que les constituants organiques aient été déjà différenciés, a servi à l'auteur cité comme critère de détermination du toit et du mur des veines de charbon.

La détrinite, sous la forme de fragments de dimensions très variables, est abondante dans les peranthracites du Douro. Les fragments se présentent tantôt juxtaposés, plus ou moins compactés sans aucun ciment (Pl. VIII — figs. 18 et 19; Pl. XXII — fig. 52), tantôt agglomérés par un ciment de minéraux argileux. Dans ce dernier cas, le plus fréquent, les fragments sont parfois très dispersés (Pl. VII — figs. 15, 16 et 17), d'autres fois reunis dans des amas (Pl. XVII — fig. 39; Pl. XVIII — figs. 40 et 42; Pl. XIX — fig. 43; Pl. XX — fig. 47; Pl. XXIII — fig. 54; Pl. XXIV — fig. 56).

5.6. Les Inclusions minérales

Il est bien connu que la matière organique qui constitue le charbon, est associée à la matière minérale. Celle-ci se présente sous les types suivants:

- (i) — Cendres végétales ou constituants inorganiques du matériel végétal primitif;
- (ii) — Stériles intercalaires des veines de charbon;
- (iii) — Inclusions minérales: minéraux inclus dans la masse du charbon au cours de sa formation (syngénétiques), ou déposées postérieurement en fractures ou fissures (épigénétiques);
- (iv) — Roches encaissantes (toit et mur) des couches de charbon;
- (v) — Tonstein;
- (vi) — «Coal balls»

(BURGHARDT, 1971; DURIE & SWAINE, 1971; FRANCIS, 1961; MACKOWSKY, 1956 a et 1968; MOORE, 1968; PARKS, S. d.; STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975; *Coals macerals: Minerals*, 1961; *Lexique*, 1963).

L'étude approfondie de la matière minérale présente aujourd'hui un grand intérêt pétrographique, géologique, minier et technologique, les possibilités offertes par les différents types indiqués étant très diverses. Ainsi, alors que le pétrographe du charbon est intéressé surtout par les types de matière minérale mentionnés dans les points (i), (ii) et (iii), les caractères des toits et des murs constituent déjà des sujets d'intérêt plus géologique et minier (étude des conditions de sédimentation, choix des méthodes d'exploitation, étude des poussières de mine en rapport avec les maladies professionnelles, etc.). D'autre part, les tonstein et les nodules appelés «coal balls» et qui se trouvent, soit dans les veines de charbon, soit dans les stériles

proches, ne sont pas moins importants du point de vue géologique. A leur tour, les «coal balls», qui contiennent généralement des structures végétales en parfait état de conservation — permettant ainsi des études paléobotaniques détaillées — sont, en outre, de précieux indicateurs de faciès (CORSIN & BARBIER, 1959; SCHOFF, 1970; *Lexique*, 1963). En plus, l'ensemble de la matière minérale en rapport avec les veines de charbon est à la base de toute discussion au sujet de la genèse de celles-ci en rapport avec la théorie bio-rhéxistatique (FABRE & FEYS, 1962; FEYS, 1963 b).

Le pétrographe du charbon à affaire, rappelons-le, surtout aux trois types de matière minérale cités dans les points (i), (ii) et (iii), dont la connaissance peut être d'une valeur inestimable.

En réalité, la connaissance des cendres végétales peut, par exemple, être à la base de l'extraction pour des fins économiques des éléments mineurs contenus dans le charbon. De même, certains minéraux inclus dans la masse du charbon, fournissent des indications en ce qui concerne la genèse des veines. Il est aussi possible de faire des corrélations de veines qui présentent des horizons particuliers comme dans le cas des «bancs de quartz». Ceux-ci, bien répartis horizontalement, ont servi de vrais niveaux guides dans certaines régions allemandes (FERRARI & RAUB, 1936; ROBE-OLTMANN, 1952). De plus, l'étude des argiles en inclusions ou bien dans les stériles intercalaires des veines, constitue aujourd'hui un sujet de grand intérêt en rapport avec la genèse et l'évolution des matières organiques en général. D'autres pétrographes ont encore attiré l'attention sur l'importance des inclusions minérales radioactives (ALPERN, 1965; ALPERN & MAUME, 1969; BREGER, 1974; ERGUN & DONALDSON, S. d.; HÜGI & JEDWAB, 1966; JEDWAB, 1965 a et 1966 a; STACH, 1958 b). Enfin, l'ensemble des matières minérales des couches conditionne en grande partie, soit la préparation et l'utilisation technologique du charbon, soit les méthodes d'exploitation.

Voici les raisons pour lesquelles les études concernant la matière minérale associée aux charbons ont connu un développement considérable. De même, une bonne partie des travaux qui lui ont été consacrés sont du domaine technologique (HARRIS, ROSE, DE ROOS & GREENE, 1977; HELFINSTINE, SHIMP, HOPKINS & SIMON, 1974; HELFINSTINE, SHIMP, SIMON & HOPKINS, 1971; JOWETT, 1957; JURANEK, KIRSCH, NEMETSCHER & SCHLIEPHAKE, 1958; LEONARD, 1975; MCCARTNEY, O'DONNELL & ERGUN, 1969; MILLER, 1975; MONOSTORY, PICKHARDT, SIMONIS & SZANTHO, 1970; NOËL, 1958; SISTI, 1975; STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975; WIER & HUTCHISON, 1977; *Inorganic constituents of Australian coals*, 1963; *Minerals in Australian coals*, 1965).

Dans l'étude du type d'un charbon, on considère toutefois seulement les matières minérales détectables au microscope par des procédés optiques normaux⁽⁵³⁾, c'est-à-dire, les inclusions minérales mentionnées ci-dessus dans le point (iii) (HATCH, GLUSKOTER & LINDAHL, 1976; MACKOWSKY, 1956 et 1968; MARSHALL & TOMPKINS, 1964; *Lexique*, 1963). Nous nous en occuperons donc en particulier.

Les inclusions minérales des charbons peuvent appartenir à des espèces minérales très diverses. MACKOWSKY (1968) et STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER (1975) nous ont donné un aperçu complet à ce sujet.

Dans les inclusions minérales des charbons on distingue :

- (i) — les minéraux — dits syngénétiques — qui ont été inclus dans la masse du charbon au cours de sa formation ;
- (ii) — les minéraux — dits épigénétiques — déposés postérieurement dans les fentes, les fissures et les plans de séparation des différents constituants organiques.

⁽⁵³⁾ Dans quelques cas, on a utilisé le microscope électronique pour détecter ou confirmer la présence de certaines espèces minérales (*Minerals in Australian coals*, 1965).

Evidemment, une même espèce minérale peut se présenter sous les deux formes.

Les minéraux syngénétiques posent des problèmes liés à la difficulté d'expliquer quelques intercroisements entre macéraux et matière minérale. En effet, si dans certains cas, il est facile d'interpréter l'occurrence des inclusions minérales dans la base des lois de transport et de déposition par l'action du vent ou de l'eau dès la formation des alluvions végétaux (quartz en grains, apatite, zircon, rutile, tourmaline, certains minéraux des argiles), il n'en est pas de même en ce qui concerne quelques autres minéraux considérés comme syngénétiques, mais qui, très probablement, ont été formés seulement au cours de la carbonification biochimique (par ordre d'importance : divers minéraux des argiles, carbonates et sulfures, hématite, quartz massif et phosphates). Ces derniers sont donc désignés, pour simple commodité, comme syngénétiques, bien que certains auteurs les appellent, avec propriété, «diagénétiques précoces». Quoiqu'il en soit, il faut considérer ces minéraux comme étant complètement formés lors de la compaction subie par les dépôts carbonneux. En réalité, en raison de la dureté plus élevée des minéraux syngénétiques par rapport à la matière organique, celle-ci, se déforme, lors de la compaction, selon leurs contours.

D'autre part, étant donné que le mode de formation de certaines espèces minérales est bien connu (BERNER, 1969; SWEENEY & KAPLAN, 1973), les minéraux syngénétiques du charbon peuvent fournir des informations diverses en ce qui concerne les conditions de genèse du matériel végétal primitif. Ainsi, par exemple, les concrétions de pyrite syngénétique qui existent dès le stade de tourbe, dans l'huminite (BRELIE & M. TEICHMÜLLER, 1954), sont généralement interprétées comme preuve d'origine anaérobie de ce groupe de macéraux.

Parmi les inclusions minérales nettement syngénétiques que l'on peut observer dans les peranthracites du Douro on peut distinguer outre le quartz en grains, les carbonates (sidérite-ankérite) en concrétions identiques à celles décrites dans des charbons d'autres rangs (KEMEŽYS & TAYLOR, 1964; MACKOWSKY, 1956 a et 1968; *Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie*, 1951; *Siderite and pyrite in two australian coals*, 1967). L'occurrence de ces concrétions se vérifie soit au sein de la détrinite enrobée par des minéraux argileux, soit au contact de cette formation avec la télcollinite (Pl. XXIII — fig. 54). Les carbonates (sidérite-ankérite) apparaissent aussi en dépôt dans les cavités cellulaires et dans les fissures des tissus ligneux (fusinite) (Pl. XXIII — fig. 55), l'origine syngénétique ou épigénétique de ces inclusions minérales restant, dans ce cas, plus difficile à établir.

La pyrite sous la forme de concrétions syngénétiques typiques, dont les dimensions ne dépassent les 10 μ m, est aussi abondante dans nos peranthracites. En effet, il s'agit là de concrétions tout à fait identiques à celles décrites par d'autres auteurs dans des charbons d'autres rangs (BALME, 1956; BERNER, 1969; FRIGGE, MÜNZNER, PICKHARDT & THÜRAUF, 1975; GRADY, 1977; KEMEŽYS & TAYLOR, 1964; MACKOWSKY, 1956 a et 1968; NEVES & SULLIVAN, 1964; SWEENEY & KAPLAN, 1973; *Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie*, 1951; *Sulphur minerals in some N.S.W. coals*, 1957). Les concrétions de pyrite syngénétique que l'on peut observer tantôt isolées, tantôt en amas, peuvent être distribuées soit au sein de la vitrinite, soit au sein des détrinrites enrobées par des minéraux argileux (Pl. XIV — fig. 31; Pl. XVIII — fig. 40; Pl. XXIV — fig. 56). Observées sous fort grossissement, on voit que ces concrétions sont formées par des petits cristaux (Pl. XXIV — fig. 57) dont l'occurrence se vérifie aussi souvent sous la forme de petites inclusions finement disséminées au sein des minéraux argileux (Pl. XXVII — fig. 64).

Les minéraux épigénétiques des charbons se sont déposés surtout dans des fissures et des fractures formées lors de la diagenèse, ou bien dans des cavités préexistantes.

Dans les peranthracites du Douro on peut, en effet, observer de la pyrite épigénétique (BALME, 1956; GRADY, 1977; MACKOWSKY, 1956 a et 1968; *Sulphur minerals in some N.S.W. coals*, 1957) soit dans les cavités, soit dans les fissures existantes au sein de la télcollinite (Pl. XXV — figs. 59 et 60).

On peut aussi considérer comme matière minérale épigénétique, celle qui provient de la transformation des minéraux syngénétiques. Nous considérons ainsi les minéraux argileux que l'on trouve très souvent dans nos veines de peranthracite tantôt sous la forme de vrais lits de carbargilite (Pl. VII — figs. 15, 16 et 17), tantôt enrobant les autres macéraux. En effet, il est à croire que ces minéraux argileux ne correspondent plus, à présent, aux espèces contemporaines du dépôt, lesquelles ont certainement évolué en conséquence de la houillification très poussée que le bassin du Douro a subi. Il en est de même pour les minéraux argileux qui enrobent les grains de peranthracite mylonitisés des veines ayant subi des efforts tectoniques comme dans le cas du bassin oriental de la région de São Pedro da Cova (Pl. XXIV — fig. 58). En ce qui concerne le dernier cas décrit et étant donné que l'on peut démontrer que le broyage et le remaniement des grains sont postérieurs à l'acquisition du rang, on peut en outre se demander si ces minéraux argileux d'enrobage ne sont pas seulement contemporains de la mylonitisation.

5.7. Le Pyrocarbone

Dans les charbons des différentes veines du Bassin Houiller du Douro nous avons observé des corps souvent à fort relief, faciles à distinguer morphologiquement de l'ensemble des macéraux et des inclusions minérales, déjà mentionnés (Pl. VIII — fig. 18; Pl. XXVI — fig. 61; Pl. XXVII — fig. 64; Pl. XXVIII — figs. 65 et 66).

Les aspects les plus fréquents correspondent à des globules et des bandes à texture massive (Pl. XXVII — fig. 64), ou bien à des formes sphéroïdales et bouclées à texture en cônes feuilletés (Pl. XXVIII — fig. 66), parfois fissurés (Pl. XXVI — fig. 61). Par ailleurs, même dans les bandes et dans les globules d'aspect compact, on voit, sur les bordures, des formes coniques caractéristiques. En outre, certains dépôts assument des formes en anneaux (Pl. XXVIII — fig. 65). Encore dans ces cas et sur les bordures, la texture en cônes feuilletés est aussi bien visible.

Entre nicols croisés on constate la formation des croix de Brewster dans chacune des unités décrites (Pl. XXVI — fig. 62; Pl. XXVIII — fig. 67), ce qui prouve l'existence d'une structure sphéroïdale-rayonnée. Cependant, à l'échelle microscopique nous n'avons pas trouvé une symétrie suffisamment élevée pour déterminer les caractéristiques optiques de ces corps.

Dans une étude précédente (SOUSA, 1974) nous nous sommes déjà occupés de l'étude de ces formations dans des charbons portugais. Nous les avons alors attribuées au pyrocarbone. En effet, les formations que nous venons de décrire peuvent être rapprochées à celles qui ont été mentionnées par les auteurs allemands sous le nom de *Retortengraphit* (graphite des cornues) (LICHTENBERG-STRUNK, 1952; MACKOWSKY, 1951; RAMDOHR, 1928 et 1969). En outre, des corps semblables ont été décrits sous les désignations de *pyrolytic carbon* par les auteurs et dans les publications de langue anglaise (HESP, 1971; KISCH & TAYLOR, 1966; SCHAPIRO & GRAY, 1966; STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975) et de *pyrocarbone* par les français (*Les Carbones*, 1965).

En accord avec ce qui a été précédemment soutenu par MACKOWSKY (1951) et STACH (1952 b) il ne s'agit donc pas de vrai graphite comme certains auteurs l'ont supposé (FEYS, GEFFROY & VETTER, 1967; FEYS & GREBER, 1952) ⁽⁵⁴⁾ ⁽⁵⁵⁾.

D'ailleurs, il est possible de vérifier qu'il ne s'agit pas de vrai graphite en employant une méthode optique assez simple décrite dans la littérature (STACH, 1952 b et «discussion» in FEYS, 1958, p. 71): «le graphite, dans tous les cas, peut être décelé optiquement d'une manière incontestable entre nicols croisés, au moyen d'une lame de gypse rouge du 1^{er} ordre.

⁽⁵⁴⁾ Dans une publication plus récente ces auteurs reviennent sur le sujet (FEYS, RAGOT & VETTER, 1971).

⁽⁵⁵⁾ CAPDECOMME (1944 et 1950) soutient l'existence de graphite chez les anthracites, bien que sous une forme diverse des formations maintenant en étude.

Tant que les couleurs du violet et du vert existent, il ne s'agit pas de vrai graphite. Mais si l'on observe les couleurs bleue et orange, il y a du graphite, tout au moins en faible quantité»⁽⁵⁶⁾.

En effectuant ce test sur nos échantillons nous avons constaté, dans tous les cas, l'apparition des couleurs violette (croix de Brewster) et verte (autres surfaces) dans les formations du pyrocarbone (Pl. XXVII—fig. 63). Par contre, nous avons très bien vérifié la présence des couleurs bleue et orange typiques dans des échantillons de graphite de Ceylan et de Madagascar de la collection du CERCHAR, mises à notre disposition et préparés comme termes de comparaison.

D'autre part et encore comme confirmation, nous avons systématiquement mesuré le PR en lumière polarisée des dépôts de pyrocarbone. Nous avons alors vérifié que tout en présentant une nette anisotropie de réflexion, ces corps possèdent des pouvoirs réflecteurs maxima beaucoup plus faibles que ceux de la télcollinite environnante. Ceci démontre une fois de plus l'impossibilité d'attribuer les formations étudiées au vrai graphite.

Dans l'industrie on obtient le pyrocarbone à partir de la condensation sur des parois appropriées des vapeurs résultant de la pyrolyse à haute température des gaz divers (méthane dans la plupart des cas). Par ailleurs, de nombreux facteurs (pression, nature et débit du gaz utilisé, etc.) permettent l'utilisation d'un large intervalle de température (900 à 2 900° C) dans l'obtention du pyrocarbone (HESP, 1971; *Les Carbones*, 1965).

Ce qui précède explique la présence des dépôts de pyrocarbone dans les charbons qui ont été directement affectés, pendant un intervalle de temps assez court, au contact des roches éruptives effusives mises en place à des températures élevées (> 450-500° C). Certains de ces charbons ont été conduits, comme on le sait, à l'état de coques naturels (CHAKRABARTI, 1969; CLEGG & BRADBURY, 1956; FABRE & FEYS, 1963; FEYS, 1963 a; FEYS, GEFFROY & VETTER, 1967; FEYS & GREBER, 1952; JONES & CREANEY, 1977; KISCH, 1966; KISCH & TAYLOR, 1966; KONSTANTINOVA, 1976/1977; KONSTANTINOVA & NIKOLOV, 1974; MARSHALL, 1945; MELÉNDEZ, 1943; MUKHERJEE, 1965; NIEMÖLLER, STÄDLER & R. TEICHMÜLLER, 1973; PAREEK, 1966 a; PODWYSOCKI & DUTCHER, 1971; SCHOPF & LONG, 1966; STACH, 1952 b et 1952 d; STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1975; TAYLOR, 1961; M. TEICHMÜLLER, 1973; *Thermal metamorphism of coal*, 1966) où l'on trouve aussi fréquemment des agrégats sphéroïdaux identiques à ceux de la «mésophase carbonée», formés lors de la pyrolyse expérimentale des matériaux organiques (BROOKS, 1971; BROOKS & TAYLOR, 1966; DUBOIS, AGACHE & WHITE, 1970; GOODARZI & MURCHISON, 1977). On peut d'ailleurs se poser la question si certaines formes du pyrocarbone ne résultent pas de la coalescence de ces agrégats sphéroïdaux comme suggèrent quelques-unes des observations de BROOKS (1971). BROOKS & TAYLOR (1966), TAYLOR (1961) et de TAKAHACHI, TAKESHITA, MIKI & MOROTOMI (1975).

Cependant les peranthracites du Douro n'ont pas été soumis aux effets des roches éruptives de surface. D'autre part les dépôts de pyrocarbone ci-dessus décrits, et bien d'autres dans les mêmes conditions d'occurrence, se trouvent au sein des macéraux et de la matière minérale qui, dans l'ensemble, présentent un aspect tout à fait normal. Dans ces cas la genèse du pyrocarbone reste donc assez énigmatique et à ce sujet on peut avancer plusieurs hypothèses.

D'après ce que nous avons trouvé dans la littérature, HOEHNE (1954) a décrit, le premier, dans les durites et clarodurites des charbons de la Sarre non affectés par des roches éruptives effusives et dont le rang est compris entre les *Gasflammkohle* et les *Fettkohle*⁽⁵⁷⁾ des bandes et des agrégats sphéroïdaux optiquement anisotropes en lumière polarisée, présen-

⁽⁵⁶⁾ Voir aussi CAPDECOMME (1943 a et 1943 b).

⁽⁵⁷⁾ M. le Professeur STACH nous a signalé par lettre l'occurrence de formations identiques dans d'autres *Fettkohle* allemands (données non publiées). Nous le remercions vivement pour cette aimable information.

tant des croix de Brewster entre nicols croisés, qui ont été dénommés *Sklerokohl*. Du point de vue génétique, cet auteur les a interprétés comme des mucilages et des hyphes de champignons fossilisés en association avec d'autres débris de sclérotinite.

Par ailleurs, dans deux études plus récentes, l'une sur la sclérotinite des charbons tchèques (MALÁN, 1959), l'autre sur les *Flammkohle* de la Sarre (SCHNEIDER, 1968), les auteurs nous parlent, à nouveau, du même type de formations. Mais en ce qui concerne leur origine, ils nous rappellent, en grandes lignes, l'interprétation antérieurement proposée par HOEHNE, ajoutant quelques commentaires sur la difficulté d'attribuer l'ensemble de ces corps à la sclérotinite.

Dans les cas rapportés par HOEHNE, MALÁN et SCHNEIDER, aussi bien que dans les peranthracites du Douro, on doit attribuer les formations décrites au pyrocarbone. Mais comment expliquer la présence de ce composant dans ces charbons non soumis à l'effet des roches volcaniques, c'est-à-dire, non affectés localement et pendant un laps de temps assez court par des températures élevées?

Il paraît assez difficile de formuler une hypothèse rigide pour la genèse du pyrocarbone à basse température concomitamment avec la houillification normale.

Cependant, nous devons tout de suite noter que la difficulté ne se centre pas sur l'explication des réactions de pyrolyse à basse température puisque, même dans ces conditions, de telles réactions restent thermodynamiquement possibles, la diminution de vitesse qui peut en résulter restant compatible avec la durée des temps géologiques (RAINEAU — «discussion» in FEYS, 1958, p. 71; M. TEICHMÜLLER, 1973). Par ailleurs, nous sommes persuadés que dans ces conditions et notamment sous des pressions élevées, il ne faut pas sous-estimer l'importance de l'action catalytique de certaines substances minérales.

Le problème paraît alors subsister sur les points suivants, dont la réponse n'est toujours pas facile dans l'état des connaissances actuelles:

- (i) — Quelle est la cause des réactions de pyrolyse?
- (ii) — Quelle est la nature et l'origine des gaz qui ont subi la pyrolyse?
- (iii) — À quel stade de l'acquisition du rang ont eû lieu les réactions de pyrolyse?
- (iv) — Les dépôts de pyrocarbone se sont-ils formés *in situ* ou bien les vapeurs résultant de la pyrolyse ont-elles émigré?

Comme nous l'avons déjà signalé, il n'est pas possible de répondre entièrement à quelques-unes de ces interrogations. Malgré cela, certains éléments dispersés dans la bibliographie et l'observation pétrographique autorisent à avancer quelques considérations génétiques.

Ainsi, les travaux expérimentaux de TRAENCKNER (1960) sur la carbonisation ont montré que l'éventail de rang capable de libérer par pyrolyse des pourcentages de gaz appréciables ($\geq 9\%$) est compris entre 45 % et 20 % de matières volatiles. D'autre part, le maximum de dégagement gazeux ($\approx 18\%$) est atteint dans les charbons dont la teneur en matières volatiles est de 27 % et de cet fait, situés à proximité de ce qu'on appelle aujourd'hui le «2^{ème} saut de houillification» (M. TEICHMÜLLER, 1974 a et 1974 b). En effet, ce deuxième saut de houillification est un phénomène qui se vérifie aux environs de 29 % de matières volatiles et qui correspond à la libération de méthane surtout à partir de l'exinite (HOFFMANN, 1935; STACH, 1953 et 1968 a) ⁽⁵⁸⁾.

(58) Les importantes modifications opérées dans l'exinite pendant ce deuxième saut de houillification — désigné avant les récentes recherches de M. TEICHMÜLLER (1974 a et 1974 b) simplement par «saut de houillification» (*Inkohlungssprung* des auteurs allemands) —, sont témoignées par un changement de couleur en surface polie, du gris foncé au gris clair, auquel correspond une augmentation sensible du PR. À partir de ce moment, les macrospores présentent en outre des fentes de dévolatilisation caractéristiques.

Ces éléments paraissent répondre aux interrogations (ii) et (iii) précédemment formulées, c'est-à-dire qu'il est plausible de considérer le méthane libéré par l'exinite comme le gaz responsable de la genèse du pyrocarbone. Par ailleurs, nous imaginons le processus génétique se déroulant dans un stade de carbonification compris entre 45 % et 20 % de matières volatiles, compatible avec un dégagement de méthane dans des pourcentages suffisamment élevés. Il est ainsi possible d'expliquer la présence de pyrocarbone dans des houilles si peu évoluées comme celles étudiées par SCHNEIDER (1968).

D'autre part, en ce qui concerne le problème de la genèse du pyrocarbone *in situ* ou après migration, posé dans le point (iv), nous pensons que dans de nombreux cas il n'a pas eu pratiquement de migration, car on peut observer le dépôt au sein d'un microlithotype avec lequel il a subi les effets de la compaction (SCHNEIDER, 1968 — Taf. 12 — Abb. 1). Cependant, dans d'autres échantillons, et c'est le cas des peranthracites du Douro étudiés, nous avons pu observer le pyrocarbone déposé dans des champs avec une grande quantité de pores et fissures (Pl. XXVI — fig. 61; Pl. XXVII — fig. 64) ou bien sur des macéraux très poreux (sclérotinite — Pl. XXVIII — fig. 65 ou semi-fusinite — Pl. XXVIII — fig. 66). Ceci nous fait penser à la possibilité d'une migration des vapeurs de pyrolyse, bien que, ce que l'on connaît sur la porosité de ces charbons nous oblige à admettre qu'un tel phénomène a éventuellement eu lieu à très courte distance⁽⁵⁰⁾.

Enfin, parmi les quatre principales questions ci-dessus posées, il est beaucoup plus difficile de répondre à celle formulée dans le point (i). En effet, quoiqu'il y ait tout lieu de croire que les réactions de pyrolyse se soient déroulées en présence de catalyseurs (ce qui expliquerait que de telles réactions ont seulement eu lieu dans certains cas), la nature et le rôle exacts de ces agents nous échappent encore.

6. Les effets de la tectonique sur les peranthracites du Bassin Houiller du Douro

Les charbons, plus facilement déformables que les roches encaissantes, traduisent mieux que les autres éléments lithologiques les actions tectoniques subies par un bassin. Les phénomènes tectoniques se manifestent dans les charbons, soit macroscopiquement, soit microscopiquement, et ont depuis longtemps attiré l'attention des pétrographes (DUPARQUE, 1927 c, 1928 a et 1930 b). D'autre part et tout au moins en ce qui concerne la microtectonique, il s'agit d'un important phénomène lié à d'importants problèmes miniers comme ceux de l'emprisonnement de gaz et leurs poussées soudaines sous la forme de «dégagements instantanés» très souvent concomitants avec la coulée des veines (ALPERN, 1959 b, 1961 et 1967 b; GRÜNEKLEE, JÜNTGEN & M. TEICHMÜLLER, 1969; VERGERON & BELIN, 1966).

Les structures macroscopiques, attribuées à la tectonique, qui peuvent être observées dans les combustibles solides du Douro sont très fréquentes et présentent des aspects divers: fibreux, oclé, conchoidal, «cone in cone», etc. Il arrive aussi que toute une veine soit l'objet de petits plissements parfaitement visibles les fronts de taille. Ces déformations visibles à niveau macroscopique sont généralement en relation avec l'augmentation du nombre de fissures observées à niveau microscopique. Il s'agit de déformations survenues après l'acquisition du rang qui n'a point été modifié par l'action mécanique.

L'étude de la microtectonique (fissuration) est encore plus importante non seulement du fait qu'elle est en rapport avec l'emprisonnement et la circulation des gaz, mais aussi parce

⁽⁵⁰⁾ Dans une publication récente STACH, MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, TAYLOR, CHANDRA & R. TEICHMÜLLER (1975) admettent, au contraire, la possibilité de migration à longue distance des gaz pyrolyse, ce qui, pour ces auteurs, expliquerait la présence de pyrocarbone dans des charbons non directement affectés par des roches éruptives de surface.

qu'elle est à la base de l'interprétation des actions dynamiques vérifiées au cours de l'histoire géologique d'un gisement (ALPERN, 1963 a et 1967 b; FEYS, 1963 a; JÜNTGEN, M. TEICHMÜLLER & ZÜNDORF, 1969; M. & R. TEICHMÜLLER, 1954 a).

En réalité, on sait que les charbons sont des roches naturellement fissurées, la fissuration pouvant être de deux types :

- (i) — primaire ou endogène, lorsqu'elle est liée au retrait de la matière organique;
- (ii) — secondaire ou exogène, lorsqu'elle est déterminée par la tectonique (ALPERN, 1963 a).

Les fissures primaires sont très fréquentes, dans tous les charbons du Douro, dans les tissus végétaux plus ou moins gélifiés: télinite 2 (Pl. I — fig. 2; Pl. XIV — fig. 30), télocolinite (Pl. IV — figs. 7 et 8; Pl. XXIII — fig. 54) et semi-fusinite (Pl. XIII — fig. 29; Pl. XIV — fig. 30). En outre, ces fissures sont parfois remplies de matière minérale épigénétique (Pl. XXV — fig. 60).

Dans le cas des peranthracites du Douro les fissures secondaires sont particulièrement importantes. On admet qu'elles ont été déterminées par les actions tectoniques, bien que certains auteurs remarquent qu'elles peuvent aussi, en partie, avoir été provoquées par des pressions vérifiées dans le gisement en vertu de l'exploitation ou bien de dégagements instantanés. Cependant, il n'y a aucun doute que ces fissures sont à attribuer à la tectonique, lorsque les charbons ont été l'objet d'un broyage si poussé qu'ils peuvent couler sous l'action de la pesanteur. C'est le cas du «Bassin oriental» de la région de São Pedro da Cova, dont les veines sont totalement tectonisées et les peranthracites transformés dans des véritables mylonites. En réalité, d'après notre interprétation de la structure du gisement de São Pedro da Cova (SOUSA, 1977 b et Sous presse a) les couches orientales ont eu l'origine dans les veines du «Bassin classique (ou occidental)», en partie entraînées par un jeu de failles conduisant à un système d'écaillés tectoniques. Au cours de ce processus, le charbon, plus facilement déformable, a été injecté sous des formes très irrégulières entre les autres roches du «Bassin oriental». Il est ainsi impossible d'identifier un vrai toit et un vrai mur dans les veines orientales. D'ailleurs la puissance de ces veines dans les fronts de taille varie de quelques centimètres à plusieurs mètres.

En ce qui concerne l'aspect macroscopique on peut observer dans les couches orientales des formes, soit cordées, soit écailleuses, encaissées dans toutes les directions dans les roches plus ou moins polies. Par ailleurs les différentes formes dont l'aspect macroscopique est ci-dessus mentionné, se désagrègent en poussière par simple pression de la main. En outre, on peut observer, dans les fronts de taille et sous la seule action de la pesanteur d'énormes coulées spontanées, qui ne sont cependant pas accompagnées de dégagements gazeux.

Actuellement, on sait que ce comportement particulier est dû, en grande partie, à la fissuration, et nous avons cru bon de faire l'examen. Celui-ci a permis de vérifier que dans nos charbons il y a des aspects tout à fait identiques à ceux présentés par les combustibles solides de quelques veines de bassins profondément tourmentés par la tectonique comme c'est le cas des bassins des Cévennes et du Dauphiné (La Mure) en France (ALPERN, 1959 b et 1961; FABRE & FEYS, 1953; FEYS, 1963 a).

L'étude que nous avons effectuée est, cependant, qualitative. En effet dans ce cas, les déterminations quantitatives concernent essentiellement des applications à la prévision des dégagements instantanés. Du reste, la détermination du nombre de fissures par centimètre, en vue de systématiser la fissuration dans les classes proposées par les auteurs russes est un procédé extrêmement long. En plus, compte tenu de la grande variabilité du nombre de fissures par centimètre, dans toute l'épaisseur d'un pilier de veine — ce qui entraîne, à son tour, un grand nombre d'essais — les spécialistes se sont orientés vers une mesure indirecte de la fissuration par l'intermédiaire de ce que l'on appelle l'«indice de fragilité», d'obtention plus facile

et qui conduit également à de bonnes prévisions pratiques des dégagements instantanés (ALPERN, 1963 a).

Avant de procéder à la description des effets de la tectonique sur les peranthracites du Douro, il faut remarquer que la méthode de préparation au laboratoire (broyage inclu) des échantillons en grains pour l'étude pétrographique n'est pas susceptible de fausser les observations. C'est ce que l'on peut vérifier par comparaison entre les échantillons en grains préparés à partir des veines non tectonisées et ceux provenant de couches ayant subi les effets de la tectonique. Dans le premier type d'échantillon la forme des grains dépend seulement du processus de broyage sous une granulométrie moyenne de 800 μm environ. Cette manipulation n'introduit aucune fissuration supplémentaire (Pl. XXIX — fig. 68). Par ailleurs, dans le deuxième type d'échantillon on note la coexistence de grains non affectés par la tectonique et de grains qui ont subi une mylonitisation (Pl. XXIX — fig. 69). Au total, le broyage au laboratoire n'a introduit, encore dans ce cas, aucune fissuration supplémentaire dans ces deux types de grains.

Les peranthracites du Douro, mylonitisés par la tectonique et dont les cas typiques correspondent au Bassin oriental de la région de São Pedro da Cova, peuvent se présenter sous deux aspects :

- (i) — Les grains délimités par la fissuration ne sont pas disloqués les uns par rapport aux autres et, de ce fait, ils conservent leur position originellement identique (Pl. XXIV — fig. 58; Pl. XXX — figs. 70, 71 et 72).

Dans ce cas, les orientations selon lesquelles on observe des PR maximum et minimum apparent (SOUSA, 1971 et 1972) de chacun des grains sont les mêmes, car la mylonitisation a seulement provoqué une fissuration et, en conséquence, un morcellement plus ou moins poussé (Pl. XXX — figs. 70, 71 et 72). En outre, les grains de peranthracite mylonitisés peuvent être ou non enrobés par un ciment minéral qui, dans la plupart des cas, est constitué par des minéraux argileux (Pl. XXIV — fig. 58). Dans des cas non figurés nous avons aussi détecté la pyrite et la sidérite-ankérite comme ciment.

Ces aspects sont particulièrement bien visibles dans les macéraux du groupe de la vitrinite (Pl. XXIV — fig. 58; Pl. XXX — figs. 70 et 71). Les effets de la tectonique peuvent cependant être bien évidents dans des macéraux appartenant à d'autres groupes (Pl. XXX — fig. 72).

- (ii) — Les grains délimités par la fissuration sont disloqués les uns par rapport aux autres, du fait que le broyage tectonique a été suivi de remaniement des grains délimités par la fissuration conduisant à un véritable aggloméré naturel (Pl. XXXI — figs. 73 et 74; Pl. XXXII — figs. 75 et 76).

Dans ce cas, l'éclairement variable que l'on vérifie dans les grains en tournant la platine traduit les différentes orientations selon lesquelles on observe les PR maximum et minimum apparent de chaque grain (Pl. XXXI — figs. 73 et 74; Pl. XXXII — figs. 75 et 76). La position originellement identique des grains a donc été modifiée par la tectonique.

Encore dans ces cas, il faut admettre que les phénomènes tectoniques qui ont provoqué le broyage et le remaniement des grains, sont postérieurs à la houillification. D'ailleurs et malgré le désordre des grains, le rang demeure déterminable, avec une grande régularité, par le PR maximum des différents grains de vitrinite.

Enfin, il faut signaler que dans ces agglomérés naturels nous n'avons jamais observé de ciment minéral enrobant les grains remaniés, lesquels peuvent se présenter plus ou moins consolidés (Pl. XXXI — figs. 73 et 74; Pl. XXXII — fig. 75). Dans des stades ultimes du phénomène décrit les grains remaniés peuvent même être mis en coalescence (Pl. XXXII — fig. 76).

7. Les effets de l'oxydation naturelle sur les charbons d'affleurements

Il est aujourd'hui bien connu qu'on peut distinguer les cas suivants dans l'étude de l'oxydation des kaustobiolithes insolubles, et particulièrement dans les charbons (ALPERN & MAUME, 1969):

- (i) — Oxydation naturelle $\left\{ \begin{array}{l} \text{— sur des affleurements (à l'échelle géologique)} \\ \text{— sur parc (à l'échelle historique)} \end{array} \right.$
- (ii) — Oxydation artificielle, provoquée au laboratoire.

Malgré l'importance des recherches dans ce domaine, la bibliographie qui s'y rapporte est peu abondante, en particulier en ce qui concerne spécifiquement l'étude de l'oxydation naturelle.

En réalité, c'est surtout dans des travaux importants consacrés à l'oxydation artificielle (BENEDICT & BERRY, 1966 et S. d.; CHANDRA, 1958; FERNANDEZ, 1963; NANDI, CIAVAGLIA & MONTGOMERY, 1977; PRADO, 1977; ROY, 1965; *Chemical effects of oxidation of coal*, 1963) que l'on peut trouver des éléments fondamentaux relatifs à l'oxydation naturelle sur parc dont les effets, connus de longue date (ALPERN & MAUME, 1969; FESSENDEN & WHARTON, 1968; HINRICHSSEN & TACZAK, 1916; KÜHLWEIN, BROCKE, KRÜPE, RIENER, MACKOWSKY, SCHNITZLER & STIELER, 1949; PARR & HAMILTON, 1907; STUTZER & NOÉ, 1940), sont cependant niés par CHANDRA (1966). Par ailleurs, c'est encore le phénomène de l'oxydation artificielle provoquée en laboratoire qui est à la base de l'extraction de la matière minérale des charbons par l'intermédiaire d'un four à plasma d'oxygène (GLUSKOTER, 1965; KARR JR., ESTEP & KOVACH, 1967) technique qui, rappelons-le, a été employée par certains auteurs pour l'étude des cryptostructures (DELATRE, DOLLÉ, MÉRIAUX & QUINOT, 1970).

L'oxydation artificielle a, en outre, été comparée (ALPERN & MAUME, 1969) aux altérations provoquées dans les charbons et dans les kaustobiolithes insolubles par la présence d'inclusions minérales radioactives (ALPERN, 1965; BREGER, 1967 et 1974; ERGUIN & DONALDSON, S. d.; HÜGI & JEDWAB, 1966; JEDWAB, 1959, 1962, 1963, 1965 a, 1965 b, 1966 a et 1966 b, RABITZ & WOLF, 1967; STACH, 1958 b), phénomène qui, du reste, peut être expérimentalement reproduit en laboratoire (HUCK & PATTEISKY, 1964; STACH & DÉPIREUX, 1965).

En ce qui concerne plus particulièrement l'étude de l'oxydation sur des affleurements — qui se manifeste de façon assez différente, soit du phénomène homologue sur parc, soit de oxydation provoquée artificiellement en laboratoire — ALPERN & MAUME (1969), CHANDRA (1962) et SCHULTZ (1910) y ont consacré certains travaux. D'autre part, M. & R. TEICHMÜLLER (1950) ont effectué des recherches concernant l'oxydation sur des affleurements de charbons du Wealdien de la République Fédérale Allemande.

L'importance théorique et pratique du problème, encore mal connu aujourd'hui, de l'oxydation naturelle des charbons sur des affleurements, justifie non seulement le développement des recherches dans ce domaine, mais aussi la comparaison des résultats ainsi obtenus, avec ce que l'on sait au sujet du comportement de ces mêmes combustibles, soit sous les effets de l'oxydation naturelle sur parc, soit sous les effets de l'oxydation artificielle provoquée en laboratoire.

D'autre part, dans la bibliographie consacrée à l'oxydation naturelle des charbons à l'échelle géologique, rien ne se rapporte à ce type d'oxydation sur des représentants des stades terminaux de la houillification. Or, d'après les résultats publiés récemment sur l'étude de l'oxydation sur un affleurement de charbon maigre français (ALPERN & MAUME, 1969), la recherche du phénomène dans les termes les plus élevés de la carbonification paraît susceptible de fournir des éléments intéressants sur les mécanismes qui sont à l'origine de celui-ci.

Voici la raison par laquelle nous nous sommes décidés à étudier les effets de l'oxydation naturelle dans des anthracites prélevés sur des affleurements dans le Bassin Houiller du Douro.

Si c'est un fait que les altérations provoquées par l'oxydation naturelle ne modifient pas la composition pétrographique, elles arrivent cependant à toucher plus ou moins profondément les régions oxydées. Ceci se traduit, à niveau macroscopique, par l'acquisition d'un aspect pulvérulent qui correspond à une faible résistance mécanique. Par ailleurs, à niveau microscopique, on peut constater, dans les différents fragments, une microfissuration caractéristique (Pls. XXXIII jusqu'à XXXVI) tout à fait différente de la microfissuration provoquée par retrait ou par les effets de la tectonique.

Dans les peranthracites du Douro, la microfissuration provoquée par l'oxydation naturelle sur des affleurements est particulièrement bien visible dans les champs de vitrinite (Pl. XXXIII—fig. 77; Pl. XXXIV—figs. 78, 79 et 80; Pl. XXXV—figs. 81 et 82; Pl. XXXVI—fig. 83). Toutefois ce type de microfissuration est aussi observable dans tous les macéraux, même dans ceux du groupe de l'inertinite (Pl. XXXVI—fig. 84).

De plus, la microfissuration peut être accompagnée ou non de zones périphériques, à limites plus ou moins floues, et de PR toujours inférieur par rapport à l'intérieur des fragments atteints. Ces zones se manifestent toutefois seulement dans des charbons de rang élevé, car ALPERN & MAUME (1969) et CHANDRA (1962) ne les ont pas détectés dans des charbons peu houillifiés, alors que les premiers auteurs mentionnés ont pu les noter déjà dans un échantillon de houille maigre. Nous verrons plus loin que ces zones sont fréquentes dans les peranthracites du Douro et nous pensons que l'observation minutieuse de nos échantillons permet de formuler une explication de sa présence ou de son absence.

En effet, parmi les auteurs que nous ont précédés, CHANDRA (1962), en comparant ce qui se passe dans l'oxydation naturelle sur des affleurements et dans l'oxydation artificielle provoquée en laboratoire, admet que la genèse des zones périphériques est probablement liée à une élévation de température. Cet auteur oublie, cependant, les différences fondamentales qui existent entre les deux types d'oxydation mentionnés: tandis que dans l'oxydation sur des affleurements, les zones périphériques, éventuellement présentes, montrent des limites diffuses et un PR plus bas vis à vis de l'intérieur des fragments atteints, dans l'oxydation artificielle provoquée en laboratoire, l'élévation de la température donne toujours lieu (à partir d'environ 170°C) à l'apparition de bourrelets non seulement bien délimités, mais aussi et contrairement à ce qui se passe dans le premier cas, de PR plus élevé que celui de l'intérieur des fragments. L'hypothèse avancée par CHANDRA ne peut donc être retenue.

D'autre part, en se basant sur la littérature déjà mentionnée, plus spécialement sur les importants travaux de SOMMERS & PETERS (1954), et en essayant d'interpréter les différences fondamentales ci-dessus mentionnées entre l'oxydation artificielle et l'oxydation naturelle sur des affleurements, ALPERN & MAUME (1969) admettent qu'il faut distinguer dans tous les cas d'oxydation les phénomènes suivants:

- (i) — «diffusion de O_2 vers l'intérieur de la masse du charbon, phénomène physique lié notamment à la température, à la porosité naturelle du charbon (influence du rang) et surtout à la concentration en gaz (loi de FICK)...»;
- (ii) — «réactions chimiques de fixation et de gazéification augmentant plus vite avec la température (loi exponentielle) que la diffusion...».

De l'équilibre ou de la prédominance de l'un ou l'autre de ces phénomènes découleraient, d'après ces auteurs, les différences ci-dessus mentionnées. De plus, ALPERN & MAUME (1969) formulent l'hypothèse de que, à basse température (cas de l'oxydation naturelle sur des affleurements), la diffusion physique emporte, à elle seule, les réactions chimiques de fixation et de gazéification. Il en résulterait que la diffusion ne serait pas limitée à la seule périphérie des grains, ce qui expliquerait l'absence de zones périphériques à limites précises.

Il y a pourtant bien des cas d'oxydation naturelle sur affleurements, même chez les peranthracites, dans lesquels, rappelons-le, on constate l'absence de toute zone périphérique à

PR différencié. Or, à ce sujet, les auteurs qui nous ont précédé ne nous donnent pas une interprétation du mécanisme qui conditionne la présence ou l'absence de telles zones.

Cependant les observations très soigneuses que nous avons effectuées sur de nombreuses surfaces polies de peranthracites du Douro ont permis de préciser ce point. Nous avons vérifié que la microfissuration typique de l'oxydation naturelle se développe à partir de la périphérie des grains (Pl. XXXIII — fig. 77; Pl. XXXIV — fig. 78) et se propage, graduellement, vers l'intérieur (Pl. XXXV — figs. 81 et 82) par des zones de plus faible PR — donc plus oxydées — que le centre du grain.

La coexistence de zones différemment oxydées à des limites plus ou moins diffuses (Pl. XXXIII — fig. 77; Pl. XXXIV — fig. 78; Pl. XXXV — figs. 81 et 82) — et dont la genèse peut probablement s'expliquer par l'hypothèse de la diffusion de l'oxygène moléculaire formulée par ALPERN & MAUME (1969) — correspond, d'après nous, au stade moins avancé du phénomène de l'oxydation naturelle à l'échelle géologique, seulement observable dans les charbons les plus évolués, donc plus difficilement oxydables.

La propagation graduelle de la fissuration, et en conséquence du phénomène de l'oxydation, à partir de la périphérie des grains, conduira alors progressivement à des stades de dégradation totale, même dans les peranthracites (Pl. XXXIV — figs. 79 et 80; Pl. XXXVI — fig. 83). Dans ces cas, en raison du fait que la totalité du grain est atteinte par une oxydation très poussée, les variations de PR entre des zones différemment oxydées se trouvent déjà estompées. C'est donc à ce stade très avancé de l'oxydation naturelle à l'échelle géologique, que l'on observe les charbons peu évolués — donc très facilement oxydables — prélevés sur des affleurements, ce qui d'ailleurs n'est pas difficile à comprendre compte tenu de la rapidité de propagation de l'oxydation dans ces rangs.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLAN, J.; BJØRØY, M. & DOUGLAS, A. G. (1977) — Variation in the content and distribution of high molecular weight hydrocarbons in a series of coal macerals of different ranks. In: CAMPOS, R. & GOÑI, J. — *Advances in Organic Geochemistry 1975 (Actas Congr. internac. Geoquim. orgán. — 7.º — Madrid — 1975)*. p. 633-654. Enadinsa, Madrid.
- ALLAN, J. & DOUGLAS, A. G. (1977) — Variations in the content and distribution of n-alkanes in a series of carboniferous vitrinites and sporinites of bituminous rank. *Geochim. Cosmochim. Acta* (Oxford) **41** (9): 1223-1230.
- ALMEIDA, Augusto Farinas de (1929) — A bacia carbonifera do Norte e a solução termo-eléctrica do problema da electricidade no Norte de Portugal. *Bol. Assoc. Eng. civ. Norte Portg.* (Porto) **4**: 51-59.
- (1931) — A lavagem das antracites de S. Pedro da Cova. *Congr. nac. Engh.* (1.º — Lisboa — 1931), p. 1-18. Lisboa.
- (1936) — Alguns problemas relativos à lavagem das antracites portuguesas. *Rev. Fac. Engh.* (Porto) **2** (3): 121-140.
- (1940) — As novas instalações do Poço de S. Vicente da mina de carvão de S. Pedro da Cova. Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Lisboa.
- ALMEIDA, Farinas de (1958) — A classificação dos carvões fósseis. *Rev. Fac. Engh.* (Porto) **23**: 68-98.
- ALMEIDA, Augusto Farinas de (S. d.) — Indústria de carvões e derivados. *Congr. Ind. Port.* (2.º — Lisboa — 1957). Rel.0.0. p. 3-23.
- ALPERN, B. (1956 a) — L'analyse pétrographique des charbons en couche. Nomenclature et appareillage utilisés. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.º 2 (2.º Meet. — Liège — 1955)*. p. 35-36. R. Louis. Bruxelles.
- (1956 b) — Méthodes de préparation et premiers résultats de l'examen des charbons et des cokes au microscope électronique. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.º 2 (2.º Meet. — Liège — 1955)*. p. 9-11. R. Louis. Bruxelles.
- (1959 a) — Contribution à l'étude palynologique et pétrographique des charbons français. Paris. (Thèse).
- (1959 b) — Etude pétrographique du charbon de Cévennes et du Dauphiné en liaison avec les dégagements instantanés. Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France. Verneuil-en-Halatte. (C. R. intérieur CERCHAR).
- (1960 a) — Procès verbal des réunions de fondation de la Commission Internationale de Microflore du Paléozoïque. *C. R. Congr. Avanc. Et. Stratigr. Géol. Carbonif.* (4.º — Heerlen — 1958). T. 1. p. XXVI-XXVIII. Ernest van Aelst. Maastricht.
- (1960 b) — Rapport d'activité de la Commission Internationale de Nomenclature Pétrographique des Charbons. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.º 3 (Internat. Congr. Coal Petrol. — 1.º — Heerlen — 1958)*. p. 23-33. Ernest van Aelst. Maastricht.
- (1961) — Etude de la fissuration du charbon de la Mure en liaison avec les dégagements instantanés. Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, Verneuil-en-Halatte. (C. R. intérieur CERCHAR).
- (1963 a) — Fissuration-fragilité. Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, Verneuil-en-Halatte. (Publication CERCHAR N.º 1334).
- ALPERN, Boris (1963 b) — Le «Lexique international de pétrographie des charbons»: occasion d'un panorama et d'un bilan. *Bull. Soc. géol. France* (Paris) 7.º Sér. **5**: 1041-1048.
- (1963 c) — Méthode d'extraction des spores des roches du houiller. *Poll. Spor.* (Paris) **5** (1): 169-177.
- ALPERN, B. (1964) — Un exemple intéressant de houillification dans le bassin lorrain et ses prolongements. Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, Verneuil-en-Halatte. (Document intérieur CERCHAR N.º 1492).

- ALPERN B. (1965) — Application de la microsonde électronique à l'étude des cendres volantes et des minéraux des charbons. Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, Verneuil-en-Halatte. (Document intérieur CERCHAR N.° 1562).
- (1966) — Un exemple intéressant de houillification dans le bassin lorrain et ses prolongements. In: *Advances in Organic Geochemistry (Proc. internat. Meet. — Ruell-Malmaison — 1964)*, p. 129-146. Pergamon, Oxford.
- (1967 a) — La C.I.M.P. lutte pour une meilleure efficacité stratigraphique en Palynologie. *Rev. Palaeobot. Palynol. (Amsterdam)* **1**: 69-74.
- (1967 b) — Tectonique et gisement du gaz dans les bassins houillers. Etude bibliographique et exemples d'application. Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, Verneuil-en-Halatte. (Publication CERCHAR N.° 1779).
- (1969) — Le pouvoir réflecteur des charbons français. Applications et répercussions sur la théorie de A. Duparque. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **89** (2): 143-166.
- (1970) — Classification pétrographique des constituants organiques fossiles des roches sédimentaires. *Rev. Inst. Franç. Pét. Ann. Combust. liq. (Paris)* **25** (11): 1233-1266.
- ALPERN, Boris (1971) — Distinction optique entre gélinite-collinite (charbons) et bitumes-kérabitumes. *C. R. hebdom. Séanc. Acad. Sci. (Paris) Sér. D* **272**: 1717-1720.
- ALPERN, B. (avec DURAND, B.; ESPITALIÉ, J. & TISSOT, B.) (1972 a) — Localization, caractérisation et classification pétrographique des substances organiques sédimentaires fossiles. In: GAERTNER, H. R. von & WEHNER, H. — *Advances in Organic Geochemistry 1971 (Proc. internat. Meet. organ. Geochem. — 5^e — Hannover — 1971)*, p. 1-28. Pergamon, Oxford. (International Series of Monographs in Earth Sciences. Vol. 33).
- ALPERN, B. (1972 b) — Pétrographie des charbons. Bilan des progrès acquis de 1967 à 1971. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif. (7^e — Krefeld — 1971)*, Vol. 1, p. 9-126. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- (1975 a) — Conclusion. Colloque 2 — Indices optiques de la matière organique des sédiments. Relations avec la paléotempérature et le potentiel pétrolier. In: ALPERN, Boris — *Colloq. internat. «Pétrographie de la matière organique des sédiments, relations avec la paléotempérature et le potentiel pétrolier» (Paris — 1973)*, p. 277-278. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- (1975 b) — Introduction. Colloque 2 — Indices optiques de la matière organique des sédiments. Relations avec la paléotempérature et le potentiel pétrolier. In: ALPERN, Boris — *Colloq. internat. «Pétrographie de la matière organique des sédiments, relations avec la paléotempérature et le potentiel pétrolier» (Paris — 1973)*, p. 191-193. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- ALPERN, Boris (1976) — Fluorescence et réflectance de la matière organique dispersée et évolution des sédiments. *Bull. Centre Rech. Pau (Pau)* **10** (1): 201-220. («La matière organique dans les sédiments»).
- ALPERN, B.; BOUROZ, A.; DELATRE, Ch.; DOLLÉ, P.; MÉRIALUX, E.; NOËL, R. & QUINOT, E. (1970) — Pétrologie des charbons. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **90** (4): 203-222.
- ALPERN, B.; COMBAZ, A.; CORSIN, P.; JARDINÉ, S.; TALIGOURDEAU, J. & VERDIER, J. P. (1968) — Paléobotanique et Palynologie en France: Aperçu historique. *Rev. Palaeobot. Palynol. (Amsterdam)* **7**: 149-199.
- ALPERN, B. & DURAND, S. (1972) — Les méthodes de la palynologie stratigraphique. *Mém. Bur. Rech. géol. min. (Paris)* **77** (1): 201-216. (Colloq. sur les méthodes et tendances de la stratigraphie — Orsay — 1970).
- ALPERN, Boris; LIABEUF, Jean-Jacques & NAVALE, Garud K. B. (1964) — Beziehungen zwischen palynologischen und petrographischen Zonenfolgen in den Steinkohlenflözen. *Fortschr. Geol. Rhein-Westf. (Krefeld)* **12**: 303-316.
- ALPERN, B.; LIABEUF, J. J. & NAVALE, G.-K.-B. (1965) — Relations entre les séquences palynologiques et pétrographiques dans les couches de houille. Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, Verneuil-en-Halatte. (Document intérieur CERCHAR N.° 1540).
- ALPERN, B. & MALAN, O. (1973) — Propriétés physico chimiques et pétrographiques d'exinites triées à la main. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif. (7^e — Krefeld — 1971)*, Vol. 2, p. 55-61. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- ALPERN, B. & MAUME, F. (1969) — Etude pétrographique de l'oxydation naturelle et artificielle des houilles. *Rev. Ind. minér. (Paris)* **51** (11): 979-998.
- ALPERN, B. & MOREL, P. (1968) — Examen, dans le cadre du bassin houiller lorrain, des possibilités stratigraphiques de la géochimie. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **88** (4): 185-202.
- ALPERN, B. & NOMARSKI, G. (1954) — Contribution à l'amélioration des méthodes d'examen microscopique et de classification des charbons. *Bull. Soc. Franç. Minér. Cristallogr. (Paris)* **77** (4/6): 905-938.
- ALPERN, B. & PRÉGERMAIN, S. (1956) — Application du microscope électronique à l'étude de la constitution des houilles. *Bull. Microsc. appl. (Paris)* **6** (1): 16-26.
- ALPERN, Boris & PRÉGERMAIN, Simone (1965) — La micrinite fine. Etude en microscopie électronique. *C. R. hebdom. Séanc. Acad. Sci. (Paris)* **261**: 2693-2694.

- ALPERN, BORIS & SOUSA, Manuel J. Lemos de (1970) — Sur le pouvoir réflecteur de la vitrinite et de la fusinite des houilles. *C. R. hebdomadaire Séances Acad. Sci. (Paris) Sér. D* **271**: 956-959.
- ALPERN, B. & STREEL, M. (1972) — Palynologie et stratigraphie du Paléozoïque moyen et supérieur. *Mém. Bur. Rech. géol. min. (Paris)* **77** (1): 217-241. (Colloq. sur les méthodes et tendances de la stratigraphie — Orsay — 1970).
- ALPERN, BORIS & TEICHMÜLLER, Marlies (1971) — Classification et corrélation des constituants de la vitrinite (houilles) et de l'huminite (lignites). *C. R. hebdomadaire Séances Acad. Sci. (Paris) Sér. D* **272**: 775-778.
- AMMOSSOV, I. (1956) — Microscopie lumineuse des charbons de mine. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.º 2 (2^e Meet. — Liège — 1955)*. p. 14-17. R. Louis. Bruxelles.
- AMMOSSOV, I. I. & SJU I, Tan (1961) — Les stades de houillification et la paragenèse des combustibles fossiles. Académie des Sciences de l'URSS. Moscou. (En russe).
- BALME, B. E. (1956) — Inorganic sulphur in some Australian coals. *J. Inst. Fuel (London)* **29**: 21-22.
- BANERJEE, A.; MAZUMDAR, B. K. & LAHRI, A. (1966) — The origin of fusain. *Fuel (London)* **45** (2): 145-149.
- BARGHOORN, Elso S. (S. d.) — Degradation of plant materials and its relations to the origin of coal. *Conf. Origin Constitution of Coal (2^e — Crystal Cliffs-Nova Scotia — 1952)*. p. 181-207. Nova Scotia Department of Mines & Nova Scotia Research Foundation.
- BARRABÉ, L. & FEYS, R. (1965) — Géologie du charbon et des bassins houillers. Masson. Paris.
- BASU, T. N. (1967) — Petrographic characteristics and their bearing on the origin and correlation of Indian coals. *J. Min. Metals Fuels (Calcutta)* **1967**: 177-186; **1967**: 196.
- BAXTER, Robert W. (1975) — Fossil fungi from American Pennsylvanian coal balls. The University of Kansas. Lawrence (Kans.). (Paleontological Contributions Paper N.º 77).
- BECKING, L. G. M. BAAS; KAPLAN, I. R. & MOORE, D. (1960) — Limits of the natural environment in terms of pH and oxidation-reduction potentials. *J. Geol. (Chicago, Ill.)* **68** (3): 243-284.
- BELL, J. A.; DIESSEL, C. F. K. & NG, N. (1970) — Various interpretations of coal petrographic nomenclature and their effects on maceral analyses. *Proc. Australas. Inst. Min. Metallurg. (Parkville)* **234**: 27-36.
- BELL, J. A. & MURCHISON, D. G. (1966) — Biochemical alteration of exinites and the origin of some semifusinites. *Fuel (London)* **45**: 407-415.
- BENEDICT, LOUIS G. & BERRY, William F. (1966) — Further applications of coal petrography. In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*. p. 577-601. American Chemical Society, Washington (D. C.).
- BENEDICT, L. G. & BERRY, W. F. (S. d.) — Recognition and measurement of coal oxidation.
- BENEDICT, L. G.; THOMPSON, R. R.; SHIGO III, J. J. & AIKMAN, R. P. (1968) — Pseudovitrinite in Appalachian coking coals. *Fuel (London)* **47**: (2) 125-143.
- BENES, K. (1960) — Die Fungidurite aus dem Perm Sibiriens. *Freib. Forschungsh. (Freiberg)* **C 86**.
- (1964) — Les perspectives de la recherche paléomycologique des charbons. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif. (5^e — Paris — 1963)*. T. 3. p. 917-922.
- BENES, Konrád (1969) — Paleomycologie Uhelných Slojí. *Sborn. vědeck. prací Vys. školy báns. Ostravě (Ostrava)* Řada hornic.-geologic. **15** (3): 79-99.
- BENES, Konrád & KRAUSSOVÁ, Jarmila (1964) — Carboniferous fossil fungi from the Upper Silesian basin (Ostrava-Karviná Coal District). *Sborn. geol. ved. — Paleont.* **4**: 65-90.
- BENNETT, A. J. R. (1968) — The reflectance and coking behaviour of vitrinite-semifusinite transition material. *Fuel (London)* **47** (1): 51-62.
- BERNER, Robert A. (1969) — The synthesis of framboidal pyrite. *Econ. Geol. (New Haven, Conn.)* **64** (4): 383-384.
- BHATTACHARYY, A. C.; MAZUMDAR, B. K. & LAHRI, A. (1964) — Studies on reduced coals I — Mechanism of coal pyrolysis. *Fuel (London)* **43**: 181-188.
- BOSTICK, Neely H. (1971) — Thermal alteration of clastic organic particles as an indicator of contact and burial metamorphism in sedimentary rocks. *Geosci. Men (Baton Rouge, La.)* **3**: 83-93. (Amer. Assoc. stratigr. Palynolog. Proc. ann. Meet. — 2^e — Pennsylvania (Pa.)).
- BOSTICK, Neely (1974) — Phytoclasts as indicators of thermal metamorphism, Franciscan assemblage and Great Valley sequence (Upper Mesozoic), California. In: DUTCHER, Russell R.; HACQUEBARD, Peter A.; SCHOPF, James M. & SIMON, Jack A. — *Carbonaceous materials as indicators of metamorphism*. p. 1-17. Geological Society of America. Boulder (Colo.). (Special Paper N.º 153).
- BOSTICK, N. H. & ALPERN, B. (1977) — Principles of sampling, preparation and constituent selection for microphotometry in measurement of maturation of sedimentary organic matter. *J. Microsc. (Oxford)* **109** (1): 41-47. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications»).
- BOSTICK, N. H. & NICKSIC, C. P. (1975) — Bibliography and index of coal and dispersed organic matter in sedimentary rocks: petrography, catagenesis, relation to petroleum and natural gas, and geochemistry. Illinois State Geological Survey, Urbana (Ill.). (Illinois Petroleum 108).

- BREGER, Irving A. (1961) — Preliminary studies of coalfield wood associated with uranium on the Colorado Plateau. *Conf. Origin Constitution of Coal (3° — Crystal Cliffs-Nova Scotia — 1956)*. p. 356-385. Nova Scotia Department of Mines & Nova Scotia Research Foundation.
- BREGER, I. A. (1974) — The role of organic matter in the accumulation of uranium. In: *Formation of Uranium Ore Deposits (Proc. Sympos. — Athens — 1974)*. p. 99-124. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- BRELIE, G. & TEICHMÜLLER, M. (1954) — Observaciones microscópicas sobre los sedimentos en los manglares de el Salvador. *Comun. Inst. trop. Invest. cient. Univ. Salvador (San Salvador)* **3** (4): 147-150.
- BRITO, Alberto Carlos de (S. d.) — Estudo espectrográfico de cinzas de antracites portuguesas. *Estud. Notas Trab. Serv. Fom. min. (Porto)* **10** (3/4): 236-250.
- BROOKS, J. D. (1971) — Advances in coal chemistry, 1950-70. *Coal Res. CSIRO (Melbourne)* **45**: 20-24.
- BROOKS, J. D. & TAYLOR, G. H. (1966) — Development of order in the formation of coke. In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*. p. 549-563. American Chemical Society, Washington (D. C.).
- BROWN, H. R.; COOK, A. C. & TAYLOR, G. H. (1964) — Variations in the properties of vitrinite in isometamorphic coal. *Fuel (London)* **43**: 111-124.
- BROWN, H. R. & TAYLOR, G. H. (1961) — Some remarkable Antarctic coals. *Fuel (London)* **40**: 211-224.
- (1962) — Electron microscopic observations of structures in thin sections of coal. *Nature (London)* **193**: 1146-1148.
- BURGHARDT, Oskar (1971) — Fazies und Genese des Brandschiefers (Carbargilit). *Beih. geol. Jb. (Hannover)* **104**: 3-79.
- CAPDECOMME, L. (1943 a) — Caractères optiques nouveaux d'une série d'espèces minérales opaques. *Bull. Soc. Franç. Minér. (Paris)* **66**: 79-104.
- (1943 b) — Sur les procédés d'étude des roches charbonneuses, a propos des schistes graphitiques de la région de Marignac. *Bull. Soc. Hist. natur. Toulouse (Toulouse)* **78**: 181-190.
- CAPDECOMME, Laurent (1944) — Sur la présence et l'orientation du graphite dans les anthracites. *C. R. hebd. Séanc. Acad. Sci. (Paris)* **218**: 285-287.
- CAPDECOMME, L. (1950) — Sur la structure et la formation des anthracites. *Bull. Soc. Hist. natur. Toulouse (Toulouse)* **85**: 45-54.
- CARNEIRO, F. Soares (1971) — Potencialidades minerais da Metrópole. Base firme de desenvolvimento industrial do País. *Arq. Direcç.-ger. Min. Serv. geol. (Lisboa)* **2**: 5-307.
- (S. d.) — A riqueza da indústria extractiva metropolitana. *Estud. Notas Trab. Serv. Fom. min. (Porto)* **13** (3/4): 65-215.
- CAROZZI, Albert (1953) — Pétrographie des roches sédimentaires. F. Rouge, Lausanne.
- CARVALHO, A. Herculano de & MOURA, M. Legrand (1960) — O urânio nas cinzas das antracites portuguesas. *Técnica (Lisboa)* **302**: 449-450.
- CARVALHO, Alfredo de Moraes (1891) — Os combustiveis fosséis em Portugal. Associação Industrial Portuense, Porto.
- CAYE, R. & RAGOT, J. P. (1972) — Progrès récents dans la mesure de la réflectance des particules carbonées solides disséminées dans les roches. In: GAERTNER, H. R. von & WEHNER, H. — *Advances in Organic Geochemistry 1971 (Proc. internat. Meet. organ. Geochem. — 5^e — Hannover — 1971)*. p. 591-600. Pergamon, Oxford. (International Series of Monographs in Earth Sciences, Vol. 33).
- CHAKRABARTI, Ananda K. (1969) — On the effects of igneous intrusion on a few coal seams of the Jharia coal field, Bihar, India. *Econ. Geol. (New Haven, Conn.)* **64** (3): 319-324.
- CHANDRA, D. (1958) — Reflectance of oxidized coals. *Econ. Geol. (New Haven, Conn.)* **53** (1): 102-108.
- (1962) — Reflectance and microstructure of weathered coals. *Fuel (London)* **41**: 185-193.
- (1963) — Reproducibility and accuracy of maceral analysis of coal by point counter technique. *Fuel (London)* **42**: 457-465.
- (1966) — Effect of storage of coals on reflectance and petrological composition. *Econ. Geol. (New Haven, Conn.)* **61** (4): 754-759.
- CLAYTON, G.; COQUEL, R.; DOUBINGER, J.; GUEINN, K. J.; LOBOZIAK, S.; OWENS, B. & STREEL, M. (1977) — Carboniferous miospores of Western Europe: illustration and zonation. Report of Commission Internationale de Microflore du Paléozoïque Working Group on Carboniferous Stratigraphical Palynology. *Meded. Rijks geol. Dienst (Maastricht)* **29**: 1-71.
- CLEGG, Kenneth E. (1955) — Metamorphism of coal by peridotite dikes in Southern Illinois. Division of the State Geological Survey, Urbana (Ill.). (Report of Investigations N.º 178).
- CLEGG, K. E. & BRADBURY, J. C. (1956) — Igneous intrusive rocks in Illinois and their economic significance. Division of the State Geological Survey, Urbana (Ill.). (Report of Investigations N.º 197).
- CLEMENTE, Adelino Pais (1937) — A triangulação fundamental do país. *Bol. Inst. geogr. cadastr. (Lisboa)* **2**: 7-65.

- COPPENS, P. L. (1967) — Synthèse des propriétés chimiques et physiques des houilles. Les houilles belges. Institut National de l'Industrie Charbonnière (Inichar), Liège.
- COQUEL, R.; DOUBINGER, J. & LOBOZIAK, S. (1976) — Les microspores-guides du Westphalien à l'Autunien d'Europe Occidentale. *Rev. Micropaléont.* (Paris) **18** (4): 200-212.
- COQUEL, R.; LOBOZIAK, S. & NAKOMAN, E. (1965) — Extraction des spores et grains de pollen à partir de divers sédiments. *Bull. min Res. Expl. Inst. Turkey* (Ankara) **64**: 73-82.
- CORREIA, Michel & PENIGUEL, Gérard (1975) — Etude microscopique de la matière organique — Ses applications à l'exploration pétrolière. *Bull. Centre Rech. Pau* (Pau) **9** (2): 99-127.
- CORSIN, Paul & BARBIER, Jacqueline (1959) — A propos de la formation des «coal-balls». *C. R. hebdom. Séanc. Acad. Sci.* (Paris) **248**: 1598-1601.
- CRUZ, João Perpetuo da (1923) — Carvões pulverisados. *Rev. Obras públ. Minas* (Lisboa) **626**: 47-55; **627**: 88-95.
- CVETICANIN, Radivoje (1973) — Petrologische Charakteristiken der Steinkohlen Jugoslawiens. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (7^e — Krefeld — 1971), Vol. 2. p. 335-340. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- DELATTRE, C.; DOLLÉ, P.; MÉRIAUX, E. & QUINOT, E. (1970) — Examen pétrographique de charbons après oxydation dans un four à plasma. *C. R. hebdom. Séanc. Acad. Sci.* (Paris) Sér. D **270**: 1753-1755.
- DELATTRE, Ch. & MÉRIAUX, E. (1966) — Sur un aspect particulier et sur une origine de la micrinite fine. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **86** (3): 187-188.
- (1973) — A propos de la pétrologie des houilles. *Bull. Profess. Biol.-Géol.* **4**: 3-30.
- DIESEL, C. (1961) — Zur Kenntnis der Bildungsweise des Flözes Katharina im niederheinisch-westfälischen Steinkohlenbecken. *Bergb.-Arch.* (Essen) **22**: 57-82.
- DIESEL, C. F. K. & CALLCOTT, T. G. (1965) — Petrographic features of New South Wales coking coals. *BHP techn. Bull.* Vol. 9. N^o 2. Bull. 23, p. 2-8.
- DIESEL, C. F. K. & OFFLER, R. (1975) — Change in physical properties of coalified and graphitised phyto-clasts with grade of metamorphism. *N. Jb. Miner.-Mh.* (Stuttgart) **1975** (1): 11-26.
- DOUBINGER, J.; LAVEINE, J. P. & PONS, A. (1972) — La palynologie stratigraphique vue sous l'angle de la botanique et de la paléobotanique. *Mém. Bur. Rech. géol. min.* (Paris) **77** (1): 271-283. (Colloq. sur les méthodes et tendances de la stratigraphie — Orsay — 1970).
- DUBOIS, J.; AGACHE, C. & WHITE, J. L. (1970) — The carbonaceous mesophase formed in the pyrolysis of graphitizable organic materials. *Metallography* (New York, N. Y.) **3** (3): 337-369.
- DUPARQUE, André (1926) — Le rôle des tissus lignifiés dans la formation de la houille. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **51**: 51-64.
- (1927 a) — Les charbons de cuticules du bassin houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **52**: 2-27.
- (1927 b) — Les corps résineux de la houille. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **52**: 66-93.
- (1927 c) — La schistosité de la houille. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **52**: 225-260.
- (1927 d) — Sur la nature exacte des corps figurés de la houille considérés autrefois comme corps résineux. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **52**: 93-103.
- (1928 a) — Le rôle des actions mécaniques dans l'évolution des couches de houille. *Bull. Soc. géol. France* (Paris) 5^e Sér. **28**: 455-491.
- (1928 b) — Sur les compositions chimiques et lithologiques du fusain. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **53**: 55-72.
- (1929) — Sur la structure et l'origine du fusain. Le rôle des substances ligneuses dans la formation de la houille. In: STUTZER, Otto — *Schriften aus dem Gebiet der Brennstoff-Geologie*. 2 H — *Fusit, Vorkommen, Entstehung und praktische Bedeutung der Faserkohle (fossile Holzkohle)*. p. 42-54. Ferdinand Enke. Stuttgart.
- DUPARQUE, A. (1930 a) — Les causes de la différenciation des charbons. *C. R. hebdom. Séanc. Acad. Sci.* (Paris) **190**: 1200-1203.
- DUPARQUE, André (1930 b) — Sur les clivages des houilles et des schistes. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **55**: 161-189.
- DUPARQUE, A. (1931) — Sur la structure microscopique et l'origine des anthracites. *C. R. hebdom. Séanc. Acad. Sci.* (Paris) **192**: 1257-1260.
- DUPARQUE, André (1932 a) — Les différents types pétrographiques d'anthracites et de houilles anthraciteuses. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **57**: 101-106.
- (1932 b) — A propos des constituants macroscopiques des houilles et des anthracites. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **57**: 106-109.
- (1932 c) — A propos de la structure microscopique des anthracites. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **57**: 84-87.

- DUPARQUE, André (1933) — Structure microscopique des charbons du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. *Mém. Soc. géol. Nord (Lille)* **11** (1): 1-547; **11** (2): 552-756. (Thèse).
- (1934) — Les différents types pétrographiques de houilles du Nord de la France. *Rév. Ind. minér. (Paris)* **333**: 519-534.
- (1936 a) — The different petrological types of coal of the North of France. *Fuel Sci. Pract. (London)* **15** (4): 110-119.
- (1936 b) — Structure microscopique, origine et mode de formation des houilles du Nord de la France. *Monde ind. (Lille)* **63**: (379): 73-83.
- (1948) — Sur la présence et la fréquence du type pétrographique des houilles mixtes dans les bassins paraliqnes et dans les bassins limniques. *C. R. hebdomadaire Séances Acad. Sci. (Paris)* **226**: 99-101.
- (1949 a) — Caractères pétrographiques d'un anthracite de Djerada (Maroc). *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **69**: 171-181.
- (1949 b) — L'étude microscopique de certains anthracites en lumière incidente polarisée. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **69**: 103-126.
- (1949 c) — Les substances amorphes des houilles et des anthracites. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **69**: 127-170.
- (1949 d) — Sur un anthracite alpin à cassure concentrique de la mine de la Benoitte (Briançonnais). *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **69**: 270-278.
- (1949 e) — Sur l'emploi de la lumière polarisée dans l'examen microscopique des surfaces polies d'anthracite et sur la détermination des teneurs en tissus ligneux de ces combustibles. *C. R. hebdomadaire Séances Acad. Sci. (Paris)* **228**: 1143-1145.
- DUPARQUE, A. (1956 a) — Les pâtes et ciments amorphes ou hétérogènes des houilles. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 2 (2^e Meet. — Liège — 1955)*, p. 52-53. R. Louis, Bruxelles.
- (1956 b) — Pluralité d'origine des substances amorphes des houilles. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 2 (2^e Meet. — Liège — 1955)*, p. 18-20. R. Louis, Bruxelles.
- (1956 c) — Sur le mode d'altération des exines de spores. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 2 (2^e Meet. — Liège — 1955)*, p. 54-55. R. Louis, Bruxelles.
- DUPARQUE, André (S. d. a) — Application de la lumière incidente polarisée à l'étude microscopique des substances amorphes de certains anthracites. *Actes Congr. Assoc. Franç. avanc. Sci. (68^e — Clermont-Ferrand — 1949)*, p. 67.
- (S. d. b) — Les caractères microscopiques des anthracites du bassin houiller Belgo-Français. *Congr. Chim. ind. (15^e — Bruxelles — 1935)*, p. 847-857.
- (S. d. c) — Les différentes types pétrographiques de houilles et d'anthracites. Leur origine et leur mode de formation. *C. R. Congr. Soc. savant, (80^e — Lille — 1955)*. Sect. — Sciences, p. 127-162.
- DUPARQUE, André & DELATTRE, Charles (1953 a) — Caractères généraux des houilles de Kenadsa (Algérie). *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **73**: 238-247.
- (1953 b) — Caractéristiques microscopiques des sclérotés et spores de champignons des houilles et des anthracites. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **73**: 247-268.
- (1953 c) — Sur la véritable nature des tissus (?) de champignons des houilles paléozoïques. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **73**: 269-275.
- DUPARQUE, A. & FANSHAW, J. (1930) — La structure microscopique des anthracites. Remarques sur la préparation de surfaces polies d'anthracites américains et sur leur structure microscopique. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **55**: 111-139.
- DUPARQUE, A. & JUDAS, F. Morand (1956) — Répartition des sclérotés et corpuscules sclérotiformes dans les veines de houille du Nord et du Pas-de-Calais. Leur pluralité d'origine. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **76**: 116-177.
- DUPARQUE, André & LAVERDIÈRE, J. W. (1931) — Étude microscopique d'anthracites et de houilles anthraciteuses du puits n.° 5 du charbonnage de Mariemont-Bascoup (Belgique). *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **56**: 214-232.
- DUPARQUE, André & LEFRANC, Simone Defretin (1931) — Sur la structure microscopique d'anthracites et de houilles anthraciteuses provenant des puits Ste-Henriette et n.° 7 du charbonnage de Mariemont Bascoup (Belgique). *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **56**: 135-161.
- DUPARQUE, André & MASSINON, Jean (1939) — Les substances amorphes et les pulpes végétales des houilles. *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **64**: 39-57.
- DURAND, B. (1975) — Indices optiques, potentiel pétrolier et histoire thermique des sédiments. In: ALPERN, Boris — *Colloq. internat. «Pétrographie de la matière organique des sédiments, relations avec la paléotempérature et le potentiel pétrolier» (Paris — 1973)*, p. 205-215. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.

- DIRIE, R. A. & SWAINE, D. J. (1971) — Inorganic constituents in coal. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **45**: 9-19.
- ERCEGOVAC, M. & HAGEMANN, H. W. (1973) — Zum Problem der Bestimmung des Inkohlungsgrades im Grenzbereich Steinkohle/Braunkohle. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (7^e — Krefeld — 1971). Vol. 2. p. 479-483. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen.
- ERGUN, S. & DONALDSON, W. F. (S. D.) — Some physical and chemical properties of vitrains associated with uranium. *Conf. internat. Sci. Charbon* (3^e — Valkenburg — 1959). (9 p.).
- FABRE, Jean & FEYS, Robert (1953) — Phénomènes de plasticité et migrations dans les charbons alpins. *C. R. Congr. géol. internat. (19^e — Alger — 1952)*. Sect. 3 — *Mécanique de la déformation des roches. Influence sur les conceptions tectoniques*. Fasc. 3. p. 149-162. Alger.
- (1962) — Réflexions sur la genèse des bassins houillers et la théorie bio-rhexistatique. *C. R. Somm. Séanc. Soc. Biogéogr.* (Paris) **335/336/337**: 4-13. (C. R. Colloq. «Biogéographie du Permo-Carbonifère et genèse des charbons» — Paris — 1962).
- (1963) — Action de roches éruptives sur des charbons d'Afrique du Sud. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **83** (1): 31-36.
- FANSHAWE, John R. (1930) — A microscopical study of coal. Pennsylvania anthracites and West Virginia coking coals. Lille. (Thèse).
- FERNANDEZ, J. B. Escudero (1963) — Oxidación de los carbonos en atmosfera ordinaria. I. — Su influencia en el hinchamiento Audibert-Arnu. *Bol. inform. Inst. nac. Carb.* (Oviedo) **12** (57): 51-63.
- FERRARI, B. & RAUB, J. (1936) — Flözgleichstellung auf petrographischer Grundlage unter Benutzung einer neu gefundenen Leitschicht. *Glückauf* (Essen) **72**: 1097-1102.
- FESSENDEN, E. A. & WHARTON, J. P. (1908) — The storage of coal. *Bull. Univ. Missouri Engng. Exper. Stat. Ser.* **1**: 1-24.
- FEYS, Robert (1958) — Métamorphisme et évolution des anthracites intra-alpins. *Rév. Ind. minér.* (Paris) **N.° spéc. 15 Juillet 1958**: 65-71. (C. R. Colloq. internat. Pétrol. appl. Charb. — Paris — 1957).
- (1963 a) — Etude géologique du Carbonifère Briançonnais (Hautes-Alpes). Bureau de Recherches Géologiques et Minières. Paris. (Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières. N.° 6). (Thèse).
- FEYS, R. (1963 b) — The Palaeopedology of coal basins. In: NAIRN, A. E. M. — *Problems in Palaeoclimatology*. (Proc. NATO Palaeoclimates Conf. — Newcastle upon Tyne — 1963). p. 66-73. Interscience. London.
- FEYS, R.; GEFFROY, J. & VETTER, P. (1967) — Un cas nouveau de graphitisation du charbon par un intrusion éruptive à Cali (Colombie). *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **87** (3): 145-150.
- FEYS, R. & GREBER, Ch. (1952) — Venues éruptives dans le terrain houiller du briançonnais (Alpes Françaises). *C. R. Congr. Avanc. Et. Stratigr. Géol. Carbonif.* (3^e — Heerlen — 1951). T. 1. p. 209-217. Ernest van Aelst. Maestricht.
- FEYS, Robert; RAGOT, Jean & VETTER, Pierre (1971) — Deux cokes naturels: le «charbon mort» de Cruéjoul et le «calciné» de Decazeville (Aveyron). *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **91** (3): 179-185.
- FRANCIS, Wilfrid (1961) — Coal. Its formation and composition. 2^e Ed. Edward Arnold. London.
- FREUND, Hugo (1966) — Applied ore microscopy. Theory and technique. Macmillan, Collier-Macmillan. New York (N. Y.). London.
- FRIGGE, Joachim; MÜNZNER, Heinrich; PICKHARDT, Wilhelm & THÜRRAUF, Walter (1975) — Der Einfluss des Pyrits auf das Selbstentzündungsverhalten von Steinkohle. *Glückauf-Forschungsh.* (Essen) **36** (4): 131-137.
- GIJZEL, Pieter van (1975) — Polychromatic UV-fluorescence microphotometry of fresh and fossil plant substances, with special reference to the location and identification of dispersed organic material in rocks. In: ALPERN, Boris — *Colloq. internat. «Pétrographie de la matière organique des sédiments, relations avec la paléotempérature et le potentiel pétrolier»* (Paris — 1973). p. 67-91. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.
- GLUSKOTER, H. J. (1965) — Electronic low-temperature ashing of bituminous coal. *Fuel* (London) **44**: 285-291.
- GOODARZI, F. & MURCHISON, D. G. (1977) — A note of spherical structures in chars from vitrinites of coking rank. *J. Microsc.* (Oxford) **109** (1): 159-163. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications»).
- GRADY, William C. (1977) — Microscopic varieties of pyrite in West Virginia coals. *Trans. Soc. Min. Eng. AIME* (New York, N. Y.) **262** (3): 268-274.
- GROUNDS, Arthur (1922) — A contribution to the study of the constitution of anthracite. *J. Soc. chem. Ind.* (London) **41** (6): 88-93.
- (1923) — A study of the constitution of anthracite. *Fuel Sci. Pract.* (London) **2**: 10-14.

- GRÜNEKLEE, P.; JÜNTGEN, H. & TEICHMÜLLER, M. (1969) — Eigenschaften tektonisch gestörter Steinkohlen. Teil 2: Kinetik der Methansorption. *Brennst.-Chem.* (Essen) **10**: 2-7.
- GUTJAHR, C. C. M. (1966) — Carbonisation measurements of pollen-grains and spores and their application. *Leid. geol. Meded.* (Leiden) **38**: 1-29.
- HACQUEBARD, P. A. (1943) — Kolenpetrographische Studien. Parallellisatie van de koollagen Merl, Mühlenbach, Steinknipp en Finefrau van het Nederlandsche Mijngebied. *Meded. Geol. Sticht.* (Maastricht) Ser. C—III-2 (1): 4-129.
- (1951) — The correlation, by petrographic analyses of no. 5 seam in the St. Rose and Chimney Corner coalfields, Nova Scotia. *Geol. Surv. Canada Bull.* (Ottawa) **19**: 1-33.
- (1952) — Opaque matter in coal. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **47** (5): 494-516.
- (1960) — The value of a quantitative separation of the maceral vitrinite into its constituents telinite and collinite for the petrography of coking coals. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 3* (Internat. Congr. Coal Petrol. — 1^e — Heerlen — 1958), p. 131-139. Ernest van Aelst. Maastricht.
- (S. d.) — A petrographic investigation of the Tracy seam of the Sydney coalfield, Nova Scotia. *Conf. Origin Constitution of Coal* (2^e — Crystal Cliffs-Nova Scotia — 1952), p. 293-309. Nova Scotia Department of Mines & Nova Scotia Research Foundation.
- HACQUEBARD, P. A. & BARRS, M. S. (1970) — Palaeogeography and facies aspects of the Minto coal seam, New Brunswick, Canada. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (6^e — Sheffield — 1967). Vol. 3, p. 861-872. Ernest van Aelst. Maastricht.
- HACQUEBARD, P. A.; BIRMINGHAM, T. F. & DONALDSON, J. R. (S. d.) — Petrography of Canadian coals in relation to environment of deposition. *Sympos. Sci. Technol. Coal* (Ottawa — 1967), p. 84-97. Department of Energy, Mines and Resources.
- HACQUEBARD, Peter A.; CAMERON, Alexander R. & DONALDSON, J. Roger (1964) — Die Ablagerungsbedingungen des Flözes Harbour im Sydney-Kohlengebiet von Neuschottland (Kanada). *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.* (Krefeld) **12**: 331-356. (Sympos. «Paläobotanische, kohlenpetrographische und geochemische Beiträge zur Stratigraphie und Kohlengene»).
- HACQUEBARD, Peter A. & DONALDSON, J. Roger (S. d.) — Carboniferous coal deposition associated with flood-plain and limnic environments in Nova Scotia. *Geol. Soc. Amer. spec. Pap.* (Washington, D. C.) **114**: 143-191.
- HARRIS, L. A.; ROSE, T.; DEROOS, L. & GREENE, J. (1977) — Quantitative analyses of pyrite in coal by optical image techniques. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **72** (4): 695-697.
- HARRISON, J. A. (1967) — Need for expressing degree of coalification in coal petrology nomenclature. *Fuel* (London) **46**: 289-294.
- HATCH, J. R.; GLUSKOTER, H. J. & LINDAHL, P. C. (1976) — Sphalerite in coals from the Illinois Basin. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **71** (3): 613-624.
- HAVLENE, Václav (1959) — Petrography of the anthracite from Brandov and České Budějovice and of the anthracite coal from Chobot at Vlasim. *Sborn. Ustředn. Úst. Geol.* (Praha) *Odd. geol.* **26** (1): 333-358.
- HELFINSTINE, R. J.; SHIMP, N. F.; HOPKINS, M. E. & SIMON, J. A. (1974) — Sulfur reduction of Illinois coals — Washability studies. Part 2. Illinois State Geological Survey, Urbana (Ill.). (Circular N.° 484).
- HELFINSTINE, R. J.; SHIMP, N. F.; SIMON, J. A. & HOPKINS, M. E. (1971) — Sulfur reduction of Illinois coals — Washability studies. Part 1. Illinois State Geological Survey, Urbana (Ill.). (Circular N.° 462).
- HENNIG, August (1958) — Considérations critiques sur les mesures de volume et de surface en microscopie. *Zeiss Bull. techn.* (Oberkochen) **30**: 78-87.
- HESP, W. R. (1971) — Carbonization by-products. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **45**: 34-38.
- HEVIA, V. (1964) — Voir [RODRIGUEZ], V. Hevia (1964).
- HEVIA, Victor (1974) — Voir [RODRIGUEZ], Victor Hevia (1974).
- HINRICHS, F. W. & TACZAK, S. (1916) — Die Chemie der Kohle. 3^e Ed. W. Englemann. Leipzig.
- HOEHNE, Karl (1954) — «Sklerokoll», ein neuer Bestandteil von Duriten und ähnlichen Bildungen. *Geologie* (Berlin) **3** (3): 342-359.
- HOFFMANN, E. (1935) — Abhängigkeit der Ausgasung von petrographischer Gefügezusammensetzung und Inkohlungsgrad bei Ruhrkohlen. *Glückauf* (Essen) **71**.
- HOOD, A. & GUTJAHR, C. C. M. (S. d.) — Organic metamorphism and the generation of petroleum. *Commun. Annu. Meet. geol. Soc. Amer.* (Minneapolis — 1972).
- HSIEH, C. Y. (1930) — Some new methods in coal petrography. *Bull. geol. Soc. China* (Peking) **9** (3): 311-329.
- (1933) — Microstructures of some Chinese anthracite. *Bull. geol. Soc. China* (Peking) **12** (2): 153-180.
- (1934) — The microstructure of some Chinese anthracites. *Fuel* (London) **13** (2): 59-62.

- HUCK, Georg & PATTEISKY, Karl (1964) — Inkohlungsreaktionen unter Druck. *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf* (Krefeld) **12**: 551-558. (Sympos. «Paläobotanische, kohlenpetrographische und geochemische Beiträge zur Stratigraphie und Kohlenwesen»).
- HUGHES, N. F.; JEKHOWSKY, B. de & SMITH, A. H. V. (1964) — Report of C.I.M.P. Working Group n° 10. Extraction of spores and other organic microfossils from paleozoic clastic sediments and coals. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (5°—Paris—1963). T. 3. p. 1095-1109.
- HÜGL, Theodor & JEDWAB, Jacques (1966) — Distribution de la radioactivité et phénomènes optiques dans le charbon de Dorénaz (Canton du Valais, Suisse). *Schweiz. Miner. Petrogr. Mitt.* (Zürich) **46** (2): 377-387. (Matériaux pour la Géologie de la Suisse. Bulletin N.° 40. Zürich).
- JACOB, H. (1954) — Das Fusitproblem. *Chem. Erde* (Jena) **17**: 38-56.
- (1961) — Neuere Ergebnisse der Braunkohlen- und Torf-Petrographie. Gedanken zur Mazeral-Klassifikation. *Geol. Rdsch.* (Stuttgart) **51**: 530-546.
- (1964) — Differenzierungen des biochemischen Inkohlungsgrades von Weichbraunkohlen und Torfen. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (5°—Paris—1963). T. 3. p. 933-942.
- JACOB, Helmut (1969) — Lumineszenz-Mikroskopie der organopetrographischen Bestandteile von Sedimentgesteinen. *Leitz-Mitt. Wiss. Techn.* (Weizlar) **4** (8): 2:0-254.
- JACOB, H. (1973 a) — Kombination von Fluoreszenz- und Reflexions-Mikroskopphotometrie der organischen Stoffe von Sedimenten und Böden. *Leitz Mitt. Wiss. Techn.* (Weizlar) **6** (1): 21-27.
- (1973 b) — Mikroskop-Photometrie der organischen Stoffe von Böden. II. Fluoreszenz-Photometrie forst- und landwirtschaftlicher Rotteprodukte. *Die Bodenkultur* (Wien) **24** (1): 1-10.
- JACOB, H. & KOCH, J. (S. d.) — Application of coalpetrologic methods in peat research. *C. R. internat. Peat Congr.* (3°—Quebec City—1968) p. 201-205. Conseil National de Recherches du Canada. Ottawa.
- JEDWAB, J. (1959) — Présence de grès uranifère à Argenteau (province de Liège). *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol.* (Bruxelles) **68**: 319-323.
- (1962) — Dégâts radiatifs naturels dans des matériaux asphaltiques uranifères. I. — Le grès asphaltique du mas Alary (Hérault-France). *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol.* (Bruxelles) **71** (3): 487-496.
- (1963) — Dégâts radiatifs naturels dans des matériaux asphaltiques uranifères. II. — Bois fossile asphaltisé de Temple Mountain (Utah). *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol.* (Bruxelles) **72**: 401-406.
- JEDWAB, Jacques (1965 a) — Les dégâts radiatifs dans le charbon uranifère du Schaentzel. *Geol. Rdsch.* (Stuttgart) **55**: 445-453.
- (1965 b) — Dégâts radiatifs dans des matériaux asphaltiques uranifères. III: Le schiste cuprifère de Mansfeld (Allemagne). *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol.* (Bruxelles) **74** (2/3): 346-351.
- (1966 a) — Observation microscopique des effets des radiations dans les matières organiques solides. In: *Advances in Organic Geochemistry (Proc. internat. Meet. — Ruell-Malmaison — 1964)*, p. 189-196. Pergamon. Oxford.
- (1966 b) — Significance and use of optical phenomena in uraniferous caustobololiths. In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*, p. 119-132. American Chemical Society, Washington. (D. C.).
- JONES, J. M. & CREANEY, S. (1977) — Optical character of thermally metamorphosed coals of northern England. *J. Microsc.* (Oxford) **109** (1): 105-118. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications»).
- JONES, J. M. & MURCHISON, D. G. (1963) — The occurrence of resinite in bituminous coals. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **58** (2): 263-273.
- JONGMANS, W. J. (1954) — Vitrinite and the difference between euvitrinite or collinite and the telinite. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 1* (1^{re} Meet. — Geleen — 1953), p. 31-32. Ernest van Aelst. Maastricht.
- JOWETT, A. (1957) — Aspects of coal preparation in Australia. *Sympos. Coal Preparation (Leeds — 1957)*, p. 1-22. The University of Leeds, Department of Mining, Leeds. (Paper N.° 12).
- JUCKES, L. M. & PITT, G. J. (1977) — The standardization of petrographic analysis of coal. *J. Microsc.* (Oxford) **109** (1): 13-21. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications»).
- JUNG, Jean (1963) — Précis de Pétrographie. Roches sédimentaires, métamorphiques et éruptives. 2^e Ed. Masson. Paris.
- JÜNTGEN, H.; TEICHMÜLLER, M. & ZÜNDORF, D. (1969) — Eigenschaften tektonisch gestörter Steinkohlen. Teil 1: Beziehungen zwischen mikroskopischer und submikroskopischer Hohlraumstruktur. *Brennst.-Chem.* (Essen) **50** (2): 40-45.
- JURANEK, G.; KIRSCH, H.; NEMETSCHKE, Th. & SCHLIEPHAKE, R. W. (1958) — Contribution à la connaissance des substances minérales et en particulier des minéraux argileux que l'on rencontre dans les charbons et dans les épontes du bassin de la Ruhr. *Rév. Ind. minér.* (Paris) N.° spéc. **15 Juillet 1958**: 41-50. (C. R. Colloq. internat. Pétrol. appl. Charb. — Paris — 1957).

- JURASKY, Karl A. (1934/1935) — Kutikular-Analyse. *Biol. gen.* (Wien) **10**: 383-402; **11** (1): 227-244; **11** (2): 1-26.
- JUVIGNÉ, E. (1973) — Densité des exines de quelques espèces de pollens et spores fossiles. *Ann. Soc. géol. Belg.* (Liège) **96** (2): 363-372.
- KARMASIN, Konstantin (1952) — Deutung des Fazieswechsels in den Flözen Erda und Ägir auf Grund mikro-petrographischer Schlitzprobenuntersuchungen. *Bergb. Arch.* (Essen) **13** (1/2): 74-100.
- KARR Jr., Clarence; ESTEP, Patricia A. & KOVACH, John J. (1967) — Infrared analysis of minerals in coal using the 650 to 200 cm^{-1} region. *Chem. Ind.* (London) **1967** (9): 356-357.
- KEMÉZYS, Michelle & TAYLOR, G. H. (1964) — Occurrence and distribution of minerals in some Australian coals. *J. Inst. Fuel* (London) **37**: 389-397.
- KISCH, Hanan J. (1966) — Carbonization of semi-anthracitic vitrinite by an analcine basanite sill. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **61** (6): 1043-1063.
- KISCH, H. J. & TAYLOR, G. H. (1966) — Metamorphism and alteration near an intrusive-coal contact. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **61** (2): 343-361.
- KOCH, Joachim (1966) — Petrologische Untersuchungen an jungpleistozänen Schieferkohlen aus dem Alpenvorland der Schweiz und Deutschlands mit Vergleichsuntersuchungen an holozänen Torfen. Aachen. (Thèse).
- (1967) — Zur Petrologie jungpleistozäner Schieferkohlen. *Braunkh. Wärme Energ.* (Essen) **1967** (8): 276-283.
- (1969) — Mikropetrographische Untersuchungen an einigen organischen Komponenten jungpleistozäner und holozäner Torfe Süddeutschlands und der Schweiz. *Geol. Jb.* (Hannover) **87**: 333-360.
- (1970 a) — Braunkohlenharze, Verwitterung und Verkohlung von Harzen. Zur Genese des Macerals Resinit-Sklerotinit. *Erdöl Kohle Erdgas Petrochem. verein. Brennst.-Chem.* (Hamburg) **23** (10): 633-638.
- (1970 b) — Petrologische Untersuchungen an niedersächsischen Torfen und Weichbraunkohlen. *Geol. Mitt.* (Aachen) **10**: 113-150.
- (1971) — Untersuchungen und Überlegungen zum Problem der Abgrenzung Torf/Weichbraunkohle. *Geol. Jb.* (Hannover) **89**: 315-328.
- KONSTANTINOVA, V. (1976/1977) — Alteration near intrusive contact in the Carboniferous Dobroudja basin. *Annu. Univ. Sofia Fac. Géol. Géograph.* (Sofia) **69** (1): 279-282.
- KONSTANTINOVA, V. & NIKOLOV, Z. (1974) — Petrology of upper carboniferous coal in Bulgaria's Dobroudja basin. C. R. *Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (7^e — Krefeld — 1971). Vol. 3. p. 317-331. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- KOOPMANS, R. G. (1937) — Untersuchungen und Beobachtungen an schweizerischen Kohlen. *C. R. Congr. Avanc. Et. Stratigr. Carbonif.* (2^e — Heerlen — 1935). T. 1. p. 505-515. Maastricht.
- KOPPE, Edwin F. (1966) — Petrographic continuity of Pennsylvania coals. In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*. p. 69-79. American Chemical Society, Washington (D. C.).
- KOSANKE, Robert M. & HARRISON, John (1957) — Microscopy of the resin rodlets of Illinois coal. Illinois State Geological Survey, Urbana (Ill.). (Circular N.° 234).
- KÖTTER, Klaus (1960) — Die mikroskopische Reflexionsmessung mit dem Photomultiplier und ihre Anwendung auf die Kohlenuntersuchung. *Brennst.-Chem.* (Essen) **41** (9): 263-272.
- KREMP, G. O. W. & FREDERIKSEN, N. O. (1960) — Recognition of coal lithotypes by palynological methods. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 3* (Internat. Congr. Coal Petrol. — 1^e — Heerlen — 1958). p. 181-184. Ernest van Aelst, Maastricht.
- KREVELLEN, D. W. van (1952) — Some chemical aspects of coal genesis and coal structure. *C. R. Congr. Avanc. Et. Stratigr. Géol. Carbonif.* (3^e — Heerlen — 1951). T. 1. p. 359-368. Ernest van Aelst, Maastricht.
- (1961) — Coal. Typology, Chemistry, Physics, Constitution. Elsevier, Amsterdam.
- KÜHLWEIN, F. L. (1952) — Kohlenpetrographische Grundlagen der Aufbereitung. *C. R. Congr. Avanc. Et. Stratigr. Géol. Carbonif.* (3^e — Heerlen — 1951). T. 1. p. 369-374. Ernest van Aelst, Maastricht.
- KÜHLWEIN, Fritz Ludwig; BROCKE, E.; KRÜPE, E.; RIENER, K.; MACKOWSKY, M. Th.; SCHNITZLER, H. & STIELER, A. (1949) — Fortschritte in der elektrostatistischen Kohlenaufbereitung. *Bergb.-Arch.* (Essen) **10**: 171-191.
- KÜHLWEIN, F. L.; HOFFMANN, E. & KRÜPE, E. (1934) — Stand der mikroskopischen Kohlenuntersuchung. *Glückauf* (Essen) **70** (34): 777-784; **70** (35): 805-810.
- LAPPARENT, Albert F. de & MÉRIALUX, Emile (1974) — Sur un charbon gondwanien d'Afghanistan central. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **94** (4): 127-131.
- LEGRAYE, M. (1928 a) — Note sur certains constituants microscopiques des charbons. *Ann. Soc. géol. Belg.* (Liège) **51** (Bulletin N.° 9).
- (1928 b) — Observations sur les constituants: vitrain, xylovitrain et durain de la houille. *Ann. Soc. géol. Belg.* (Liège) **51** (Bulletin N.° 9).

- LEGRAYE, M. (1930) — Etude détaillée d'une couche d'anhracite du bassin houiller de Liège. *Ann. Soc. géol. Belg.* (Liège) **54** (Bulletin N.° 3): 128-135.
- (1932 a) — Note relative à la constitution des anhracites. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **57**: 81-84.
- (1932 b) — Remarques sur l'anhracitisation. *Ann. Soc. géol. Belg.* (Liège) **55** (Bulletin N.° 8): 203-205.
- (1942 a) — Les lignes isovolatiles de la couche Désirée-Bouxharmont dans les bassins houillers de Liège et de Herve. *Ann. Soc. géol. Belg.* (Liège) **65** (Bulletin N.° 5): 153-160.
- (1942 b) — Les variations de qualité des charbons du bassin de Liège et leurs causes. *Ann. Soc. géol. Belg.* (Liège) **65** (Mémoire N.° 1): 133-160.
- LEGRAYE, Michel (1943) — Le rôle des failles dans la répartition des qualités des charbons du bassin houiller de Liège. *Ann. Soc. géol. Belg.* (Liège) **66** (Mémoire N° 3): 205-260.
- LEGRAYE, M. (1944) — Les lignes isovolatiles de la couche Dix Paumes dans le bassin de Charleroi. *Ann. Soc. géol. Belg.* (Liège) **67** (Bulletin): 176-191.
- LEONARD, Joseph W. (1975) — Potential for further lowering sulfur in intensively cleaned coal at mines. *Trans. Soc. Min. Eng. AIME* (Salt Lake City, Utah) **258** (3): 227-229.
- LICHTENBERG-STRUNK, Gustl (1952) — Kunstkohlen unter dem Mikroskop. In: FREUND, Hugo — *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*. Bd. 2 — *Mikroskopie der Bodenschätze*. Tl. 1 — *Mikroskopie der Steinkohle, des Kokes und der Braunkohle*. p. 443-481. Umschau, Frankfurt am Main.
- MACHADO, António Cabral Diogo (1970) — As minas de carvão do Pejão. *Bol. Min.* (Lisboa) **7** (4): 259-281.
- MACKOWSKY, M. Th. (1951) — Gibt es Graphit in Kohle und Koks? *Fortschr. Miner.* (Stuttgart) **29/30** (1): 10-17.
- MACKOWSKY, Marie-Therese (1954 a) — Die quantitativen Methoden zur kohlenpetrographischen Anschliffuntersuchung, ihre Fehlergrenzen und ihre Anwendungsbereiche. *Brennst.-Chem.* (Essen) **35** (13/14): 193-201; **35** (15/16): 232-235.
- MACKOWSKY, M. Th. (1954 b) — Die quantitativen Methoden zur kohlenpetrographischen Anschliffuntersuchung, ihre Fehlergrenzen und ihre Anwendungsbereiche. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 1* (1^{re} Meet. — Geleen — 1953). p. 17-24. Ernest van Aelst, Maastricht.
- (1954 c) — Untersuchungen über die Brauchbarkeit von Glycerin als Immersionsflüssigkeit für die kohlenmikroskopische Anschliffuntersuchung. *Brennst.-Chem.* (Essen) **35** (11/12): 177.
- (1956 a) — Möglichkeiten zur Kennzeichnung der Mineralverteilung in Kohlen. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 2* (2^{re} Meet. — Liège — 1955). p. 31-34. R. Louis, Bruxelles.
- (1956 b) — Neue Wege zur petrographischen Kennzeichnung von Koks kohlen. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 2* (2^{re} Meet. — Liège — 1955). p. 39-42. R. Louis, Bruxelles.
- (1960) — Bericht über die Tätigkeit der Internationalen Arbeitsgruppe für die Kohlenpetrographische Analyse. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.° 3* (Internat. Congr. Coal Petrol. — 1^{re} — Heerlen — 1958). p. 13-21. Ernest van Aelst, Maastricht.
- (1964) — Bericht über die Tätigkeit der Internationalen Kommission für die Kohlenpetrographische Analyse. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (5^e — Paris — 1963). T. 3. p. 943-950.
- (1968) — Mineral matter in coal. In: MURCHISON, Duncan & WESTOLL, T. Stanley — *Coal and coal-bearing strata*. p. 309-321. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- MACKOWSKY, Marie-Therese (1969) — Die Veränderungen in der Maceralkonzeption in den letzten 15 Jahren. *Brennst.-Chem.* (Essen) **50** (5): 143-147.
- MACKOWSKY, M.-Th. (1974) — Das Ätzen der Steinkohle, ein aufschlussreiches Hilfsmittel in der Kohlenmikroskopie. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (7^e — Krefeld — 1971). Vol. 3. p. 375-383. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- MALÁN, O. (1959) — Sclerotinit in tschechoslowakischen permokarbonischen Kohlen. *Freib. Forschungsh.* (Freiberg) **C 50**: 117-142.
- (1962) — Die Entwicklung der optischen Methoden zur Beurteilung von Braunkohlen. *Freib. Forschungsh.* (Freiberg) **A 258**: 5-20.
- MARET, Marie & DUPARQUE, André (1936) — Caractères morphologiques des cuticules en sections horizontales. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **61**: 205-213.
- MARSHALL, C. E. (1945) — Petrology of natural coke. *Fuel* (London) **24** (5): 1-7.
- (1954) — Introduction to a study of the nature and origin of fusain (fusinite). *Fuel* (London) **33** (2): 134-144.
- MARSHALL, C. E. & TOMPKINS, D. K. (1964) — Mineral matter in Permian coal seams. In: *Sympos. Inorganic constituents of fuels* (Melbourne — 1964). p. 57-69. Institute of Fuel, Melbourne.
- MATEESCU, I. (1958) — Studiul petrographic al carbonilor de la Rudaria (Svinece mare). *Anu. Com. geol. Inst. geol.* (Bucaresti) **31**: 6-49.

- MATEESCU, Ion (1962) — Studiul petrographic al carbonilor din Bazinul Lupac. *Annu. Com. geol. Inst. geol.* (Bucaresti) **32**: 481-513.
- (1964) — Study of the metamorphism of coals from Baia Noua based on petrographic and chemical data. *Stud. Geol. econ.* (Bucaresti) Ser. A **6**: 5-55.
- MATEESCU, I. (1967) — Petrographical study on the anthracite of Schela (Gorj). *Stud. Geol. econ.* (Bucaresti) Ser. A **7**: 77-101.
- MAURENBRECHER, A. L. F. J. (1944) — Kolenpetrographische Studiën. Parallelisatie van de koollagen Grauweck, Senteweck, Rauschenwerk en Athwerk van het Nederlandsche Mijngebied. *Meded. Geol. Sticht.* (Maas-tricht) Ser. C—**III-2** (2): 4-108.
- MCCARTNEY, J. T. (1949) — Electron microscopy of coal. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **44** (7): 617-620.
- (1970) — The granular micrinite component of coal. *Fuel* (London) **49**: 409-414.
- MCCARTNEY, J. T. & ERGUN, S. (1965) — Electron microscopy of graphitic crystallites in meta-anthracite. *Nature* (London) **205** (4975): 962-964.
- MCCARTNEY, J. T.; ERGUN, Sabri & WALLINE, R. E. (1961) — Electron microscopic observations of structure in ultra-thin sections of vitrinite in coal. *Nature* (London) **191**: 1361-1363.
- MCCARTNEY, J. T.; O'DONNELL, H. J. & ERGUN, S. (1966) — Ultrafine structures in coal components as revealed by electron microscopy. In: *Advances in Chemistry Series 55—Coal Science*, p. 261-273. American Chemical Society, Washington (D. C.).
- MCCARTNEY, J. T.; O'DONNELL, H. J. & ERGUN, Sabri (1969) — Pyrite size distribution and coal-pyrite particle association in steam coals. Correlation with pyrite removal by float-sink methods. United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Washington (D. C.). (Report of Investigation N.° 7231).
- MCCARTNEY, J. T.; WALLINE, R. E. & ERGUN, Sabri (1961) — Preparation of ultrathin sections of coal. United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Washington (D. C.). (Report of Investigation N.° 5885).
- MELÉNDEZ, Bermudo Meléndez (1943) — Un fenómeno de coquización en la antracita estefaniense de Asturias. *Bol. real Soc. Esp. Hist. natur.* (Madrid) **41**: 103-113.
- MÉRIAUX, E. (1966) — A propos des analyses macérales. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **86** (1): 109-114.
- (1967) — Analyse pétrographique des anthracites de Djerada (Maroc). *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **87** (4): 187-192.
- MÉRIAUX, Emile (1969 a) — Contribution à l'étude pétrologique des houilles du bassin du Nord et du Pas-de-Calais. 2 T. Lille. (Thèse).
- (1969 b) — Contribution à l'étude pétrologique des houilles du bassin du Nord et du Pas-de-Calais. *Ann. Min. Belg.* (Liège) **1969** (4): 329-387; **1969** (5): 469-516.
- (1969 c) — Etude pétrographique de veines de houilles du bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Remarques sédimentologiques et paléogéographiques. *C. R. hebdom. Séanc. Acad. Sci.* (Paris) Sér. D **268**: 771-772.
- MÉRIAUX, E. & WATERLOT, M. (1969) — Caractères pétrographiques de houilles stéphanienues des Pyrénées Espagnoles. *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille) **89** (4): 299-308.
- MIDDLETON, Bruce Donald; INOUE, Katsuya & SPACKMAN, William (1961) — A preliminary investigation into the application of coal petrography in the blending of anthracite and bituminous coals for the production of metallurgical coke. Department of Geology, College of Mineral Industries, The Pennsylvania State University, Pennsylvania (Penn.). (Special Research Report N.° SR-27).
- MILLER, Kenneth J. (1975) — Coal-pyrite flotation. *Trans. Soc. Min. Eng. AIME* (Salt Lake City, Utah) **258** (1): 30-33.
- MINČEV, D. (1964) — Über die Anwendung einer einheitlichen Nomenklatur bei den petrologischen Untersuchungen von Kohlen verschiedenen Inkohlungsgrads. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (5^e—Paris—1963). T. 3. p. 951-959.
- MONSTORY, F. P.; PICKHARDT, W.; SIMONIS, W. & SZANTHO, E. von (1970) — Das Abscheiden von Pyrit aus Kohlenstaub im elektrischen und im magnetischen Feld. *Aufbereit.-Techn.* (Wiesbaden) **11** (4): 207-220; **11** (10): 599-614.
- MOORE, L. R. (1968) — Some sediments closely associated with coal seams. In: MURCHISON, Duncan & WESTOLL, T. Stanley — *Coal and coal-bearing strata*, p. 105-123. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- MUKHERJEE, Bankim (1965) — Petrological and electrical conductivity characteres of coals, affected by igneous intrusives around Pathardih, in Jharia Coalfield, Dhanbad district, India. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **60** (7): 1451-1458.
- MURCHISON, D. G. (1963) — Infra-red spectrum of resinite in bituminous coal. *Nature* (London) **198** (4877): 254-255.

- MURCHISON, Duncan G. (1966) — Properties of coal macerals. Infrared spectra of resinites and their carbonized and oxidized products. In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*, p. 307-331. American Chemical Society, Washington (D. C.).
- MURCHISON, D. (1969) — Report of the International Commission for Coal Petrology: the work of the Nomenclature Subcommittee from 1963-1966. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (6^e — Sheffield — 1967). Vol. 1. p. LII-LVIII. Ernest van Aelst, Maastricht.
- MURCHISON, D. G. & BOULT, E. H. (1960) — Polished surfaces of the coal macerals. *Fuel* (London) **39**: 389-406.
- MURCHISON, D. G. & JONES, J. M. (1963) — Properties of the coal macerals: Elementary composition of resinite. *Fuel* (London) **42**: 141-158.
- (1964) — Resinite in bituminous coals. In: COLOMBO, Umberto & HOBSON, G. D. — *Advances in Organic Geochemistry* (Proc. internat. Meet. — Milan — 1962). p. 49-69. Pergamon, Oxford. (Earth Science Series Monograph N.º 15).
- NANDI, B. N.; CIAVAGLIA, L. A. & MONTGOMERY, D. S. (1977) — The variation of the microhardness and reflectance of coal under conditions of oxidation simulating weathering. *J. Microsc.* (Oxford) **109** (1): 93-103. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications»).
- NAVALE, G. K. B. (1962) — Etude palynologique de quelques charbons français en relation avec leur structure pétrographique. Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France. Verneuil-en-Halatte. (C. R. Recherche scientifique).
- (1963) — Coal — A palyno-petrographic approach. *J. geol. Soc. India* (Bangalore) **4**: 68-78.
- (1964) — Miospore assemblage pattern in the microlithotypes of Jura coals. *The Palaeobotanist* (Lucknow) **13** (1): 1-16.
- (1965 a) — Petrographic and sporological studies of some coals from Talcher coalfield, Orissa, India. *The Palaeobotanist* (Lucknow) **14** (1/3): 61-69.
- (1965 b) — Recognition of petrographic and microfloral assemblage zones in coal seams. *J. geol. Soc. India* (Bangalore) **6**: 18-26.
- (1972) — Petro-palynology of Lower Gondwana durain coals. *Proc. Semin. Paleopalynol. Indian Stratigr.* (Calcutta — 1971). p. 109-119. Department of Botany, University of Calcutta, Calcutta.
- NAVALE, G. K. B. & SRIVASTAVA, Suresh C. (1959) — Petro-palynological study of the coals exposed near Gopalprasad of Talcher coalfield (Orissa), India. *The Palaeobotanist* (Lucknow) **18** (3): 258-263.
- NEVES, R. (1972) — Recent developments in Carboniferous Palynology. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (7^e — Krefeld — 1971). Vol. 1. p. 127-137. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- NEVES, R. & SULLIVAN, H. J. (1964) — Modification of fossil spore exines associated with the presence of pyrite crystals. *Micropaleontology* (New York, N. Y.) **10** (4): 443-452.
- NIEMÖLLER, Bernhard; STADLER, Gerhard & TEICHMÜLLER, Rolf (1973) — Die Eruptivgänge und Naturkoke im Karbon des Steinkohlenbergwerks Friedrich Heinrich in Kamp-Lintfort (Linker Niederrhein) aus geologischer Sicht. *Geol. Mitt.* (Aachen) **12**: 197-218.
- NOEL, R. (1956 a) — Aspect particulier des constituants pétrographiques dans certains charbons très évolués des bassins de Liège, de Herve et de Campine. *Ann. Min. Belg.* (Liège) **1956** (2): 253-257.
- (1956 b) — Préparation des piliers de charbon en vue de leur étude pétrologique en lumière réfléchie et nouvelle méthode de représentation des profils de veine. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.º 2* (2^e Meet. — Liège — 1955). p. 28-30. R. Louis, Bruxelles.
- NOËL, R. (1958) — Contribution à l'étude des charbons du Congo Belge. Application de l'analyse pétrographique aux problèmes pratiques relatifs à des charbons très cendreux. *Rév. Ind. minér.* (Paris) **N.º spéc. 15 Juillet 1958**: 32-40. (C. R. Colloq. internat. Pétrol. appl. Charb. — Paris — 1957).
- NOEL, R. (1964) — Le lexique international de pétrographie des charbons. Présentation de la deuxième édition (1963). *Ann. Min. Belg.* (Liège) **1964** (2): 221-224.
- NOWAK, Dorothea (1969) — Zum chemischen Bau von Exiniten. Aachen.
- OELERT, H. H. (1970) — Chemical composition of micrinites and semifusinites. *Fuel* (London) **49**: 119-125.
- OLIVEIRA, Henrique Vieira de (1945) — Ensaios de micro-petrografia de carvões portugueses. *Rev. Fac. Engenh.* (Porto) **11** (1/2): 24-31. (1945-Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto, 2^o Sér. N.º 44. Porto).
- (1956) — Estudo petrográfico de carvões do Pejão, Porto. (Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto, 3^o Sér. N.º 72).
- (1958) — Estudo petrográfico de carvões do Pejão. *An. Fac. Ciênc. Porto* (Porto) **40** (3): 165-192.

- OTTENJANN, Karl; TEICHMÜLLER, Marlies & WOLF, Monika (1974) — Spektrale Fluoreszenz-Messungen an Sporiniten mit Auflicht-Anregung, eine mikroskopische Methode zur Bestimmung des Inkohlungsgrades gering inkohlter Kohlen. *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.* (Krefeld) **24**: 1-36 (*Sympos. «Inkohlung und Erdöl. Beiträge der Kohlenpetrologie zur Prospektion auf Erdöl und Erdgas»; trad. française In: «Houillification et Pétrole»*, Trad. BRGM. N.° 5477, p. 5-46).
- OTTENJANN, K.; TEICHMÜLLER, M. & WOLF, M. (1975) — Spectral fluorescence measurements of sporinites in reflected light and their applicability for coalification studies. In: ALPERN, Boris — *Colloq. internat. «Pétrographie de la matière organique des sédiments, relations avec la paléotempérature et le potentiel pétrolier»* (Paris — 1973). p. 49-65. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.
- OWENS, B. (1970) — A review of the palynological methods employed in the correlation of palaeozoic sediments. In: *Colloq. Stratigr. Carbonif. (Liège — 1969)*, p. 99-112. Université de Liège. Liège. (Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège, Vol. 55).
- PAREEK, H. S. (1958) — Fungal bodies in Talcher coals. *J. paleont. Soc. India* (Lucknow) **3**: 214-215. (Birbal Sahni Memorial Number).
- (1963) — Petrology of Talcher coals. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **68** (7): 1089-1109.
- (1964 a) — The nature and origin of certain micro-constituents in the coals of Talcher coalfield, India. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif. (5^e — Paris — 1963)*. T. 3. p. 991-995.
- (1964 b) — Petrological nature of fusinized resins in the Gondwana (Permian) coals of India. *Curr. Sci.* (Bangalore) **33** (23): 715-716.
- (1966 a) — Fusinized resins in Gondwana (Permian) coals of India. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **61** (1): 137-146.
- (1966 b) — Petrographic studies of the coal from Karanpura coalfields. *Mem. geol. Surv. India* (Delhi) **95**: 1-112.
- (1966 c) — Petrological characteristics of Barakar coal seams, metamorphosed by lamprophyre sill in the Jharia coalfield, Bihar. *Proc. Indian Acad. Sci.* (Bangalore) Sect. B **63** (5): 261-270.
- PAREEK, H. S.; SANYAL, S. P. & CHAKRABARTI, N. C. (1964) — Petrographic studies of the coal seams in the Pench-Kanhan coalfield, India. *Rep. internat. geol. Congr. (22^e — India (New Delhi) — 1964)*. Proc. Sect. 9 — *Gondwanas*. P. 9. p. 1-16 New Delhi.
- PARKS, Bryan C. (1949) — Petrographic analysis of coal by the particle count method. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **44** (5): 376-424.
- PARKS, B. C. (S. d.) — Mineral matter in coal. *Conf. Origin Constitution of Coal (2^e — Crystal Cliffs-Nova Scotia — 1952)*, p. 272-292. Nova Scotia Department of Mines & Nova Scotia Research Foundation.
- PARR, S. W. & HAMILTON, N. D. (1907) — The weathering of coal. *Econ. Geol.* (Lancaster, Pa.) **2**: 693-703.
- PATTEISKY, K. (1958) — Aufbau und Verkokungseigenschaften des Vitrits. *Brennst.-Chem.* (Essen) **39**: 51-55. (2 Internat. Tagung Kohlenwiss. — Valkenburg — 1957).
- PATTEISKY, K. & TEICHMÜLLER, M. (1958) — Examen des possibilités d'emploi de diverses échelles pour la mesure du rang des charbons et propositions pour la délimitation des principaux stades de houillification. *Rév. Ind. minér.* (Paris) N.° spéc. **15 Juillet 1958**: 121-137. (C. R. Colloq. internat. Pétrol. appl. Charb. — Paris — 1957).
- PEGO, Manuel Roldan y (1925) — Dos carvões portuguesés. *Rev. Obras publ. Min. Sci. apl. Ind.* (Lisboa) **56** (632): 15-19.
- PEYOIS, Marie-Claude Raudrant (1967) — La méthode de l'analyse macérale. Discussion et vérification à propos de l'étude pétrographique d'une veine de houille du groupe d'Auchel-Bruay, Lille.
- PICKHARDT, Wilhelm (1954) — Über den Sklerotinit in paläozoischen Steinkohlenflözen. Bonn. (Thèse).
- PIERART, P. & PIQUET, P. (1976) — Analyse thermique de la sporopollène et de la fusinite. *Bull. Soc. Belge Géol.* (Bruxelles) **85** (1): 39-49.
- PILLER, Horst (1960) — Advances in methods and instruments for polarizing and ore microscopy. *J. Geol. United Arab Republic* (Cairo) **4** (1): 1-16.
- (1966) — Métodos modernos de investigación óptica en microscopia de polarización. Ediciones Jover. Barcelona.
- PIRE, L. Rodríguez & RODRIGUEZ, V. Hevia (1953) — Posibilidad de aplicación de un sencillo microscopio estereoscópico de preparación a la microfotografía del carbon con luz reflejada. *Bol. inform. Inst. nac. Carb.* (Oviedo) **2** (10): 10-18.
- PODWYSOCKI, Melvin H. & DUTCHER, Russel R. (1971) — Coal dikes that intrude lamprophyre sills; Purgatoire River Valley, Colorado. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **66** (2): 267-280.
- POOLEY, F. D.; PLATT, J. & HENDERSON, W. J. (1966) — Surface micro-structure of some vitrains of British coals. *Nature* (London) **210** (5032): 179-181.

- POTONIÉ, R. & ALPERN, B. (1964) — Principaux aspects du développement de la Palynologie du Houiller. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif. (5^e—Paris—1963)*. T. 1. p. 203-226.
- POTONIÉ, Robert; REHNELT, Kurt; STACH, Erich & WOLF, Monika (1970) — Zustand der Sporen in den Kohlen «Sporinit». *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf. (Krefeld)* 17: 461-498.
- PRADO, J. Gonzalez (1963) — Un nuevo metodo para la determinacion de techo y muro en algunas capas de carbon. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 12 (57): 74-86.
- PRADO, Javier Gonzalez (1966) — Nota sobre la orientacion de las capas de Mina Llamas. *Bol. Inst. Estud. Astur. (Oviedo) Supl. Cienc.* 18.
- PRADO, J. G. (1977) — Optical properties of oxidized vitrinite and exinite. *J. Microsc. (Oxford)* 109 (1): 85-92. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications»).
- PRADO, J. Gonzalez & RODRIGUEZ, V. Hevia (1960) — Estudio petrografico de una capa de carbon. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 9 (48): 62-81.
- QUEIRÓS, Norberto Afonso Múrias de (S. d. a) — Problemas dos carvões. *Estud. Notas Trab. Serv. Fom. min. (Porto)* 15 (3/4): 293-314.
- QUEIRÓS, Norberto A. Múrias de (S. d. b) — Programa de inventário e valorização de recursos minerais de Portugal metropolitano. *Congr. Hisp.-Luso-Amer. Geol. econ. (1^a—Madrid; Lisboa—1971)*. Secç. 4 — *Investigação Mineira*. T. 2. p. 813-834.
- RABITZ, Albrecht & WOLF, Monika (1967) — Asphaltspuren in bituminösen Schieferen im Unteren Westfal B des Ruhrkarbons. *Erdöl Kohle Erdgas Petrochem. (Berlin)* 20 (4): 257-261.
- RAMDOHR, Paul (1928) — Mikroskopische Beobachtungen an Graphiten und Koksen. *Arch. Eisenhüttenwes. (Düsseldorf)* 1 (11): 669-672.
- (1969) — The ore minerals and their intergrowths Pergamon. Oxford.
- RAYNALD, Jean-François & ROBERT, Paul (1976) — Les méthodes d'étude optique de la matière organique. *Bull. Centre Rech. Pau (Pau)* 10 (1): 109-127. («La matière organique dans les sédiments»).
- RINGARD, Henri (1936) — Etude microscopique des principales veines de houille de la concession de Courrières. Lille.
- RISHI, Mohan K. (1970) — Reflectance of sclerotoids from coals of Umaria, Central India. *Econ. Geol. (New Haven, Conn.)* 65 (6): 700-705.
- RÖBE-OLTMANN, Georg (1952) — Verbreitung und Ausbildung eines Quarzhorizontes in Flöz Kreftenscheer. *Glückauf (Essen)* 88 (49/50): 1200-1212.
- ROBERT, P. (1971) — Etude pétrographique des matières organiques insolubles par la mesure de leur pouvoir réflecteur. Contribution à l'exploration pétrolière et à la connaissance des bassins sédimentaires. *Rév. Inst. Franç. Pétrol. Ann. Combust. liq. (Paris)* 26 (2): 105-135.
- (1974) — Analyse microscopique des charbons et des bitumes dispersés dans les roches et mesure de leur pouvoir réflecteur. Application à l'étude de la paléogéothermie des bassins sédimentaires et de la genèse des hydrocarbures. In: TISSOT, B. & BIENNER, F. — *Advances in Organic Geochemistry 1973 (Actes Congr. internat. Géochim. organ.—6^e—Ruël-Malmaison—1973)*. p. 549-569. Technip. Paris.
- RODRIGUES, A. J. Adriano; SOLLA, Luiz de Castro e; MONIZ, Rogério Vargas & PINHEIRO, Vitor Pinto (S. d.) — Fabrico de gusa com minérios portugueses em baixo-forno experimental, na Klöckner-Humboldt-Deutz, A. G., em Colónia. *Estud. Notas Trab. Serv. Fom. min. (Porto)* 12 (1/2): 5-65.
- RODRIGUEZ, V. Hevia (1953) — El estudio microscopico del carbon. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 2 (9): 5-34.
- (1955) — Aplicacion de un sistema de inmersion al microscopio estereoscopico preparado para la observacion por reflexion del carbon. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 4 (19): 31-44.
- (1957 a) — La petrografia del carbon y sus relaciones con la tecnica de los combustibles. I — Origenes de la petrografia del carbon. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 6 (33): 115-118.
- (1957 b) — La petrografia del carbon y sus relaciones con la tecnica de los combustibles. II — Instrumentos de investigacion. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 6 (33): 119-135.
- (1957 c) — La petrografia del carbon y sus relaciones con la tecnica de los combustibles. III — Tecnicas de estudio microscopico. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 6 (36): 274-279.
- (1958) — La petrografia del carbon y sus relaciones con la tecnica de los combustibles. IV — Tecnica petrografica acual. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 7 (37): 27-37.
- (1959 a) — Contribucion al estudio de los errores cometidos en los analisis microscopicos cuantitativos. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 8 (44): 73-80.
- (1959 b) — Nueva contribucion al estudio de los errores cometidos en los analisis microscopicos cuantitativos. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 8 (45): 111-116.
- (1960) — Aportaciones del Instituto Nacional del Carbon a la tecnica y analisis microscopicos. *Bol. inform. Inst. nac. Carb. (Oviedo)* 9 (49): 139-146.

- [RODRIGUEZ], V. Hevia (1964) — A propos des microlithotypes des charbons. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (5^e — Paris — 1963). T. 3. p. 923-931.
- [RODRIGUEZ], Victor Hevia (1974) — Sur la mesure de la réflectivité des macéraux des charbons en différentes longueurs d'onde. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (7^e — Krefeld — 1971). Vol. 3. p. 189-196. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- RODRIGUEZ, Victor Hevia (S. d.) — Trabajos españoles sobre petrografía del carbón. *Mem. Congr. internac. Quim. ind.* (28^e — Madrid — 1955). T. 1. p. 469-472.
- RODRIGUEZ, V. Hevia & PRADO, J. Gonzalez (1961) — Precision de los analisis de macerales realizados en el Instituto Nacional del Carbon. *Bol. inform. Inst. nac. Carb.* (Oviedo) **10** (52): 137-155.
- ROOS, G. (1937) — Comparative researches on the variation of the constituents of coal of one seam from South Limburg (The Netherlands). *C. R. Congr. Avanc. Et. Stratigr. Carbonif.* (2^e — Heerlen — 1935). T. 2. p. 1057-1163. Maastricht.
- ROOS, Gerrit (S. d.) — Comparative researches on the variation of the constituents of coal of one seam from South Limburg (The Netherlands). Maastricht. (Thèse).
- ROY, M. M. (1965) — Studies on coal macerals. III. Aerial oxidation of macerals. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **60** (6): 1213-1217.
- SANTOS, João Lopes Guimarães dos (1953 a) — Algumas disponibilidades em matérias-primas minerais na Metrópole. *Técnica* (Lisboa) **232**: 463-479.
- (1953 b) — Disponibilidades em matérias-primas minerais na Metrópole. *Rev. Centro Estud. econ.* (Lisboa) **13**: 7-163.
- SAPPAL, K. K. (1975) — Sclerotinite in certain palaeozoic coals of Australia. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (7^e — Krefeld — 1971). Vol. 4. p. 195-199. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- SARBEVA, L. I. (S. d.) — A study of the structure of anthracites in polarized light. *Rep. internat. geol. Congr.* (17^e — USSR — 1937). Vol. 1. p. 627.
- SCHAPIRO, N. & GRAY, R. J. (1960) — Petrographic classification applicable to coals of all ranks. *Proc. Illinois Min. Inst.* (Chicago, Ill.) **68**: 83-97.
- (1966) — Physical variations in highly metamorphosed Antarctic coals. In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*. p. 196-210. American Chemical Society, Washington (D. C.).
- SCHNEIDER, Erich (1968) — Beiträge zur Petrographie der Flammkohle (Westfal D) im Nordostteil des Saarbrücker Sattels. *Ann. Univ. Saravien.* (Berlin) **6**: 43-96.
- SCHNEIDERHÖHN, Hans (1952) — Erzmikroskopisches Praktikum. Schweizersbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- SCHOPF, James Morton (1948) — Variable coalification: The processes involved in coal formation. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **43** (3): 207-225.
- SCHOPF, James M. (1952) — Was decay important in origin of coal?. *J. Sediment. Petrol.* (Tulsa, Okla.) **22** (2): 61-69.
- (1956) — Petrologic methods for application to solid fuels of the future. *Min. Engng.* (New York, N. Y.). June 1956. p. 1-11.
- (1962) — A preliminary report on plant remains and coal of the sedimentary section in the Central Range of the Horlick Mountains, Antarctica, National Science Foundation, Washington (D. C.). (Institute of Polar Studies Report N.º 2. The Ohio State University Research Foundation, RF Project 1132).
- SCHOPF, J. M. (1970) — Petrified peat from a Permian coal bed in Antarctica. *Science* (Washington, D. C.) **169** (3942): 274-276.
- SCHOPF, James M. (1971) — Comment about the origin of micrinite. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **66** (8): 1153-1156.
- (1973) — Coal, Climate and Global Tectonics. In: TARLING, D. H. & RUNCORN, S. K. — *Implications of continental drift to the Earth Sciences* (Proc. NATO Advanced Stud. Inst. — Newcastle upon Tyne — 1972). Vol. 1. p. 609-622. Academic Press, London.
- (1975) — Modes of fossil preservation. *Rev. Palaeobot. Palynol.* (Amsterdam) **20**: 27-53.
- SCHOPF, J. M. & LONG, W. E. (1966) — Coal metamorphism and igneous associations in Antarctica. In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*. p. 156-195. American Chemical Society, Washington (D. C.).
- SCHULTZ, Alfred R. (1910) — Weathering of coal in the arid region of the Green River Basin, Sweetwater County, Wyoming. *U. S. geol. Surv. Bull.* (Washington, D. C.) **381**: 282-296. (Contr. econ. Geol. P. II — Mineral Fuels. 1908).

- SENGUPTA, S. & MUIR, M. D. (1977) — The use of light and electron microscopy in the study of experimentally altered spores and pollen grains. *J. Microsc.* (Oxford) **109** (1): 153-158. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications»).
- SEYLER, Clarence A. (1932) — The microstructure and banded constituents of anthracite. *Fuel Sci. Pract.* (London) **2**: 217-218.
- (1925) — The microstructure of coal. *Fuel Sci. Pract.* (London) **4**: 56-66.
- (1938) — Petrology and the classification of coal. *Proc. South Wales Inst. Eng.* (Cardiff) **53** (4): 254-327.
- SEYLER, Clarence A. & EDWARDS, W. J. (1929) — The microscopical examination of coal. Department of Scientific and Industrial Research, London. (Physical and Chemical Survey of the National Coal Resources N.º 16).
- SHIBAOKA, M. (1970) — The differentiation of macerals by thin-film colouring. *Proc. Australas. Inst. Min. Metallurg.* (Parkville) **233**: 17-19.
- SHIBAOKA, M. & SMYTH, Michelle (1975) — Coal petrology and the formation of coal seams in some Australian sedimentary basins. *Econ. Geol. (New Haven, Conn)* **70** (8): 1463-1473.
- SIEVER, Raymond (1957) — Variation in coal reflectance. Division of the Illinois State Geological Survey, Urbana (Ill.). (Circular N.º 241).
- SISTI, D. C. (1975) — Sulfur removal at the Beaver Creek consolidated coal CO's Stinson plant. *Trans. Soc. Min. Eng. AIME* (Salt Lake City, Utah) **258** (2): 95-97.
- SMITH, A. H. V. (1957) — The sequence of microspore assemblages associated with the occurrence of crassidurite in coal seams of Yorkshire. *Geol. Mag.* (London) **94**: 345-363.
- (1968) — Seam profiles and seam characters. In: MURCHISON, Duncan & WESTOLL, T. Stanley — *Coal and coal-bearing strata*. p. 31-40. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- SMYTH, M. (1967) — Coal petrology applied to the correlation of some New South Wales Permian coals. *Proc. Australas. Inst. Min. Metallurg.* (Parkville) **221**: 11-18.
- (1970) — Type seam sequences for some permian australian coals. *Proc. Australas. Inst. Min. Metallurg.* (Parkville) **233**: 7-15.
- SOLLA, Luis de Castro e (S. d.) — Possibilidades das indústrias-base em Portugal em face das matérias-primas nacionais. *Estud. Notas Trab. Serv. Fom. min.* (Porto) **15** (1/2): 5-50.
- SOLLA, Luiz de Castro e & SANTOS, J. L. Guimarães dos (1960) — Ensaio Renn com minerais de ferro y carbones portugueses. *Rev. Inst. Hierro Acero* (Madrid) **13** (63 — N.º espec.).
- SOLLA, Luis de Castro e & SANTOS, João L. Guimarães dos (S. d. a) — Ensaio Renn com minério de ferro e carvão português. *Estud. Notas Trab. Serv. Fom. min.* (Porto) **14** (1/2): 1-28.
- SOLLA, Luis de Castro e & SANTOS, J. L. Guimarães dos (S. d. b) — Ensaio siderúrgico em forno eléctrico de cuba baixa com matérias-primas portuguesas. *Estud. Notas Trab. Serv. Fom. min.* (Porto) **10** (1/2): 1-26.
- SOLOMON, M. (1963) — Counting and sampling errors in modal analysis by point counter. *J. Petrol.* (Oxford) **4** (3): 367-382.
- SOMMERS, Hans & PETERS, Werner (1954) — Die Kinetik der Kohlenoxydation bei mässigen Temperaturen. *Chem. Ing. Techn.* (Berlin) **26** (8/9): 441-453.
- SOUISA, M. J. Lemos de (1971) — Sobre as primeiras medidas de poder reflector nas perantracites da bacia carbonífera do Douro (Mina de São Pedro da Cova — Gondomar — NW de Portugal). *Comun. Serv. geol. Portg.* (Lisboa) **55**: 181-220.
- (1972) — Sur une méthode semi-automatique d'étude du pouvoir réflecteur des constituants des matières organiques sédimentaires fossiles insolubles. Porto. (Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto. 4.º Sér. N.º 84).
- (1973) — Contribuição para o conhecimento da Bacia Carbonífera do Douro. Porto. (Thèse).
- (1974) — Sur la présence de pyrocarbone dans quelques charbons. *Commun. Serv. geol. Portg.* (Lisboa) **58**: 197-211.
- (1976) — Novos elementos para o conhecimento da relação Microdureza Vickers-Rang em carvões. (A propósito das primeiras determinações de microdureza Vickers em carvões portugueses). Porto. (Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto. 4.º Sér. N.º 86).
- (1977 a) — Nota sobre a densidade das perantracites da Bacia Carbonífera do Douro (NW de Portugal). *Bol. Min.* (Lisboa) **14** (1): 1-7.
- (1977 b) — Sobre alguns problemas do Permo-Carbónico Continental português. *Ciênc. Terra* (Lisboa) **3**: 9-22.

- SOUSA, M. J. Lemos de — (sous presse a) — O grau de incarbonização (*rang*) dos carvões durienses e as conseqüências genéticas, geológicas e estruturais que resultam do seu conhecimento. *Commun. Serv. geol. Portug.* (Lisboa) **63**.
- (sous presse b) — Primeira contribuição para o estudo da oxidação natural em afloramento das perantacrites da Bacia Carbonífera do Douro (NO de Portugal). Porto. (Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto. 4^o Sér. N.º 89).
- SOUSA, M. J. Lemos de & MÉRIAUX, E. (1970) — Etude pétrographique préliminaire des houilles du bassin du Moatize (Tete, Mozambique). *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* **90** (3): 137-149.
- (1971) — Estudo petrográfico preliminar das hulhas da bacia de Moatize (Tete, Moçambique). *Garcia de Orta (Lisboa)* **19** (1/4): 263-278.
- SPACKMAN, William (1958) — The maceral concept and the study of modern environments as a means of understanding the nature of coal. *Trans. New York Acad. Sci.* (New York, N. Y.) 2^o Sér. **20** (5): 411-423.
- SPACKMAN, William & BARGHOORN, Elso S. (1966) — Coalification of woody tissue as deduced from a petrographic study of Braudon lignite. In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*. p. 695-707. American Chemical Society. Washington (D. C.).
- SPACKMAN, W. & THOMPSON, R. (1964) — A coal constituent classification designed to evolve as knowledge of coal composition evolves. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (5^o — Paris — 1963). T. 1. p. 239-254.
- STACH, E. (1932) — Die Opaksubstanz in der Steinkohle. *Sitz.-Ber. Preussisch. geol. Landesamt.* (Berlin) **7**: 15-25.
- (1937) — Die Anwendung der Ölimmersion in der Kohlenpetrographie. *Glückauf* (Essen) **73**: 330-333.
- STACH, Erich (1949) — Lehrbuch der Kohlenmikroskopie. Bd. 1 — Die kohlenpetrographischen Untersuchungsverfahren und ihre Anwendungsmöglichkeiten. Glückauf, Kettwig.
- (1952 a) — Braunkohlenmikroskopie. In: FREUND, Hugo — *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*. Bd. 2 — *Mikroskopie der Bodenschätze*. Tl. 1 — *Mikroskopie der Steinkohle, des Koks und der Braunkohle*. p. 483-686. Umschau, Frankfurt am Main.
- STACH, E. (1952 b) — Ein geologischer Koks im Saarkarbon. *Z. Dt. geol. Ges.* (Hannover) **103**: 233-237.
- (1952 c) — Heutiger Stand der genetischen Deutung der Kohlengefügebestandteile. *C. R. Congr. Avanc. Et. Stratigr. Géol. Carbonif.* (3^o — Heerlen — 1951). T. 2. p. 585-590. Ernest van Aelst. Maestricht.
- STACH, Erich (1952 d) — Mikroskopie natürlicher Koks. In: FREUND, Hugo — *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*. Bd. 2 — *Mikroskopie der Bodenschätze*. Tl. 1 — *Mikroskopie der Steinkohle, des Koks und der Braunkohle*. p. 411-442. Umschau, Frankfurt am Main.
- STACH, E. (1952 e) — Die Vitrit-Durit-Mischungen in der petrographischen Kohlenanalyse. *Brennst.-Chem.* (Essen) **33**: 361-370.
- (1953) — Der Inkohlungsprung im Ruhrkarbon. *Brennst.-Chem.* (Essen) **34**: 353-355.
- (1954 a) — The importance of microscopy of polished sections with oil immersion for research and industry. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.º 1 (1^o Meet. — Geleen — 1953)*. p. 11-16. Ernest van Aelst. Maestricht.
- STACH, Erich (1954 b) — Der Crassidurit, ein Hilfsmittel zur Flözgleichstellung im Ruhrkarbon. *Geol. Jb.* (Hannover) **69**: 202-237.
- STACH, E. (1955) — Crassidurain — A means of seam correlation in the carboniferous coal measures of the Ruhr. *Fuel* (London) **34**: 95-118.
- (1956 a) — La sclérotinite et son importance pour l'origine de la durite. *Ann. Min. Belg.* (Liège) **1956** (1): 73-89.
- (1956 b) — La sclérotinite et son importance pour l'origine de la durite. *Proc. internat. Comm. Coal Petrol. N.º 2 (2^o Meet. — Liège — 1955)*. p. 56-58. R. Louis. Bruxelles.
- (1957 a) — Auflicht-Mikroskopie mit Immersions-Kappen. *Mikroskopie* (Wien) **12** (7/8): 232-242.
- (1957 b) — Der Collinit der Steinkohlen. *Geol. Jb.* (Hannover) **74**: 39-61.
- STACH, Erich (1958 a) — Kohlen-Anschliff-Mikroskopie mit Methylenjodid-Immersion. *Brennst.-Chem.* (Essen) **39** (1/2): 15-20.
- (1958 b) — Radioaktive Inkohlung. *Brennst.-Chem.* (Essen) **39** (21/22): 329-331.
- STACH, E. (1958 c) — Die Vergelung (Gelifikation) beim Übergang von Weichbraunkohle in Hartbraunkohle. *Braunk. Wärme Energ.* (Essen) **1958** (7/8): 163-165.
- STACH, Erich (1962) — Die biochemische Inkohlung des Exinitis im Mikrobild. *Brennst.-Chem.* (Essen) **43** (3): 72-78.
- STACH, E. (1964 a) — Resinit und Sklerotinit als Kennzeichen der Kohlenflöz-Fazies. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (5^o — Paris — 1963). T. 3. p. 1003-1013.

- STACH, Erich (1964 b) — Zur Untersuchung des Sporinit in Kohlen-Anschliffen. *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.* (Krefeld) **12**: 403-420. (Sympos. «Paläobotanische, kohlenpetrographische und geochemische Beiträge zur Stratigraphie und Kohlengense»).
- (1966/67) — Der Resinit und seine biochemische Inkohlung. *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.* (Krefeld) **13** (2): 921-968.
- STACH, E. (1968 a) — Basic principles of coal petrology: macerals, microlithotypes and some effects of coalification. In: MURCHISON, Duncan & WESTOLL, T. Stanley — *Coal and coal-bearing strata*, p. 3-17. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- STACH, Erich (1968 b) — Die Untersuchung von Kohlenlagerstätten. In: *Lehrbuch der angewandten Geologie* Bd. 2, Tl. 1, p. 421-562. Ferdinand Enke, Stuttgart.
- STACH, E. (1969) — Fortschritte der Auflicht-Fluoreszenz-Mikroskopie in der Kohlenpetrographie. *Freib. Forschung.* (Freiberg) **C 242**: 35-56.
- (1970) — Die Bedeutung der Zellulose für die Kohlenentstehung. *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.* (Krefeld) **17**: 439-460.
- (1971) — Der Maceralbegriff in der Kohlenforschung. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (6^e — Sheffield — 1967). Vol. 4, p. 1491-1504. Ernest van Aelst, Maastricht.
- STACH, Erich & ALPERN, Boris (1966) — Inertodetrinit. Makrinit und Mikrinit. *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.* (Krefeld) **13** (2): 969-980.
- STACH, E. & DÉPIREUX, J. (1965) — Künstliche radioaktive Inkohlung. *Brennst.-Chem.* (Essen) **46** (1): 7-13.
- STACH, E.; MACKOWSKY, M.-Th.; TEICHMÜLLER, M.; TAYLOR, G. H.; CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER, R. (1975) — Stach's Textbook of Coal Petrology. 2^e Ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- STACH, Erich & MICHELS, Hans-Cristoph (1955) — Reflexionsmessungen an Kohlenanschliffen mit dem Berek-Mikrophotometer, insbesondere am Exinit der Ruhrkohlenflöze. *Geol. Jb.* (Hannover) **71**: 113-143.
- STACH, E. & PICKHARDT, W. (1957) — Pilzreste (Sklerotinit) in paläozoischen Steinkohlen. *Paläont. Z.* (Stuttgart) **31** (3/4): 139-162.
- STACH, Erich & PICKHARDT, Wilhelm (1964) — Tertiäre und karbonische Pilzreste (Sklerotinit). *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.* (Krefeld) **12**: 377-392. (Sympos. «Paläobotanische, kohlenpetrographische und geochemische Beiträge zur Stratigraphie und Kohlengense»).
- STADNICHENKO, Taisia (1934) — Progressive regional metamorphism of the lower Kittanning coal bed of Western Pennsylvania. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **29** (6): 511-543.
- STOPES, Marie C. (1919) — On the four visible ingredients in banded bituminous coal. *Proc. roy. Soc. London* (London) Ser. B **90**: 470-487.
- (1935) — On the petrology of banded bituminous coal. *Fuel Sci. Pract.* (London) **14** (1): 4-13.
- STOVAN, Dietrich; KÜNSTNER, Eberhard & SONTAG, Erika (1974) — Über die Genauigkeit des Point-Counter-Verfahrens. *Z. angew. Geol.* (Berlin) **20** (7): 300-304.
- STUART, Alan (1924) — Observations on the micropetrology of South Wales anthracite. *Geol. Mag.* (London) **61**: 360-366.
- STUTZER, Otto & NOÉ, Adolph (1940) — Geology of coal. The University of Chicago Press, Chicago (Ill.).
- SWEENEY, R. E. & KAPLAN, I. R. (1973) — Pyrite framboid formation: Laboratory synthesis and marine sediments. *Econ. Geol.* (New Haven, Conn.) **68** (5): 618-634.
- TAKAHASHI, R.; TAKESHITA, K.; MIKI, T. & MOROTOMI, H. (1975) — Über den Werdegang der Kristallite in Pech-, Kohlen- und Naturkoks. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (7^e — Krefeld — 1971). Vol. 4, p. 281-288. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- TAYLOR, G. H. (1961) — Development of optical properties of coke during carbonization. *Fuel* (London) **40**: 465-472.
- (1966) — The electron microscopy of vitrinites. In: *Advances in Chemistry Series 55 — Coal Science*, p. 274-283. American Chemical Society, Washington (D. C.).
- (1971 a) — Carbonaceous matter: A guide to the genesis and history of ores. *Soc. Min. Geol. Japan spec. Issue* (Tokyo) **3**: 283-288. (Proc. IMA-IAGOD Meet. — 1970: IAGOD Vol.).
- (1971 b) — Coal Petrography. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **45**: 4-8.
- TAYLOR, G. H. & COOK, A. C. (1962) — Sclerotinite in coal — its petrology and classification. *Geol. Mag.* (London) **99**: 41-52.
- TEICHMÜLLER, Marlies (1950) — Zum petrographischen Aufbau und Werdegang der Weichbraunkohle (mit Berücksichtigung genetischer Fragen der Steinkohlenpetrographie). *Geol. Jb.* (Hannover/Celle) **64**: 429-488.
- (1952 a) — Die Anwendung des polierten Dünnschliffes bei der Mikroskopie von Kohlen und versteinerten Torfen. In: FREUND, Hugo — *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*. Bd. 2 — *Mikroskopie der Bodenschätze*. Tl. 1 — *Mikroskopie der Steinkohle, des Kokes und der Braunkohle*, p. 235-310. Umschau, Frankfurt am Main.

- TEICHMÜLLER, M. (1952 b) — Vergleichende mikroskopische Untersuchungen versteinierter Torfe des Ruhrkarbons und der daraus entstandenen Steinkohlen. *C. R. Congr. Avanc. Et. Stratigr. Géol. Carbonif.* (3^e — Heerlen — 1951). T. 2. p. 607-613. Ernest van Aelst. Maestricht.
- (1958) — Métamorphisme du charbon et prospection du pétrole. *Rév. Ind. minér.* (Paris) N.° spéc. 15 **Juillet 1958**: 99-113. (C. R. Colloq. internat. Pétrol. appl. Charb. — Paris — 1957).
- TEICHMÜLLER, Marlies (1968) — Zur Petrographie und Diagenese eines fast 200m mächtigen Torfprofils (mit Übergängen zur Weichbraunkohle?) im Quartär von Philipp (Mazedonien). *Geol. Mitt.* (Aachen) 8: 65-110.
- (1971) — Anwendung kohlenpetrographischer Methoden bei der Erdöl- und Erdgasprospektion. *Erdöl Kohle Erdgas Petrochem. verein. Brennst. Chem.* (Hamburg) 24 (2): 69-76.
- (1973) — Zur Petrographie und Genese von Naturkoksen im Flöz Präsident/Helene der Zeche Friedrich Heinrich bei Kamp-Lintfort (Linker Niederrhein). *Geol. Mitt.* (Aachen) 12: 219-254.
- (1974 a) — Entstehung und Veränderung bituminöser Substanzen in Kohlen in Beziehung zur Entstehung und Umwandlung des Erdöls. *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.* (Krefeld) 24: 65-112. (Sympos. «Inkohlung und Erdöl. Beiträge der Kohlenpetrologie zur Prospektion auf Erdöl und Erdgas»; Trad. française In: «Houillification et Pétrole». Trad. BRGM N.° 5477. p. 79-138).
- TEICHMÜLLER, M. (1974 b) — Generation of petroleum-like substances in coal seams as seen under the microscope. In: TISSOT, B. & BIENNER, F. — *Advances in Organic Geochemistry 1973 (Actes Congr. internat. Géochim. organ. — 6^e — Rueil-Malmaison — 1973)*. p. 379-406. Technip. Paris.
- TEICHMÜLLER, Marlies (1974 c) — Über neue Macerale der Liptinit-Gruppe und die Entstehung von Micrinit. *Fortschr. Geol. Rhein.-Westf.* (Krefeld) 24: 37-64. (Sympos. «Inkohlung und Erdöl. Beiträge der Kohlenpetrologie zur Prospektion auf Erdöl und Erdgas»; Trad. française In: «Houillification et Pétrole». Trad. BRGM N.° 5477. p. 47-78).
- TEICHMÜLLER, M. & NOEL, R. (1964) — Das Internationale Lexikon für Kohlenpetrologie (Bericht über die Tätigkeit der Nomenklatur-Kommission der Internationalen Kommission für Kohlenpetrologie). *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (5^e — Paris — 1963). T. 3. p. 1015-1030.
- TEICHMÜLLER, M. & R. (1950) — Das Inkohlungsbild des Niedersächsischen Wealden-Beckens. *Z. Dt. geol. Ges.* (Hannover) 100: 498-517. (Volume de l'anné 1948).
- TEICHMÜLLER, Marlies & Rolf (1954 a) — Zur mikrotektonischen Verformung der Kohle. *Geol. Jb.* (Hannover) 69: 263-285.
- TEICHMÜLLER, M. & R. (1954 b) — Die stoffliche und strukturelle Metamorphose der Kohle. *Geol. Rdsch.* (Stuttgart) 2.
- TEICHMÜLLER, Marlies & TEICHMÜLLER, Rolf (1967) — Diagenesis of coal (Coalification). In: LARSEN, Gunnar & CHILINGAR, George V. — *Developments in Sedimentology 8 — Diagenesis in sediments*. p. 391-415. Elsevier. Amsterdam.
- (1968) — Geological aspects of coal metamorphism. In: MURCHISON, Duncan & WESTOLL, T. Stanley — *Coal and coal-bearing strata*. p. 233-267. Oliver & Boyd. Edinburgh.
- TEICHMÜLLER, M. & WOLF, M. (1977) — Application of fluorescence microscopy in coal petrology and oil exploration. *J. Microsc.* (Oxford) 109 (1): 49-73. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications»).
- TESCHEMACHER, J. E. (1847) — On the fossil vegetation of anthracite coal. *Amer. J. Sci. Arts* (New Haven, Conn.) 2^e Sér. 4: 420-421.
- THADEU, Décio (1965) — Carta mineira de Portugal na escala de 1/500.000. Notícia Explicativa. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- THIESSEN, Reinhard & SPRUNK, George C. (1936) — The origin of the finely divided or granular opaque matter in splint coals. *Fuel Sci. Pract.* (London) 15: 304-315.
- THOMPSON, R. R. (S. d.) — Subdivision of the vitrinite macerals.
- TIMOPEEV, P. P. (1975) — The main factors controlling the origin of coal-bearing formations. *C. R. Congr. internat. Stratigr. Géol. Carbonif.* (7^e — Krefeld — 1971). Vol. 4. p. 289-291. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen. Krefeld.
- TIMOPEEV, P. P. & BOGOLYUBOVA, L. I. (1967) — Changes in vegetable organic matter depending on facies and sedimentation conditions. Academy of Sciences of the USSR, Geological Institute. Moscow.
- (1974) — Diagenesis of organic substance in peat-bogs of the Rioni intermontane depression (Transcaucasian). In: TISSOT, B. & BIENNER, F. — *Advances in Organic Geochemistry 1973 (Actes Congr. internat. Géochim. organ. — 6^e — Rueil-Malmaison — 1973)*. p. 571-585. Technip. Paris.
- TING, F. T. C. (1977) — Microscopical investigation of the transformation (diagenesis) from peat to lignite. *J. Microsc.* (Oxford) 109 (1): 75-83. («Microscopy of organic sediments, coals and cokes: Methods and applications»).

- TING, Francis T. C. & LO, Hoom B. (1975) — Fluorescence characteristics of thermo-altered exinites (sporinites). *Fuel* (London) **54**: 201-204.
- TOMKIEFF, S. I. (1954) — Coals and bitumens and related fossil carbonaceous substances. Nomenclature and classification. Pergamon. London.
- TRAECKNER, K.-Ch. (1960) — Volumetrische Untersuchungen zum Entgasungsverhalten von Steinkohlen verschiedenen Inkohlungsgrades. *Berg.-Arch.* (Essen) **21**.
- TURNER, Homer G. (1925) — Microscopical structure of anthracite. *Trans. Amer. Inst. Min. Eng.* (New York, N. Y.) **71**: 127-148.
- TURNER, H. G. (1930 a) — Constitution and nature of Pennsylvania anthracite with comparisons to bituminous coal. *Coal. Min.* (Pittsburg, Penn.) **7** (4): 173-179.
- TURNER, Homer G. (1930 b) — Correlate anthracite seams by their evidences of maceration. *Coal Age* (New York, N. Y.) **35** (11): 665-667.
- TURNER, Homer Griffield (1932) — Constitution and nature of Pennsylvania anthracite with comparisons to bituminous coal. *Fuel Sci. Pract.* (London) **11** (7): 254-261.
- TURNER, Homer Griffield & ANDERSON, Harold Victor (1932) — A microscopical and X-ray study of Pennsylvania anthracite. *Fuel Sci. Pract.* (London) **11** (7): 262-266.
- TURNER, H. G. & RANDALL, H. R. (1923) — A preliminary report on the microscopy of anthracite coal. *J. Geol.* (Chicago, Ill.), p. 306-313.
- TWENHOFEL, W. H. & TYLER, S. A. (1941) — Methods of study of sediments. McGraw-Hill. New York (N. Y.), London.
- VASCONCELLOS, Carlos J. Michaëlis de (1929) — Contribuição para o estudo dos carvões nacionais. *Bol. Assoc. Eng. civ. Norte Portg.* (Porto) **4** (4): 59-70.
- VATAN, André (1967) — Manuel de Sédimentologie. Technip. Paris.
- VERGERON, M. de & BELIN, J. (1966) — Etude des dégagements instantanés de méthane. *Ann. Min.* (Paris) **1966** (3): 203-218.
- VIANNA, António do Carmo de Guerra Quaresma (1928) — Problema dos carvões nacionais. *Bol. Min.* (Lisboa) **1927**: 5-61.
- VIANNA, Antonio (1952) — Carta mineira de Portugal. *Comun. Serv. geol. Portg.* (Lisboa) **32** (Supl.).
- WASSOJEWITSCH, N. B.; KORTSCHAGINA, Ju. I.; LOPATIN, N. W.; T'SCHERNYSCHEW, W. W. & T'SCHERNIKOW, K. A. (1969) — Die Hauptphase der Erdölbildung. *Z. angew. Geol.* (Berlin) **15** (12): 612-621.
- WHITE, D. & THESSEN, R. (1913) — The origin of coal. United States, Bureau of Mines. Washington (D. C.). (Bulletin N.º 38).
- WIER, Charles E. & HUTCHISON, Harold C. (1977) — Reduction of sulfur in Indiana coal by washability techniques. Indiana State Geological Survey. Bloomington (Ind.). (Bulletin N.º 55).
- (1970) — Applying coal petrology to assessment to the national fuel resources. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **41**: 1.
- (1951) — Atlas für angewandte Steinkohlenpetrographie. Glückauf. Essen.
- (1970) — Carbonaceous matter in genesis of ores and hydrocarbons. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **40**: 1.
- (1965) — Les Carbones. 2 T. Masson. Paris.
- (1957) — Carta geológica de Portugal (au 1/50.000^{ème}). Feuille 9-C—Porto. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- (1963) — Carta geológica de Portugal (au 1/50.000^{ème}). Feuille 13-B—Castelo de Paiva. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- (1960) — Carta mineira de Portugal (au 1/500.000^{ème}). Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- (1941) — Carvões portugueses. Instituto Português de Combustíveis. Lisboa.
- (1963) — Chemical effects of oxidation of coal. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **21**: 4-6.
- (1960) — Coal macerals: Exinite. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **9**: 8-10.
- (1960) — Coal macerals: Fusinite and semifusinite. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **11**: 10-11.
- (1960) — Coal macerals: Micrinite. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **10**: 8-9.
- (1961) — Coal macerals: Minerals. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **12**: 6-7.
- (1961) — Coal macerals: Sclerotinite. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **13**: 2-3.
- (1959) — Coal macerals: Vitritinite. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **8**: 8-9.
- (1967) — Coal seam correlation. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **33**: 5-8.
- (1961) — Coals from Antarctica. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **14**: 12-15.
- (1950) — Combustibles solides. Classification d'après leur nature, des houilles, des anthracites et de leurs mélanges NF M 10-001. Association Française de Normalisation-AFNOR. Paris.
- (1962) — Identifying petrographic constituents of coal. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **16**: 2-3.

- (1964) — An improved criterion of coal rank. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **24**: 13-14.
- (1963) — Inorganic constituents of australian coals. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **19**: 8-12.
- (1956) — International classification of hard coals by type. United Nations, Genève.
- (1963) — Lexique international de pétrographie des charbons du Comité International de Pétrographie des Charbons. 2^e Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Académie des Sciences de l'URSS. Paris, Moscou.
- (1971) — Lexique international de pétrographie des charbons du Comité International de Pétrographie des Charbons. Supplément à la 2^e Ed. Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Académie des Sciences de l'USSR. Paris, Moscou.
- (S. d.) — Minas concedidas no Continente desde Agosto de 1836 a Dezembro de 1962. Lista cronológica e indice alfabético. 2^a Ed. Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos.
- (1965) — Minerals in australian coals. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **25**: 7-10.
- (1961) — Reflectance measurements on coal macerals. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **14**: 2-3.
- (1967) — Siderite and pyrite in two australian coals. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **31**: 2-4.
- (1966) — Standard specification for classification of coals by rank. ASTM designation D 388-66. American Society for Testing and Materials. Philadelphia (Pa.).
- (1957) — Sulphur minerals in some N.S.W. coals. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **2**: 13-15.
- (1969) — Tentative method for microscopical determination of volume percent of physical components of coal. ASTM designation D 2799-69 T. American Society for Testing and Materials. Philadelphia (Pa.).
- (1966) — Thermal metamorphism of coal. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **28**: 7-10.
- (1965) — Ultrafine structure of vitrinite. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **27**: 16-18.
- (1968) — Vitrinite-semifusinite transition material. *Coal Res. CSIRO* (Melbourne) **36**: 16-19.

**ANNEXE I — Echantillons prélevés en profondeur dans le groupe de São Pedro da Cova
(sièges de «Monte Alto e Ervedosa» et de «São Pedro da Cova»)**

N.º de l'échantillon	Chantier d'exploitation	Veine (1)	Coordonnées de point de prélèvement (en m)			
			Profondeur, selon la verticale, par rapport à la surface du sol	Cote par rapport au niveau de la mer	Coordonnées rectangulaires	
					Distance à la Méridienne (2)	Distance à la Perpendiculaire (2)
1	2	3	4	5	6	7
1/8	«Lâmpada/Conservações»	2° (CFT)	120,40	— 0,40	+ 31.306,90	— 166.042,00
10/14	«Lâmpada/Conservações»	2° (CFT)	120,40	— 0,40	+ 31.306,00	— 166.036,00
15	«Rampa/Telheira»	1° (CFM)	13,50	+ 114,00	+ 31.395,60	— 165.802,00
16/18	«Rampa/Telheira»	1° (CFM)	27,70	+ 111,10	+ 31.421,40	— 165.858,30
19	«Rampa/Telheira»	3° (CFT)	22,30	+ 96,50	+ 31.184,20	— 165.649,60
20	«Rampa/Telheira»	3° (CFT)	14,00	+ 105,10	+ 31.192,30	— 165.644,70
21/23	55	3° (CFT)	368,50	— 156,70	+ 31.028,70	— 166.197,50
24/27	55	3° (CFT)	374,30	— 159,20	+ 31.025,60	— 166.204,90
28/31	55	3° (CFT)	365,00	— 153,60	+ 31.001,80	— 166.141,70
32/34	Puits 25	0	93,00	— 90,00	+ 30.735,60	— 165.658,70
36/39	Puits 25	0	81,50	— 101,90	+ 30.739,20	— 165.653,70
40/41	«Rampa/Telheira»	3° (CFT)	24,20	— 102,10	+ 31.208,50	— 165.674,90
42/48	«Lâmpada/Conservações»	3° (CFT)	130,90	— 25,10	+ 31.298,40	— 166.047,90
49	«2.º Norte»	3° (CFT)	8,50	— 147,00	+ 31.622,80	— 166.916,10
50	«Mimosas»	2° (CFT)	45,70	— 106,71	+ 31.663,00	— 167.211,50
51	«Mimosas»	2° (CFT)	45,80	— 106,71	+ 31.663,50	— 167.214,50
52	49 et 57	3° (CFT)	186,80	— 9,70	+ 31.373,40	— 166.721,30
54/58	55	4° (CFT)	370,10	— 125,10	+ 31.087,50	— 166.354,10
59/63	55	4° (CFT)	382,90	— 133,10	+ 31.065,60	— 166.345,90
65	«Bimbarra (4.º Sul)»	2° (CFT)	134,70	— 16,00	+ 30.830,70	— 165.292,20
66/67	«Bimbarra (4.º Sul)»	2° (CFT)	143,00	— 23,30	+ 30.832,80	— 165.322,80
68	«Bimbarra (4.º Sul)»	3° (CFT)	162,70	— 41,70	+ 30.823,20	— 165.380,60
71/73	49 et 57	3° (CFT)	161,20	— 25,90	+ 31.435,40	— 166.903,00
74	49 et 57	3° (CFT)	159,70	— 27,40	+ 31.438,40	— 166.902,50
75/76	49 et 57	2° (CFT)	171,80	+ 14,90	+ 31.447,70	— 166.833,60
77	Puits 25	0	127,20	+ 50,10	+ 30.680,20	— 165.601,60
78/79	Puits 25	0	104,70	+ 68,20	+ 30.684,90	— 165.585,10
80	Puits 25	0	106,70	+ 70,00	+ 30.692,80	— 165.592,70
81/82	«2.º Norte»	2° (CFT)	32,80	+ 131,20	+ 31.593,60	— 166.796,20
83/84	«2.º Norte»	2° (CFT)	31,80	+ 133,10	+ 31.594,60	— 166.794,20
85	«2.º Norte»	2° (CFT)	48,70	+ 111,70	+ 31.534,80	— 166.685,60
86/88	«2.º Norte»	2° (CFT)	154,70	+ 23,70	+ 31.423,50	— 166.623,40
89/90	«Mimosas»	3° (CFT)	49,20	+ 117,58	+ 31.591,90	— 166.954,20
91/92	«Mimosas»	2° (CFT)	44,90	+ 106,71	+ 31.665,40	— 167.219,60
93/94	49 et 57	4° (CFT)	243,70	— 1,80	+ 31.314,60	— 166.796,70
95	Puits 25	0	107,20	+ 72,00	+ 30.699,20	— 165.607,30
96	Puits 25	0	127,00	+ 50,10	+ 30.676,80	— 165.600,60
97/99	«Lâmpada/Conservações»	1° (CFM)	160,50	+ 3,60	+ 31.394,60	— 166.437,00
101/103	«Montalto»	0	34,10	+ 206,80	+ 31.680,70	— 167.741,80
104/107	«2.º Norte»	3° (CFT)	31,50	+ 132,30	+ 31.583,70	— 166.880,60
108/116	«Lâmpada/Conservações»	4° (CFT)	145,20	+ 24,80	+ 31.293,80	— 166.095,40
117/119	«Montalto»	0	43,10	+ 195,80	+ 31.708,20	— 167.742,00
120	«Montalto»	0	32,10	+ 210,80	+ 31.702,20	— 167.745,00
121	«Montalto»	0	33,20	+ 204,80	+ 31.697,30	— 167.735,40
122	«Montalto»	0	33,70	+ 208,10	+ 31.683,20	— 167.741,30
123	«Bimbarra (4.º Sul)»	2° (CFT)	122,70	+ 3,30	+ 30.880,10	— 165.387,30
124/126	«Montalto»	0	70,80	+ 117,00	+ 31.663,60	— 167.745,60
127/129	«Mimosas»	3° (CFT)	35,90	+ 121,00	+ 31.650,90	— 167.175,90
130/132	«Mimosas»	3° (CFT)	51,90	+ 106,70	+ 31.628,00	— 167.261,60
133/138	55	4° (CFT)	383,00	— 164,90	+ 30.977,30	— 166.183,40
191/194	«Montalto»	0	9,50	+ 202,50	+ 31.735,70	— 167.608,40
195/199	«Mimosas»	2° (CFT)	33,90	+ 116,10	+ 31.673,10	— 167.205,10
200/202	«Mimosas»	3° (CFT)	67,00	+ 83,50	+ 31.586,80	— 167.139,20
204/211	55	1° (CFM)	261,20	— 111,20	+ 31.185,80	— 166.049,70
215/218	55	4° (CFT)	366,00	— 150,00	+ 30.974,80	— 166.143,40
220/222	55	4° (CFT)	392,20	— 159,70	+ 30.998,40	— 166.267,60
223/229	«Lâmpada/Conservações»	4° (CFT)	133,30	+ 29,20	+ 31.301,30	— 166.186,00
300	«Bimbarra (4.º Sul)»	—	103,50	+ 4,40	+ 31.148,10	— 165.525,80

(1) CFT — Bassin classique ou occidental, Faisceau du toit; CFM — Bassin classique ou occidental, Faisceau du mur; 0 — Bassin oriental.

(2) Coordonnées rectangulaires cartographiques rapportées à la *Carta Corográfica de Portugal* (au 1/50.000^{ème}). Point d'origine des coordonnées rectangulaires: «Ponto Central» — Latitude 39°40'0",00 N.; Longitude 8°7'54",81 O. de Greenwich (CLEMENTE, 1937).

ANNEXE II — Echantillons prélevés en sondages effectués dans le groupe de São Pedro da Cova

N.º de Pêchantillon	N.º du sondage	Coordonnées du sondage (en m)			Profondeur, selon la verticale, par rapport à la surface du sol (en m)
		Cote par rapport au niveau de la mer	Coordonnées rectangulaires		
			Distance à la Méridienne (1)	Distance à la Perpendiculaire(1)	
1	2	3	4	5	6
307	XV C	237.27	— 31.701,90	— 167.738,20	26,50
308					Ensemble des passées entre 36,00 et 39,00
309					Ensemble des passées entre 41,00 et 45,30
311	XII	243.29	— 31.428,30	— 167.499,40	Ensemble des passées entre 131,25 et 132,05
312					Ensemble des passées entre 161,80 et 168,15

(1) Coordonnées rectangulaires cartographiques rapportées à la *Carta Corográfica de Portugal* (au 1/50.000^{ème}). Point d'origine des coordonnées rectangulaires: «Ponto Central» — Latitude 39°40'0",00 N.; Longitude 8°7'54",81 O. de Greenwich (CLEMENTE, 1937).

ANNEXE III — Echantillons prélevés sur des affleurements dans le groupe de São Pedro da Cova (sièges de «Monte Alto e Ervedosa» et de «São Pedro da Cova»)

N.º de l'échantillon	Veins (1)	Coordonnées du point de prélèvement (en m)		
		Cote par rapport au niveau du la mer	Coordonnées rectangulaires	
			Distance à la Méridienne (2)	Distance à la Perpendiculaire (2)
1	2	3	4	5
301 (3)	1.ª (CFM)	135,00	— 31.466,30	— 165.921,80
303 (4)	3.ª (CFT)	151,40	— 31.483,80	— 166.414,50

(1) CFT — Bassin classique ou occidental, Faisceau du toit; CFM — Bassin classique ou occidental, Faisceau du mur.

(2) Coordonnées rectangulaires cartographiques rapportées à la *Carta Corográfica de Portugal* (au 1/50.000^{ème}). Point d'origine des coordonnées rectangulaires: «Ponto Central» — Latitude 39°40'0",00 N.; Longitude 8°7'54",81 O. de Greenwich (CLEMENTE, 1937).

(3) Prélèvement dans le talus gauche (dans la direction Gondomar-Valongo) de la route nationale n.º 209, au km 9,6.

(4) Prélèvement dans l'ouverture de l'ancien puits São Pedro.

PLANCHE XXIII

INCLUSIONS MINÉRALES

Fig. 54 — «Echantillon en bloc» 31.

Concrétions de carbonates syngénétiques (sidérite-ankérite).

Cette occurrence se vérifie soit au sein de la détrinite enrobée par des minéraux argileux, soit au contact de cette formation avec la télcollinite qui présente des fentes de retrait typiques.

Les inclusions minérales, d'une dureté élevée, n'ont pas été pratiquement affectées par la compaction. Par contre, ce phénomène provoque le moulage des autres constituants autour des concrétions inorganiques.

Fig. 55 — «Echantillon en bloc» 209.

Carbonates (sidérite-ankérite) en dépôt dans les cavités et fissures d'un tissu ligneux (fusinite).

L'origine syngénétique ou épigénétique des inclusions minérales est, dans ce cas, plus difficile à établir.

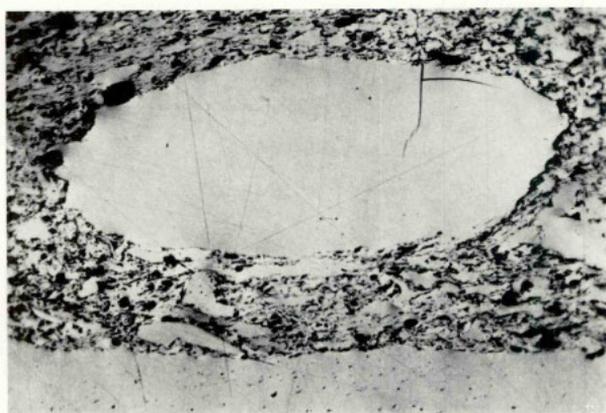


Fig. 52



Fig. 53

PLANCHE XXII

CORPS SPHEROÏDAUX

Fig. 52 — «Echantillon en bloc» 16.

Corps sphéroïdal isolé qui peut avoir une origine diverse (corpocollinite 2, globule résineux).
Les composants qui l'entourent appartiennent à la détrinite.
Sur la partie inférieure de la photographie on voit un lit de télcollinite.

Fig. 53 — «Echantillon en bloc» 97.

Corps sphéroïdaux dont l'aspect morphographique avec des ponctuations est identique à la corpocollinite 2 des houilles de bas rang. Il est donc possible d'admettre son individualisation dès la fin de la carbonification biochimique à partir de la corpohuminite (pseudophlobaphinite ?).
Autour des corps sphéroïdaux on voit de la semi-fusinite

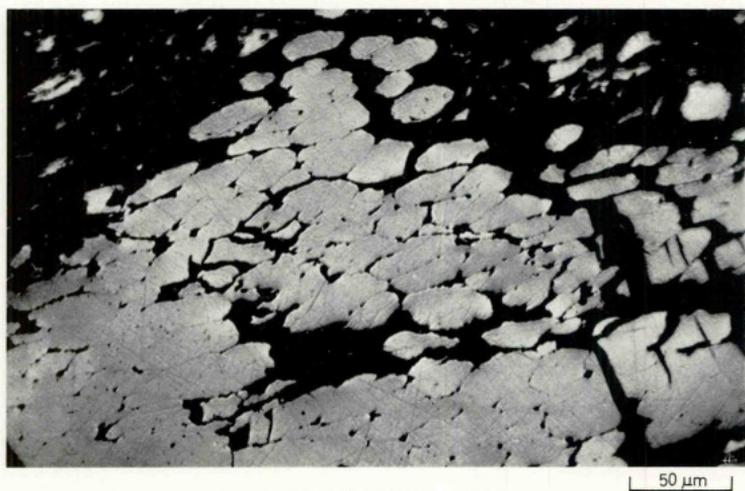


Fig. 50

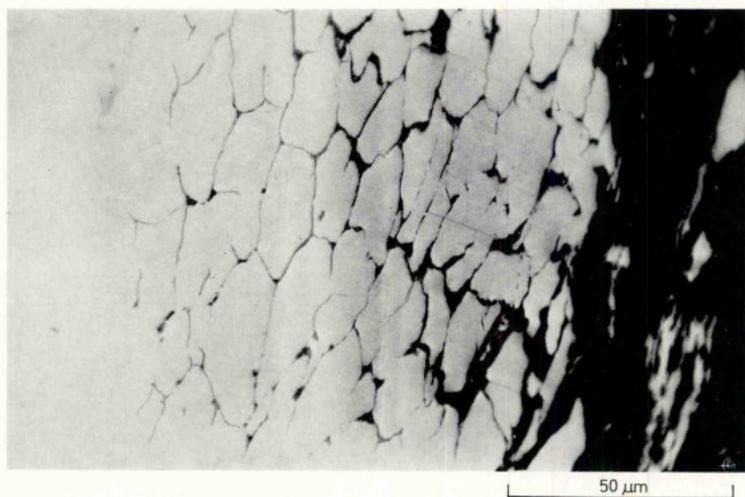


Fig. 51

PLANCHE XXI

CORPS SPHEROIDAUX

Fig. 50 — «Echantillon en bloc» 204.

Amas de corps sphéroïdaux qui peuvent être d'origines diverses (corpocollinite 1, globules résineux).

L'aspect présenté nous indique, dans ce cas, qu'il s'agit de remplissages cellulaires, les parois du tissu végétal ayant disparu.

Cet ensemble est conservé dans un lit de minéraux argileux au sein duquel on peut voir en outre quelques fragments de détrinite.

Fig. 51 — «Echantillon en bloc» 204.

Aspect différent du cas illustré sur la figure 50 de cette planche.

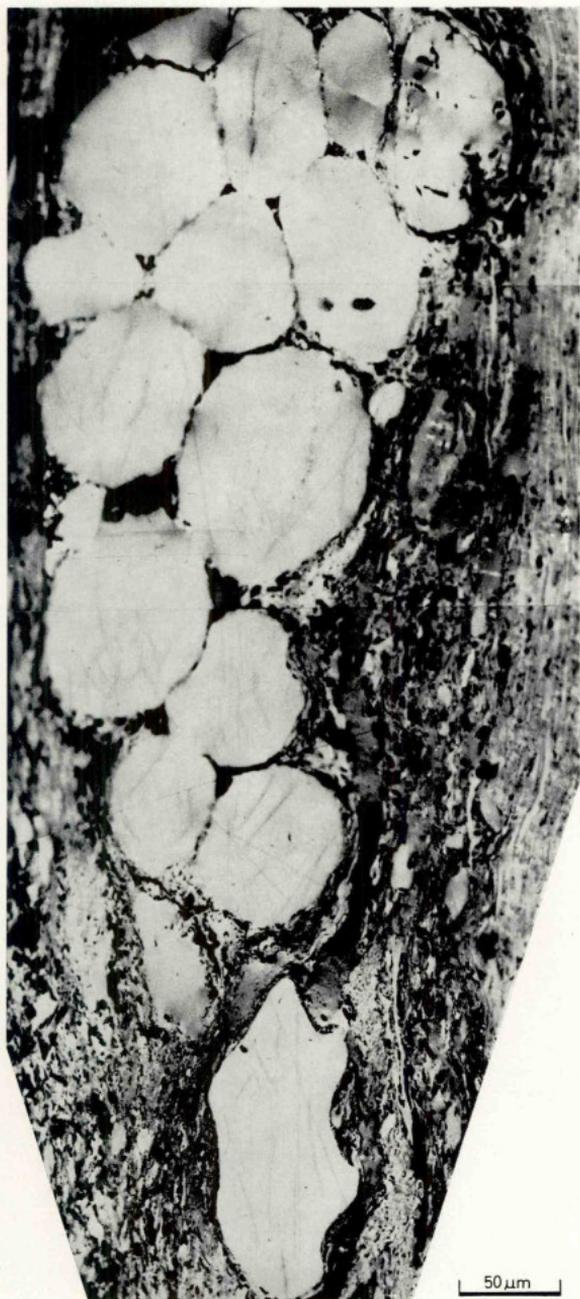


Fig. 47

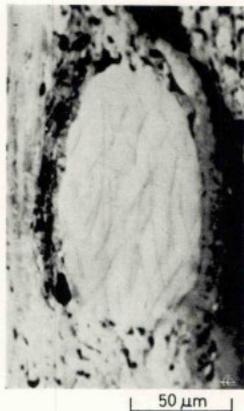


Fig. 48

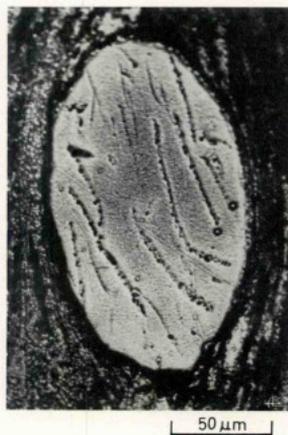


Fig. 49

PLANCHE XX

INERTINITE-Sclérotinite-«Résines fusinitisées» ATTAQUE DES «RESINES FUSINITISEES» DANS LE «FOUR A PLASMA D'OXYGENE»

Fig. 47 — «Echantillon en bloc» 97.

Amas de globules résineux ornements par des filaments entrelacés dans toutes les directions. La forme des globules est variée; il y a, pourtant, une prédominance de corps ovales à bords ondulés. On peut très bien mettre en évidence les filaments avec le mouvement de la vis micrométrique de mise au point.

Après attaque (voir figure 49 de cette planche) les filaments de l'ornementation se révèlent comme des rainures d'oxydation primaire (fusinitisation) précédemment décrites. D'ailleurs, même avant l'attaque, quelques-uns de ces corpuscules (coin supérieur droit de la figure) montrent un aspect vacuolaire avec des cannelures et des perforations qui doivent correspondre au processus d'oxydation primaire (fusinitisation) accompagné de dévolatilisation typique dans les résines.

Le matériel environnant est dans sa presque totalité de la détrinite enrobée par des minéraux argileux. A droite, de haut en bas, on voit un lit de semi-fusinite.

Fig. 48 — «Echantillon en bloc» 97.

Aspect d'un globule isolé du même type décrit dans la légende de la figure 47 de cette planche.

Ce corps dur et pratiquement non affecté par la compaction, est entouré par la semi-fusinite qui présente des fentes au contact du globule.

Fig. 49 — «Echantillon en bloc» 97.

«Résine fusinitisée» (sclérotinite) du même type des corpuscules représentés sur la planche XIX — fig. 46 et sur les figures 47 et 48 de cette planche, après attaque dans le four à plasma d'oxygène pendant 15 m.

On constate alors que les filaments observés avant l'attaque se révèlent maintenant comme des rainures identiques à celles décrites dans les formes du genre *Crenasclerotes* PICKHARDT. Ces corps ont été anciennement considérés comme des sclérotites caractérisés par l'absence de cavité centrale et de rainure marginale et par la présence de nombreuses rainures droites ou légèrement ondulées à l'intérieur.

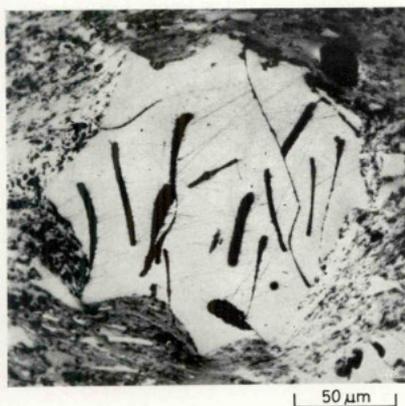


Fig. 43



Fig. 45

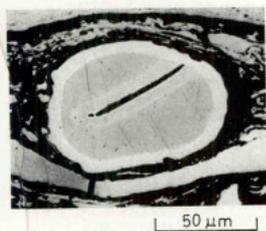


Fig. 44

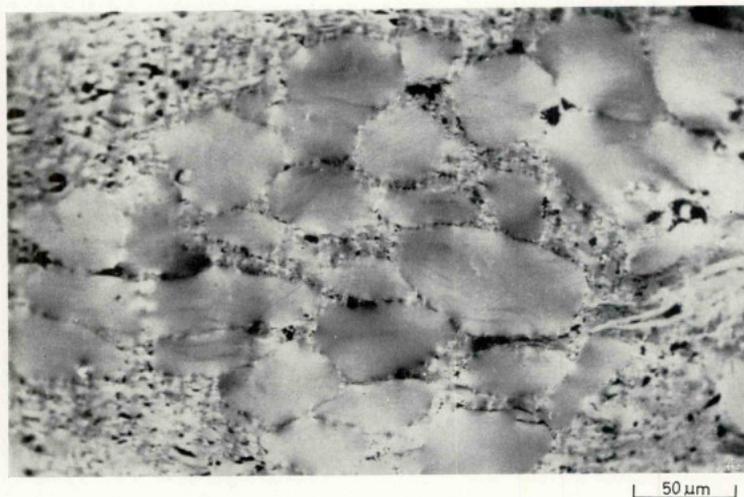


Fig. 46

PLANCHE XIX

INERTINITE-Scélrotinite-«Résines fusinitisées»

Fig. 43 — «Echantillon en bloc» 1.

«Résine fusinitisée» (scélrotinite) à contour polygonal typique. On voit les fissures et les cannelures simples en rapport avec la dévolatilisation provoquée par l'oxydation primaire (fusinitisation) subie. Le matériel enveloppant appartient à la détrinite qui est enrobée par des minéraux argileux.

Fig. 44 — «Echantillon en grains» 15.

Corpuscule ovale à bord crénelé et cannelure simple qui doit aussi être rangé dans la scélrotinite («résines fusinitisées»). En effet, la présence de la cannelure d'une part et des bourrelets autour du bord et de la cavité d'autre part, sont à attribuer à un phénomène d'oxydation primaire (fusinitisation).

Autour, des minéraux argileux au sein desquels on voit, en haut, une lame de semi-fusinite et, en bas, un lit ligneux fracturé. Ceci montre, une fois de plus, la dureté élevée des «résines fusinitisées» qui, elles, ont été très peu affectées par la compaction, par rapport aux autres constituants. En effet, les matériaux enveloppants sont fracturés lorsqu'ils ne soient suffisamment souples pour se mouler à la forme de ces corpuscules très durs.

Fig. 45 — «Echantillon en bloc» 97.

«Résine fusinitisée» (scélrotinite) à contour ovale irrégulier.

On note des fentes et des perforations résultant du processus de dévolatilisation déjà cité à propos des «résines fusinitisées» précédemment décrites.

Autour, on voit de la semi-fusinite et de la détrinite enrobée par des minéraux argileux.

Fig. 46 — «Echantillon en bloc» 97.

Amas de globules résineux ornements, sur semi-fusinite. Ces globules présentent des formes variés (arrondie, ovale, fusiforme, etc.) à bords soit lisses, soit crénelés. L'ornementation est constituée par des filaments très fins que l'on peut mettre en évidence avec le mouvement de la vis micrométrique de mise au point.

Nous considérons ces corps aussi comme des «résines fusinitisées» puisque, après une attaque (voir planche XX — fig. 49) les filaments de l'ornementation se révèlent comme des rainures d'oxydation primaire (fusinitisation).

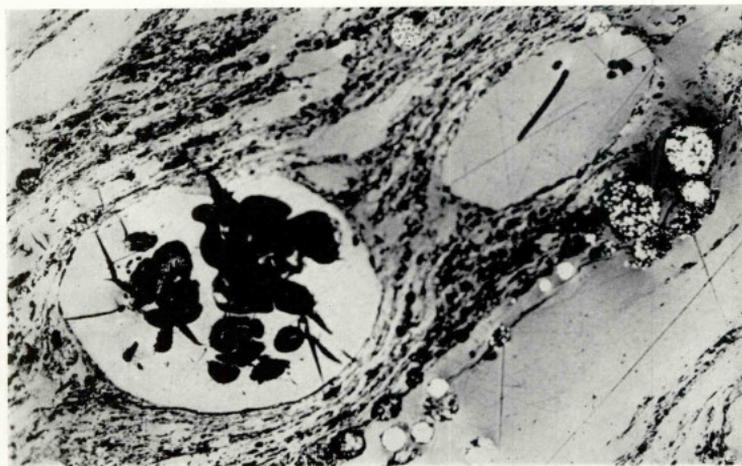


Fig. 40



Fig. 41

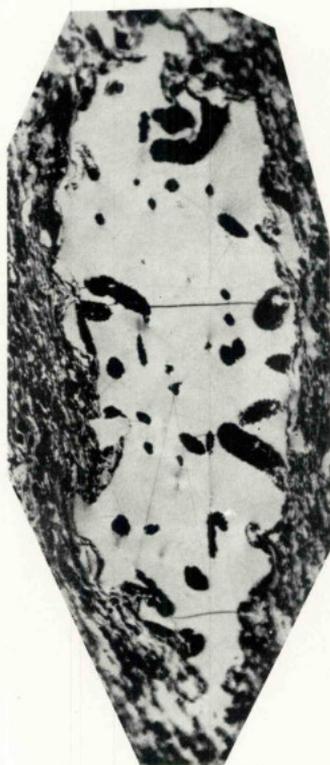


Fig. 42

PLANCHE XVIII

INERTINITE-Sclérotinite-«Résines fusinitisées»

Fig. 40 — «Echantillon en bloc» 16.

«Résines fusinitisées» (sclérotinite).

Le corpuscule subcirculaire de gauche, à paroi lisse, présente de nombreuses fractures et cavités pluriloculaires qui lui donnent un aspect caverneux typique. Ce caractère vacuolaire a eu certainement origine dans une dévolatilisation provoquée par oxydation primaire (fusinitisation). Le corpuscule de droite dont la paroi est très épaisse et légèrement crénelée, présente une seule fissure et quelques ponctuations que nous attribuons au phénomène précédemment décrit.

Ces corps, très durs par rapport aux constituants environnants, n'ont pas été pratiquement affectés par la compaction, tandis que la détrinite enrobée par des minéraux argileux s'est moulée aux contours des résines fusinitisées.

Sur la partie inférieure droite de la microphotographie on voit un lit de télcollinite et quelques concrétions de pyrite syngénétique. La compaction a, elle aussi, provoqué, dans ce cas, le moulage des constituants plus plastiques autour des inclusions minérales plus dures.

Fig. 41 — «Echantillon en bloc» 15.

«Résine fusinitisée» (sclérotinite) multivacuolaire à paroi lobée d'épaisseur variable.

Nous pensons encore dans ce cas pouvoir attribuer la genèse des vacuoles au phénomène de dévolatilisation décrit dans la légende de la figure antérieure.

Sur la partie gauche de la microphotographie on voit un lit de télinite 2.

Fig. 42 — «Echantillon en bloc» 15.

Corps fusiforme à bord très irrégulier que nous attribuons aux «résines fusinitisées» (sclérotinite).

Encore une fois nous pensons pouvoir attribuer la genèse des cavités et des perforations à la dévolatilisation provoquée par une oxydation primaire (fusinitisation).

Autour, de la détrinite enrobée par des minéraux argileux.



Fig. 39

50 μ m

PLANCHE XVII

INERTINITE-Sclérotinite

Fig. 39 — «Echantillon en bloc» 15.

Corps de structure caverneuse et à dimensions remarquables. Ces formes sont interprétées par certains auteurs comme un ensemble d'hyphes (plectenchyme ?) sclérifiés. D'autres chercheurs, pourtant, les rangent parmi les sclérotés de champignon (gen. *Salcatisclerotes* BENĚŠ).

Autour, on voit de la détrinite enrobée par des minéraux argileux. En bas, à gauche, un corps sphéroïdal.

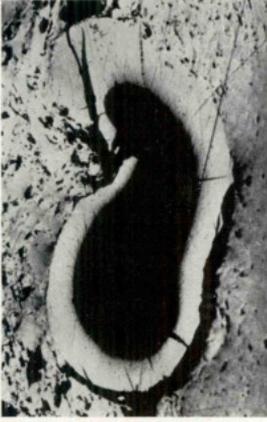


Fig. 35

50 μm



Fig. 36

50 μm



Fig. 37

50 μm



Fig. 38

50 μm

PLANCHE XVI

INERTINITE-Sclérotinite

Fig. 35 — «Echantillon en grains» 27.

Spore de champignon en anneau et dont la paroi n'est pas ornementée.

Le macéral enveloppant est la semi-fusinite partiellement séparée de la spore par des fentes de retrait. L'ensemble a subi une forte compression certainement due à la compaction.

Fig. 36 — «Echantillon en bloc» 1.

Amas de spores de champignon en anneau et en croissant. Les parois sont, dans ce cas, peu épaisses et non ornementées. Les formes en croissant résultent du morcellement des formes bouclées.

A cet ensemble sont associés, sur la microphotographie, plusieurs fragments de détrinite qui, dans ce cas, doivent, eux aussi, résulter du morcellement suivi d'émission des spores.

Fig. 37 — «Echantillon en bloc» 204.

Forme généralement interprétée comme un asque de champignon.

Ce corps est conservé dans un lit de minéraux argileux dont la granulométrie très fine a permis une fossilisation parfaite.

Fig. 38 — «Echantillon en bloc» 97.

Corps en croissant considéré par certains auteurs comme un asque de champignon.

On peut classer le matériel enveloppant dans la détrinite et dans la fusinite (coin supérieur droit de la photographie).

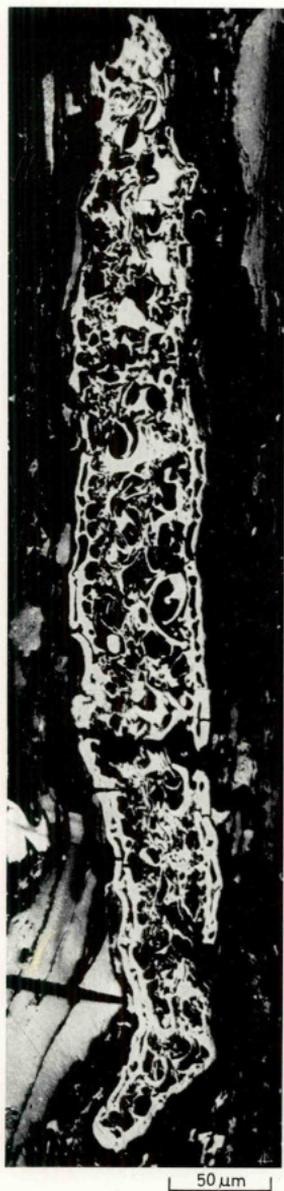


Fig. 32



Fig. 33

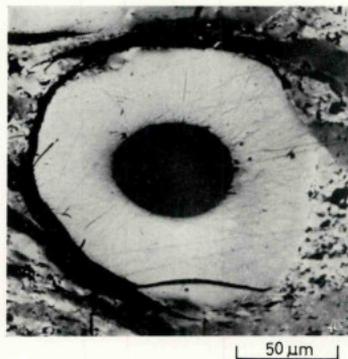


Fig. 34

PLANCHE XV

INERTINITE-Sclérotinite

Fig. 32 — «Echantillon en bloc» 204.

Forme qui doit correspondre à un sclérote de champignon. On voit, nettement, la membrane. L'intérieur est formé par des hyphes entrelacés.

Ce corps est préservé dans un lit de minéraux argileux dont la finesse du grain a permis une conservation parfaite. Enrobés par le même type de matière minérale, on voit quelques débris de détrinite.

Fig. 33 — «Echantillon en bloc» G1 1.

Corps ovoïde à contour lisse et épais et structure spongieuse. Il s'agit d'un sclérote de champignon (gen. *Coronasclerotes* PICKHARDT). Dans le cas illustré on ne reconnaît pas la rainure marginale qui existe en bien des formes de ce genre mais dont la présence n'est pas nécessaire à sa caractérisation.

Le constituant enveloppant est une semi-fusinite qui n'est point déformée au contact avec le sclérote. On peut alors penser qu'il s'agit d'un tissu végétal qui a été attaqué, à l'origine, par des champignons qui ont contribué à sa décomposition.

Fig. 34 — «Echantillon en grains» 27.

Spore de champignon en anneau à paroi très épaisse et non ornementée.

Le constituant enveloppant est une semi-fusinite séparée de la spore par quelques fentes de retrait.

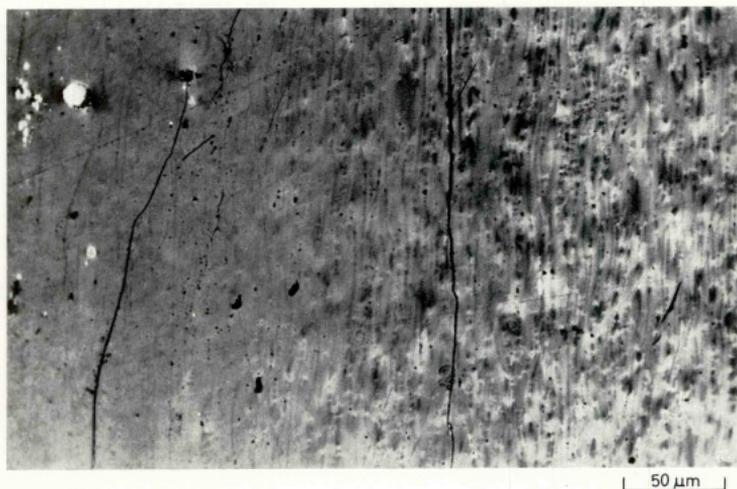


Fig. 30

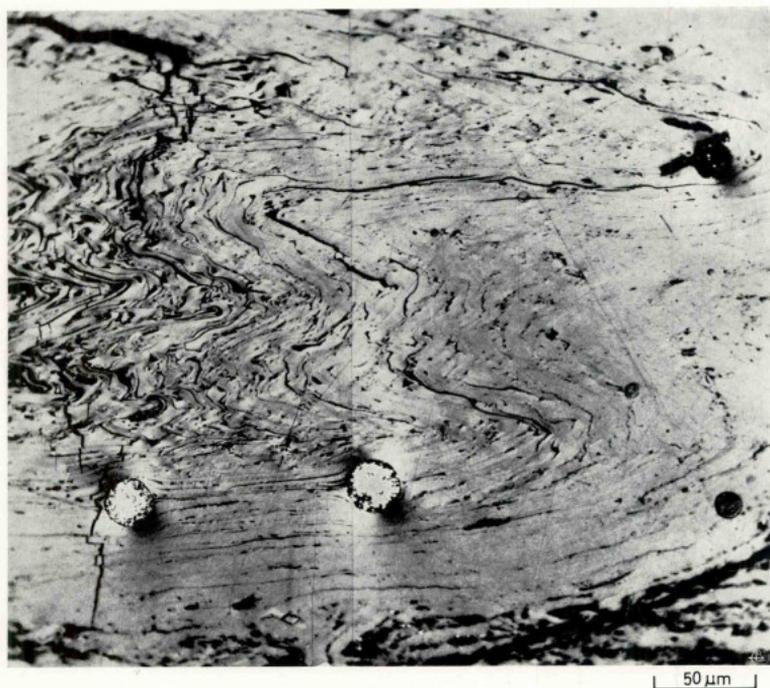


Fig. 31

PLANCHE XIV

TRANSITIONS INERTINITE-VITRINITE (Semi-fusinite — Télinite 2 et Télinite 2 — Télcollinite)

Fig. 30 — «Echantillon en bloc» 16.

Autre aspect de la transition entre la semi-fusinite de type «chagrin» et la télinite 2. Dans ce cas il est aussi possible, à l'aide de la lumière polarisée, de détecter dans la télinite 2 les «fantômes» qui correspondent aux alignements de la structure cellulaire.

On voit des fissures de retrait dans les deux macéraux représentés.

Par ailleurs, dans la télinite 2, on voit quelques concrétions de pyrite syngénétique.

Fig. 31 — «Echantillon en bloc» 99.

Transition entre la semi-fusinite (à gauche) et la télcollinite (à droite).

On observe en bas la transition semi-fusinite — télinite 2. Dans ce dernier macéral dont les cavités cellulaires sont réduites à de simples lignes on voit, aussi, quelques concrétions de pyrite syngénétique. La dureté élevée des inclusions minérales par rapport aux autres constituants a provoqué, pendant la compaction, la déformation des tissus autour des concrétions qui n'ont pas été pratiquement affectées par le phénomène.

Par ailleurs, on peut aussi constater qu'il existe une transition entre la télinite 2 et la télcollinite.

Le lit figuré est intercalé entre deux autres qui ne sont pas déformés. Il faut alors admettre que le plissement observé est, au moins, syngénétique. En outre, l'imbrication que l'on vérifie entre les divers macéraux fait penser que sa différenciation a été antérieure ou simultanée au dépôt.



Fig. 28

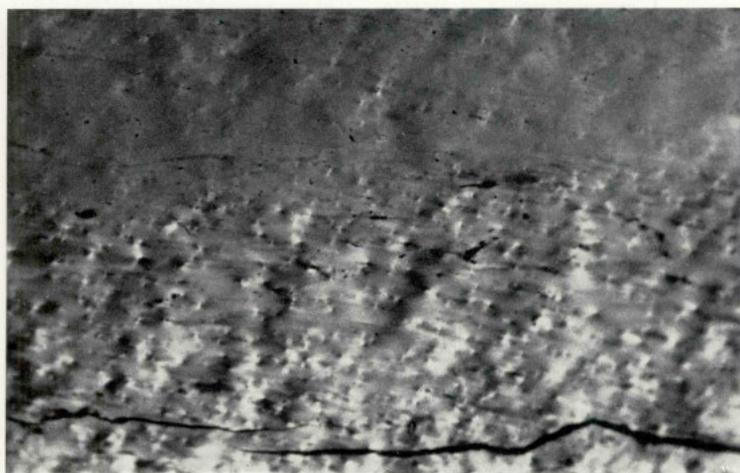


Fig. 29

PLANCHE XIII

INERTINITE — Semi-fusinite TRANSITION INERTINITE-VITRINITE (Semi-fusinite — Téliinite 2)

Fig. 28 — «Echantillon en bloc» 15.

Semi-fusinite typique. La gélification ménagée, subie par la semi-fusinite, lui donne un aspect tout à fait différent de celui présenté par la fusinite dans des coupes avec la même orientation (voir planche IX — fig. 21).

Fig. 29 — «Echantillon en bloc» 209.

Transition entre la semi-fusinite du type «chagrin» et la télinite 2. Dans ce dernier macéral on voit encore, à l'aide de la lumière polarisée, les «fantômes» représentatifs des alignements correspondants à la structure cellulaire.

La semi-fusinite présente des fissures de retrait.



Fig. 26

50 μ m



Fig. 27

50 μ m

PLANCHE XII

INERTINITE — Semi-fusinite

Fig. 26 — «Echantillon en grains» 27.

Semi-fusinite très compacte et granuleuse dite du type «chagrin». Cet aspect résulte des différentes anisotropies de réflexion qui se vérifient en raison de la juxtaposition des parois cellulaires de tissus dans des stades plus ou moins poussés de gélification.

Fig. 27 — «Echantillon en grains» 27.

Champ représenté sur la figure antérieure, montrant l'aspect caractéristique de la semi-fusinite du type «chagrin» entre nicols croisés.



50 μ m

Fig. 24



50 μ m

Fig. 25

PLANCHE XI

INERTINITE-Fusinite-Dégradofusinite

Fig. 24 — «Echantillon en bloc» 15.

Dégradofusinite à structure étoilée typique, résultat d'une désagrégation mécanique.

En ce qui concerne la chronologie du phénomène qui a provoqué l'écrasement on peut, ici, appliquer le même raisonnement fait à propos de la planche X — fig. 23.

Fig. 25 — «Echantillon en bloc» 20.

Dégradofusinite pliée et fragmentée par des actions mécaniques.

Les lames, avec cet aspect, sont aussi généralement intercalées entre des lits dont la stratification est parfaitement parallèle. Ces déformations sont donc, au moins, synsédimentaires.

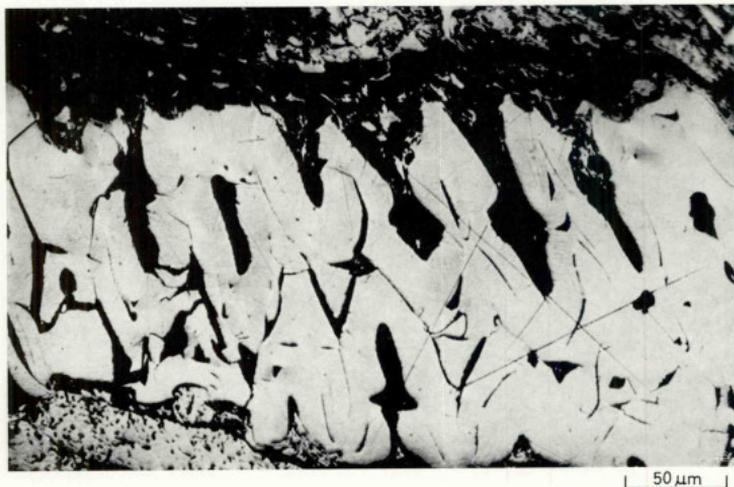


Fig. 22



Fig. 23

PLANCHE X

INERTINITE-Fusinite-Dégradofusinite

Fig. 22 — «Echantillon en bloc» 204.

Dégradofusinite représentée par un fragment de sclérenchyme.

Sur la partie supérieure de la photographie on voit de la détrinite enrobée par des minéraux argileux. En bas et à gauche une lame de semi-fusinite.

Fig. 23 — «Echantillon en bloc» 1.

Dégradofusinite dont les parois sont écrasées.

Il faut admettre que la désagrégation mécanique et l'amenuisement de la fusinite a eu lieu, au moins, pendant le dépôt. En effet les lames qui présentent une telle structure sont intercalées entre des lits non perturbés et dont la stratification est parfaitement parallèle.



Fig. 20



Fig. 21

PLANCHE IX

INERTINITE-Fusinite-Dégradofusinite

Fig. 20 — «Echantillon en bloc» 1.

Dégradofusinite probablement correspondante à un tissu vasculaire. Les cavités cellulaires sont vides.
On observe à gauche et sur le coin inférieur droit de la photographie un début d'écrasement qui conduit aux formes représentées sur la planche X — fig. 23 et sur la planche XI — fig. 24.

Fig. 21 — «Echantillon en bloc» 1.

Autre aspect de la dégradofusinite.
Dans ce cas le plan de coupe est différent de celui présenté sur la figure antérieure.

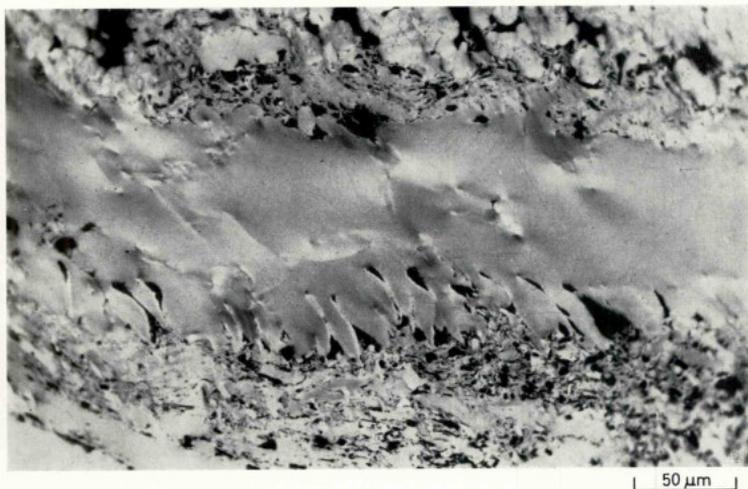


Fig. 18

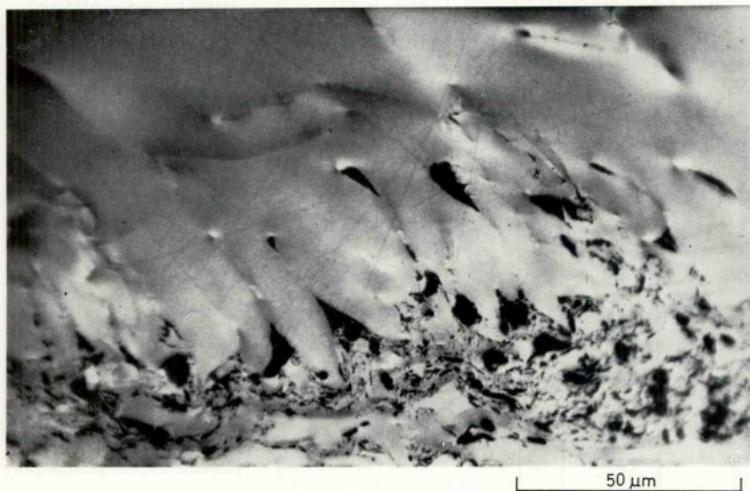


Fig. 19

PLANCHE VIII

EXINITE-Cutinite

Fig. 18 — «Echantillon en bloc» 209.

Cuticule épaisse (cutinite) interstratifiée entre deux lits où l'on distingue la semi-fusinite (en bas) et la détrinite. Dans le lit supérieur on voit, aussi, du pyrocarbone.

Malgré la compaction subie on voit encore nettement la forme dentelée de la paroi interne de la cuticule qui correspond à la pénétration des lamelles cutinisées dans les cellules du parenchyme sous-jacent.

Fig. 19 — «Echantillon en bloc» 209.

Autre aspect de la cuticule représentée sur la figure 18 de cette planche, observée à fort grossissement.

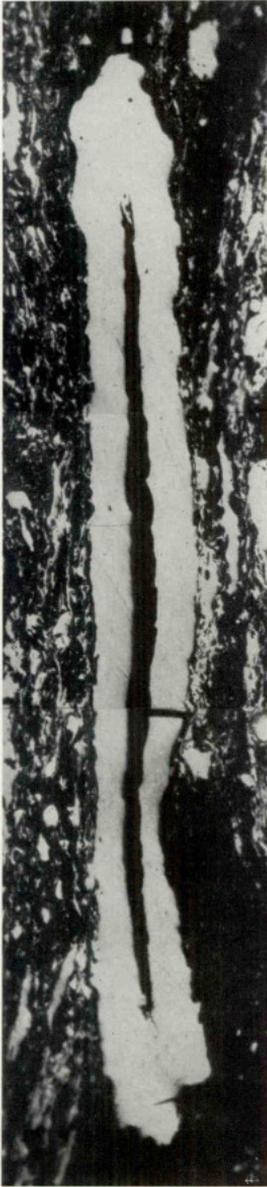


Fig. 15

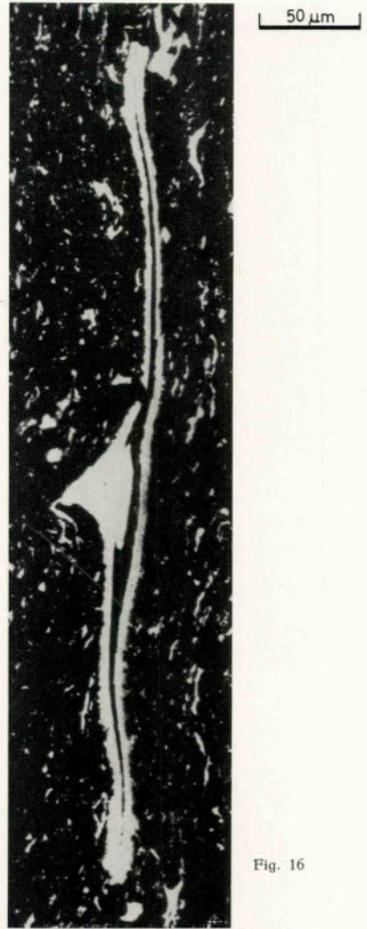


Fig. 16



Fig. 17

PLANCHE VII

EXINITE - Sporinite et Cutinite

Figs. 15 et 16 — «Echantillon en bloc» 204.

Sporinite représentée par des mégaspores typiques en sections perpendiculaires au plan de stratification. On voit, dans les deux cas, la cavité et les contours ronds des sections équatoriales. Dans ce degré de houillification la membrane est, normalement, très homogène et on ne reconnaît plus les feuillettes. La différence d'épaisseur totale qui existe entre les membranes des deux spores figurées est pourtant très évidente.

Les deux représentants de la sporinite sont fossilisés dans des lits de minéraux argileux (carbargilite) dont la finesse du grain a permis une conservation parfaite.

Au sein de la matière minérale on voit, aussi, de nombreux fragments qui appartiennent à la détrinite.

Fig. 17 — «Echantillon en bloc» 204.

Fragment de cuticule (cutinite) préservé dans les mêmes conditions que celles des spores représentées sur les deux figures précédentes.

On doit noter sur la paroi interne de la cuticule la bordure dentelée typique qui correspond à la pénétration des lamelles cutinisées dans les cellules du parenchyme sous-jacent.

Sur cette microphotographie on voit, par ailleurs, au sein des minéraux argileux, de nombreux fragments de détrinite.



Fig. 12

50 μ m

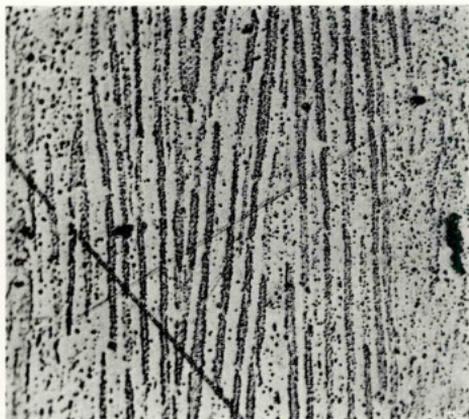


Fig. 13

50 μ m

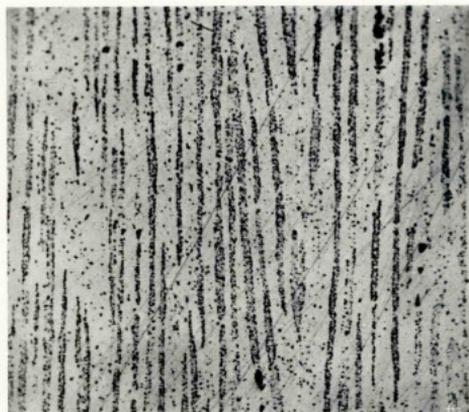


Fig. 14

50 μ m

PLANCHE VI

ATTAQUE DE LA VITRINITE DANS LE «FOUR A PLASMA D'OXYGENE» ET DANS LE «MELANGE DE SEYLER»

Fig. 12 — «Echantillon en bloc» 17.

Télinite 2 avant attaque. Comme sur la planche III — fig. 6 il est possible de voir, à l'aide de la lumière polarisée, les «fantômes» représentatifs des alignements plissés correspondants à la structure cellulaire.

Fig. 13 — «Echantillon en bloc» 17.

Champ représenté sur la figure antérieure après attaque dans le four à plasma d'oxygène pendant 15 m. On a seulement réussi à confirmer le type de structure déjà indiqué.

Fig. 14 — «Echantillon en bloc» 17.

Idem, après attaque dans le mélange de Seyler pendant 1h et 15 m. On parvient à des résultats identiques à ceux obtenus avec la méthode du four.



Fig. 9



Fig. 10

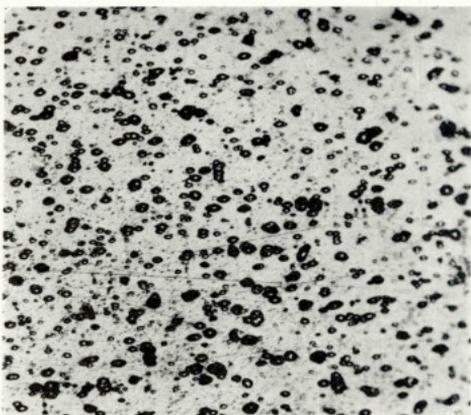


Fig. 11

PLANCHE V

ATTAQUE DE LA VITRINITE DANS LE «FOUR A PLASMA D'OXYGENE» ET DANS LE «MELANGE DE SEYLER»

Fig. 9 — «Echantillon en bloc» 17.

Télocollinite avant attaque. On doit noter les punctuations typiques.

Fig. 10 — «Echantillon en bloc» 17.

Champ représenté sur la figure antérieure après attaque dans le four à plasma d'oxygène pendant 15 m. Il est seulement possible d'élargir les punctuations présentées par les lits de télocollinite.

Fig. 11 — «Echantillon en bloc» 17.

Idem, après attaque dans le mélange de Seyler pendant 1h et 15 m. On parvient à des résultats identiques à ceux obtenus avec la méthode du four.

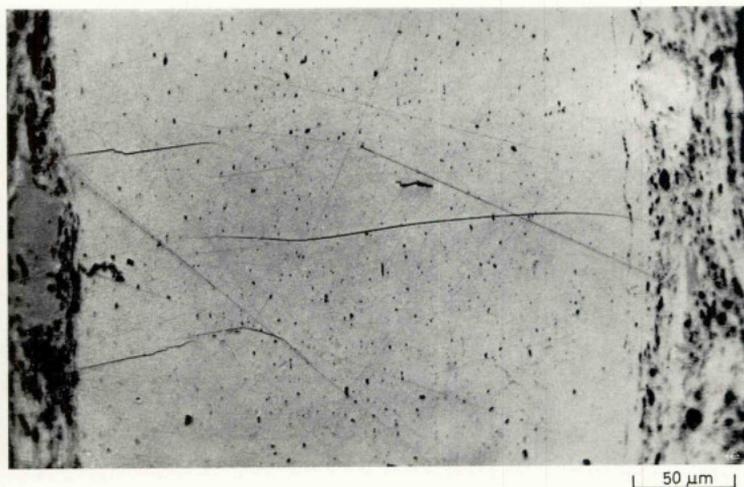


Fig. 7

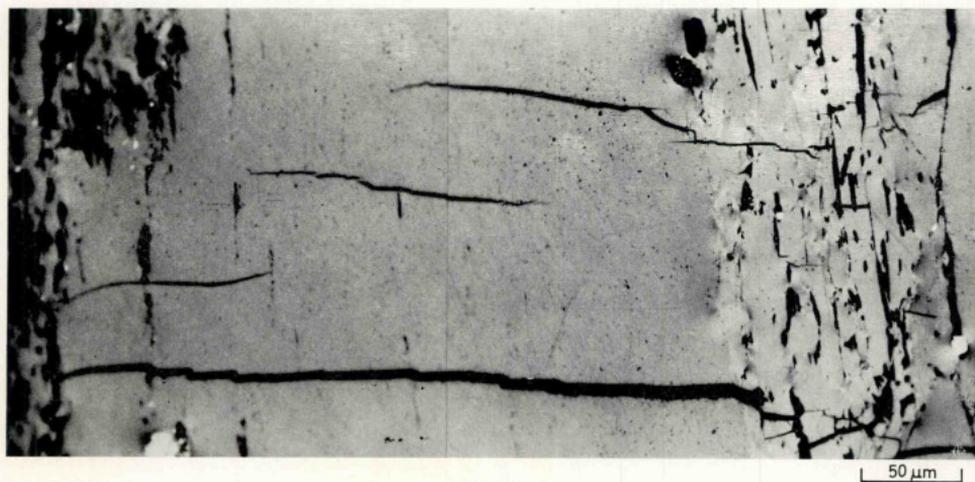


Fig. 8

PLANCHE IV

VITRINITE - Collinite - Télcollinite

Fig. 7 — «Echantillon en bloc» 15.

Lit de télcollinite avec des fissures de retrait typiques. Il s'agit d'un tissu végétal qui a subi une gélification totale. Malgré l'aspect homogène, on note des ponctuations que nous interprétons comme les derniers témoins des cavités cellulaires presque complètement fermées.

A droite, on voit un lit comparable aux clarites des charbons de bas rang, où l'ensemble desmocolinite-gélocollinite forme le ciment des corps dont la morphologie est celle des microspores.

A gauche, un lit de minéraux argileux enrobant de la détrinite.

Fig. 8 — «Echantillon en bloc» 98.

Un autre aspect d'un lit de télcollinite avec des fissures de retrait et ponctuations typiques.

La télcollinite est intercalée entre la détrinite enrobée par des minéraux argileux à gauche et la semi-fusinite à droite.

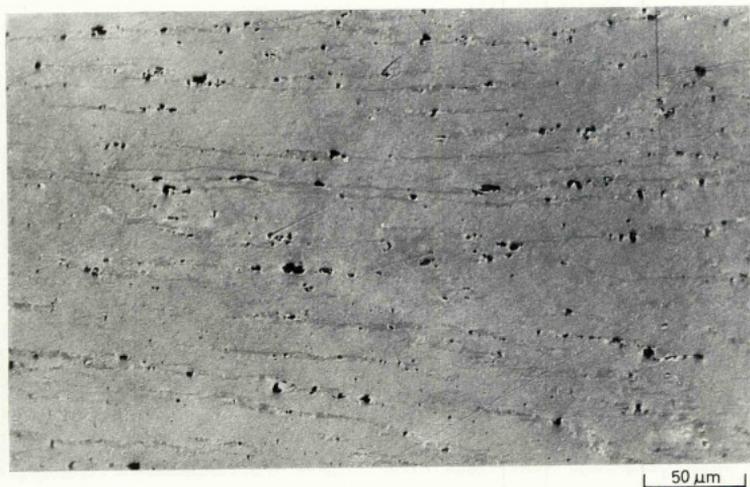


Fig. 5

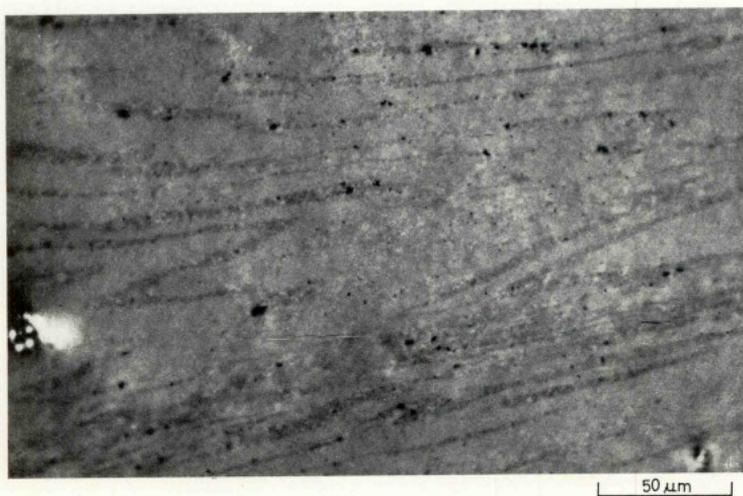


Fig. 6

PLANCHE III

VITRINITE-Télinite 2

Fig. 5 — «Echantillon en bloc» 15.

Télinite 2 dans un stade plus poussé de gélification par rapport à celui présenté sur les figures de la planche II. Les structures botaniques sont de moins en moins nettes avec tendance pour la télcollinite. Malgré cela il est possible, à l'aide de la lumière polarisée, de déceler les «fantômes» représentatifs des alignements correspondants à la structure cellulaire.

Fig. 6 — «Echantillon en bloc» 98.

Cas illustré sur la figure antérieure, mais où les alignements correspondants à la structure cellulaire sont plissés.

Généralement de telles figures sont intercalées entre des lits dont la stratification est parfaitement parallèle. Les déformations observées sont donc, au moins, synsédimentaires. Elles datent alors du stade de ulminite qui a précédé la genèse de la télinite.

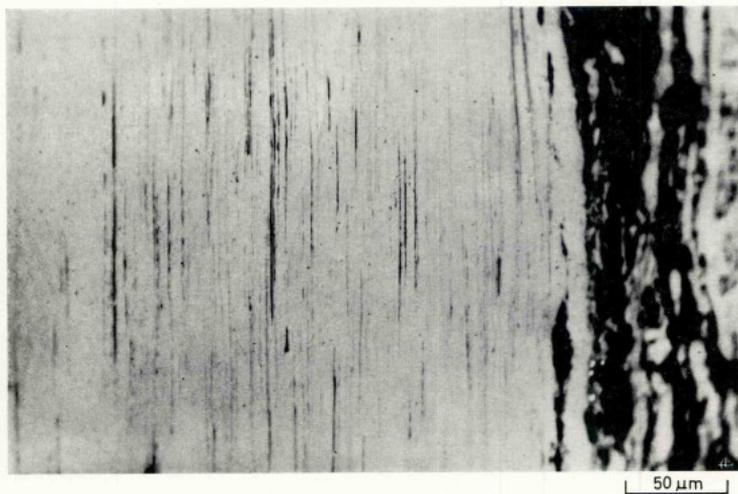


Fig. 3

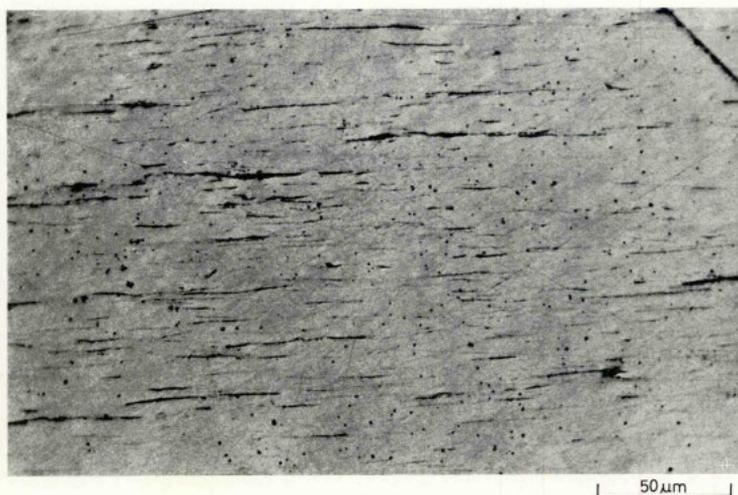


Fig. 4

PLANCHE II

VITRINITE-Télinite 2

Fig. 3 — «Echantillon en bloc» 99.

Télinite 2 formée par un tissu végétal gélifié dont les cavités cellulaires sont réduites à de simples lignes plus ou moins discontinues.

A droite on voit de la détrinite enrobée par des minéraux argileux.

Fig. 4 — «Echantillon en bloc» 98.

Aspect différent du cas illustré sur la figure 3 de cette planche.

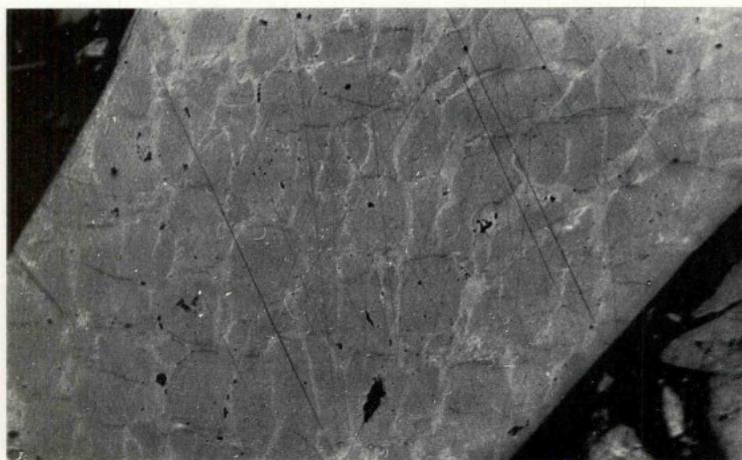


Fig. 1

50 µm

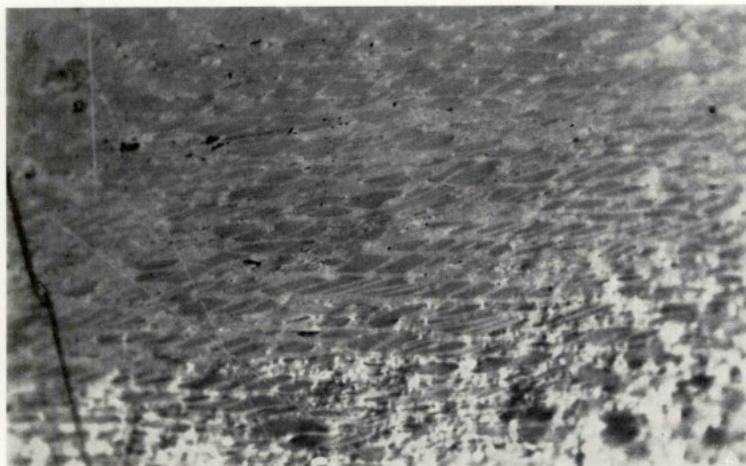


Fig. 2

50 µm

PLANCHE I

VITRINITE - Téliinite 1

Fig. 1 — «Echantillon en grains» 186/189.

Téliinite 1 formée par les parois cellulaires d'un tissu végétal qui a subi une gélification. Les cavités, arrondies, sont remplies par des globules d'une substance étrangère qui peut avoir une origine diverse (corpocollinite, résinite) et qui, dans ce rang doivent être classés dans les «corps sphéroïdaux». Comme dans les charbons de bas rang la résinite se trouve fréquemment sous la forme de remplissages cellulaires de la télinite, il est donc plausible d'admettre que ces corps sphéroïdaux ont été des globules résineux à l'origine. Quoi qu'il en soit le matériel de remplissage présente, aujourd'hui, les mêmes propriétés optiques de la télinite, mais les plans selon lesquels on observe les PRM des deux constituants ont des orientations différentes. Il en résulte donc la possibilité de trouver, pour certaines positions de la platine tournante (cas de la photographie), un contraste qui rend nettement visible la structure cellulaire de la télinite.

Fig. 2 — «Echantillon en bloc» 98.

Aspect identique à celui présenté sur la figure antérieure. Les cellules ont, dans ce cas, une forme polygonale.

A propos du remplissage des cavités et de la possibilité d'observer la structure cellulaire on peut ici faire des considérations identiques à celles présentées dans la légende de la figure 1 de cette planche.

Le tissu végétal est affecté par une fissure de retrait.

Sur la partie inférieure de la microphotographie on observe la transition télinite—semi-fusinite.

PLANCHES

Toutes les microphotographies procèdent de surfaces polies observées en immersion dans l'huile, en lumière réfléchie.

Les observations ont été effectuées en lumière polarisée (polariseur seulement) sauf dans quelques cas, indiqués dans les légendes correspondantes, où l'examen a été fait entre nicols croisés.

ANNEXE VIII — Résultats des analyses chimiques et des mesures de pouvoir réfecteur effectuées sur les échantillons de peranthracite prélevés sur des affleurements dans le Bassin Houiller du Douro

Groupes d'exploitation/Sièges (1) (2)	Veine (2)	N.º de l'échantillon (2)	Analyse chimique							Pouvoir réfecteur		
			H ₂ O %	C _a ' %	Sur charbon sec exempt de cendres				FERM %	σ_{PRM}	σ_{PRM}	
					MV'' %	O'' %	H'' %	O'' %				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A	1°	301	—	—	—	—	—	—	—	2,39	0,27	0,04
A	3°	303	7,7	9,5	43,31	69,61	1,99	23,65	2,38	0,22	0,03	
B	1°	306	—	—	—	—	—	—	1,64	0,20	0,04	
B	4°	304	7,0	4,2	40,71	72,55	1,98	21,29	3,17	0,41	0,08	

(1) A — Groupe de São Pedro da Cova (sièges de «Monte Alto e Ervedosa» et de «São Pedro da Cova»);
B — Groupe de Pejão (siège de «Germunde/Serrinhas»).

(2) Voir ANNEXES III et VI.

ANNEXE VII — Suite n.° 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
195/199	A	—	2°	33,90	3,50	5,30	3,17	94,51	1,80	—	—	—	—	6,02	0,30	0,03
200/202	A	—	3°	67,00	4,70	6,60	2,89	94,86	1,71	—	—	—	—	5,68	0,45	0,04
204/211	A	—	1°	261,20	4,20	4,60	2,52	95,49	1,78	—	—	—	—	6,22	0,27	0,02
215/218	A	—	4°	366,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,57	0,51	0,04
220/222	A	—	4°	392,20	4,10	2,70	2,57	95,07	1,85	—	—	—	—	6,17	0,42	0,06
223/229	A	—	4°	133,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,42	0,37	0,03
230/239	B	—	1°	235,50	3,90	4,80	2,84	95,48	1,37	—	—	—	—	6,71	0,38	0,03
240/248	B	—	1°	235,50	3,80	1,40	2,13	96,65	1,42	—	—	—	—	7,08	0,44	0,03
249/251	B	—	4°	201,85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,04	0,45	0,05
252/254	B	—	1°	201,00	4,80	3,40	2,38	96,07	1,24	—	—	—	—	7,01	0,56	0,05
255/265	B	—	1°	223,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,88	0,47	0,03
266/273	B	—	4°	175,00	3,80	2,10	2,15	95,81	1,12	—	—	—	—	6,45	0,51	0,04
274	B	—	1°	224,00	4,00	1,40	2,54	95,94	1,32	—	—	—	—	7,17	0,47	0,07
275/279	B	—	4°	155,00	4,60	1,80	2,04	96,23	1,22	—	—	—	—	6,33	0,58	0,04
280/284	B	—	1°	202,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,47	0,55	0,04
285	B	—	1°	215,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,86	0,52	0,07
286/289	B	—	4°	210,00	4,20	2,50	2,05	96,21	1,33	—	—	—	—	6,04	0,63	0,04
300	A	—	—	103,50	4,40	3,10	3,61	94,94	1,75	—	—	—	—	6,58	0,30	0,04
307	A	XV C	0	26,50	2,70	3,30	5,27	94,31	2,07	—	—	—	—	5,67	0,35	0,05
308	A	XV C	0	37,50	2,50	4,60	4,61	94,23	1,99	—	—	—	—	5,77	0,47	0,07
309	A	XV C	0	43,20	2,60	6,20	4,48	93,92	1,92	—	—	—	—	5,71	0,37	0,05
311	A	XII	0	131,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,04	0,47	0,08
312	A	XII	0	165,00	2,70	7,20	4,42	93,97	1,94	—	—	—	—	6,11	0,46	0,08
315/319	B	—	1°	359,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,02	0,30	0,02
Ch 1	C	—	PM	60,20	1,10	4,70	2,52	96,75	1,15	—	7,28	0,22	0,03	—	—	—
Ch 3	C	—	PM	60,20	—	—	—	—	—	—	7,01	0,15	0,03	—	—	—
Ch 3(1)	C	—	PM	60,20	—	—	—	—	—	—	6,92	0,15	0,02	—	—	—
Ch 4	C	—	PM	60,20	—	—	—	—	—	—	6,80	0,16	0,03	—	—	—
Ch 6	C	—	PM	78,20	1,30	3,70	2,80	96,68	1,14	—	7,30	0,22	0,03	—	—	—
Ch 6.1	C	—	PM	78,20	—	—	—	—	—	—	6,94	0,13	0,03	—	—	—
Ch 7	C	—	PM	60,20	—	—	—	—	—	—	7,12	0,19	0,03	—	—	—
GI 1	B	—	1°	65,00	—	—	—	—	—	—	7,24	0,16	0,03	—	—	—

ANNEXE VII — Suite n.° 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
75/76	A	—	2°	171.80	4.40	6.30	3.74	94.24	1.81	—	—	—	—	6.10	0.39	0.04
77	A	—	0	127.20	3.70	5.40	3.49	94.82	1.90	—	—	—	—	5.51	0.46	0.07
78/79	A	—	0	104.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.81	0.53	0.07
80	A	—	0	106.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.51	0.37	0.05
81/82	A	—	2°	32.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.64	0.36	0.04
83/84	A	—	2°	31.80	4.90	6.70	2.89	95.61	1.71	—	—	—	—	6.12	0.32	0.03
85	A	—	2°	48.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.89	0.32	0.05
86/88	A	—	2°	154.70	4.30	4.80	3.26	94.96	1.68	—	—	—	—	6.03	0.35	0.03
89/90	A	—	3°	49.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.45	0.54	0.05
91/92	A	—	2°	44.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.08	0.31	0.03
93/94	A	—	4°	243.70	5.30	5.00	3.58	94.74	1.68	—	—	—	—	5.38	0.40	0.02
95	A	—	0	107.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.30	0.37	0.05
96	A	—	0	127.00	3.60	7.00	3.66	94.62	2.04	—	—	—	—	5.58	0.44	0.06
97/99	A	—	1°	160.50	4.40	4.90	3.15	95.16	1.79	1.68	—	—	—	6.24	0.38	0.04
101/103	A	—	0	34.10	3.10	3.00	2.27	94.85	1.86	—	—	—	—	5.41	0.44	0.04
104/107	A	—	3°	31.50	4.00	6.10	3.30	94.46	1.70	—	—	—	—	5.89	0.29	0.02
108/116	A	—	4°	145.20	4.60	3.90	3.02	95.11	1.77	—	—	—	—	5.21	0.40	0.04
117/119	A	—	0	43.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.32	0.46	0.05
120	A	—	0	32.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.38	0.49	0.07
121	A	—	0	33.20	2.70	5.10	3.16	94.94	1.90	—	—	—	—	5.39	0.44	0.06
122	A	—	0	33.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.31	0.34	0.05
123	A	—	2°	122.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.84	0.35	0.05
124/126	A	—	0	70.80	3.50	3.80	2.81	95.63	1.98	—	—	—	—	5.16	0.47	0.07
127/129	A	—	3°	35.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.70	0.34	0.03
130/132	A	—	3°	51.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.93	0.29	0.04
133/138	A	—	4°	383.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.30	0.28	0.03
139/143	B	—	4°	231.00	4.30	2.80	2.16	96.30	1.23	—	—	—	—	6.27	0.48	0.03
144/155	B	—	1°	227.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.23	0.41	0.03
162/167	B	—	1°	225.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.91	0.45	0.03
168/181	B	—	1°	232.60	2.80	1.60	2.24	95.83	1.32	1.32	—	—	—	6.91	0.52	0.04
186/189	C	—	PT	350.20	2.90	5.40	2.96	95.67	1.16	—	—	—	—	6.50	0.57	0.04
191/194	A	—	0	9.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.57	0.48	0.07

ANNEXE VII — Résultats des analyses chimiques et des mesures de pouvoir réflecteur effectuées sur les échantillons de peranthracite prélevés en profondeur dans le Bassin Houiller du Douro

N.º de l'échantillon	Groupes d'exploitation/Sièges (1) (2)	N.º de sondage (1)	Veine (1)	Profondeur, selon la verticale, par rapport à la surface du sol (en m) (1)	Analyse chimique						Pouvoir réflecteur					
					H ₂ O %	Cs' %	Sur charbon sec exempt de cendres				Echantillon en bloc			Echantillon moyen en grains		
							MV'' %	C'' %	H'' %	O'' %	PRM %	σ _{PRM}	σ _{PRM}	PRM %	σ _{PRM}	σ _{PRM}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1/8	A	—	2 ^e	120,40	4,30	5,80	3,50	95,22	1,91	—	—	—	—	5,53	0,44	0,03
10/14	A	—	2 ^e	120,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,72	0,37	0,04
15	A	—	1 ^e	13,50	4,70	3,60	3,42	95,02	1,87	1,66	—	—	—	6,07	0,28	0,04
16/18	A	—	1 ^e	27,70	4,40	5,10	3,48	94,94	1,69	—	—	—	—	6,04	0,42	0,04
19	A	—	3 ^e	22,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,40	0,36	0,05
20	A	—	3 ^e	14,00	4,40	6,40	4,70	94,23	2,03	—	—	—	—	5,44	0,39	0,05
21/23	A	—	3 ^e	368,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,25	0,42	0,06
24/27	A	—	3 ^e	374,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,55	0,41	0,04
32/34	A	—	0	93,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,36	0,37	0,05
36/39	A	—	0	81,50	2,90	5,80	3,40	94,80	1,91	—	—	—	—	5,58	0,51	0,07
40/41	A	—	3 ^e	24,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,20	0,49	0,06
42/48	A	—	3 ^e	130,90	4,30	7,30	3,56	94,61	1,83	1,62	—	—	—	5,43	0,37	0,02
49	A	—	3 ^e	8,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,36	0,29	0,04
50	A	—	2 ^e	45,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,08	0,26	0,04
51	A	—	2 ^e	45,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,16	0,26	0,04
52	A	—	3 ^e	186,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,38	0,31	0,04
54/58	A	—	4 ^e	370,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,43	0,36	0,04
59/63	A	—	4 ^e	382,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,57	0,40	0,04
65	A	—	2 ^e	134,70	4,00	7,10	3,77	94,40	1,83	—	—	—	—	5,34	0,37	0,05
66/67	A	—	2 ^e	143,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,16	0,44	0,04
68	A	—	3 ^e	162,70	4,50	4,10	3,23	95,62	1,88	—	—	—	—	5,37	0,38	0,05
71/73	A	—	3 ^e	161,20	4,50	7,10	3,88	94,83	1,83	—	—	—	—	6,25	0,31	0,03
74	A	—	3 ^e	159,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,77	0,30	0,04

(1) Voir ANNEXES I, II, IV et V.

(2) A.—Groupe de São Pedro da Cova (sièges de «Monte Alto e Ervedosa» et de «São Pedro da Cova»).

B.—Groupe de Pejão (siège de «Germunde/Serrinha»).

C.—Groupe de Pejão (siège de «Pejão») et siège «Paraduça n.º 1».

**ANNEXE V — Echantillons prélevés en profondeur dans le groupe de Pejão
(siège de «Pejão») et dans le siège de «Paraduça n.º 1»**

N.º de l'échantillon	Etage	Chantier	Veine (¹)	Coordonnées du point de prélèvement (en m)				
				Profondeur, selon la verticale, par rapport à la surface du sol	Cote par rapport au niveau de la mer	Coordonnées rectangulaires		
						Distance à la Méridienne (²)	Distance à la Perpendiculaire (³)	
1	2	3	4	5	6	7	8	
186/189	2/3	«Secundário 6 Norte» entre les bowettes 3092 et 3093	PT	350.20	— 23.70	+ 15.398,50	— 148.258.00	
Ch 1 (³)			«Choupelo/ Ervedal»	Entre les cheminées 26 et 27	PM	60.20	+ 279.00	+ 15.492.00
Ch 3 (³)								
Ch 3 (1) (³)								
Ch 4 (³)	2/3	«Choupelo/ Ervedal»	Entre les cheminées 26 et 27	PM	60.20	+ 279.00	+ 15.492.00	— 148.160.00
Ch 7 (³)								
Ch 6 (³)	2/3	«Choupelo/ Ervedal»	Cheminée 28 intermédiaire	PM	78.20	+ 260.00	+ 15.461.00	— 148.131.00
Ch 6.1 (³)								

(¹) PT — Veine «Fojo», passée du toit; PM — Veine «Fojo», passée du mur.

(²) Coordonnées rectangulaires cartographiques rapportées à la *Carta Corográfica de Portugal* (au 1/50.000^{ème}). Point d'origine des coordonnées rectangulaires: «Ponto Central» — Latitude 39°40'0".00 N.; Longitude 8°7'54".81 O. de Greenwich (CLEMENTE, 1937).

(³) Prélèvements rapportés par OLIVEIRA (1956 et 1958).

**ANNEXE VI — Echantillons prélevés sur des affleurements dans le groupe de Pejão
(siège de «Germunde/Serrinha»)**

N.º de l'échantillon	Veine (¹)	Bowette correspondante en coupe verticale	Coordonnées du point de prélèvement (en m)		
			Cote par rapport au niveau de la mer	Coordonnées rectangulaires	
				Distance à la Méridienne (²)	Distance à la Perpendiculaire (³)
1	2	3	4	5	6
304	4° (FT)	236	231.00	+ 20.661.50	— 152.095.00
306	1° (FM)	219	194.00	+ 21.291.00	— 152.465.00

(¹) FT (Faisceau du toit); FM (Faisceau du mur).

(²) Coordonnées rectangulaires cartographiques rapportées à la *Carta Corográfica de Portugal* (au 1/50.000^{ème}). Point d'origine des coordonnées rectangulaires: «Ponto Central» — Latitude 39°40'0".00 N.; Longitude 8°7'54".81 O. de Greenwich (CLEMENTE, 1937).

ANNEXE IV — Echantillons prélevés en profondeur dans le groupe de Pejão (siège de «Germunde/Serrinha»)

N° de l'échantillon	Etage	Bouette	Châssier d'exploitation	Veine (1)	Coordonnées du point de prélèvement (en m)			
					Profondeur, selon la verticale, par rapport à la surface du sol	Cote par rapport au niveau de la mer	Coordonnées rectangulaires	
							Distance à la Méridienne (2)	Distance à la Perpendiculaire
1	2	3	4	5	6	7	8	9
139/143	1 (—50)	132	«Secundário 1»	4° (FT)	231,00	+ 41,90	+ 20.887,50	— 152.152,02
144/155	1 (—50)	135	«Secundário 4»	1° (FM)	227,30	+ 24,26	+ 20.782,20	— 152.034,50
162/167	1/2 (—50/—100)	128/130/228	«Secundário 3»	1° (FM)	225,00	— 18,48	+ 20.947,50	— 152.268,30
168/181	1 (—50)	130	«Primário 1»	1° (FM)	232,60	+ 6,00	+ 20.916,30	— 152.210,00
230/239	2 (—100)	230	«Primário sul, Secundário 4»	1° (FM)	235,50	— 21,28	+ 20.912,50	— 152.201,43
240/248	2 (—100)	230	«Primário sul, Secundário 4»	1° (FM)	235,50	— 21,28	+ 20.912,50	— 152.201,43
249/251	1/2 (—50/—100)	132/232	«Primário sul, Secundário 4»	4° (FT)	201,85	— 15,50	+ 20.690,15	— 152.277,01
252/254	3 (—150)	310	«Hasteal norte»	1° (FM)	201,00	— 112,20	+ 21.550,00	— 152.805,00
255/265	3 (—150)	332	«Hasteal sul»	1° (FM)	223,00	— 106,50	+ 20.818,50	— 152.218,00
266/273	3 (—150)	326	«Hasteal sul»	4° (FT)	175,00	— 105,86	+ 20.850,50	— 152.450,00
274	3 (—150)	326	«Hasteal sul»	1° (FM)	224,00	— 107,26	+ 20.937,40	— 152.382,50
275/279	3 (—150)	326	«Hasteal sul»	4° (FT)	155,00	— 105,20	+ 20.813,50	— 152.483,30
280/284	3 (—150)	321	«Hasteal sul»	1° (FM)	202,60	— 108,30	+ 21.132,00	— 152.493,50
285	3 (—150)	312	«Hasteal norte»	1° (FM)	215,50	— 111,50	+ 21.440,00	— 152.738,00
286/289	3 (—150)	312	«Primário sul»	4° (FT)	210,00	— 109,30	+ 21.255,50	— 152.850,50
315/319	4 (—200)	416	«Hasteal sul»	1° (FM)	359,30	— 159,30	+ 21.267,00	— 153.628,50
GI 1 (3)	85	3M	«Hasteais»	1° (FM)	65,00	+ 86,00	+ 21.766,50	— 152.896,00

(1) FT — Faisceau du toit; FM — Faisceau du mur.

(2) Coordonnées rectangulaires cartographiques rapportées à la *Carta Corográfica de Portugal* (au 1/50.000^{ème}). Point d'origine des coordonnées rectangulaires: «Ponto Central» — Latitude 39°40'0",00 N.; Longitude 8°7'54",81 O. de Greenwich (CLEMENTE, 1937).

(3) Prélèvement rapporté par OLIVEIRA (1956 et 1958).

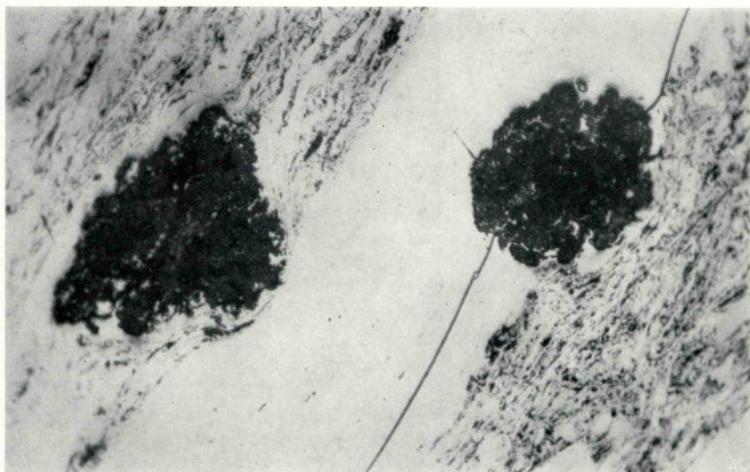


Fig. 54

50 μ m

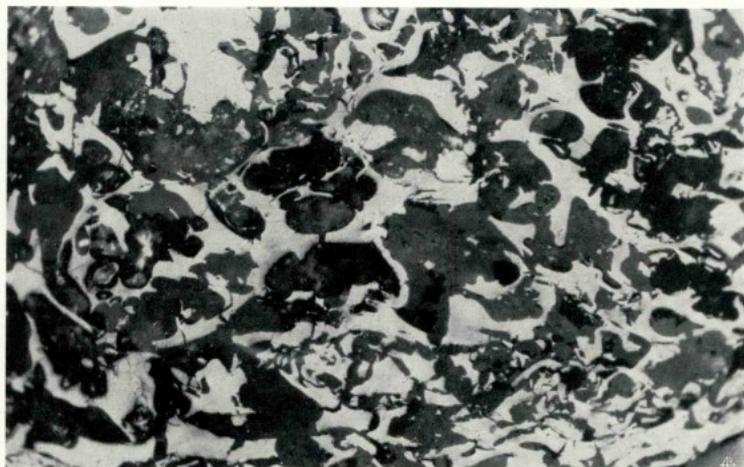


Fig. 55

50 μ m

PLANCHE XXIV

INCLUSIONS MINÉRALES EFFETS DE LA TECTONIQUE

Fig. 56 — «Echantillon en bloc» 16.

Amas de concrétions de pyrite syngénétique dans une détrinite enrobée par des minéraux argileux. L'effet de la compaction est visible dans le moulage de la matière organique autour des concrétions minérales. Celles-ci, d'une dureté élevée, n'ont pas été pratiquement affectées par le phénomène.

Fig. 57 — «Echantillon en bloc» 16.

Quelques-unes des concrétions de la figure antérieure observées en fort grossissement. On voit, alors, que ces concrétions sont formées par des petits cristaux.

Le moulage de la matière organique autour des inclusions minérales est ici bien net.

Fig. 58 — «Echantillon en grains» 120.

Minéraux argileux enrobant des grains de charbon mylonitisé d'une veine ayant subi des efforts tectoniques. Dans le cas figuré, le broyage tectonique n'a pas disloqué les grains délimités par la fissuration les uns par rapport aux autres. Ils conservent donc leur position originellement identique.

Nous considérons les minéraux argileux que l'on trouve dans les veines de peranthracite, comme épigénétiques. En effet, ces minéraux ne correspondent plus, à présent, aux espèces contemporaines du dépôt qui ont certainement évolué en conséquence de la houillification très poussée que le bassin a subi.

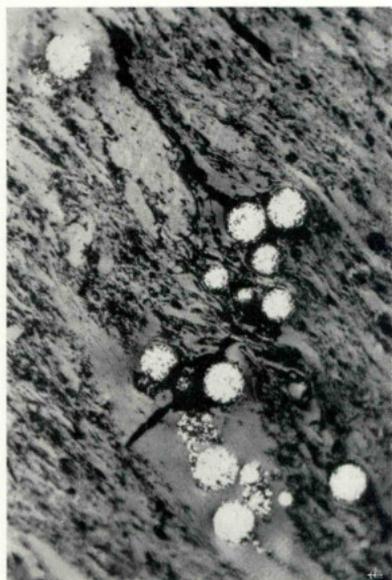


Fig. 56

50 μ m

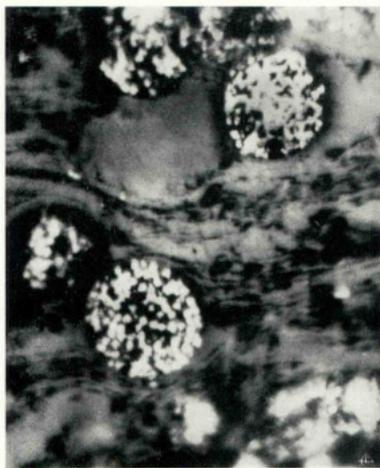


Fig. 57

20 μ m

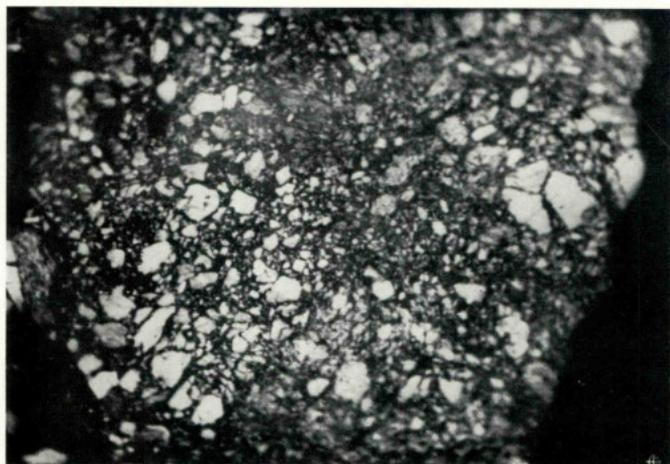


Fig. 58

50 μ m

PLANCHE XXV

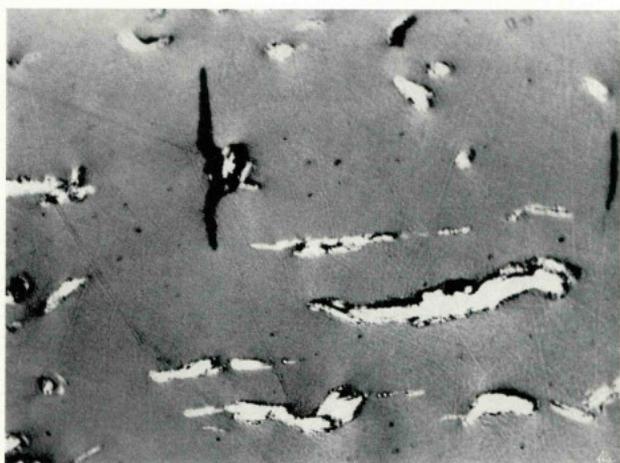
INCLUSIONS MINERALES

Fig. 59 — «Echantillon en bloc» 15.

Dépôt de pyrite épigénétique dans les cavités d'une télécollinite.

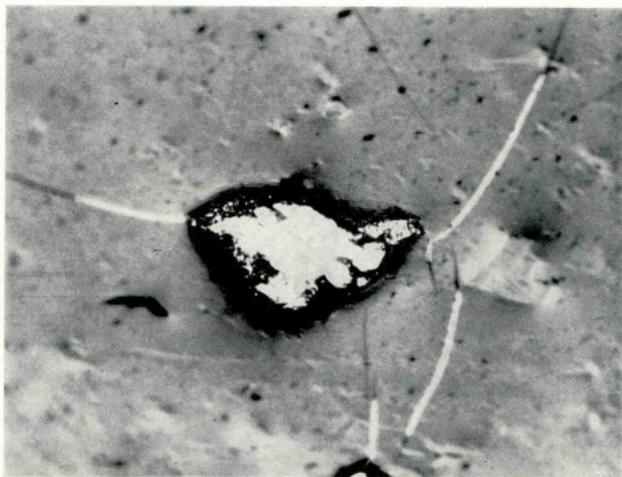
Fig. 60 — «Echantillon en bloc» Ch 3.

Autre aspect du phénomène illustré sur la figure 59 de cette planche. Dans ce cas on constate aussi la présence de pyrite épigénétique dans quelques fissures.



50 μ m

Fig. 59



50 μ m

Fig. 60

PLANCHE XXVI

PYROCARBONE

Fig. 61 — «Echantillon en bloc» 97.

Pyrocarbone avec des formes sphéroïdales et bouclées à relief élevé et texture caractéristique en cônes feuilletés, parfois fissurés.

On doit noter la grande quantité de pores qui existent dans le lieu du dépôt (sur le coin inférieur gauche on voit un pore avec 50 μm environ de dimension maximum).

Autour du pyrocarbone on voit de la semi-fusinite.

Fig. 62 — «Echantillon en bloc» 97.

Champ représenté sur la figure antérieure observé entre nicols croisés. On voit, alors, les croix de Brewster qui prouvent la présence d'une structure sphéroïdale-rayonnée dans les globules de pyrocarbone.

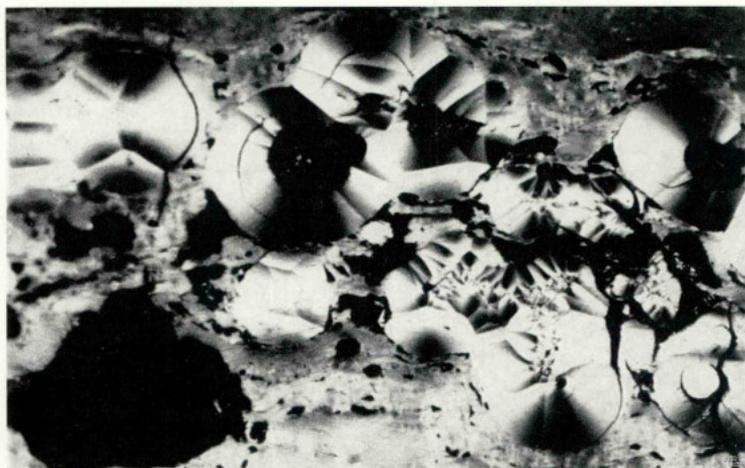


Fig. 61

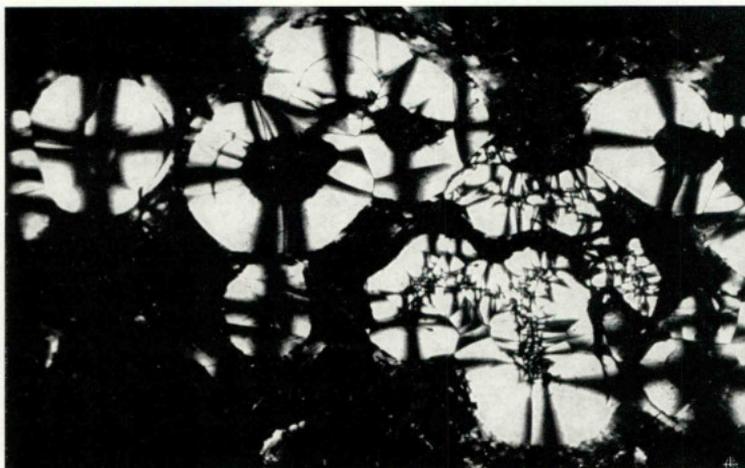


Fig. 62

PLANCHE XXVII

PYROCARBONE

Fig. 63 — «Echantillon en bloc» 97.

Encore le même champ représenté sur la planche XXVI — figs. 61 et 62 observé entre nicols croisés et avec lame de gypse teinte sensible. On voit, alors, les couleurs violette (croix de Brewster et verte (autres surfaces) dans les formations du pyrocarbone. Ceci démontre que nous ne sommes pas en présence de vrai graphite lequel, dans les mêmes circonstances, présenterait les couleurs bleue et orange.

Avec le contraste saisissant de couleurs de la photographie on voit ici, en noir, mieux que sur la planche XXVI — fig. 61, les pores qui existent sur le lieu où s'est déposé le pyrocarbone.

Fig. 64 — «Echantillon en bloc» 16.

Dépôt de pyrocarbone en globules et bandes dont le relief est nettement supérieur aux autres constituants du charbon. Malgré l'aspect assez compact des masses, on voit sur les bordures, la texture caractéristique en cônes feuilletés.

On voit une fissure dans le coin inférieur gauche de la photographie.

Le pyrocarbone est entouré de minéraux argileux enrobant soit des concrétions de pyrite syngénétique, soit de très petites inclusions du même minéral finement disséminées.



Fig. 63

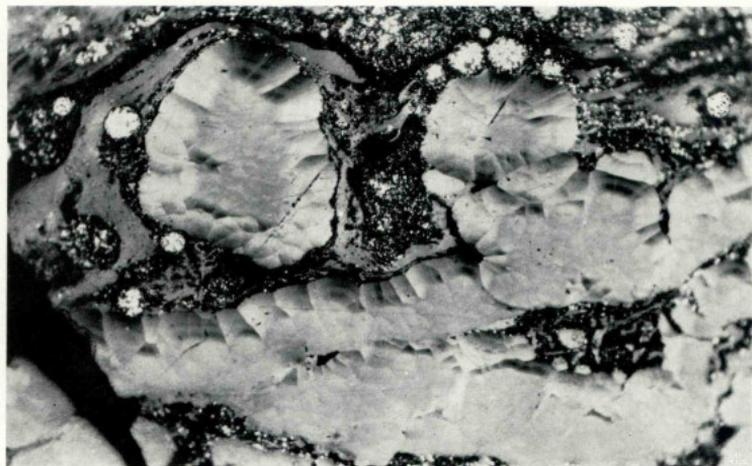


Fig. 64

PLANCHE XXVIII

PYROCARBONE

Fig. 65 — «Echantillon en bloc» 97.

Dépôt de pyrocarbone en anneaux. Sur les bordures la texture en cônes feuilletés est bien visible.
Le pyrocarbone s'est déposé sur un constituant très poreux qu'on peut classer dans la sclérotinite
(sclérote ?, plectenchyme ?)

On voit encore, en haut et à gauche, de la semi-fusinite.

Fig. 66 — «Echantillon en bloc» 97.

Globules de pyrocarbone à fort relief et texture typique en cônes.
Autour on voit de la semi-fusinite.

Fig. 67 — «Echantillon en bloc» 97.

Champ représenté sur la figure 66, observé entre nicols croisés. On voit, alors, nettement les croix
de Brewster qui se forment sur chaque globule et qui prouvent l'existence d'une structure sphéroïdale-
-rayonnée dans chaque unité.

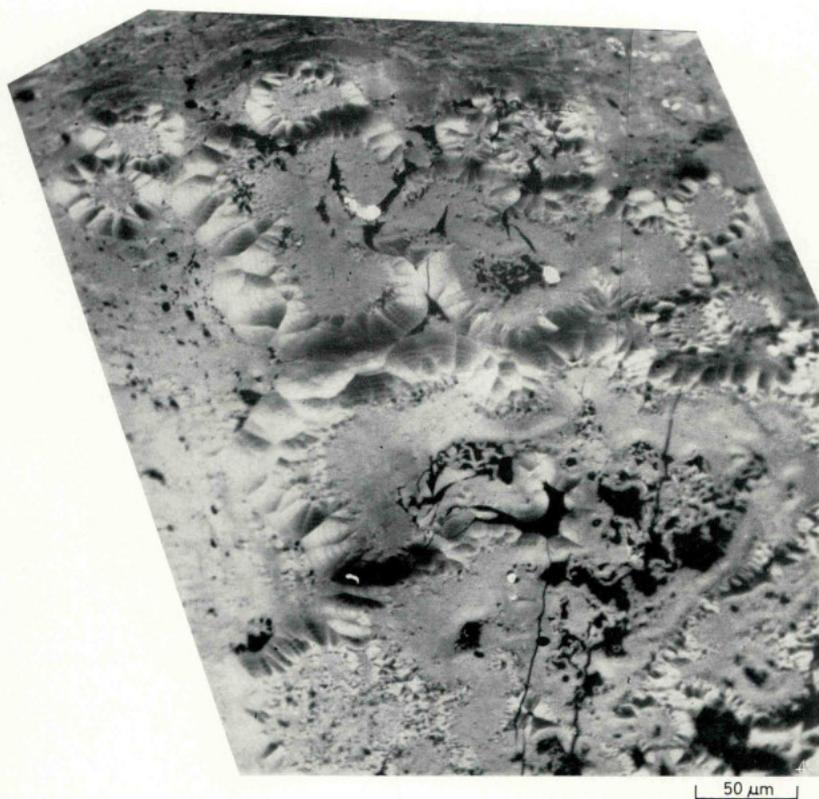


Fig. 65

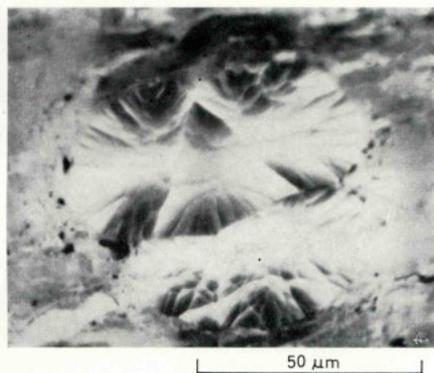


Fig. 66

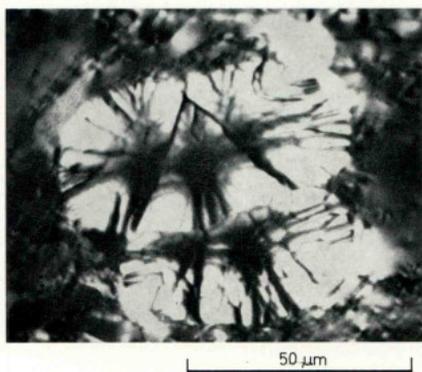


Fig. 67

PLANCHE XXIX

COMPARAISON ENTRE LES «ECHANTILLONS EN GRAINS» PREPARES A PARTIR DES VEINES NON TECTONISEES ET CEUX PROVENANT DES COUCHES AYANT SUBI LES EFFETS DE LA TECTONIQUE

Fig. 68 — «Echantillon en grains» 15.

Aspect d'un grain de télcollinite dans un «échantillon en grains» préparé à partir d'une veine cohérente et non tectonisée. La forme des grains dépend, dans ce cas, seulement du processus de broyage au laboratoire, sous une granulométrie moyenne de 800 μm environ. Cette manipulation n'introduit aucune fissuration supplémentaire.

Fig. 69 — «Echantillon en grains» 36/39.

Aspect d'un «échantillon en grains» préparé à partir d'une veine ayant subi des efforts tectoniques. On note la coexistence de grains non affectés par la tectonique et de grains qui ont subi une mylonitisation. Au total, le broyage au laboratoire n'a introduit aucune fissuration supplémentaire dans ces deux types de grains.

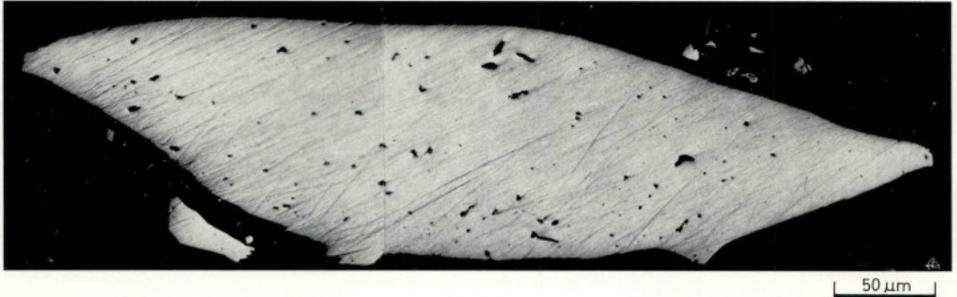


Fig. 68



Fig. 69

PLANCHE XXX

EFFETS DE LA TECTONIQUE

Fig. 70 — «Echantillon en grains» 186/189.

Vitrinite fissurée par broyage tectonique (mylonitisation).

Dans ce cas, les grains délimités par la fissuration ne sont pas enrobés par un ciment minéral. Par ailleurs, il ne sont pas disloqués les uns par rapport aux autres et, de ce fait, ils conservent leur position originellement identique.

Fig. 71 — «Echantillon en grains» 312.

Autre aspect du phénomène illustré sur la figure antérieure, mais à un stade de mylonitisation plus avancé. En effet, on vérifie, à la fois, un morcellement plus poussé et une plus grande ouverture dans les fissures.

Fig. 72 — «Echantillon en grains» 285.

Semi-fusinite fissurée par broyage tectonique.

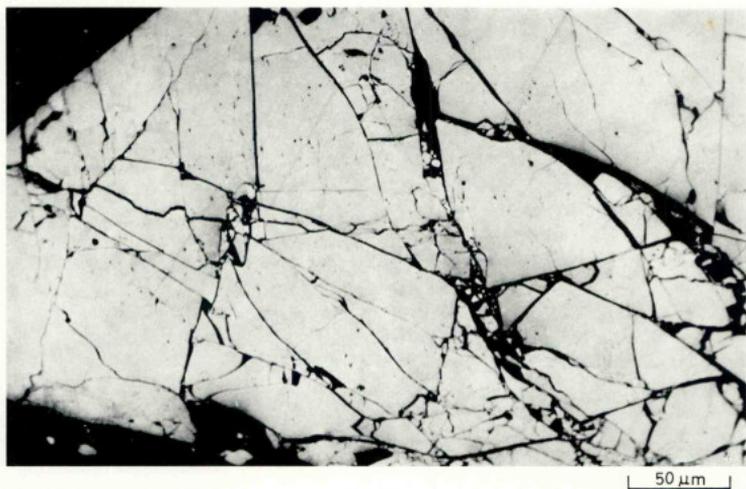


Fig. 70

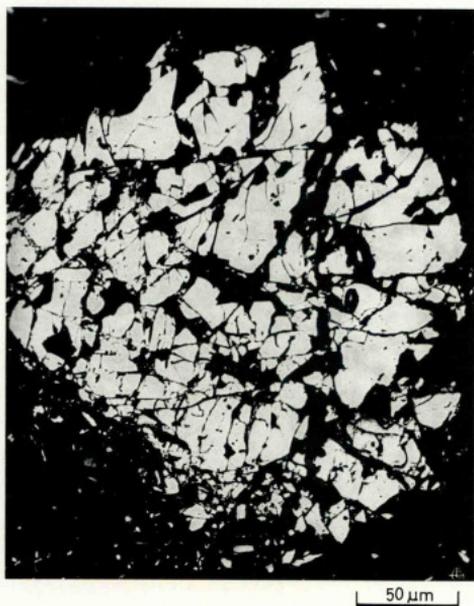


Fig. 71



Fig. 72

PLANCHE XXXI

EFFETS DE LA TECTONIQUE

Fig. 73 — «Echantillon en grains» 186/189.

Mylonite de charbon où le broyage tectonique a été suivi de remaniement des grains délimités par la fissuration conduisant à un véritable aggloméré naturel. Les grains ne sont pas enrobés par un ciment minéral.

L'éclairement variable que l'on vérifie dans les grains en tournant la platine traduit les différentes orientations selon lesquelles on observe les PR maximum et minimum apparent de chaque grain. L'alignement originellement identique des grains (planche XXX — figs. 70 et 71) a donc été modifié par la tectonique.

Il faut admettre, dans ces cas, que les phénomènes tectoniques qui ont provoqué le broyage et le remaniement des grains, sont postérieurs à la houillification. D'ailleurs et malgré le désordre des grains le rang demeure déterminable, avec une grande régularité, par le PR maximum des différents grains de vitrinite.

Fig. 74 — «Echantillon en grains» 186/189.

Champ représenté sur la figure antérieure, observé pour une position de la platine à 45° de la précédente. On voit alors que l'éclairement des grains est différent par rapport à celui présenté sur la figure 73 de cette planche.

Il faut, pourtant, noter qu'il y a des grains qui conservent, pour toutes les positions de la platine tournante, un éclairement qui correspond au PR maximum. Il s'agit des grains dont la surface de coupe est parallèle au plan de stratification.

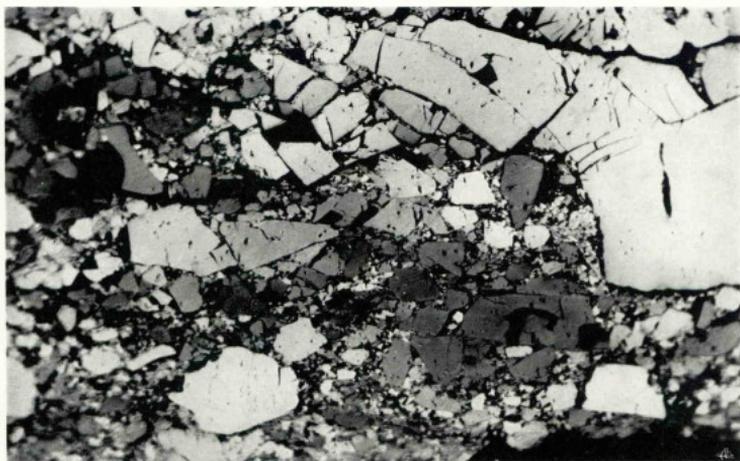


Fig. 73

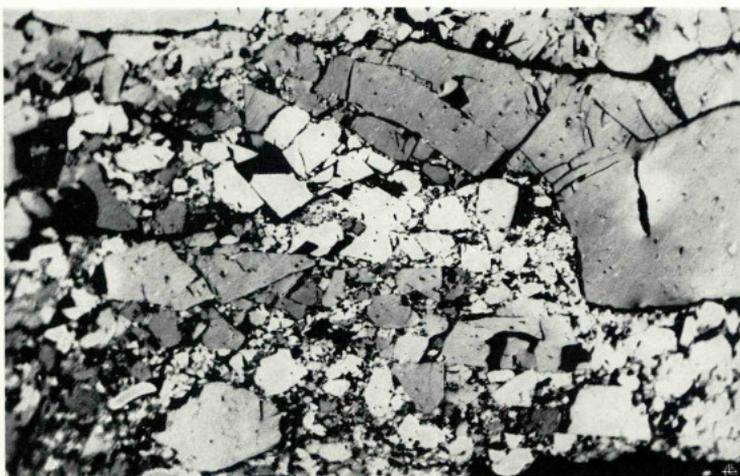


Fig. 74

PLANCHE XXXII

EFFETS DE LA TECTONIQUE

Fig. 75 — «Echantillon en grains» 186/189.

Figuration différente du cas illustré sur la planche XXXI — figs. 73 et 74. Les grains délimités par la fissuration sont, ici, beaucoup plus consolidés. Il n'existe pas de ciment minéral enrobant.

Fig. 76 — «Echantillon en grains» 275/279.

Mylonite de charbon où le broyage tectonique a été suivi de remaniement des grains délimités par la fissuration comme dans les cas figurés sur la planche XXXI — figs. 73 et 74 et sur la figure 75 de cette planche.

Cette microphotographie représente, toutefois, le stade ultime du phénomène décrit. En effet les grains remaniés sont, ici, en coalescence.



Fig. 75



Fig. 76

PLANCHE XXXIII

OXYDATION NATURELLE EN AFFLEUREMENT

Fig. 77 — «Echantillon en grains» 303.

Fissuration due à l'oxydation naturelle qui se développe à partir de la périphérie d'un grain de télcollinite.

On doit noter que la fissuration se propage, graduellement, dans des zones de plus faible PR que le centre du grain. Les limites entre des zones différemment oxydées sont plus ou moins diffuses, ce qui est caractéristique de ce type d'oxydation.



Fig. 77

PLANCHE XXXIV

OXYDATION NATURELLE EN AFFLEUREMENT

Fig. 78 — «Echantillon en grains» 303.

Aspect différent du cas illustré sur la planche XXXIII — fig. 77.

Fig. 79 — «Echantillon en grains» 301.

Fissuration typique provoquée par l'oxydation naturelle qui a envahi tout un grain de télcollinite.
Du fait que la totalité du grain est atteinte par une oxydation très poussée, les variations de PR entre les zones différemment oxydées sont déjà estompées.

Fig. 80 — «Echantillon en grains» 306.

Figuration différente du phénomène illustré sur la figure 79 de cette planche.

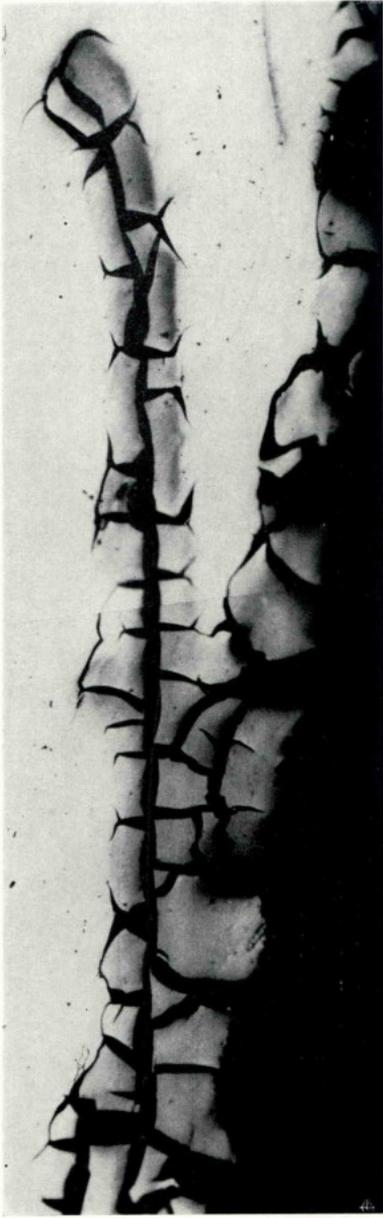


Fig. 78

50 μm

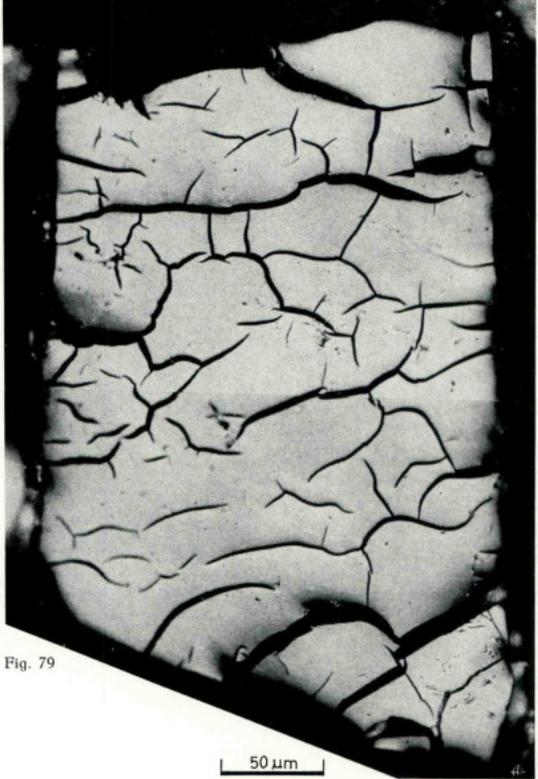


Fig. 79

50 μm

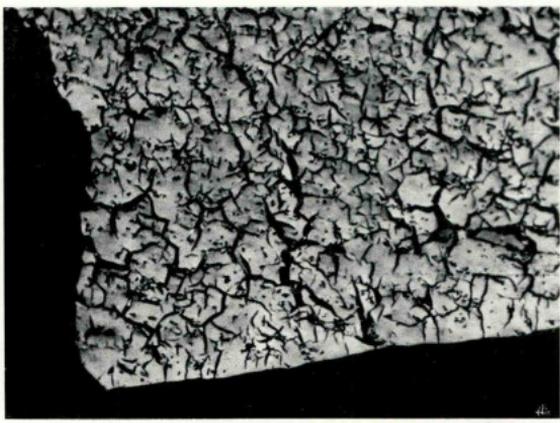


Fig. 80

50 μm

PLANCHE XXXV

OXYDATION NATURELLE EN AFFLEUREMENT

Fig. 81 — «Echantillon en grains» 303.

Réunion, à l'intérieur d'un grain de télocolinite, de quatre zones principales de fissuration dues à l'oxydation naturelle. La propagation graduelle de la fissuration à partir de la périphérie des grains (planche XXXIII — fig. 77 et planche XXXIV — fig. 78) conduira progressivement au stade de dégradation totale illustré sur la planche XXXIV — figs. 79 et 80 et sur la planche XXXVI — fig. 83.

Fig. 82 — «Echantillon en grains» 303.

Intérieur d'un grain de télocolinite montrant des fissures typiques d'oxydation naturelle.

Dans ce cas, la surface polie a coupé une zone fissurée qui s'est développée dans un plan différent à partir de la périphérie du grain.

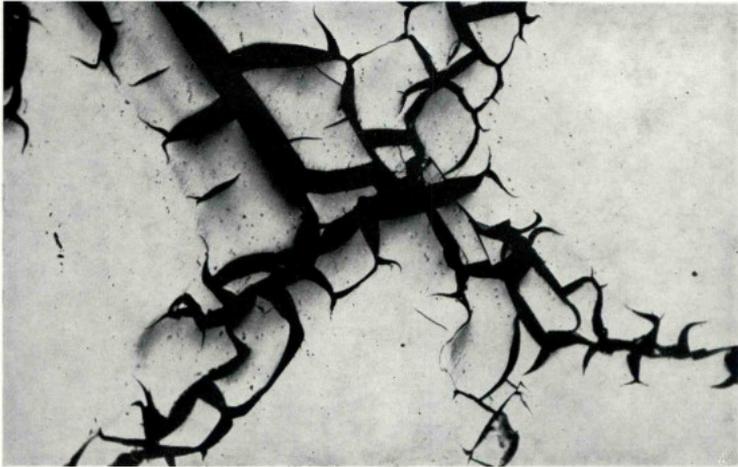


Fig. 81

50 μ m

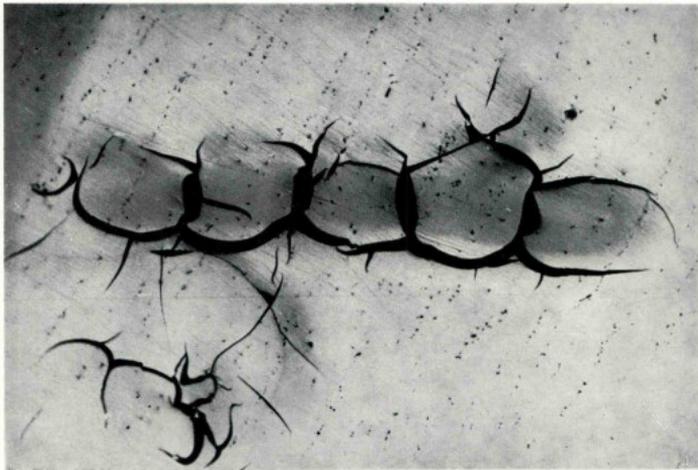


Fig. 82

50 μ m

PLANCHE XXXVI

OXYDATION NATURELLE EN AFFLEUREMENT

Fig. 83 — «Echantillon en grains» 306.

Aspect différent du cas illustré sur la planche XXXIV — figs. 79 et 80.

Fig. 84 — «Echantillon en grains» 301.

Fissuration due à l'oxydation naturelle qui, dans ce cas, se développe dans un grain de semi-fusinite.

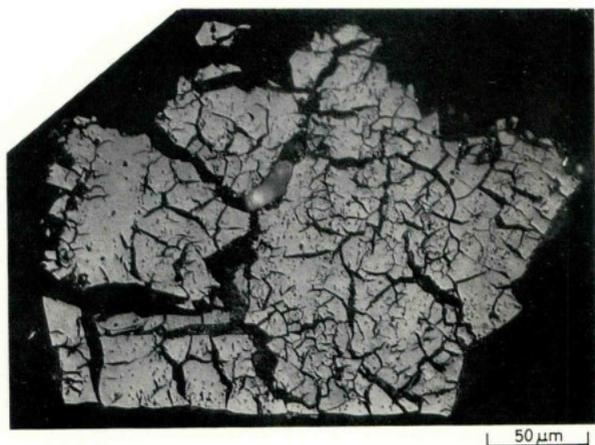


Fig. 83

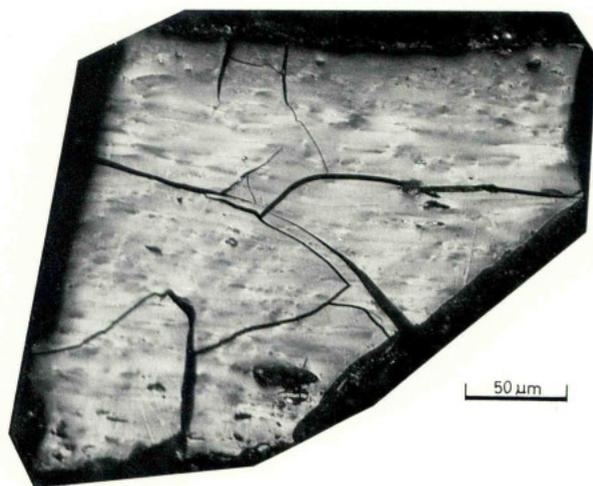


Fig. 84

MEMÓRIAS DA COMISSÃO GEOLÓGICA DE PORTUGAL (1857-1869)

- 1865 — GOMES, B. A. — *Vegetae fossiles; — Flora fossil do terreno carbonifero das visinhanças do Porto, Serra do Bussaco e Moinho d'Ordem, próximo de Alcacer do Sal*, 46 p., 6 est. (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1865 — PEREIRA DA COSTA, F. A. — *Da existencia do homem em epochas remotas no valle do Tejo; — Notícia sobre os esqueletos humanos descobertos no Cabeço da Arruda*, 40 p., 7 est. (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1866 — RIBEIRO, C. — *Estudos geológicos; — Descrição do terreno quaternário das bacias hydrographicas dos rios Tejo e Sado*, 164 p., 1 carta (com versão francesa por Dalhuny). Esgotada.
- 1866-67 — PEREIRA DA COSTA, F. A. — *Molluscos fossiles; — Gasteropodes dos depositos terciarios de Portugal*, 2 fasc. 263 p., 23 est (Com versão francesa por Dalhuny). Esgotada.
- 1867 — NERY DELGADO, J. F. — *Estudos geológicos; — Da existencia do homem no nosso solo em tempos mui remotos provada pelo estudo das cavernas; — Notícia acerca das grutas de Cesareda*, 133 p., 3 est. (Com versão francesa por Dalhuny). Esgotada.
- 1867 — RIBEIRO, C. — *Estudos geológicos; — Memória sobre o abastecimento de Lisboa com águas da nascente e águas de rio*, 119 p. Esgotada.
- 1868 — PEREIRA DA COSTA, F. A. — *Monumentos prehistoricos; — Descrição de alguns dolmens ou antas de Portugal*, 97 p., 3 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

MEMÓRIAS DA SECÇÃO DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1869-1886)

- 1871 — RIBEIRO, C. — *Descrição de alguns silix e quartzites lascados encontrados nas camadas dos terrenos terciário e quaternário das bacias do Tejo e Sado*, 57 p., 10 est. (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1876 — NERY DELGADO, J. F. — *Terrenos paleozoicos de Portugal; — Sobre a existencia do terreno siluriano no Baixo Alentejo*, 35 p., 2 est., 1 carta (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1878 — RIBEIRO, C. — *Estudos prehistoricos em Portugal; — Notícia de algumas estações e monumentos prehistóricos*, 1.º vol, 72 p., 21 est. (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1880 — Idem — *Idem*, 2.º vol, 86 p., 7 est. (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1880 — CHOFFAT, P. — *Étude stratigraphique et paléontologique des terrains jurassiques du Portugal; — Le Lias et le Dogger au Nord du Tage*. (XII + 72) p.
- 1881 — VASCONCELOS PEREIRA CABRAL, F. A. DE — *Estudo de depósitos superficiais da bacia do Douro*, 88 p., 3 est.
- 1881 — HEER, O. — *Contribution à la flore fossile du Portugal*, 51 p., 29 est. Esgotada.
- 1885 — CHOFFAT, P. — *Recueil de monographies stratigraphiques sur le système crétacique du Portugal. Première étude; — Contrées de Cintra, Bellas et de Lisbonne*, 76 p., 3 est. Esgotada.
- 1885 — NERY DELGADO, J. F. — *Terrenos paleozoicos de Portugal; Estudo sobre os Bilobites e outros fosséis das quartzites da base do systema silurico de Portugal*, 111 p., 43 est. (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1886 — CHOFFAT, P. — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. Vol. I; — Espèces nouvelles ou peu connues*, 1.ª série, 40 p., 18 est. Esgotada.

MEMÓRIAS DA COMISSÃO DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1886-1892)

- 1885-88 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal; — Mollusques lamellibranches. Deuxième ordre. Asiphonidae*, 1.ª et 2.ª livraison, 76 p., 19 est. Esgotada.
- 1887-88 — LORIOI, P. DE — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. Vol. II; — Description des Echinodermes*, 2 fasc., 124 p., 22 est. Esgotada.
- 1887-88 — NERY DELGADO, J. F. — *Terrenos paleozoicos de Portugal; — Estudo sobre os Bilobites e outros fosséis das quartzites da base do systema silurico de Portugal*, Suplemento — 76 p., 12 est. (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1888 — LIMA, W. DE — *Flora fossil de Portugal; — Monographia do género Dicranophyllum (Sistema Carbonico)*, 14 p., 3 est. (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1889 — CHOFFAT, P. — *Étude géologique du tunnel du Roccio. Contribution à la connaissance du sous-sol de Lisbonne. Avec un article paléontologique par J. C. BERKELEY COTTER et un article zoologique par ALBERT GIRARD*, 106 p., 7 est. Esgotada.
- 1890-91 — LORIOI, P. DE — *Description de la faune jurassique du Portugal; — Embranchement des Echinodermes*, 179 p., 29 est. Esgotada.
- 1892 — NERY DELGADO, J. F. — *Fauna silurica de Portugal; — Descrição de uma forma nova de Trilobite, Lichas (Uralichas) ribeiroi*, 31 p., 6 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

MEMÓRIAS DA DIRECÇÃO DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1892-1899)

- 1893 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal; — Classe des Cephalopodes. 1.ª série. Ammonites du Lusitanien de la contrée de Torres Vedras*, 82 p., 20 est. Esgotada.
- 1893 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal; — Mollusques lamellibranches. Premier ordre. Siphonida*, 1.ª livraison, 30 est. Esgotada.
- 1894 — SAPORTA, M. — *Flore fossile de Portugal; — Nouvelles contributions à la flore mésozoïque. Accompagnés d'une notice stratigraphique par PAUL CHOFFAT*, 238 p., 40 est. Esgotada.

- 1896 — LORIOL, P. DE — *Description des Echinodermes tertiaires du Portugal*. Accompagnée d'un tableau stratigraphique par J. C. BERKELEY COTTER. 50 p., 13 est. Esgotada.
- 1897 — NERY DELGADO, J. F. — *Fauna silúrica de Portugal*; — *Novas observações acerca de Lichas (Uralichas) ribeiroi*. 35 p., 4 est. (Com tradução em francês). Esgotada.
- 1897-98 — SAUVAGE, H. E. — *Vertébrés fossiles du Portugal*; — *Contributions à l'étude des poissons et des reptiles du Jurassique et du Crétacique*. 48 p., 10 est. Esgotada.
- 1898 — CHOFFAT, P. — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal*; — *Vol. I. Espèces nouvelles ou peu connues*. 2^{ème} série: — *Les Ammonnées du Bellasien des couches à Neolobites Vibrayeanus, du Turonien et du Sénonien*. 46 p., 20 est. Esgotada.

MEMÓRIAS DA DIREÇÃO DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1899-1901)

- 1900 — CHOFFAT, P. — *Recueil de monographies stratigraphiques sur le système crétacique du Portugal*; — *Deuxième étude*: — *Crétacique supérieur au Nord du Tage*, 287 p., 11 est. Esgotada.

MEMÓRIAS DA COMISSÃO DO SERVIÇO GEOLÓGICO DE PORTUGAL (1901-1918)

- 1901-1902 — CHOFFAT, P. — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal, Vol. I. Espèces nouvelles ou peu connues*. 3^{ème} série: — *Mollusques du Sénonien à factus fluvio-marin*. 18 p., 2 est.; 4^{ème} série — *Espèces diverses et table des quatre séries*. 67 p., 16 est. Esgotada.
- 1903 — CHOFFAT, P. — *Contributions à la connaissance géologique des colonies portugaises d'Afrique. I: — Le Crétacique de Conducia*. 31 p., 9 est. Esgotada.
- 1903-1904 — DOLLFUS, G. F., BERKELEY COTTER, J. C. & GOMES, J. P. — *Mollusques tertiaires du Portugal*; — *Planches de Céphalopodes, Gastéropodes et Pélécytopodes, laissées par F. A. PEREIRA DA COSTA, accompagnés d'une explication sommaire et d'une esquisse géologique*. 120 p., 1 quadro estratigráfico, 1 retrato e 27 est.
- 1904-1905 — KOPY, F. — *Description de la faune jurassique du Portugal*; — *Polyptiers du Jurassique supérieur*. Avec une notice stratigraphique par P. CHOFFAT. 168 p., 30 est. Esgotada.
- 1905 — CHOFFAT, P. — *Contribution à la connaissance géologique de Barrancos*. (Obra postuma), 68 p., 51 est. Esgotada.
- 1907 — ROMAN, F. & TORRES, A. — *Le Néogène continental dans la basse vallée du Tage (rive droite)*. Avec une note sur les empreintes végétales de Pernes par M. FLICHE. 109 p., 6 est. Esgotada.
- 1908 — CHOFFAT, P. — *Essai sur la tectonique de la chaîne de l'Arrabida*. 89 p., 10 est. Esgotada.
- 1908 — NERY DELGADO, J. F. — *Système silurique du Portugal*: — *Étude de stratigraphie paléontologique*. 247 p., 8 est. 1 quadro estratigráfico. Esgotada.
- 1909 — DOLLFUS, G. & BERKELEY COTTER, J. C. — *Mollusques tertiaires du Portugal*: — *Le Pliocène au Nord du Tage (Plaisancien)*. 1^{re} partie. *Pelecipoda*. Précédé d'une notice géologique. 103 p., 9 est. Esgotada.
- 1910 — NERY DELGADO, J. F. — *Terrains paléozoïques du Portugal*: — *Étude sur les fossiles des schistes à Néréites de San Domingos et des Schistes à Néréites et à Graptolites de Barrancos*. (Obra postuma), 68 p., 51 est. Esgotada.
- 1911 — CHOFFAT, P. & BENSÂUDE, A. — *Études sur le séisme du Ribatejo du 23 avril 1909*. 146 p., 4 est. 2 cartas. Esgotada.
- 1912 — CHOFFAT, P. & BENSÂUDE, A. — *Estudos sobre o sismo do Ribatejo de 23 de Abril de 1909*. (Versão do original francês). Esgotada.

MEMÓRIAS DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1918-1952)

- 1919 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *O terramoto do 1.º de Novembro de 1755 em Portugal e um estudo demográfico, Vol. I. Distritos de Faro, Beja e Évora*. p. 1 a 278, 7 est. Esgotada.
- 1919 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Idem, Vol. II. Distritos de Santarém e Portalegre*. p. 279 a 474, 5 est. Esgotada.
- 1928 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Idem, Vol. III. Distrito de Lisboa*. p. 475 a 950, 5 grav. e 6 est.
- 1932 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Idem, Vol. IV. Distritos de Leiria, Castelo Branco, Coimbra, Guarda, Aveiro e Viseu*. p. 951 a 1014 (Com uma notícia necrológica sobre o autor).
- 1937-38 — FREIRE DE ANDRADE, C. — *Os vales submarinos portugueses e o diastrofismo das Berlengas e da Estremadura*. 249 p., 7 esb. geol., 1 carta tectónica na escala de 1:1 000 000. (Com um sumário em inglês à parte).
- 1945 — TEIXEIRA, C. — *Nymphéacées fossiles du Portugal*. 13 p., 4 est.
- 1947 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal*: — *Brachiopodes*. 46 p., 19 est. Publicação póstuma. (Coordenação e preâmbulo por C. TEIXEIRA).
- 1948 — TEIXEIRA, C. — *Flora mesozóica portuguesa, I.a parte*. 119 p., 45 est.
- 1949 — RIBEIRO, C. — *Vues de la côte portugaise entre l'estuaire de la rivière de Maceira et Pedra do Frade à l'Ouest de Cezimbra*. 3 p., 13 est. Publicação póstuma. (Coordenação e texto de G. ZBYSZEWSKI). Esgotada.
- 1949 — ZBYSZEWSKI, G. — *Les vertébrés du Bardigalien supérieur de Lisbonne*. 77 p., 22 est.
- 1949 — MENDES CORREIA, A. & TEIXEIRA, C. — *A jazida pré-histórica de Eira Pedrinha (Condeixa)*. 65 p., 16 est.
- 1950 — TEIXEIRA, C. — *Flora mesozóica portuguesa, II.a parte*. 33 p., 13 est.
- 1951 — CHOFFAT, P. — *Planches et coupes géologiques de la région éruptive au Nord du Tage*. 3 p., 23 est. 1 carte. Publicação póstuma. (Coordenada e apresentada por A. DE CASTELO BRANCO).
- 1952 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Esboços geológicos da parte ocidental de Angola*. Publicação póstuma. (Texto explicativo por M. MONTENEGRO DE ANDRADE). 12 p., 8 est., 2 cartas.

MEMÓRIAS DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (Nova Série)

- 1953 — BERGOUNIOUX, F. M., ZBYSZEWSKI, G. & CROUZEL, F. — *Les Mastodontes miocènes du Portugal*. 139 p., 60 est. (Mem. n.º 1).
- 1957 — LAPPARENT, A. F. DE & ZBYSZEWSKI, G. — *Les Dinosauriens du Portugal* — 64 p., 36 est. (Mem. n.º 2).
- 1959 — ZBYSZEWSKI, G. — *Étude structurale de l'aire typhonique de Caidas da Rainha*. 184 p., 11 est., 1 carta geológ. (Mem. n.º 3).
- 1959 — CASTELO BRANCO, A. DE, ZBYSZEWSKI, G., MOITINHO DE ALMEIDA, F., VEIGA FERREIRA, O. DA, TORRE DE ASSUNÇÃO, C. F., MACHADO, F., NASCIMENTO, J. M., DENIZ, A. F. & TAZIEFF, H. — *Le Volcanisme de l'île de Faial et l'éruption du Volcan de Capelinhos*. 104 p., 5 quadros, 2 cartas geológ. (Mem. n.º 4). Contém, em carteira, *Notícia explicativa da folha Faial (Açores) da Carta Geológica de Portugal na escala de 1:25 000* por G. ZBYSZEWSKI, F. MOITINHO DE ALMEIDA, O. DA VEIGA FERREIRA & C. TORRE DE ASSUNÇÃO.
- 1959 — REAL, F. — *Intrusões Kimberlíticas da Lunda. Contribuição para o conhecimento do Karroo de Angola*. 118 p., 17 fig., 36 est. Contém, em carteira, 3 esboços geológicos. (Mem. n.º 5).
- 1960 — SUNAGAWA, I. — *Growth and etch features of hematite crystals from the Azores Islands, Portugal*. 47 p., 17 fig., 21 est. (Mem. n.º 6).
- 1961 — RUGET-PERROT, CH. — *Études stratigraphiques sur le Dogger et le Malm inférieur du Portugal au nord du Tage*. 197 p., 11 est., 3 cartas. (Mem. n.º 7).
- 1961 — LEISNER, V., ZBYSZEWSKI, G. & VEIGA FERREIRA, O. DA — *Les grottes artificielles de Casal Pardo (Palmela) et la culture du vase campaniforme*. 62 p., 22 est. (Mem. n.º 8).
- 1962 — CUNHA, J. C., MACHADO, F., RICHARDS, A. F., HERSEY, J. B., MC GUINNESS, W. T., ZBYSZEWSKI, G., VEIGA FERREIRA, O. DA, CAMPOS, V. S. & GARCIA, J. A. S. — *Le Volcanisme de l'île de Faial et l'éruption du Volcan de Capelinhos (Deuxième partie)*. 54 p., 11 fig., 13 est. (Mem. n.º 9).
- 1962 — ASSUNÇÃO, C. F. TORRE DE — *Rochas graníticas do Minho e Douro. Novos elementos para o seu conhecimento*. 73 p., 12 est. (Mem. n.º 10).
- 1965 — CARVALHOSA, A. BARROS — *Contribuição para o conhecimento geológico da região entre Portel e Ficalho (Alentejo)*. 132 p., 9 fig., 1 carta, 9 est. (Mem. n.º 11).
- 1966 — FERREIRA, O. DA VEIGA — *La culture du vase campaniforme au Portugal*. 123 p., 16 fig., 24 est. (Mem. n.º 12).
- 1967 — ANTUNES, M. TELLES — *Um Mesosauquiano do Liasico de Tomar (Portugal). Considerações sobre a origem dos Crocodilos*. 66 p., 10 fig., 6 est. (Mem. n.º 13).
- 1968 — KÖHNE, W. G. & KREBS, B. — *Contribuição para a fauna do Kimeridgiano da mina de lignito Guimarães (Leiria, Portugal)*. I Parte 53 p., 25 fig. (Mem. n.º 14).
- 1968 — CARVALHO, A. M. GALOPIM DE — *Contribuição para o conhecimento geológico da bacia terciária do Tejo*. 217 p., 26 fig., 20 est. (Mem. n.º 15).
- 1969 — LEISNER, V., ZBYSZEWSKI, G., FERREIRA, O. V. — *Les Monuments préhistoriques de Praia das Maçãs et de Casinhos*. 100 p., 36 est. (Mem. n.º 16).
- 1970 — HAHN, GERHARD & HELMDACH, FRIEDRICH-FRANZ — *Contribuição para o conhecimento da Fauna do Kimeridgiano da Mina de Lignito Guimarães (Leiria, Portugal)*. II Parte. 88 p., 43 fig., 4 est., 4 tab. (Mem. n.º 17).
- 1971 — GONÇALVES, F. — *Subsídios para o conhecimento geológico do nordeste alentejano*, 62 p., 4 fig., 2 estend. 1 mapa em carteira. 7 est. (Mem. n.º 18).
- 1971 — RAMALHO, MIGUEL M. — *Contribution à l'étude micropaléontologique et stratigraphique du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur des environs de Lisbonne (Portugal)*. 218 p., 11 fig., 7 estend., 39 est. (Mem. n.º 19).
- 1972 — ANTHONIOZ, P. M. — *Les complexes polymétamorphiques precambriens de Morais et Bragança (N-E du Portugal). Étude pétrographique et structurale*. 192 p., 57 fig., 8 estend., 12 est. (Mem. n.º 20).
- 1972 — REY, J. — *Recherches géologiques sur le Crétacé inférieur de l'Estremadura (Portugal)*. 477 p., 162 fig. sendo 3 estend., 22 (Mem. n.º 21).
- 1973 — SEIFERT, J., THULBORN, A. R. & BRAM, H. — *Contribuição para o conhecimento da Fauna do Kimeridgiano da Mina de Lignito Guimarães (Leiria, Portugal)*. III Parte. 141 p., 96 fig., 4 est. (Mem. n.º 22).
- 1973 — BERTHOU, P. Y. — *Le Cénomaniens de l'Estrémadure portugaise*. 169 p., 13 fig., 2 ext., 67 est. (Mem. n.º 23).
- 1974 — RIBEIRO, A. — *Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes oriental*. 177 p., 63 fig., 5 tabl. 73 est., 8 mapas em carteira (Mem. n.º 24).
- 1976 — PALAIN, C. — *Une série détritico terrigène. Les «Grès de Silves»: Trias et Lias inférieur du Portugal*. 377 p., 103 fig., 39 est. (Mem. n.º 25).
- 1978 — SOUSA, M. J. LEMOS DE — *Contribution à l'étude du Bassin Houiller du Douro (NW du Portugal). Atlas de Micro-pétrographie des Peranthracites*. 92 p., 7 fig., 36 est., 2 mapas em carteira (Mem. n.º 26).

CARTE DES HOULLERES DU BASSIN HOULLER
DU DOURO

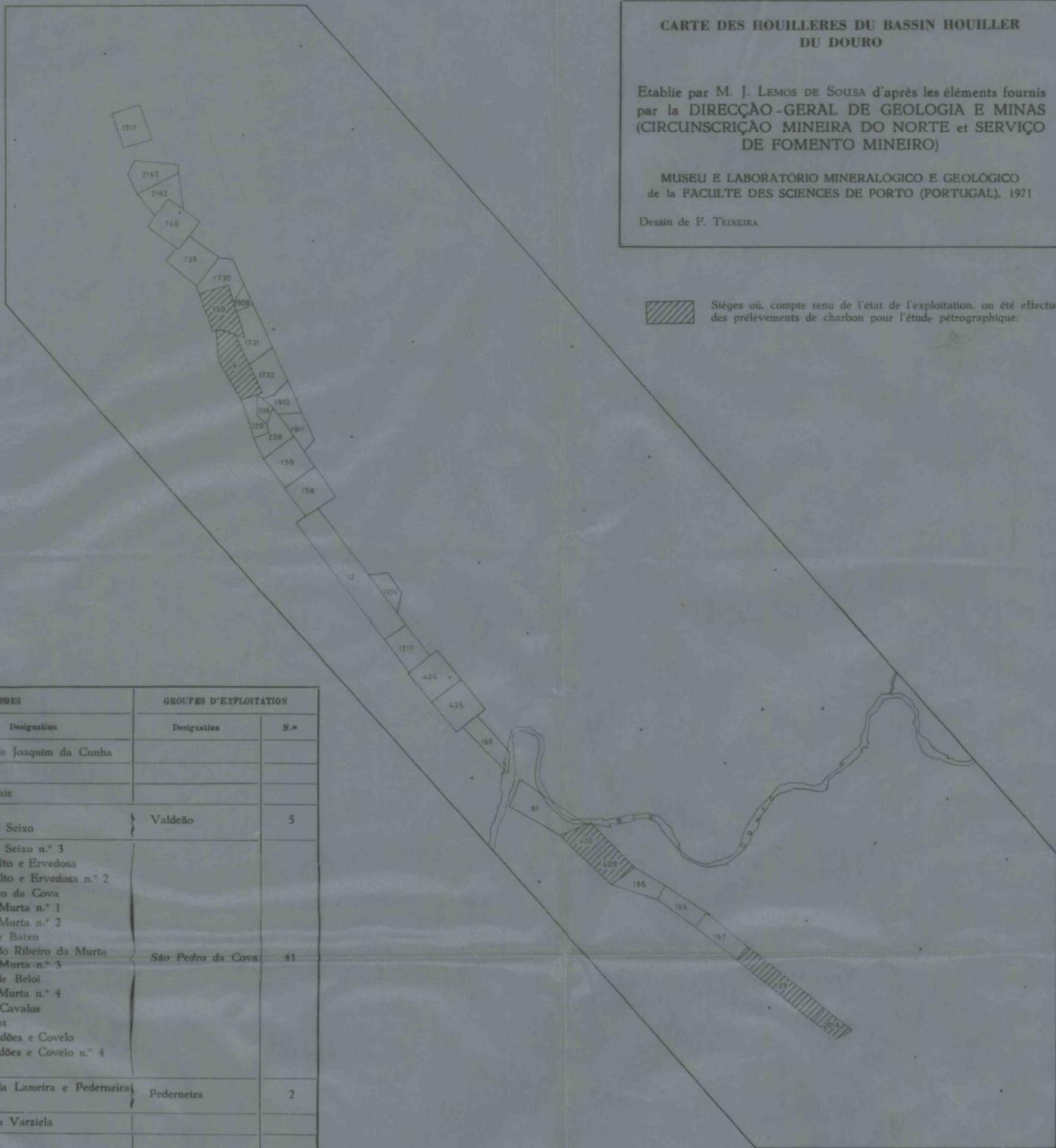
Etablie par M. J. LEMOS DE SOUSA d'après les éléments fournis
par la DIRECÇÃO -GERAL DE GEOLOGIA E MINAS
(CIRCUNSCRIÇÃO MINEIRA DO NORTE et SERVIÇO
DE FOMENTO MINEIRO)

MUSEU E LABORATÓRIO MINERALÓGICO E GEOLÓGICO
de la FACULTE DES SCIENCES DE PORTO (PORTUGAL), 1971

Dessin de F. TEIXEIRA



Sièges où, compte tenu de l'état de l'exploitation, on éte effectués
des prélèvements de charbon pour l'étude pétrographique.



SIÈGES		GROUPES D'EXPLOITATION	
N.º	Designation	Designation	N.º
1317	Capela de Joaquim da Cunha		
2163	Formiga		
2162	Sete Casais		
740	Valdeão	Valdeão	5
739	Lugar do Seixo		
1730	Lugar do Seixo n.º 3	São Pedro da Cova	41
150	Monte Alto e Ervedosa		
1909	Monte Alto e Ervedosa n.º 2		
6	São Pedro da Cova		
1731	Vale da Murta n.º 1		
1732	Vale da Murta n.º 2		
120	Passal de Baixo		
106	Tapada do Ribeiro da Murta		
1910	Vale da Murta n.º 3		
238	Ribeira de Beloi		
1911	Vale da Murta n.º 4		
159	Vale de Cavalos		
158	Fontainhas		
12	Gens, Midões e Covelo		
1214	Gens, Midões e Covelo n.º 4		
1217	Covelo		
424	Ribeira da Lameira e Pederneira	Pederneira	2
425	Sobrido		
160	Quinta da Varziela		
81	Barral		
410	Germunde	Peção	1
409	Serrinha		
165	Arda (Ribeira da Folgosa)		
166	Capela de São Domingos		
167	Folgoso		
29	Peção		
2016	Paraduça n.º 1		

D'après Minas concedidas no continente desde Agosto de 1836 a Dezembro
de 1962. Lista cronológica e indice alfabético. (S. d.).

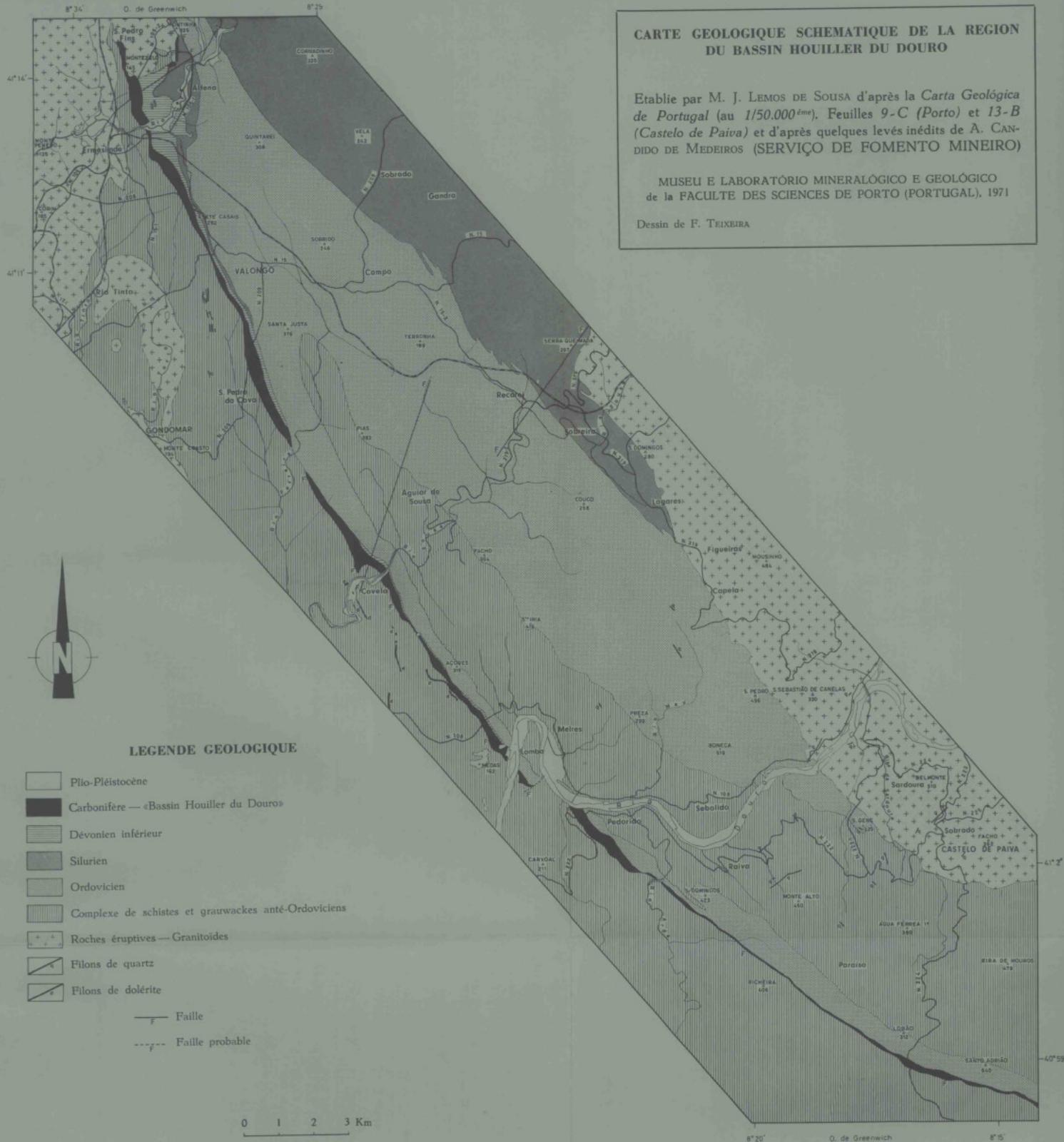
10-198

**CARTE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE DE LA REGION
DU BASSIN HOUILLER DU DOURO**

Etablie par M. J. LEMOS DE SOUSA d'après la *Carta Geológica de Portugal* (au 1/50.000^{ème}). Feuilles 9-C (Porto) et 13-B (Castelo de Paiva) et d'après quelques levés inédits de A. CANDIDO DE MEDEIROS (SERVIÇO DE FOMENTO MINEIRO)

MUSEU E LABORATÓRIO MINERALÓGICO E GEOLÓGICO
de la FACULTE DES SCIENCES DE PORTO (PORTUGAL), 1971

Dessin de F. TEIXEIRA



IO 192
11-2