

INSTITUT NATIONAL DES MINES  
A FRAMERIES

---

Laboratoires de Paturages

---

## Structure Microscopique des Charbons de Campine

PAR

O. DE BOOSERÉ

Docteur en Sciences,

attaché à l'Institut National des Mines, à Frameries.

---

GENERALITES.

Les procédés d'examen microscopique peuvent être appliqués non seulement aux corps transparents, mais également aux corps opaques, à la condition de réaliser soit une coupe mince rendue quasi transparente, soit une face polie très soigneusement, possédant un haut pouvoir réflecteur et dont la zone superficielle peut être assimilée à une lame mince. Appliqués aux lames et coupes minces, les procédés microscopiques sont dits « procédés par transparence », et ils sont en usage dans un grand nombre de sciences naturelles : tandis que pour les corps opaques polis, ils sont dits « procédés par réflexion ».

Ces derniers procédés ont été appliqués d'une manière spéciale aux recherches métallographiques et minéralogiques : les travaux des auteurs américains W. Camp-

bell [1], Murdoch [2], Davy et Farnham [3], ainsi que les belles recherches de Schneiderhöhn [4] achevèrent de mettre ces méthodes en vue.

Les procédés microscopiques mentionnés ont été utilisés par divers auteurs pour l'étude des combustibles (houilles, lignites, tourbes, etc.).

#### A. — Procédé par transparence

Ce procédé utilise des lames minces préparées aux dépens de l'échantillon : elles peuvent être préparées par coupe et nécessitent dans ce cas des opérations de ramollissement et de durcissement; ou par usure et polissage après inclusion dans le baume du Canada : la préparation d'une lame mince prend beaucoup de temps, présente beaucoup de difficultés et exige beaucoup d'adresse : ces lames sont ensuite examinées au microscope ordinaire.

Parmi les premières recherches effectuées par ce procédé, citons celles de Link (1838) [5], de Göppert (1848) [6], de Reinsch (1881) [7], de Von Gumbel

1. CAMPBELL, W., Microscopic examination of opaque minerals, *Economic Geology*, VI, 1906.
2. MURDOCH, Microscopic determination of opaque minerals. New-York, 1916.
3. W. M. DAVY and FARNHAM, C. M., Microscopic examination of the ore minerals. New-York, 1920.
4. H. SCHNEIDERHÖHN, Mikroskopische Untersuchung undersichtiger Mineralien und Erze im auffalende Licht und ihre Bedeutung für Mineralogie und Lagerstättenkunde, *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1920, t. 43.
- H. SCHNEIDERHÖHN, Anleitung zur mikroskopische Bestimmung von Erzen im auffalenden Licht. Berlin, 1922.
5. LINK, 1838, d'après H. POTONIE, Entstehung der Steinkohle und der kaustobiolithe. Berlin, 1910.
6. GOPPERT, H. R., Ouvrage couronné. Haarlem, 1848.
7. REINSCH, F., Neue Untersuchungen über die mikrostruktur der Steinkohlen. Leipzig, 1881.

(1883) [8], tous auteurs allemands : ce dernier soumettait en plus les coupes minces obtenues à l'action de réactifs oxydants.

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, le savant français Renault (1899-1900) [9] fit paraître un vaste travail : il en fut de même pour C.-E. Bertrand (1905) [10]), dont les études firent spécialement progresser la question de l'origine et de la composition des charbons.

L'Américain Jeffrey (1909) [11] et ensuite l'Anglais Lomax (1911) [12] appliquèrent également le microscope ordinaire à l'étude des combustibles : ce dernier auteur continue encore actuellement ses beaux travaux.

Schuster (1912) [13] et Zalesky (1914) [14] suivirent les mêmes méthodes, et ce dernier auteur a repris récemment des études sur les schistes bitumineux [15].

8. Von GUMBEL, Classe de l'Académie bavaroise et royale des sciences, 1883.
9. RENAULT, B., Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles, *Bull. Soc. Ind. Min.*, 1899-1900.
10. C.-E. BERTRAND, Ce que les coupes minces de charbon de terre nous ont appris sur leurs modes de formation, *Rapport Congrès Int. Mines, Métall., Mécan. et Géol. appl.* Liège, 1905.
11. JEFFREY, E. C., Nature of alga coals or boghead coals. Boston, 1909.  
— Nature of some supposed algal coals, *Proc. Amer. Acad. Arts Sciences*. New-Haven, 1910.  
— Origin and Organization of coal, *Mem. Amer. Acad. Arts Sciences*, V, 15, 1924.
12. LOMAX, J., Microscopical examination of coal, its use in determining the inflammable constituents present therein, *Transactions of Inst. Mining Engineers*, V, 42, 1911.  
— Examen microscopique du charbon (avec superbes photographies), *Chaleur et Industrie*, n° 40, août 1923.
13. SCHUSTER, J., *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paleontologie*, 1912.
14. ZALESSKY, D., Nature of pila of the yellow bodies of boghead, *Bull. Comit. Géol. Saint-Petersbourg*, 1914.
15. ZALESSKY, D., Observations microscopiques des schistes bitumineux du Volgien inférieur, *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 51, 1926.

En 1919 apparaissent les travaux de M. Stopes [16], portant sur la séparation macroscopique des constituants des houilles et l'observation microscopique de leurs éléments.

Ensuite apparaissent les études de Thiessen (1920) [17], de Wheeler et de ses collaborateurs du Safety in Mines Research Board [18] (ces auteurs ont également utilisé les procédés par réflexion).

On trouve également une étude de W. Evans [19] portant principalement sur les lignites et une étude de Lange [20] portant sur le fusain des houilles.

### B. — Procédé par réflexion.

Dans ce mode opératoire, on réalise des faces planes, polies avec grand soin et généralement attaquées par des réactifs; les échantillons préparés sont examinés au microscope métallographique, tout comme des éprouvettes métalliques, et photographiés s'il y a lieu.

Les premières recherches furent effectuées dans cette voie, en 1912, par le professeur Winter de Bochum [21] : il attaquait les charbons examinés par le réactif de Schultze ( $KClO_3 + HNO_3$ ) : toutefois, les photogra-

16. STOPES, M., The four visible ingredients in banded bituminous coal, *Proceed. Roy. Society*, V, 90, 1919.
17. R. THIESSEN, Compilation and Composition of bituminous Coal, *Journ. of Geology*, Bd 28, Chicago, 1920.
18. R. V. WHEELER and V. H. LEGG, Composition of Coal, *Safety in Mines Res. Board*, paper 17, 1926.
- R. V. WHEELER and W. FRANCIS, Spontaneous Combustion of Coal, *Saf. Min. Res. Board*, paper 28, 1926.
19. W. P. EVANS, Microstructure of typical New Zealand Lignite, *Fuel*, Vol. VI, n° 8, 1927.
20. Th. LANGE, Beitrag zur Kenntniss der Faserkohle, *Glückauf*, 64, n° 2, 1928.
21. H. WINTER, Mikroskopische Untersuchung der Kohle im auffallenden Licht, *Glückauf*, V, 49, Essen, 1913.

phies témoignent d'un grossissement trop faible et des imperfections d'une méthode nouvelle; celle-ci, quoique bien perfectionnée actuellement, est encore connue sous le nom de « Méthode de Winter ».

Dans les travaux de C.-A. Seyler (1922) [22], on constate une amélioration profonde de la méthode de Winter et des photographies claires et nettes, allant jusqu'à des grossissements de 900 diamètres : cet auteur utilise le mélange chromique pour l'attaque de ses coupes.

Ch. Iwasaki (1920-1922 et suivants) [22bis] utilise également le procédé de Winter et l'applique à l'étude des houilles japonaises, principalement celles de Soya et de Miruto : de même, les Américains Turner et Randall [23] étudient l'antracite par cette méthode et attaquent leurs échantillons polis par oxydation superficielle au moyen d'un petit dard de chalumeau.

En 1925 et années suivantes, paraissent les études du géologue français A. Duparque [24] : cet auteur, grâce à un perfectionnement de la technique du polissage, arrive

22. Clarence A. SEYLER, Microstructure and banded constituents of anthracite, *Fuel*, V, II, août 1923.
- Microstructure of coal, *Fuel*, V, IV, février 1925.
- 22bis. Ch. IWASAKI, Technical Reports Tôhoku Imp. University, Sendai Japon. — Vol. I, 2, 1920. — Vol. II, 4, 1922. — Vol. IV, 3, 1924. — Vol. VI, 1, 1926.
23. H. G. TURNER and H. R. RANDALL, Microscopy of anthracite coal, *Journ. of Geology*, V, 31, 1923.
- Microscopical Structure of anthracite, *Trans. A. I. M. E.*, V, 71, 1925.
24. A. DUPARQUE, Structure microscopique des charbons de terre, *Soc. Géol. du Nord*, t. 50, p. 56, Lille, 1925.
- Structure microscopique du Gayet de Liévin et des Cannel Coals, même bulletin, p. 118, 1925.
- Struct. microsc. et macrosc. de la houille, origine et mode de formation, *Rev. Ind. Min.*, n° 142, novembre 1926.
- Rôle des tissus lignifiés dans la formation de la houille, *Soc. Géol. du Nord*, t. 51, p. 51, Lille, 1926.
- Divers, dans *Soc. Géol. du Nord*, t. 51, p. 179, p. 212, p. 318, p. 353, p. 403.

à obtenir, sans attaquer les coupes polies par des réactifs, des vues microscopiques franchement meilleures que celles des auteurs précédents; il s'affranchit ainsi des effets souvent néfastes de l'attaque et supprime les structures secondaires qu'elle peut faire naître. Duparque a étudié en détail la structure d'un grand nombre de roches et formations combustibles (houilles, lignites, bogheads, cannel coals, etc.) et a publié une théorie séduisante sur l'origine et le mode de formation de la houille; de merveilleuses photographies prises jusqu'à plus de 1,000 grossissements illustrent ses publications. Le géologue allemand Erich Stach réalise également en 1927 une méthode de polissage permettant de supprimer l'attaque chimique des coupes: il applique sa méthode de « Relief politur » à une étude sur la « Formation du Fusain » [25].

Nous avons également, dans nos études des houilles belges, amené la technique du polissage à un degré suffisant de perfection pour pouvoir nous passer du processus d'attaque chimique. Celui-ci produit d'ailleurs de nombreux effets secondaires qui se manifestent principalement par la production d'un réseau plus ou moins important de fentes et de craquelures; par contre, il possède l'avantage d'épurer fréquemment l'aspect des coupes, lors de la présence de matières minérales assez nombreuses. L'attaque chimique serait recommandable pour l'étude de combustibles très cendres. L'étude que nous publions ici nous permettra de compléter une précédente communication sur les charbons de Campine [26] et servira d'in-

25. ERICH STACH, Kohlen reliiefschliff, eines neues Hilfsmittel für die angewandte Kohlenpetrographie, *Mitt. der Abt. für Gesteins-Erz- Kohle und Salz-Untersuchungen*, H., 1927.

— Zur Entstehung des Fusits, *Glückauf*, 63 [21] (21 mai 1927).  
26. O. DE BOOSERÉ, Sur les constituants macroscopiques des charbons campinois, *Annales des Mines de Belgique*, t. XXVII, 2<sup>e</sup> liv., 1926.

troduction à l'étude des charbons belges entreprise dans nos laboratoires, principalement de ceux prélevés lors de dégagements instantanés de grisou, et de ceux provenant de couches spécialement affectées par ce phénomène.

#### Constituants Macroscopiques et Microscopiques des charbons de Campine.

Les houilles campinoises examinées dans nos recherches proviennent de cinq charbonnages différents et présentent les caractères décrits dans le tableau ci-dessous.

Nous remplissons un agréable devoir en remerciant ici MM. les Directeurs-Gérants de l'amabilité qu'ils ont eue de nous faire parvenir un grand nombre de beaux échantillons bien choisis.

#### Charbons de Winterslag

Veine mètres	Humidité %	Cendres %	Aspect des cendres	Matières volatiles nettes %	Aspect du coke	OBSERVATIONS
5 à 540	1,580	4,215	brun violacé	24,320	Fondu peu boursouffé	Prédominance du char- bon brillant.
7 à 555	1,018	5,180	brun violacé	24,032	Fondu très peu boursouffé	Alternance assez régu- lière du charbon bril- lant et du charbon mat. Bonne alternance des constituants.
9 à 570	1,080	2,015	brun clair	23,910	Fondu boursouffé	Bonne alternance des constituants.
12 à 580	1,128	2,600	brun violacé	25,332	Fondu peu boursouffé	Prédominance du char- bon brillant.
13 à 600	0,770	1,900	brun marron	20,860	Fondu boursouffé	Prédominance du char- bon brillant.
24 à 685	0,830	0,980	marron	21,160	Fondu assez boursouffé	Prédominance du char- bon brillant.

## Charbons de Beeringen

Veine mètres	Humidité %	Cendres %	Aspect des cendres	Matières volatiles nettes %	Aspect du coke	OBSERVATIONS
70 à 789	1,440	3,075	gris violacé	28,060	Fondu peu boursoufflé	Bonne alternance des constituants, très fines couches de gayet (2 à 3 mm.).
71 à 727	1,720	6,800	gris violacé	26,550	Fondu peu boursoufflé	Bonne alternance, fines couches de gayet, zones assez fortes de pyrite altérée.
72 à 789	1,178	12,805	rose	24,692	Fondu pas boursoufflé	Bonne alternance, durain prédominant, fortes couches de gayet.
72 à 789	0,950	28,115	gris jaune	22,200	Aggloméré gris, sec	Gayet de la couche 72 à 789 mètres.
62 à 727	1,510	2,850	brun violet	31,240	Fondu peu boursoufflé	Assez bonne alternance, riche en calcite, se débite en cubes très aisément.
64 à 727	1,230	6,575	gris bleuâtre	27,610	Fondu peu boursoufflé	Bonne alternance, assez riche en calcite.

## Charbons d'André Dumont

Veine mètres	Humidité %	Cendres %	Aspect des cendres	Matières volatiles nettes %	Aspect du coke	OBSERVATIONS
I de 1,20	0,492	4,250	bistre	21,478	Fondu très boursoufflé	Fortte prédominance du charbon brillant.
A de 0,85	0,882	5,650	gris rose	25,948	Fondu très peu boursoufflé	Bonne alternance, assez riche en calcite, présence de pyrite.
B de 1,05	1,154	5,070	brun foncé	24,786	Fondu peu boursoufflé	Bonne alternance des constituants.
C de 1,10	0,650	4,880	brun clair	23,600	Fondu peu boursoufflé	Bonne alternance des constituants.
B <sup>10</sup> de 1,05	0,688	2,610	rose	26,722	Fondu peu boursoufflé	Bonne alternance des constituants.
E de 1,27	0,696	10,580	rouge brun	25,924	Fondu peu boursoufflé	Bonne alternance des constituants.
H de 0,70	0,620	5,165	gris	21,900	Fondu assez boursoufflé	Prédominance du charbon brillant.

## Charbons de Limbourg-Meuse

Veine mètres	Humidité %	Cendres %	Aspect des cendres	Matières volatiles nettes %	Aspect du coke	OBSERVATIONS
16 à 570	0,882	3,880	brun clair	23,378	Fondu boursoufflé	Alternance régulière des constituants.
18 à 600	0,728	1,570	jaune rose	26,332	Fondu boursoufflé	Alternance régulière des constituants.
11 à 700	0,710	6,250	ocre	21,590	Fondu boursoufflé	Alternance régulière des constituants.
12 à 700	0,764	6,085	blanc grisâtre	21,146	Fondu boursoufflé	Alternance régulière des constituants.
20 à 600	0,968	5,275	gris	25,432	Fondu boursoufflé	Alternance régulière des constituants.
15 à 565	0,808	7,085	violacé	24,492	Fondu boursoufflé	Alternance régulière des constituants.
23 à 700	1,080	5,995	brun clair	27,790	Fondu boursoufflé	Alternance régulière des constituants.

## Charbons des Liégeois en Campine

Veine mètres	Humidité %	Cendres %	Aspect des cendres	Matières volatiles nettes %	Aspect du coke	OBSERVATIONS
T 19	1,246	9,975	blanc grisâtre	28,664	Fondu peu boursoufflé	Alternance régulière des constituants, fines zones de gayets.
T 23	1,040	2,945	brun clair	28,210	Fondu boursoufflé	Alternance régulière, très fines zones de gayets.
T 25	0,876	5,170	rose pâle	28,164	Fondu boursoufflé	Alternance régulière, très fines zones de gayets.

Nous avons renseigné précédemment que les constituants macroscopiques fusain, clarain, vitrain et durain se voyaient aisément dans la houille grasse et que leur triage n'offrait aucune difficulté. Les observations microscopiques n'exigent pas de faire ces séparations; tout

échantillon poli peut passer au microscope. Rappelons également qu'on observe deux constituants grossiers de la houille grasse : le charbon mat, constitué soit de fusain (pulvérulent, soyeux ou fibreux dur) ou de durain (mat et compact, gris noir à cassure grenue), et le charbon brillant, formé de clarain (brillant, cassure cristalline, à nombreuses fentes et crevasses) et de vitrain, formant des lits plus brillants et assez minces dans le clarain.

### § I<sup>er</sup>. — LE FUSAIN.

Ce constituant a également été appelé « houille daloïde, Faserkohle, mat coal, mineral charcoal (Thiessen), mother of coal ». Ce charbon se rencontre fréquemment dans la houille, étalé en lames ou lentilles de dimensions très différentes, mais toujours aplaties et parallèles aux plans de stratification : il est noir, souvent pulvérulent, soyeux et tachant fortement les doigts. La figure 1 (1) montre une coupe passant dans un tel fusain ; les parties les mieux polies témoignent de la structure cellulaire des composants. On le rencontre également en masses fibreuses plus dures, atteignant parfois une épaisseur de 4 à 5 millimètres, ne se pulvérisant que difficilement par pression entre les doigts et ressemblant beaucoup à des morceaux de braise de bois. La figure 2 montre la structure de ce fusain. Le fusain tapisse également de petites cavités et fentes existant dans la houille ; on en trouve presque constamment à la surface des couches de vitrain (fig. 3), de durain, et il forme de nombreuses enclaves dans le clarain (fig. 4). Le fusain est un charbon assez cendreau ; il est formé presque uniquement des tissus de soutien des végétaux de la période houillère, et les struc-

(1) Les photographies sont expliquées dans la légende ci-après.

tures cellulaires de ces tissus sont généralement bien conservées. Les aspects microscopiques sont variables suivant que les parois des cellules sont restées intactes (fig. 1, 2, 3 et 4), se sont rompues, ou bien que le fusain passe à des formes plus ou moins altérées (fig. 5).

Les lentilles de fusain enclavées dans le clarain présentent principalement ces altérations variables.

D'autres aspects et formes altérées seront décrites dans le paragraphe du clarain.

Diverses théories ont été décrites pour expliquer la genèse du fusain, notamment des incendies de forêts. Cette hypothèse peut être aisément réfutée. Le fusain se trouve réparti un peu partout dans la houille ; il ne forme jamais de masses fort importantes, et on le trouve sensiblement dans toutes les houilles et presque toujours aux endroits indiqués précédemment ; de plus, sa richesse en carbone et sa pauvreté en hydrogène autorisent à croire qu'un processus bien défini lui a donné naissance par altération de tissus végétaux.

### § II. — LE DURAIN.

Ce constituant est encore connu sous les noms de « houille mate, houille compacte, Mattkohle, dull coal, attritus (Thiessen) ; son nom de durain lui fut attribué par M<sup>e</sup> Stopes. Il forme une partie, d'importance variable, des houilles grasses, et on le trouve en couches compactes, d'épaisseur très variable, parallèles au plan de stratification.

Les couches de durain sont souvent recouvertes de lames plus ou moins étalées de fusain. Examinés au microscope, les durains de Campine montrent, outre une substance dépourvue de structure, analogue à celle décrite pour d'autres houilles par certains auteurs sous le nom

de gelée, matière ou substance fondamentale (Bertrand, Renault et principalement Duparque), de nombreux débris végétaux qui constituent, dans leur ensemble, la majeure partie de ce constituant.

1. On trouve de nombreuses spores : mégaspores et microspores, qui ne sont autre chose que les cellules sexuelles des végétaux de la période houillère (cryptogames vasculaires à spores différentes). Ces spores, dont les formes sont souvent très bien conservées, sont généralement réduites à leur enveloppe de cutine (exine); elles sont aplaties, allongées dans le sens de la stratification, et leur cavité primitive est réduite à une simple ligne. D'autres fois, leur cavité subsiste plus ou moins et est envahie par les microspores et par la substance fondamentale. Les microspores du durain ne diffèrent des macrospores que par des dimensions beaucoup plus restreintes. La figure 6 représente une vue dans le durain du charbon de Winterslag; les figures 7, 8 et 9, des vues de mégaspores et microspores bien conservées. Outre ces spores plus ou moins intactes, on trouve également en grand nombre, de leurs débris.

2. Le durain contient également des tissus lignifiés, qui se trouvent à des stades relativement avancés de transformation. Les figures 10 et 11 montrent l'aspect et la structure de ces tissus. Ceux-ci affectent assez fréquemment l'aspect des lentilles ou des bandes de fusain; mais, dans aucun cas, les structures ne sont comparables; les parois cellulaires sont fortement gonflées, et souvent la structure de ces tissus se discerne difficilement de la substance fondamentale, par suite d'un état gélifié très avancé. Duparque leur donne un nom nouveau et les distingue en xylain et xylovitrain, d'après leur état plus ou moins dégradé.

On trouve fréquemment, dans les durains de Campine, des zones brillantes assez épaisses contenant très peu de spores, et formées presque uniquement de tissus gélifiés dont un grand nombre ont perdu toute trace de structure et se présentent sous forme de substance amorphe brillante, très finement crevassée ou craquelée, analogue à la substance dite fondamentale, mais en différant par les caractères décrits plus loin pour celle-ci. Certaines zones brillantes du durain atteignent des épaisseurs de 10 et même 15 millimètres, mais souvent de minces filets brillants de durain alternent avec de minces couches de durain à spores, plus terne. On peut donc voir alterner dans les durains de Campine des zones sombres et des zones brillantes; ces dernières peuvent prêter à confusion et être prises pour du charbon brillant.

On trouve parfois, dans certains charbons de Campine, des lits de gayet (pseudo cannel coal); ils se rencontrent alors près des couches de durain. Ce gayet n'est autre qu'un charbon à spores et à tissus lignifiés, dont la structure microscopique se rapproche beaucoup du durain; il se présente sous forme d'un charbon noir à grain très fin, rarement crevassé, sans trace de stratification quand il est pur, mais souvent des lits de durain terne ou de tissus brillants y sont interstratifiés; de petites lentilles de schistes s'y rencontrent également.

Comme le durain, le gayet contient des mégaspores et des microspores; celles-ci se trouvent cependant en plus grand nombre que dans le durain et semblent plus altérées et plus irrégulières; les mégaspores sont aussi moins nombreuses; la matière fondamentale y existe également, mais en proportion très faible; les tissus gélifiés s'y trouvent aussi et de nombreuses plages très altérées sont difficiles à distinguer de la matière fondamentale.

Notons également qu'on constate des formes intermédiaires entre le durain et le gayet. Le gayet examiné ici contenait 28,115 % de cendres; distillé à basse température, il a fourni 7 à 7,5 % de goudron et laissé un résidu de 85 % de semi-coke. La veine 72 du charbonnage de Beeringen contient plusieurs fines zones de gayet, et une zone épaisse de 50 à 60 millimètres dont provient l'échantillon examiné.

Il arrive qu'on trouve dans le durain des globules de résines, parfois réunis en petits amas; les couches de gayet en contiennent également. La structure du durain est parfois pauvre en spores et en tissus; il est alors plus crevassé et se rapproche du clarain.

La figure 17 représente une coupe dans le durain de Beeringen; la figure 18 montre des zones brillantes, avec faibles traces de structure végétale; la figure 19 montre des tissus altérés dans le durain; dans la figure 20, on trouve un passage du durain au gayet: celui-ci est représenté dans les figures 21 et 22 et la figure 23 nous montre des zones de gayet à tissus gélifiés.

### § III. — LE CLARAIN.

Ce charbon a également été désigné sous les noms de « houille brillante, bright coal, Glanzkohle, humus coal, anthraxylon (Thiessen): M<sup>e</sup> Stopes le distingua du vitrain et lui donna le nom de clarain.

Il forme la plus grande proportion du charbon brillant et se présente en très gros lits contenant toujours de nombreuses lames ou lentilles de fusain, au point que la présence de celles-ci est un signe certain que l'on a affaire à du charbon brillant. Toutes les coupes sont traversées par un grand nombre de fissures, crevasses et fentes, perpendiculaires au plan de stratification de la houille, rendant

celle-ci assez friable; elle se rompt d'ailleurs aisément en fragments irréguliers d'aspect cristallin.

Le clarain des charbons de Campine est formé, au point de vue microscopique, de substance fondamentale en assez grande proportion tenant enclavées des lentilles plus ou moins développées de fusain, à divers stades d'altération, et des tissus végétaux assez altérés. Il arrive que les tissus d'une même lentille de fusain se dégradent progressivement jusqu'à perdre toute structure et se confondre avec la matière fondamentale.

La figure 4 montre un aspect du clarain, avec enclave de fusain, du tissu gélifié et des crevasses; la figure 5 montre des tissus et du fusain altérés; les figures 12 et 13, des tissus assez altérés; la figure 14 représente un tissu gélifié, dont la structure disparaît progressivement; la figure 15 représente également des tissus altérés; toutefois, des traces de structure cellulaire s'y retrouvent encore.

Les tissus organiques se retrouvent parfois à l'état de faibles débris, de dimensions variables; tous ces corps semblent noyés dans la substance fondamentale qui est prépondérante dans le clarain.

Il existe des clarains plus ou moins pauvres en tissus figurés; ils peuvent ainsi se rapprocher du vitrain.

### § IV. — LE VITRAIN.

Ce charbon a été désigné sous les mêmes noms que le clarain: il n'avait point été distingué de celui-ci avant M<sup>e</sup> Stopes, qui lui donna le nom de vitrain. Il se présente en lits de peu d'épaisseur dans le clarain (dans les charbons de Campine, les plus fortes épaisseurs rencontrées atteignent 5 millimètres): il est fréquemment recouvert de petits amas de fusain (fig. 3).

Le vitrain, examiné au microscope, est formé d'une substance brillante, fortement crevassée, ne présentant aucune structure et ne contenant pas de débris végétaux (ni spores ni tissus décomposés); il semble être produit uniquement par la substance fondamentale pure.

Les figures 16 et 16a montrent l'aspect de la substance du vitrain et les crevasses le sillonnant; ces crevasses sont la cause de la fragilité du vitrain et également du clarain; elles préexistent dans les gaillettes de charbon brillant, que l'on brise et désagrège aisément avec les doigts.

La substance fondamentale du vitrain et du clarain se retrouve, mais en quantité plus réduite, dans le durain.

D'après l'hypothèse colloïdale du géologue français Duparque [27], les constituants végétaux de la houille, tant mate que brillante, auraient été réunis et cimentés par une substance liquide d'abord, colloïdale ensuite et devenant finalement solide, à laquelle cet auteur donne le nom de « substance fondamentale ». C'est cette substance colloïdale qui, en durcissant, s'est fendillée et crevassée, produisant ainsi les nombreuses fissures et crevasses que l'on observe dans le clarain et plus intensément encore dans le vitrain; pour ce dernier charbon, la fissuration est maximum, aucun tissu ni solide n'ayant pu, comme dans le clarain, limiter cette division de la masse. Dans le durain, où la substance fondamentale est peu développée, le grand nombre de spores ou de tissus gélifiés s'est opposé à cette fissuration; les crevasses sont d'ailleurs rares dans ce constituant. Les zones brillantes dépourvues de structures que l'on rencontre dans les couches de durain ne sont pas formées de vitrain; elles ne sont point crevassées, mais tout au plus craquelées ou finement fendillées dans toute direction, alors que le vitrain est fortement crevassé et que ses

27. André DUPARQUE, *loc. cit.*

fentes sont perpendiculaires au plan de stratification. L'absence de structure de ces zones brillantes tient à la gélification complète (véritable disparition) des tissus organiques ayant formé ces zones. Il faut noter que l'on trouve cependant des endroits où l'on voit les structures de ces tissus s'effacer très graduellement et donner lieu à une substance complètement amorphe.

Le manque de structure et l'état crevassé du vitrain tiennent donc à sa constitution et à son mode de formation. Il y a lieu de remarquer que le vitrain et le fusain sont des charbons à structure simple; on n'y trouve, en effet, qu'un constituant (fibres ou substance fondamentale), tandis que le clarain et le durain sont des charbons à structure composée.

Les photographies annexées à cette étude ont été exécutées dans les laboratoires de l'Institut, par le chimiste assistant G. Flament, à qui vont mes remerciements; elles ne représentent toutefois qu'une faible partie de nos observations. Une légende détaillée reproduite ci-après permet d'en comprendre les détails.

## LÉGENDE

## Charbons du Charbonnage de Winterslag.

Figure 1. — Veine 5. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Vue dans le fusain pulvérulent. — 70 grossissements.

Ft = structures de tissus dans le fusain

Figure 2. — Veine 5. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Vue dans le fusain fibreux. — 70 grossissements.

Ft = structure du fusain

l = lacunes ou déchirures dans le fusain

Figure 3. — Veine 5. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Lentille de fusain au-dessus du vitrain. — 70 grossissements.

F = fusain

Sf = substance fondamentale

C = crevasses

l = lacunes

Figure 4. — Veine 9. Coupe parallèle au plan de stratification.  
Vue dans le clarain. — 70 grossissements.

F = fusain

t = tissus altérés

l = lacunes

Sf = substance fondamentale

C = crevasses

Figure 5. — Veine 5. Coupe parallèle au plan de stratification.  
Vue dans le clarain. — 100 grossissements.

Sf = substance fondamentale

t = tissus altérés

t' = tissus plus altérés que t

l = lacunes dans des tissus altérés

Figure 6. — Veine 5. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Vue dans le durain. — 50 grossissements

Ms = mégaspores

Sf = substance fondamentale

ms = microspores

C = crevasses

Figure 7. — Veine 12. Coupe parallèle au plan de stratification.  
Vue dans le durain. — 150 grossissements.

Ms = mégaspore vue en coupe L = lumière de la spore

ms = microspores

Ex = exine de la spore

Figure 8. — Veine 12. Coupe parallèle au plan de stratification.  
Vue dans le durain. — 150 grossissements.

Ms = mégaspores

ms = microspores

Figure 9. — Veine 12. Coupe parallèle au plan de stratification  
Vue dans le durain. — 150 grossissements.

Ms = mégaspores

ms = microspores

Sf = substance fondamentale

Figure 10. — Veine 13. Coupe parallèle au plan de stratification.  
Vue de tissus dans le durain. — 50 grossissements.

Sf = substance fondamentale

t = tissus altérés

l = lacune dans le durain

Figure 11. — Veine 24. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Vue de tissus dans le durain. — 100 grossissements.

Sf = substance fondamentale

t = tissus altérés

ms = microspores

Figure 12. — Veine 7. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Vue dans le clarain. — 70 grossissements.

t = tissus altérés

l = lacunes ou déchirures

Figure 13. — Veine 7. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Vue dans le clarain. — 70 grossissements.

t' = tissus plus altérés que t (fig. 12)

l = lacunes ou déchirures

Figure 14. — Veine 12. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Vue dans le clarain. — 70 grossissements.

t = tissus altérés

t' = tissus plus altérés à structure presque invisible

l = lacunes

Figure 15. — Veine 13. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Tissus dans le clarain. — 70 grossissements.

t = tissus altérés

t'' = tissus quasi gélifiés, structure très peu visible

t' = tissus plus altérés

l = lacunes ou déchirures

Figure 16. — Veine 9. Coupe parallèle au plan de stratification.  
Vue dans le vitrain. — 50 grossissements.

Sf = substance fondamentale

C = crevasses de retrait

Figure 16a. — Veine 5. Coupe parallèle au plan de stratification.  
Vue dans le vitrain. — 50 grossissements.

Sf = substance fondamentale

C = crevasses de retrait.

## Charbons du Charbonnage de Beeringen.

Figure 17. — Veine 70. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.  
Vue dans le durain. — 100 grossissements.

Ms = mégaspores

Sf = substance fondamentale

ms = microspores

t = tissus altérés

Figure 18. — Veine 64. Coupe perpendiculaire au plan de stratification. Vue dans le durain. — 100 grossissements.

Sb = substance brillante dans le durain  
*t* = structure de tissus encore visible dans la substance brillante  
 Ms = mégaspores                      *ms* = microspores  
 C = fines crevasses

Figure 19. — Veine 64. Coupe perpendiculaire au plan de stratification. Vue dans le durain. — 70 grossissements.

*t* = tissus altérés                      *t'* = tissus plus altérés que *t*  
 Ms = mégaspores                      *ms* = microspores  
 Sf = substance fondamentale

Figure 20. — Veine 70. Coupe perpendiculaire au plan de stratification. Vue dans le durain (structure se rapprochant du gayet). — 100 grossissements.

*t* = tissus très altérés                      *ms* = microspores  
 Ms = mégaspores

Figure 21. — Veine 72. Coupe perpendiculaire au plan de stratification. Vue dans le gayet. — 50 grossissements.

Ms = mégaspores  
*ms* = microspores

Figure 22. — Veine 72. Coupe perpendiculaire au plan de stratification. Vue dans le gayet. — 300 grossissements.

Ms = mégaspores  
*ms* = microspores

Figure 23. — Veine 72. Coupe perpendiculaire au plan de stratification. Vue dans le gayet. — 100 grossissements.

Ms = mégaspores  
*ms* = microspores  
*t* = tissus altérés  
*t'* = tissus plus altérés que *t*  
 C = crevasses  
*l* = lacunes ou déchirures

#### Charbons du Charbonnage d'André Dumont.

Figure 24. — Veine I, 1 m. 20. Coupe perpendiculaire au plan de stratification. Vue dans le durain. — 70 grossissements.

*t* = tissus altérés  
*t'* = tissus à structure quasi disparue  
*l* = lacunes ou déchirures

Figure 25. — Veine I, 1 m. 20. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans le durain. — 70 grossissements.

*l* = lacunes  
*t* = tissus altérés  
*tr* = tissus altérés (xylain type de Duparque)

Figure 26. — Veine H, 0 m. 70. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans le vitrain. — 70 grossissements.

Sf = substance fondamentale  
 C = crevasses de retrait

Figure 27. — Veine B, 1 m. 05. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans le durain. — 70 grossissements.

Ms = mégaspores  
*ms* = microspores  
*t* = tissus altérés  
 Sf = substance fondamentale  
*r* = grains de résine.

#### Charbons du Charbonnage Limbourg-Meuse.

Figure 28. — Veine 18, à 600 mètres. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans le durain. — 100 grossissements.

Ms = mégaspores                      Sf = substance fondamentale  
*ms* = microspores                      *t* = tissus altérés  
*t'* = tissus plus altérés à structure disparue  
*r* = grains de résine

Figure 29. — Veine 11, à 700 mètres. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans le clarain. — 100 grossissements.

F = fusain  
*l* = lacunes ou déchirures  
*t* = tissus altérés

#### Charbons du Charbonnage des Liégeois en Campine.

Figure 30. — Charbon T 23. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans le durain. — 100 grossissements.

*t* = tissus altérés                      Ms = mégaspores  
*r* = résine                                      *l* = lacunes  
 Sf = substance fondamentale                      *ms* = microspores

Figure 31. — Charbon T 23. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans des zones brillantes du durain. — 100 grossissements.

Sb = substance brillante      t = tissus  
Sf = substance fondamentale    ms = microspores  
C = crevasses et fissures

Figure 32. — Charbon T 25. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans le clarain. — 100 grossissements.

Sf = substance fondamentale    C = crevasses de retrait  
Py = filet et rognon de pyrite    F = fusain

Figure 33. — Charbon T 25. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans le clarain. Tissus altérés. — 100 grossissements.

t = tissus altérés (à grandes cellules)    Sf = substance fondamentale  
t' = tissus altérés (à petites cellules)    l = lacunes

Figure 34. — Charbon T 25. Coupe perpendiculaire au plan de stratification.

Vue dans une bande de gayet de cette couche. — 100 grossissements.

Ms = mégaspores      Sf = substance fondamentale  
ms = microspores      t = tissus altérés

Figure 35. — Charbon T 19. Coupe perpendiculaire.

Vue dans le durain. — 100 grossissements.

l = lacune      ms = microspores  
Sb = substance brillante    t' = tissus plus altérés  
t = tissus

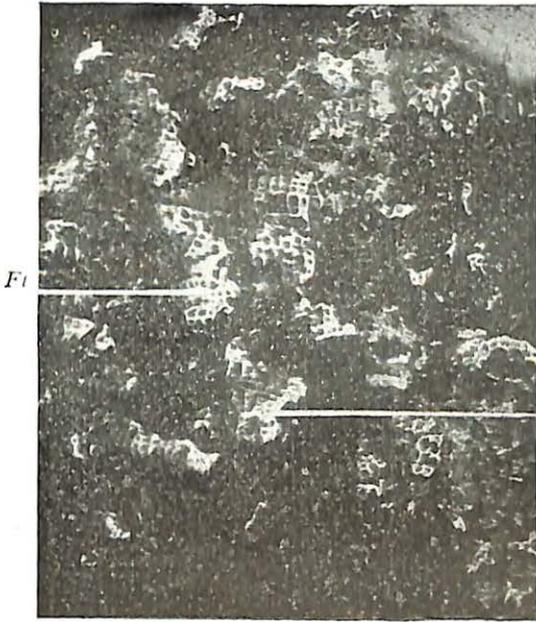


Figure 1.

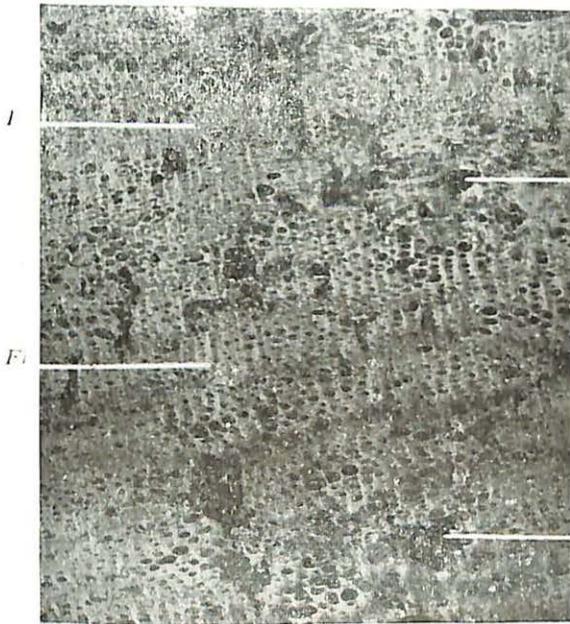


Figure 2.



Figure 3.

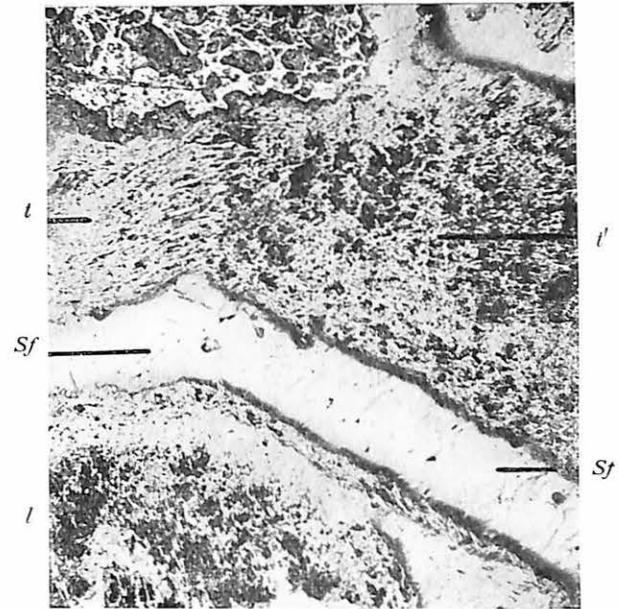


Figure 5.



Figure 4.

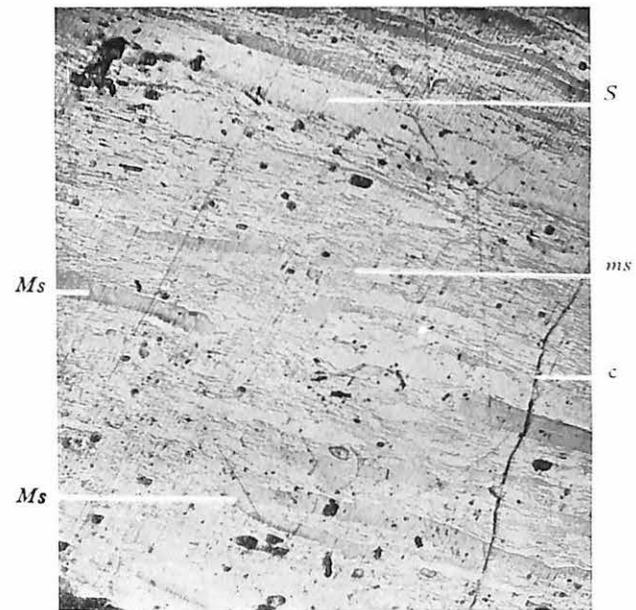


Figure 6.

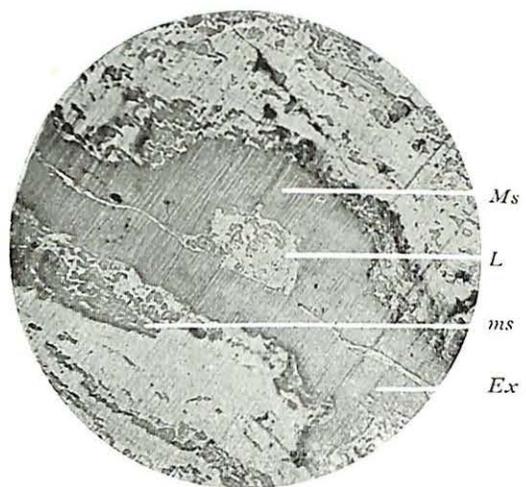


Figure 7.

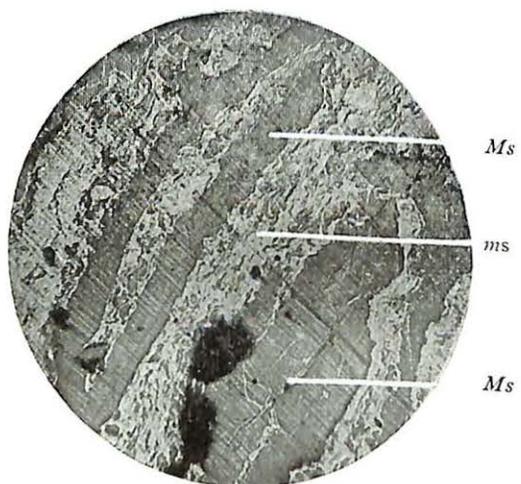


Figure 8.

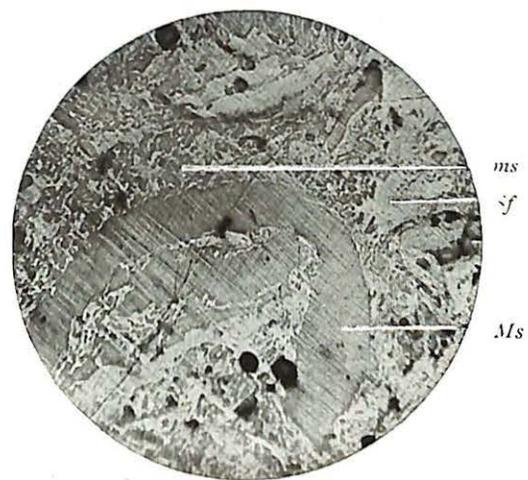


Figure 9.

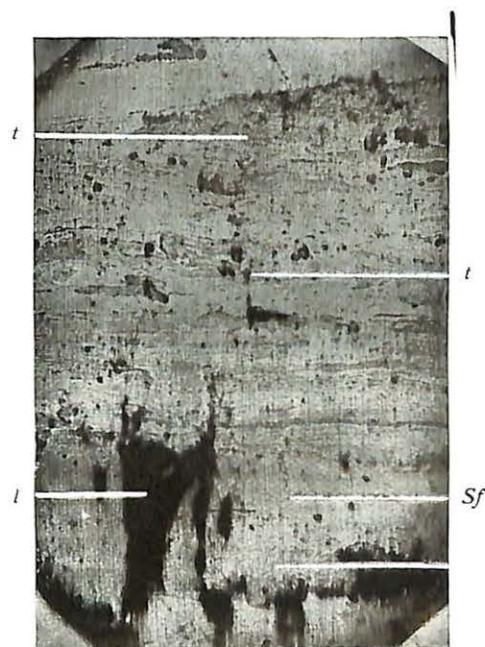


Figure 10.



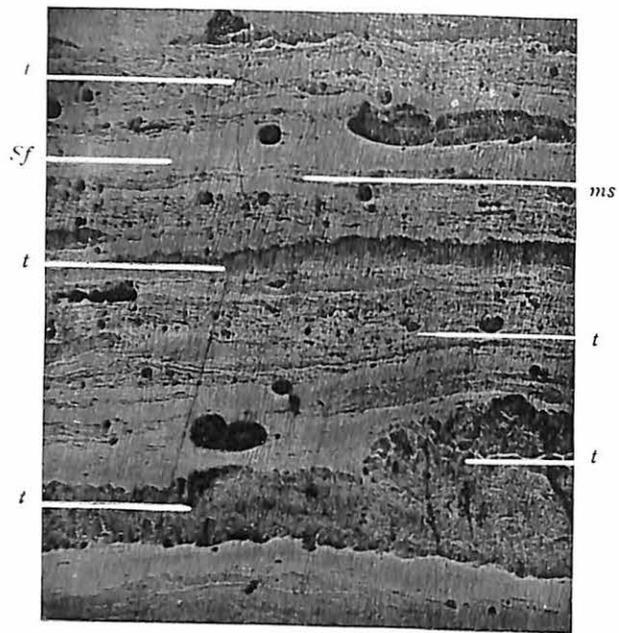


Figure 11.

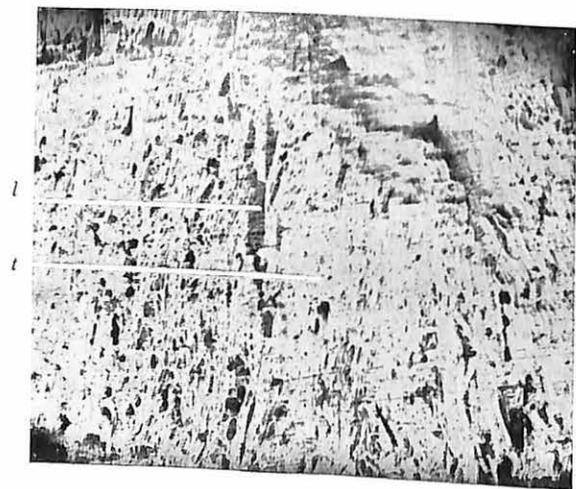


Figure 12.

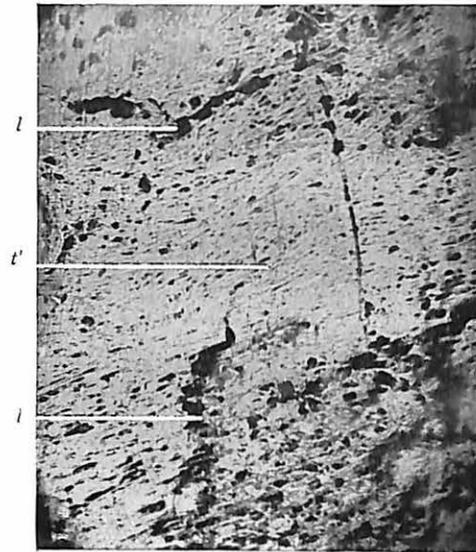


Figure 13.

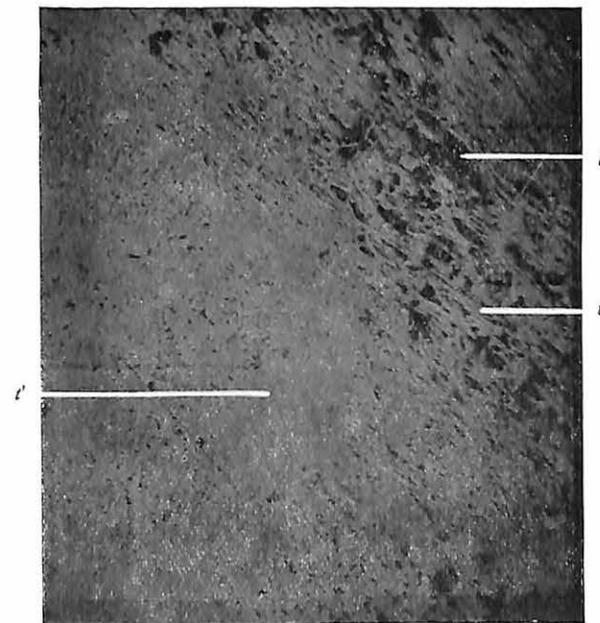


Figure 14.

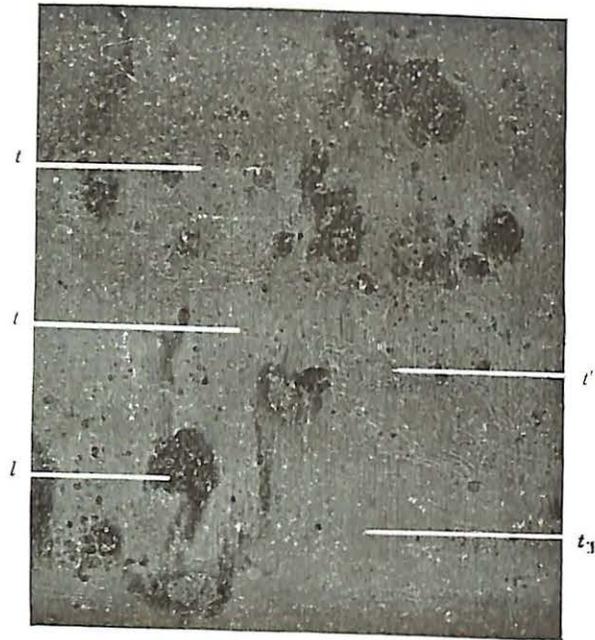


Figure 15.

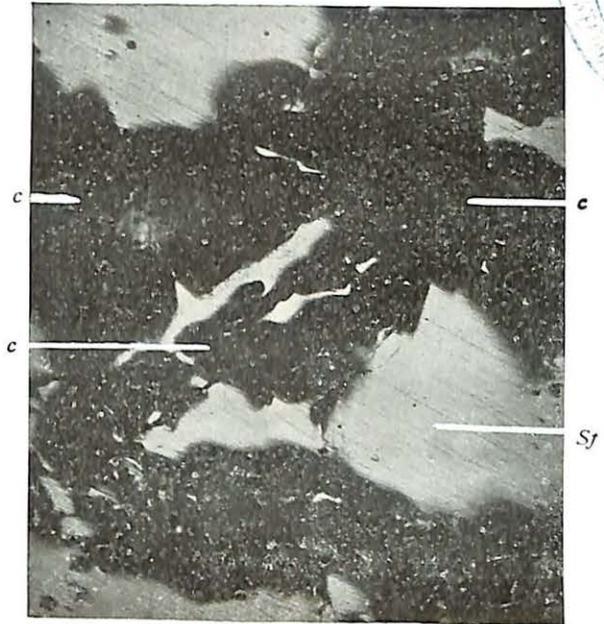


Figure 16a.



Figure 16.

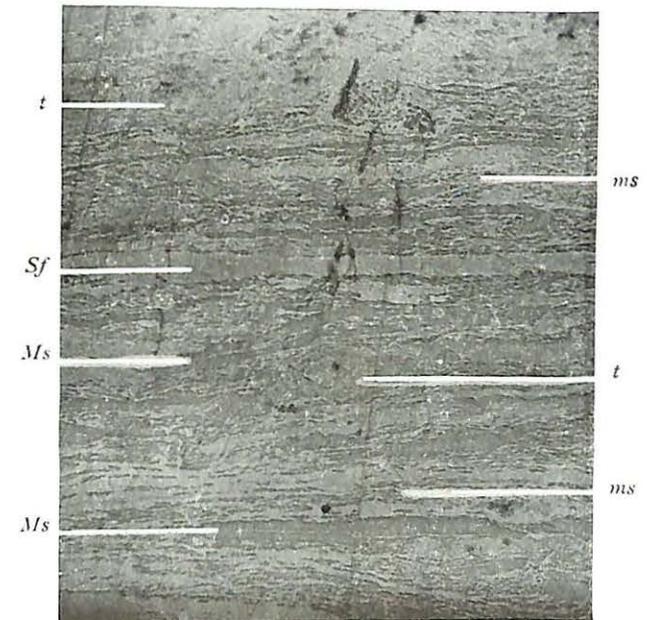
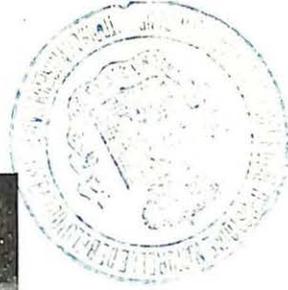


Figure 17.



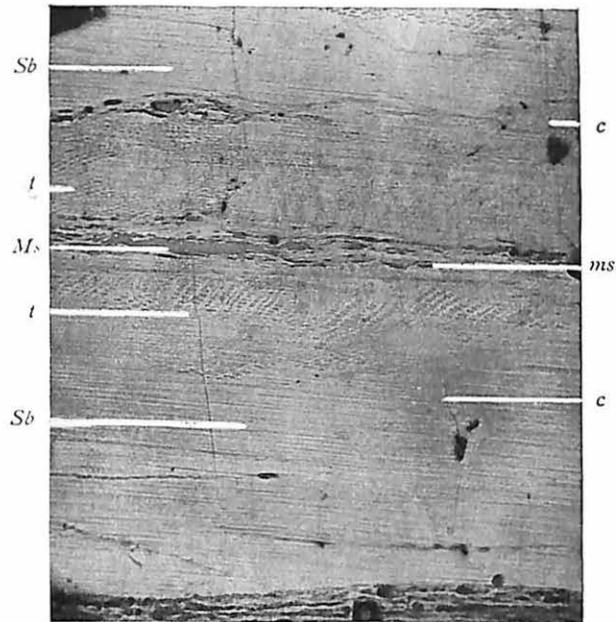


Figure 18.

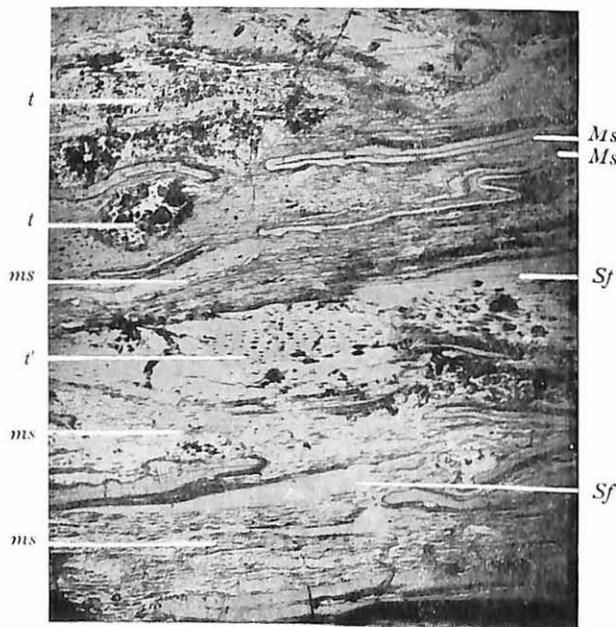


Figure 19.

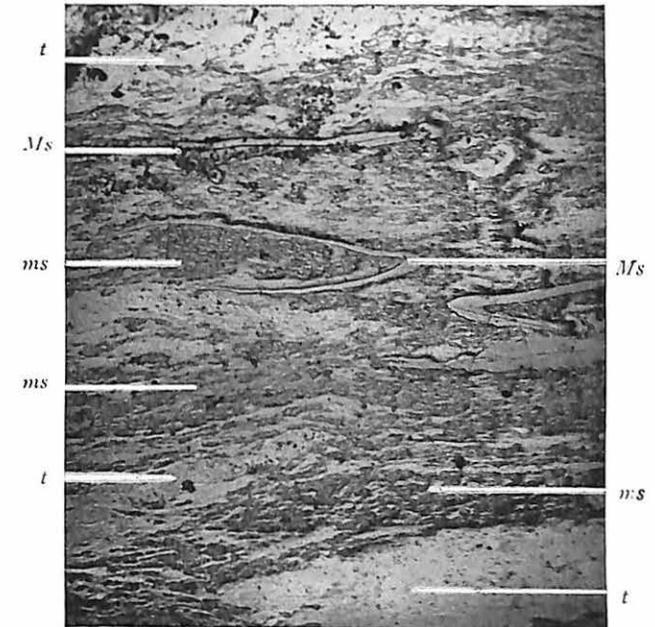


Figure 20.

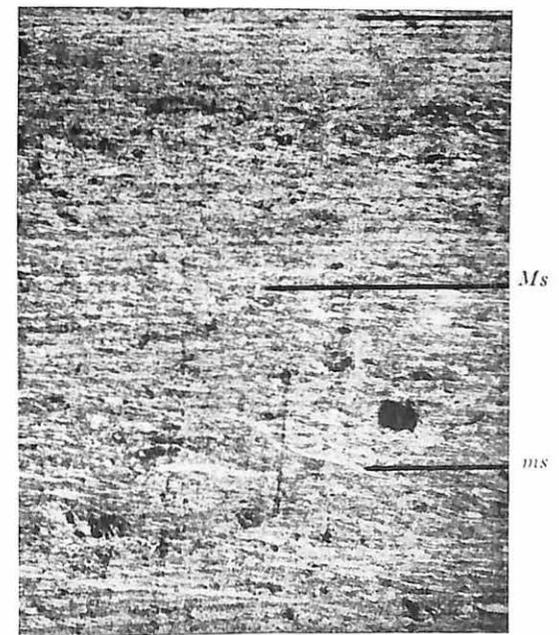


Figure 21.



Figure 22.

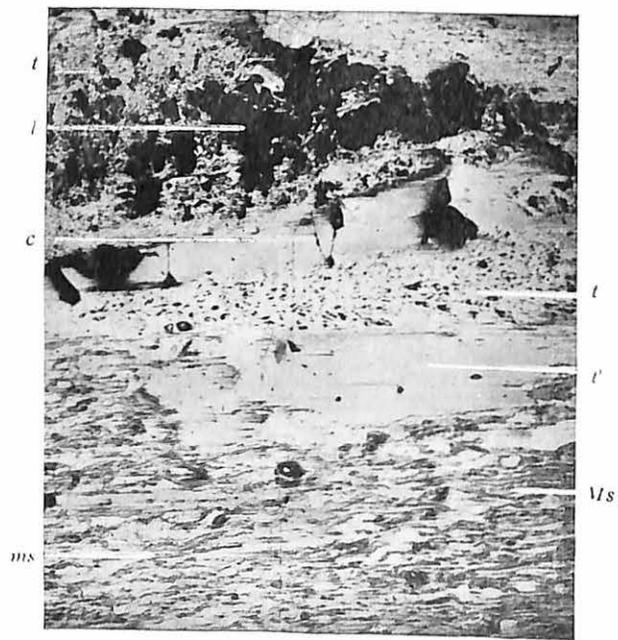


Figure 23.

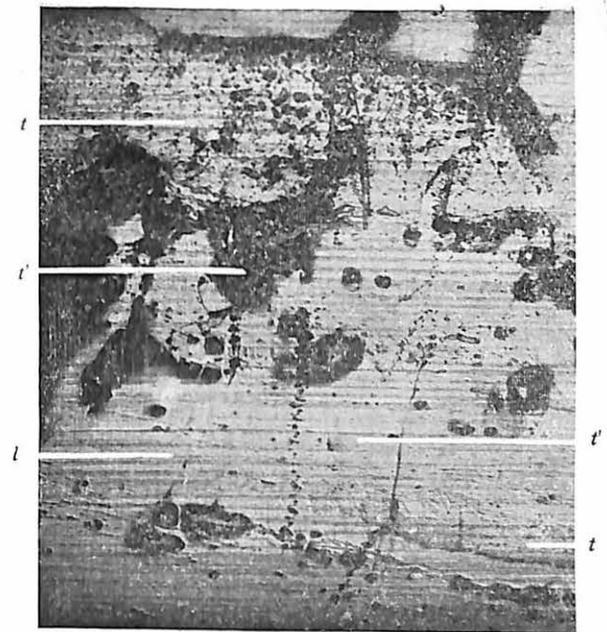


Figure 24.

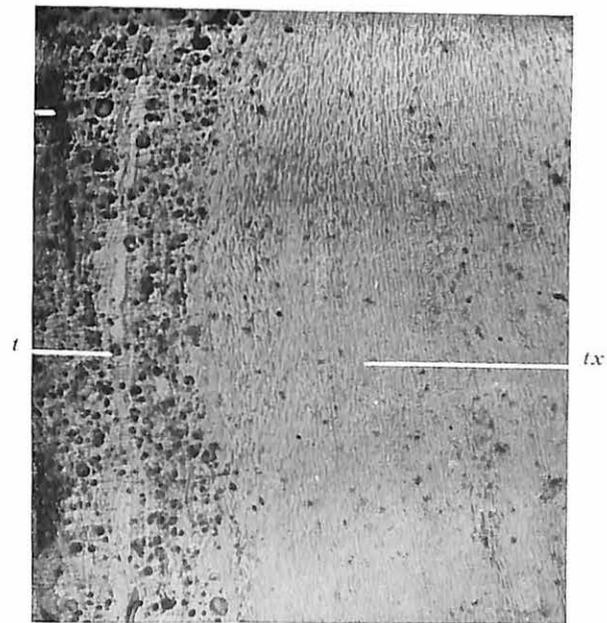


Figure 25.

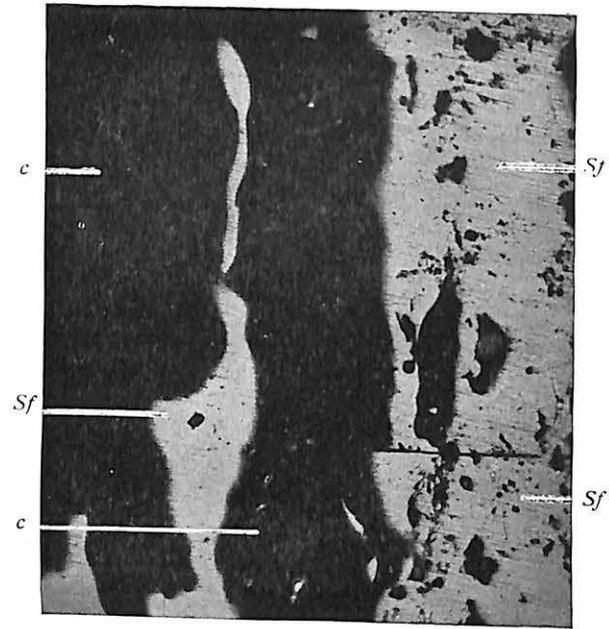


Figure 26.

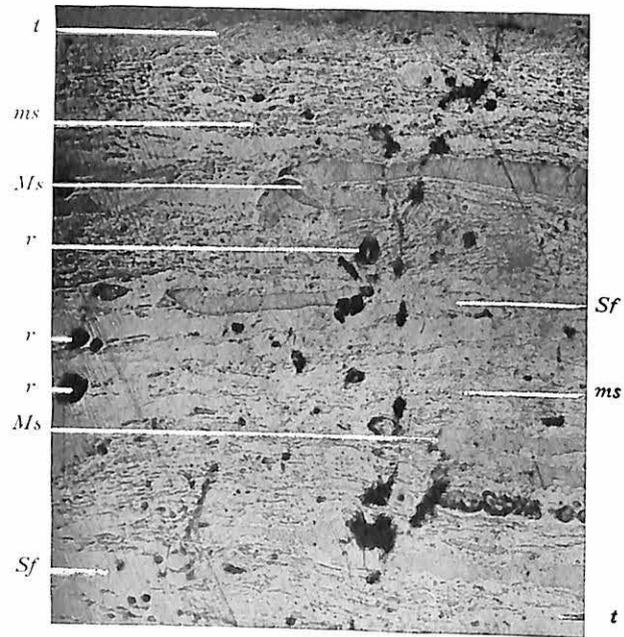


Figure 27.

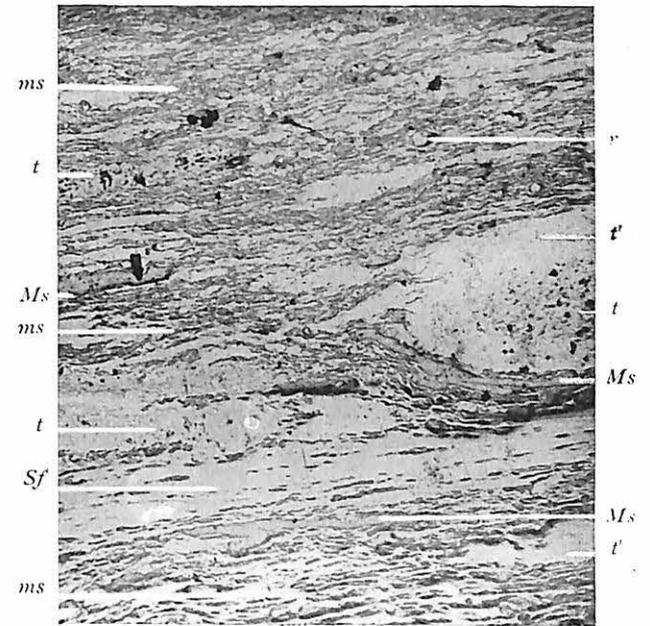


Figure 28.

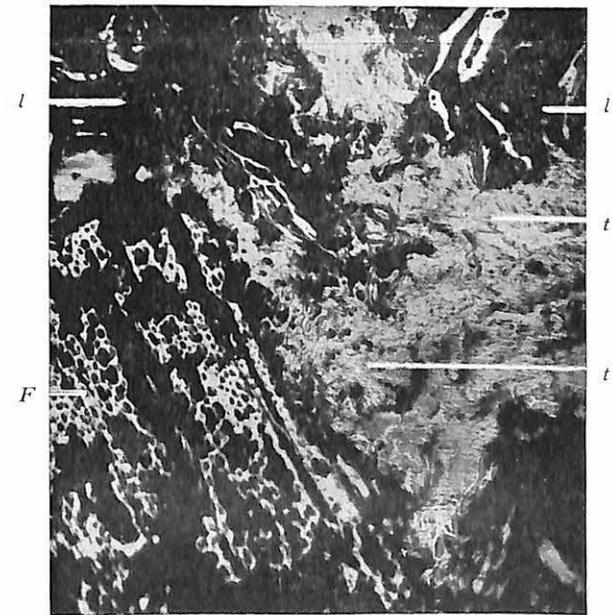


Figure 29.

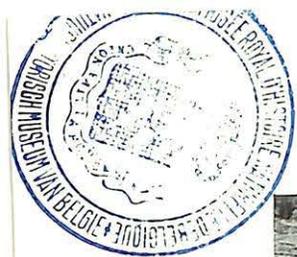


Figure 30.

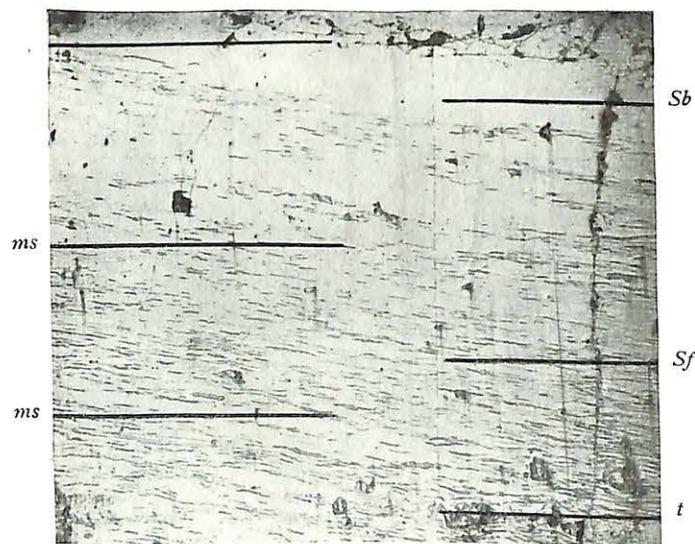


Figure 31.

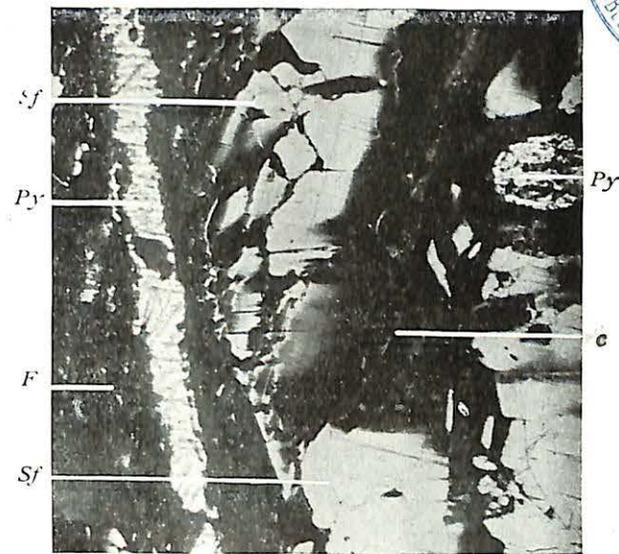


Figure 32.



Figure 33.

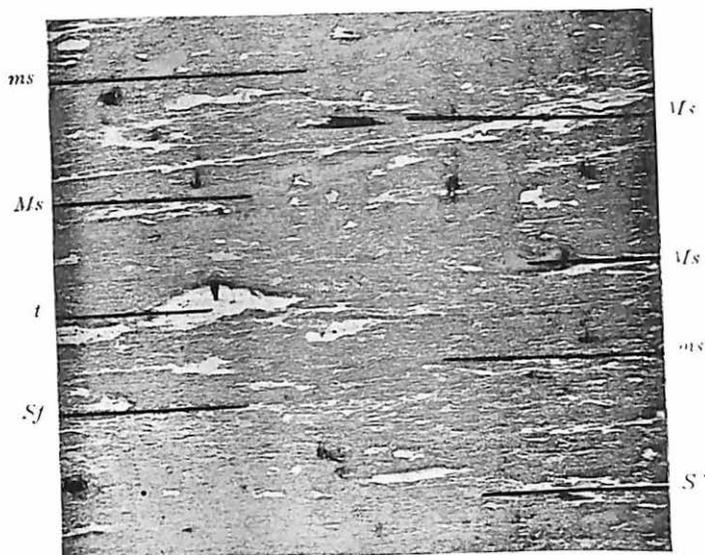


Figure 34.

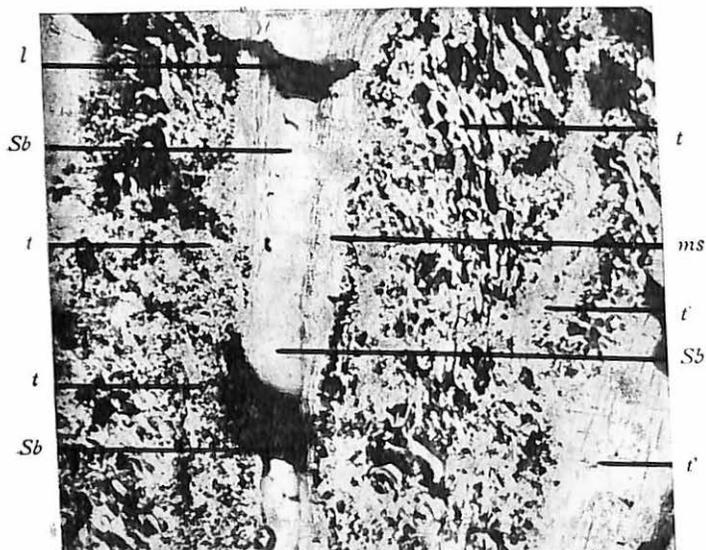


Figure 35.