

Contribution à l'étude des minerais de fer oolithiques de Lorraine
(Bassin de Briey). (Suite et fin.) II. Minerais d'Ottange ; III. Minerai
d'Hayange

Simonne Caillère, François Kraut

Citer ce document / Cite this document :

Caillère Simonne, Kraut François. Contribution à l'étude des minerais de fer oolithiques de Lorraine (Bassin de Briey). (Suite et fin.) II. Minerais d'Ottange ; III. Minerai d'Hayange. In: Bulletin de la Société française de Minéralogie, volume 70, 1-6, 1947. pp. 22-48;

doi : <https://doi.org/10.3406/bulmi.1947.4626>

https://www.persee.fr/doc/bulmi_0366-3248_1947_num_70_1_4626

Fichier pdf généré le 31/01/2019

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES MINÉRAIS DE FER OOLITHIQUES DE LORRAINE
(BASSIN DE BRIEY) (Suite)**

PAR M^{lle} S. CAILLÈRE ET M. F. KRAUT.

II. — Minerais d'Ottange.

Dans une note précédente (1), nous avons étudié les minerais de la couche grise de Pienne et plus particulièrement le type magnétique que l'on y rencontre. Nous examinerons ici un certain nombre d'échantillons provenant d'Ottange, gisement où l'accident magnétique est également connu dans la couche grise (2).

D'après L. Cayeux le minerai magnétique apparaît dans une zone très limitée où il forme des barres d'environ 10 m. de long et de 15 cm. d'épaisseur réparties en deux ou trois horizons. Les échantillons utilisés dans cette étude appartiennent à la couche grise et à la couche rouge.

Minerais de la couche grise.

I. — Minerais magnétiques.

En examinant ces minerais on constate que la magnétite se trouve dans certains échantillons, à la fois dans les oolithes et dans le ciment tandis que dans d'autres elle est localisée uniquement dans les espaces interoolithiques. D'autre part, la gangue est tantôt riche en minéraux opaques, tantôt essentiellement transparente. C'est suivant ces particularités que nous allons grouper nos matériaux.

A. MINÉRAIS CONTENANT DE LA MAGNÉTITE DANS LES OOLITHES
ET DANS LE CIMENT.

α. Ciment riche en éléments opaques.

1° *Composition minéralogique.*

a) *Oolithes.* — La plupart des oolithes sont constituées par un noyau en stilpnosidérite entouré de zones concentriques de magnétite et d'hématite (pl. I, fig. 2), d'autres sont homogènes et l'oolithe est entièrement opaque.

b) *Fragments et organismes.* — Les fragments sont assez nombreux ; certains d'entre eux atteignent 2 mm. Fréquemment ils sont allongés et orientés en zones parallèles. En ce qui concerne leur composition minéralogique, on y retrouve toutes les espèces connues dans les minerais d'Ottange, mais la stilpnosidérite y prédomine. Signalons enfin la présence d'oolithes englobées dans les fragments, particularité intéressante pour l'interprétation de l'origine de ces minerais (pl. II, fig. 1 et 2). Les organismes sont extrêmement nombreux et transformés en calcite et en stilpnosidérite (pl. VI, fig. 1).

c) *Ciment.* — L'association de la magnétite et de l'hématite (pl. I, fig. 1) caractérise le ciment. Cependant on y observe de la magnétite seule, de la calcite, de la stilpnosidérite. Dans certains échantillons, un liseré de chlorite entoure les oolithes.

2° *Structure.*

Macroscopiquement, quelques spécimens présentent une texture rubanée assez nette correspondant à des zones alternativement riches en éléments opaques et transparents.

(
BIE

L'étude microscopique met en évidence des actions mécaniques ; les oolithes les plus opaques ont assez bien résisté à la déformation, mais elles sont souvent brisées.

Nous avons déjà signalé la présence de fragments d'un minerai oolithique d'une autre formation, qui donne à ces échantillons une structure bréchiforme.

β. **Ciment riche en éléments transparents.**

1° *Composition minéralogique.*

a) *Oolithes.* — Les oolithes ont un noyau généralement en stilpnosidélite, plus rarement en carbonate. Dans l'enveloppe on trouve la magnétite, l'hématite et la limonite déposées en anneaux concentriques (Pl. III, fig. 1 et fig. 2).

b) *Fragments.* — Le nombre des fragments est important ; beaucoup sont en stilpnosidélite avec une bordure de limonite, d'autres sont en calcite. En outre, le minerai a emprunté des débris provenant de l'écrasement d'une formation oolithique. Ces éléments clastiques renferment des oolithes et des morceaux de ciment d'un dépôt remanié, on y reconnaît les associations typiques de magnétite, d'hématite, de stilpnosidélite et de calcite.

c) *Ciment.* — Les minéraux transparents dominant dans la gangue ; les plus abondants sont la calcite (pl. IV, fig. 1), la chlorite, en moindre quantité, la magnétite, l'hématite et la stilpnosidélite.

Afin de préciser la nature minéralogique des éléments transparents, il a été construit une courbe thermique différentielle qui a mis en évidence des inflexions endothermiques à 400° et à 570° (pl. VII, courbe I). Le premier crochet correspond au départ d'eau de l'hydrate de fer, quant au second, son interprétation est plus délicate. Il peut révéler la présence, soit de la chlorite, soit de la sidé-

rose, ou le mélange de ces deux minéraux. Or l'étude microscopique du carbonate ainsi que son comportement vis-à-vis des réactifs d'attaque nous font conclure qu'il ne s'agit pas de sidérose mais de calcite. Toutefois elle se trouve en quantité faible, ce qui explique l'absence de l'inflexion à 920° dans la courbe thermique. Dans ces conditions, le crochet à 570° se rapporte uniquement à la chlorite.

2° Structure.

La fréquence de fragments clastiques ayant appartenu à une formation oolithique plus ancienne caractérise ce minerai.

B. MINERAI CONTENANT DE LA MAGNÉTITE UNIQUEMENT DANS LE CIMENT.

1° Composition minéralogique.

a) *Oolithes*. — Les oolithes sont de tailles très inégales, quelques-unes d'entre elles atteignent des dimensions exceptionnelles. Comme dans les minerais précédemment décrits, leur noyau est formé par de la stilpnosidérite. Dans la zone corticale, on observe de l'hématite et de la limonite.

b) *Fragments*. — Assez nombreux, les fragments, tantôt arrondis, tantôt anguleux, sont constitués par la limonite, seule ou associée à l'hématite, à la magnétite et à la calcite.

c) *Ciment*. — Un ciment transparent relie les éléments de ce minerai, cependant on y observe de la magnétite et de l'hématite.

2° Structure.

L'aspect bréchoïde habituel de la couche grise d'Ottange apparaît ici très nettement. Divers éléments : oolithes, fragments, débris de ciment d'un minerai écrasé, ont contribué à sa formation.

II. — Minerais non magnétiques.

Alors que dans les accidents magnétiques de la couche grise d'Ottange, les éléments opaques jouent un rôle prépondérant, les minerais non magnétiques du même horizon sont essentiellement transparents.

1° *Composition minéralogique.*

a) *Oolithes.* — Les noyaux des oolithes présentent une grande diversité de composition et d'origine. Ce sont des fragments de stilpnosidérite ou de limonite (pl. VII, courbe II), des agrégats de calcite (pl. IV, fig. 2) ou des débris d'oolithes riches en minéraux opaques. Une large enveloppe d'hydrate de fer colloïdal entoure ces noyaux, elle est divisée par des anneaux étroits plus ou moins nombreux de limonite. L'alternance de ces deux minéraux donne aux oolithes une structure zonaire.

b) *Fragments et organismes.* — La composition minéralogique des fragments est très simple et leur nombre peu élevé. Ils sont formés de limonite ou d'agrégats de calcite. On voit également des organismes épigénisés en calcite et en hydroxyde de fer colloïdal ou en chlorite.

c) *Ciment.* — Les minéraux opaques manquent dans le ciment qui est formé en grande partie de chlorite; par endroits, les espaces interoolithiques sont comblés par de la calcite (pl. VI, fig. 2).

2° *Structure.*

Les phénomènes de déformation sont beaucoup moins intenses que dans les types magnétiques. Néanmoins, l'apport des formations oolithiques étrangères est incontestable, comme le montre la présence dans les noyaux de débris d'oolithes riches en minéraux opaques.

Minerais de la couche rouge.

De cet horizon nous avons deux échantillons d'aspect macroscopique fort différent. L'un d'eux est assez compact, de couleur brune, l'autre très tendre est d'une teinte rougeâtre.

A. MINÉRAI BRUN.

1° Composition minéralogique.

a) *Oolithes.* — Les oolithes atteignent des dimensions assez notables (0,5 mm. de diamètre). Elles renferment un noyau de limonite ou un débris d'oolithe opaque ou plus rarement un agrégat de carbonate. L'enveloppe corticale est en stilpnosidélite, une série d'anneaux étroits de limonite lui donne une structure concentrique.

b) *Fragments et organismes.* — De nombreux fragments et organismes contribuent à la formation de ce minerai. Les premiers sont constitués par de la calcite ou de la limonite, les seconds sont épigénisés en calcite et en stilpnosidélite.

c) *Ciment.* — Il existe une grande analogie entre le ciment du minerai non magnétique de la couche grise et celui du minerai brun. Dans les deux, les espaces interoolithiques sont occupés par la chlorite (pl. VI, fig. 4) et la calcite (pl. VII, courbe IV).

2° Structure.

L'examen microscopique ne montre pas de déformations notables. La présence de débris d'oolithes opaques au centre des ovoïdes transparents prouve le rôle important joué ici par les éléments remaniés.

B. MINÉRAI ROUGE.

Le minerai rouge est assez différent des types que nous venons de décrire. Les hydroxydes de fer y présentent des variétés nettement distinctes, ce qui lui donne un aspect particulier.

1° *Composition minéralogique.*

a) *Oolithes.* — La composition minéralogique des oolithes est analogue à celle que nous avons observée dans le minerai brun. Elles sont formées d'un noyau opaque entouré d'une enveloppe dans laquelle on reconnaît la limonite et la stilpnosidérite en zones concentriques alternées.

b) *Fragments.* — Le nombre des fragments est exceptionnellement élevé. Une partie d'entre eux montrent le faciès habituel de l'hydroxyde de fer colloïdal, la stilpnosidérite ; les autres représentent la forme cryptocristalline ou opaque (pl. V, fig. 1). C'est uniquement dans ce minerai que nous avons observé le quartz. Signalons enfin des débris assez volumineux d'oolithes opaques et un grand nombre d'organismes épigénisés en stilpnosidérite et en calcite.

c) *Ciment.* — La gangue est uniquement constituée par la stilpnosidérite (pl. V, fig. 2) ; elle présente une structure concrétionnée typique avec des fissures de retrait nombreuses et vermiculées.

L'analyse thermique différentielle (pl. VII, courbe III) donne une courbe où apparaissent un grand crochet endothermique à 350°, une inflexion endothermique nette à 570°, un phénomène exothermique faible vers 750° et enfin une inflexion vers 920°. Le premier crochet caractérise la limonite, le dernier traduit la présence de la calcite,

quant aux deux inflexions à 570° et 750° elles mettent en évidence la chlorite.

2° *Structure.*

L'observation microscopique révèle une structure bréchoïde soulignée par un contraste assez grand entre le ciment essentiellement transparent et les fragments bien cristallisés et opaques.

Les constituants de la couche grise d'Ottange sont la stilpnosidérite, la limonite, la calcite et la chlorite auxquelles s'ajoute l'association magnétite-hématite dans l'accident magnétique. Les cristaux automorphes sont peu nombreux et on a rarement l'occasion d'observer des pseudomorphoses en dehors des organismes ; il est donc difficile de saisir le mécanisme de la mise en place des différents minéraux.

Les minerais magnétiques se distinguent en général du milieu qui les englobe, non seulement par leur composition minéralogique, mais aussi par leur structure. Ce contraste apparaît tout particulièrement à Ottange où le nombre des fragments est particulièrement élevé et d'une grande complexité. Rappelons à ce propos qu'ils renferment tantôt des oolithes isolées, tantôt de véritables îlots d'un minerai oolithique étranger à la formation.

La question se pose de savoir comment ces accidents magnétiques relativement peu étendus ont une structure si différente de celle du minerai englobant. On ne peut pas admettre qu'ils aient été soumis à des actions mécaniques sans que celles-ci aient agi également sur le milieu immédiatement voisin. Il faut plutôt croire que par suite de leurs propriétés physiques, ils ont moins résisté aux déformations.

En comparant la composition minéralogique des matériaux de Pienne (1) et d'Ottange, nous constatons une analogie très grande des minerais non magnétiques. Les éléments de cet horizon sont essentiellement transparents, la stilpnosidérite et la limonite sont les constituants des oolithes tandis que la chlorite et la calcite comblent les espaces interoolithiques.

En ce qui concerne les accidents magnétiques, le minéral caractéristique Fe_3O_4 se trouve dans les deux gisements dans des conditions analogues. Il est toujours présent dans le ciment et manque parfois dans les oolithes. Par contre les autres minéraux apparaissent avec une diversité plus grande dans le ciment et surtout dans les fragments du minerai d'Ottange.

*Minerai magnétique de la couche grise
avec magnétite dans les oolithes et dans le ciment.*

MÉTHODES	OOLITHES	FRAGMENTS ET ORGANISMES	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	STILPNOSIDÉRITE, MAGNÉTITE, hématite.	Stilpnosidérite, limonite, hématite, magnétite, calcite.	Magnétite, hématite, calcite, stilpnosidérite.	MAGNÉTITE, hématite, STILPNOSIDÉRITE, calcite.
Examen micros. par transparence.	»	Calcite.	Calcite, chlorite.	Calcite, chlorite.
Résultats des différentes méthodes.	STILPNOSIDÉRITE, MAGNÉTITE, hématite.	Stilpnosidérite, limonite, hématite, magnétite, calcite.	Magnétite, hématite, calcite, chlorite.	STILPNOSIDÉRITE, MAGNÉTITE, hématite, limonite, chlorite, calcite.

*Minerai magnétique de la couche grise
avec magnétite uniquement dans le ciment.*

MÉTHODES	OOLITHES	FRAGMENTS ET ORGANISMES	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	Limonite, hématite, stilpnosidérite.	Limonite, hématite, magnétite, calcite.	Magnétite, hématite, stilpnosidérite.	Limonite, magnétite, hématite, stilpnosidérite, calcite.
Examen micros. par transparence.	»	»	Chlorite.	Chlorite.
Résultats des différentes méthodes.	Limonite, hématite, stilpnosidérite.	Limonite, hématite, magnétite, calcite.	Magnétite, hématite, stilpnosidérite, chlorite.	Limonite, magnétite, hématite, stilpnosidérite, calcite, chlorite.

*Composition minéralogique du minerai de la couche grise
et du minerai brun de la couche rouge.*

MÉTHODES	OOLITHES	FRAGMENTS	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.	Limonite, calcite.	Calcite.	STILPNOSIDÉRITE, limonite, calcite.
Examen micros. par transparence.	»	»	Chlorite.	Chlorite.
Analyse thermique.	»	»	»	Limonite, chlorite, calcite.
Résultats des différentes méthodes.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.	Limonite, calcite.	Calcite, chlorite.	STILPNOSIDÉRITE, limonite, calcite, chlorite.

*Composition minéralogique
du minerai rouge de la couche rouge.*

MÉTHODES	OOBITHES	FRAGMENTS	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	STILPNOSIDÉ- RITE, limo- nite.	Stilpnosidé- rite, limo- nite.	STILPNOSIDÉ- RITE.	STILPNOSIDÉ- RITE, limo- nite.
Examen micros. par transparence.	»	Quartz.	Calcite.	Quartz, cal- cite.
Analyse thermique.	»	»	»	Limonite, chlorite, cal- cite.
Résultats des différentes méthodes.	STILPNOSIDÉ- RITE, limo- nite.	Stilpnosidé- rite, limoni- te, quartz.	Stilpnosidé- rite, calcite.	STILPNOSIDÉ- RITE, limo- nite, calcite, chlorite, quartz.

1. M^{lle} S. CAILLÈRE et F. KRAUT. — *Bull. Soc. fr. Minér.*, t. 69, 1946, p. 83-98.
2. L. CAYEUX. — *Les Minerais de fer oolithiques*, Paris, 1922, p. 384-391.

Explication des planches.

PLANCHE I.

Examen par réflexion en lumière naturelle, grossissement 72.

- Fig. 1.* — Oolithes O₁ et O₂ formées de magnétite (M) et d'hématite (H). Dans les espaces interoolithiques, association des mêmes minéraux avec prédominance de l'hématite.
- Fig. 2.* — En haut oolithe (O₁) à gros noyau transparent et à zone corticale en magnétite. A droite, autre oolithe (O₂) dont l'enveloppe est formée par de la magnétite et de l'hématite. Au centre (C), agrégat de calcite renfermant un groupement étoilé de cristaux automorphes d'hématite. Au-dessous, un fragment d'oolithe (O₃) à structure concentrique. Plus bas, association fine de calcite et de marcasite.

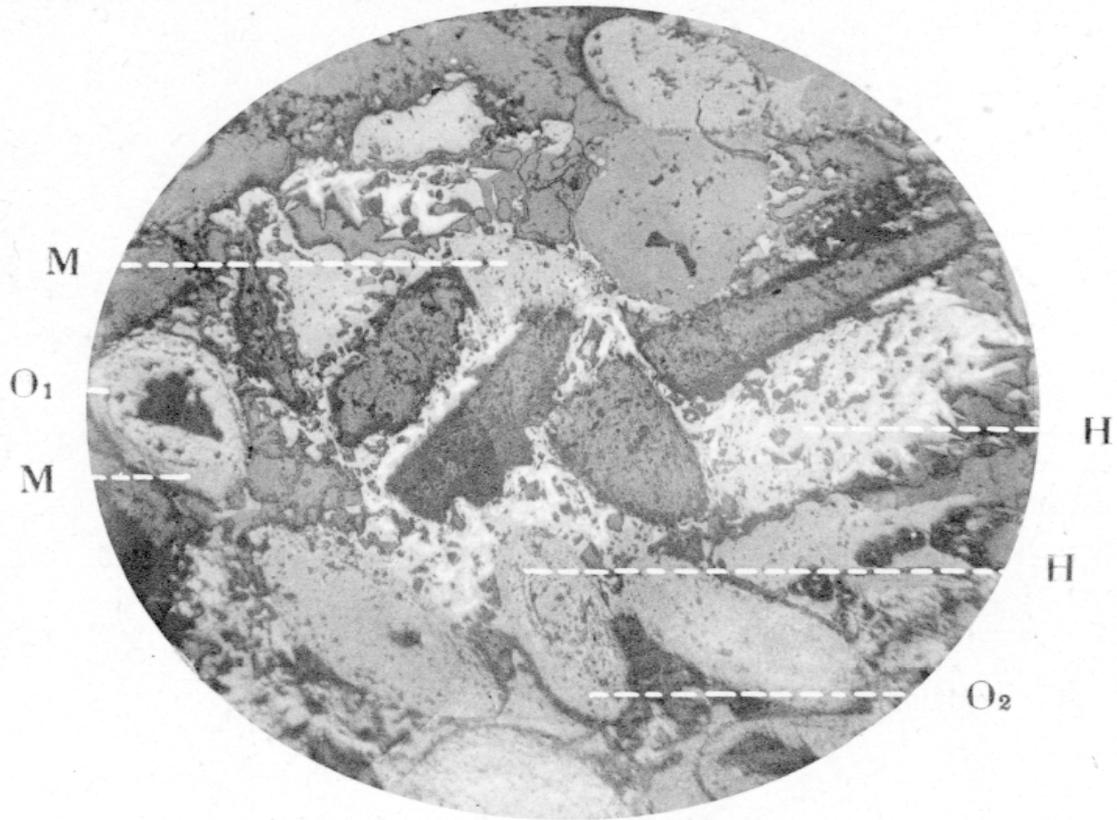


Fig. 1

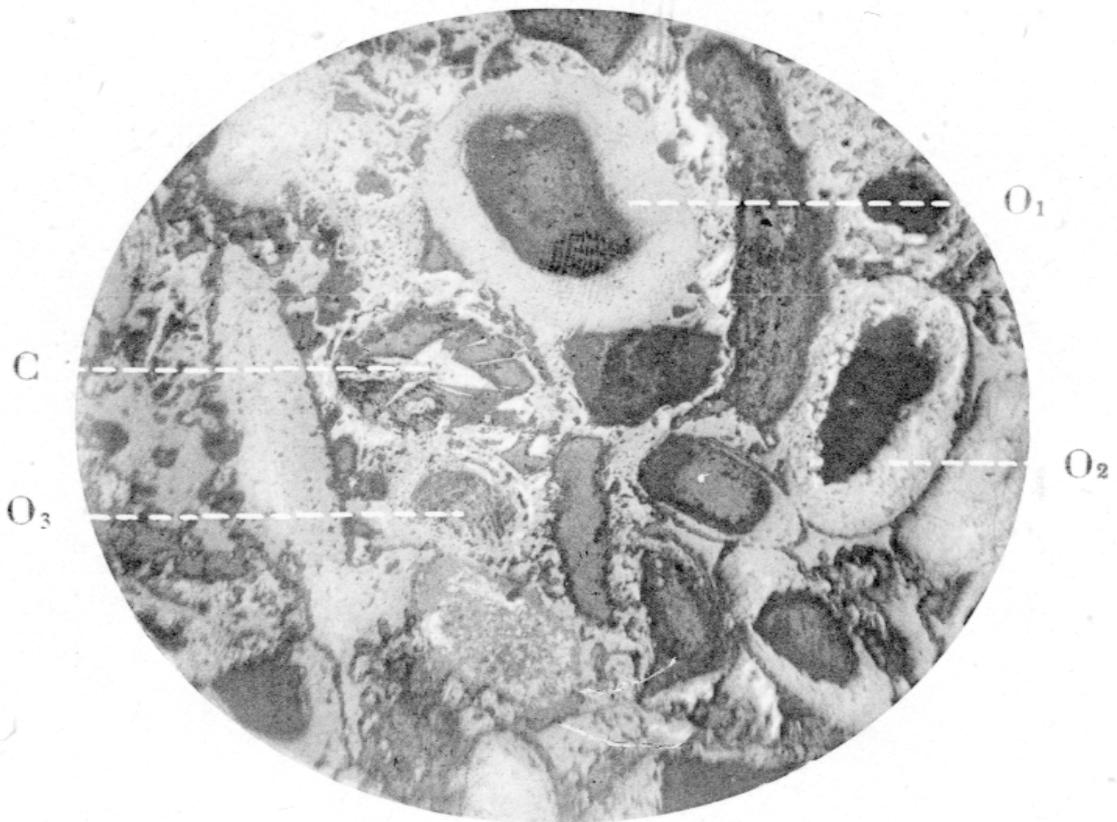


Fig. 2

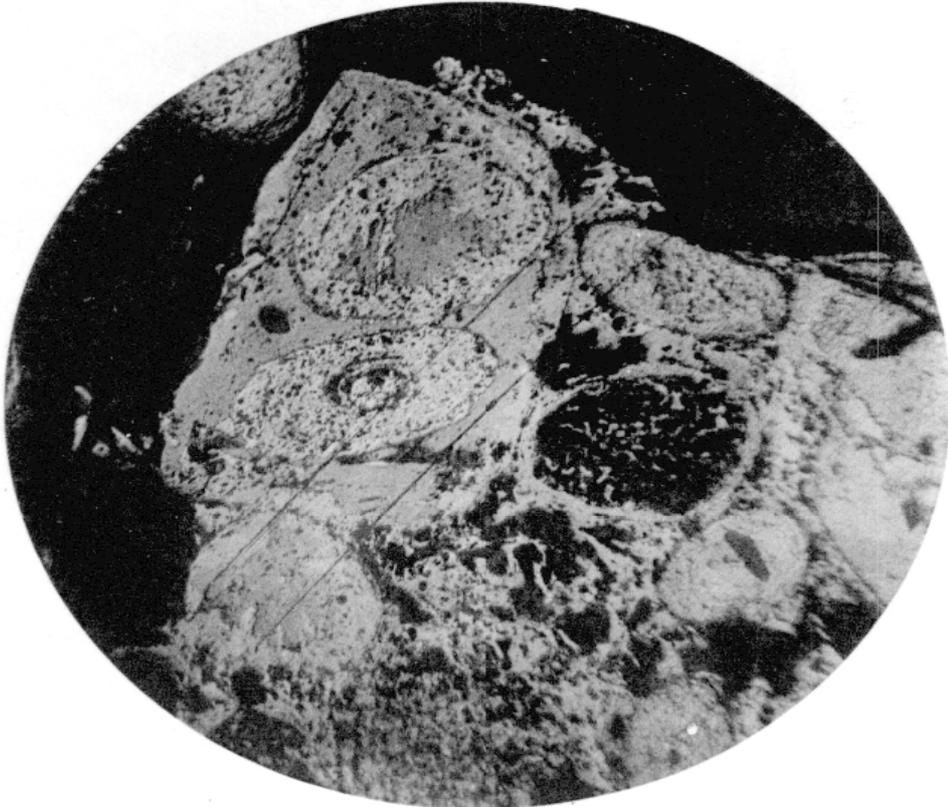


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 1

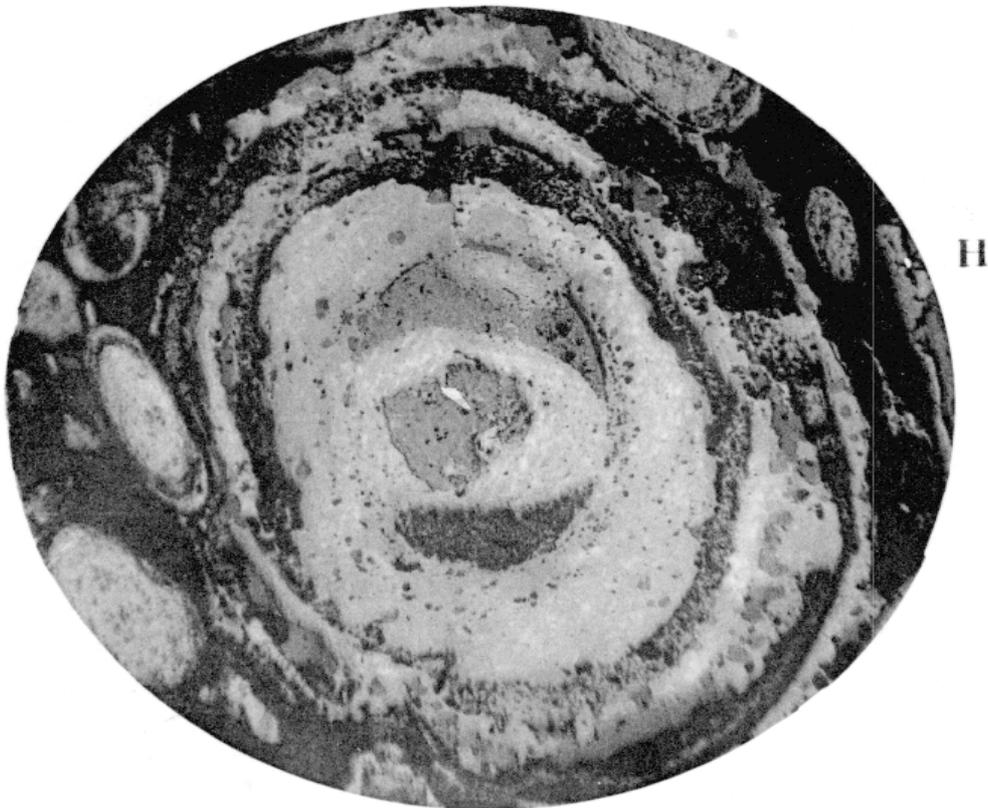


Fig. 2

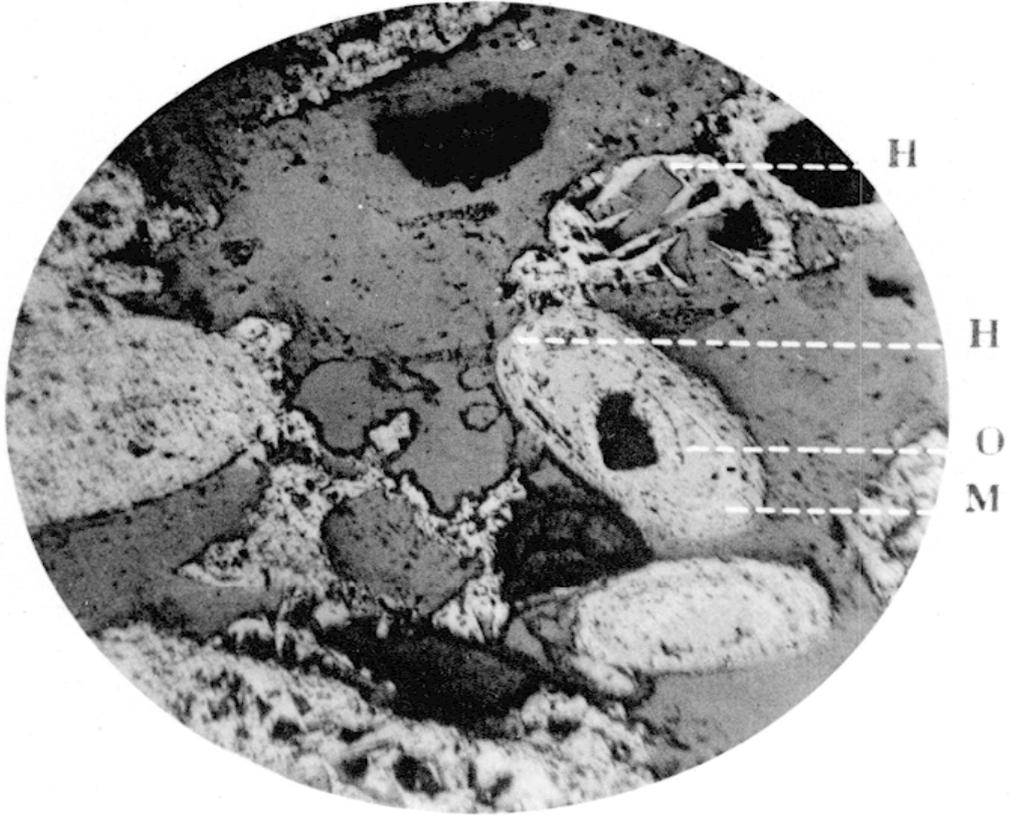


Fig. 1

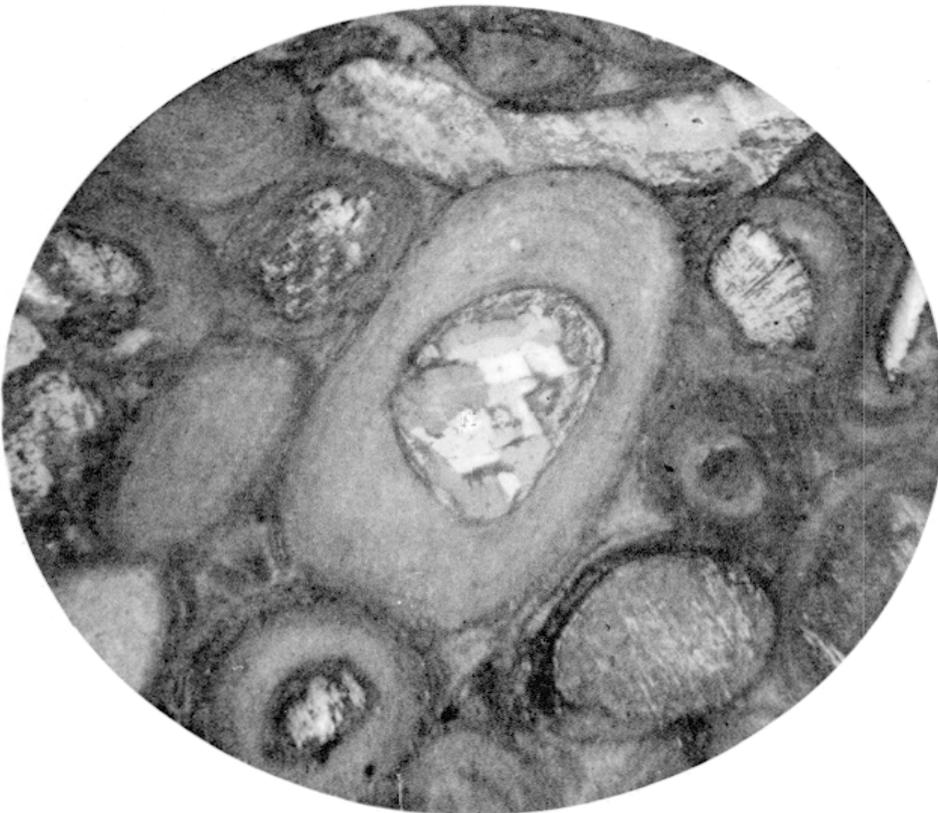


Fig. 2

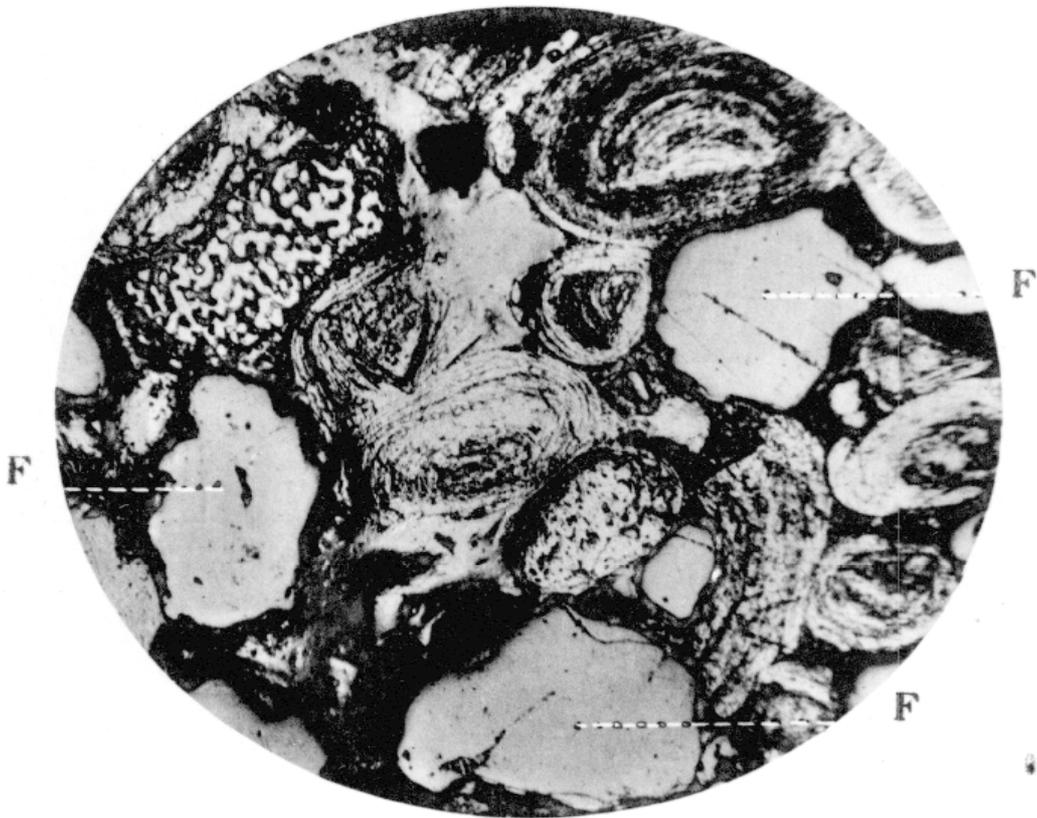


Fig. 1

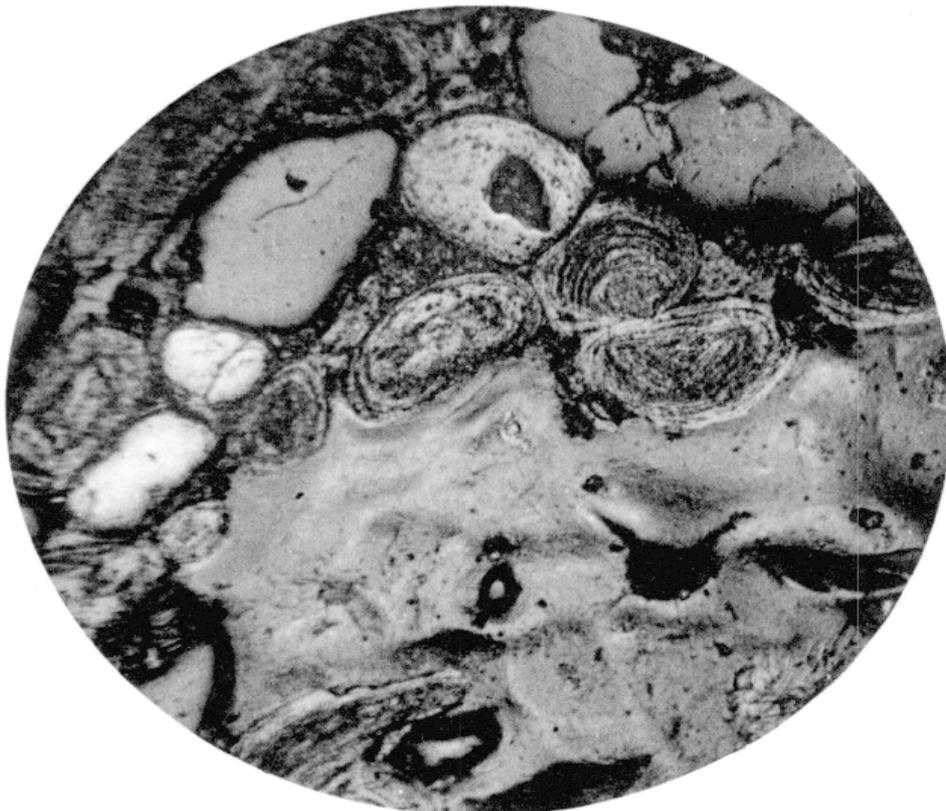


Fig. 2

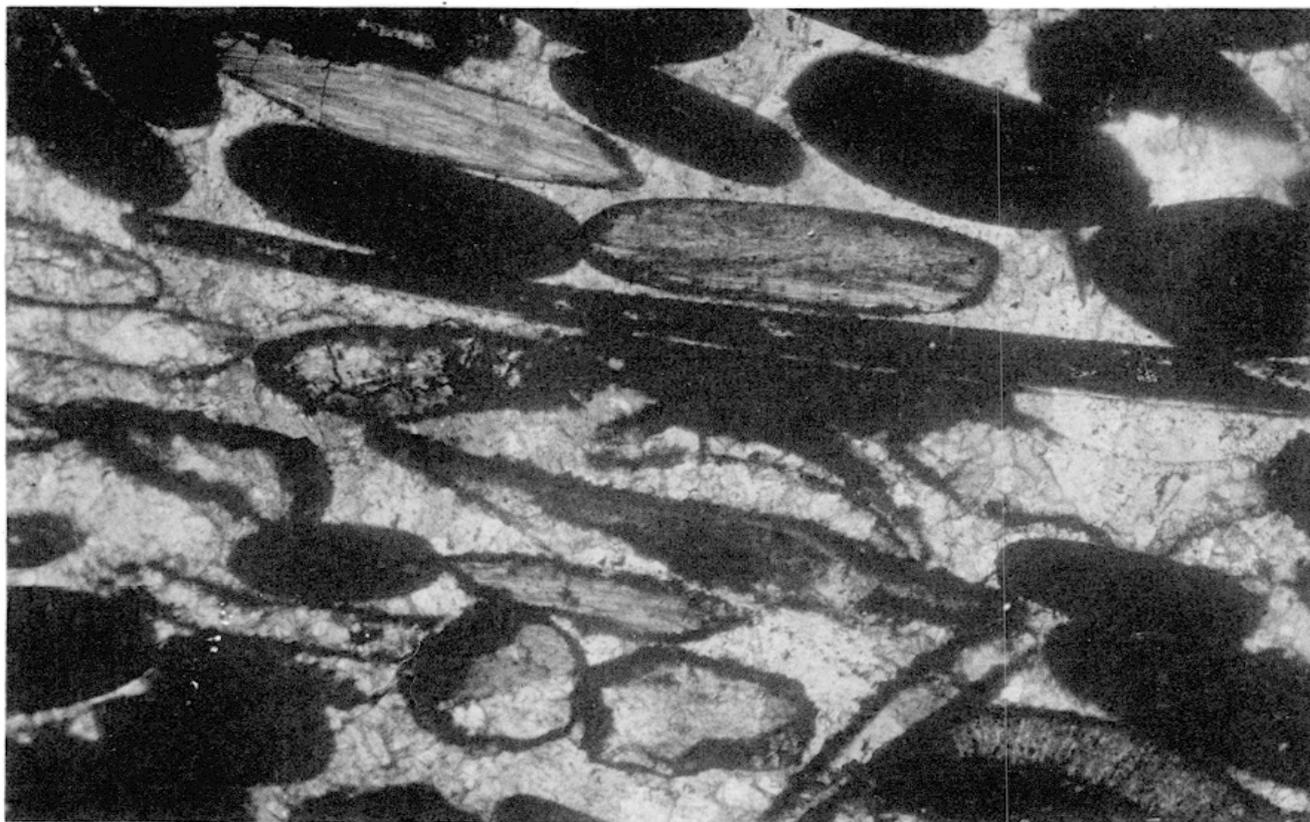


Fig. 1

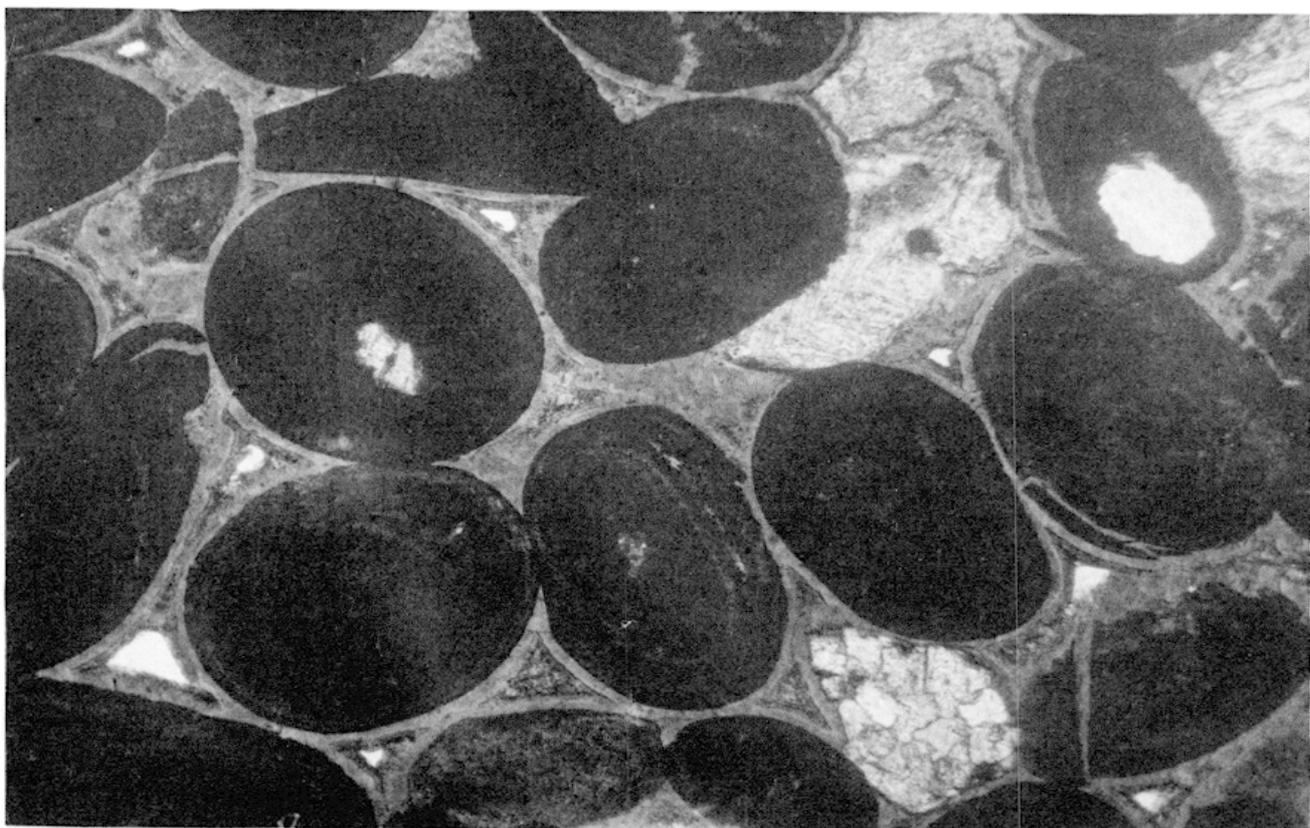
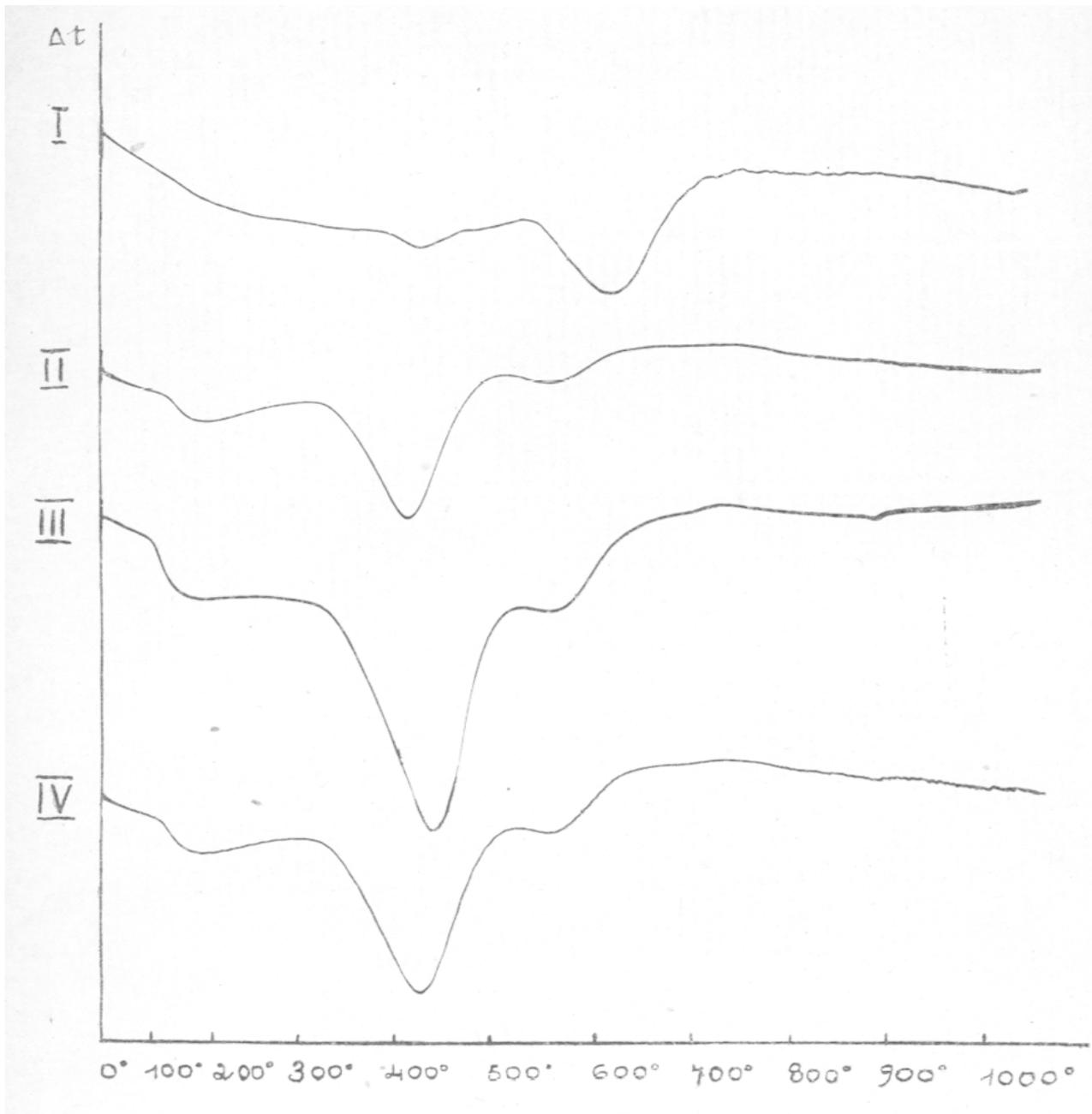


Fig. 2



Minerais d'Ottange. — I. Couche grise, minéral magnétique, ciment riche en éléments transparents. — II. Couche grise, minéral non magnétique. — III. Couche rouge, minéral rouge. — IV. Couche rouge, minéral brun.

PLANCHE II.

Examen par réflexion en lumière naturelle, grossissement 72.

Fig. 1. — Gros fragment de stilpnosidérite, deux oolithes en hématite.

Fig. 2. — Fragment de stilpnosidérite bordé d'hématite et renfermant une oolithe en limonite.

PLANCHE III.

Examen par réflexion en lumière naturelle, grossissement 72.

Fig. 1. — Deux oolithes à noyau calcaire, entouré par une enveloppe complexe d'hématite (H), de magnétite (M) et de stilpnosidérite (S).

Fig. 2. — Détails d'une oolithe essentiellement en magnétite. Zones foncées de stilpnosidérite, cubes gris de calcite et liseré blanc, en haut, à droite, d'hématite (H).

PLANCHE IV.

Examen par réflexion.

Fig. 1. — En lumière naturelle, grossissement 72. Dans un ciment calcaire oolithe (O) avec un noyau transparent entouré par un anneau d'hématite (H) puis par une enveloppe en magnétite (M). En haut, à droite, cristaux automorphes d'hématite.

Fig. 2. — Entre nicols croisés, grossissement 60. Au centre, oolithe dont le noyau est constitué par un agrégat de calcite et la zone corticale par des anneaux de stilpnosidérite.

PLANCHE V.

Examen par réflexion en lumière naturelle, grossissement 72.

Fig. 1. — Aspect général du minerai rouge : en haut, oolithe dont le noyau est formé par un fragment d'une oolithe d'une autre génération; à gauche, organisme épigénisé en stilpnosidérite et limonite. Fragment (F) d'hydrate de fer, en voie de cristallisation.

Fig. 2. — Ciment de stilpnosidérite présentant l'aspect caractéristique d'un gel.

PLANCHE VI.

Examen en lumière naturelle transmise, grossissement 90.

Fig. 1. — Minerai riche en organismes dans un ciment calcaire.

Fig. 2. — Oolites noires en stilpnosidérite entourées de liserés de chlorite; fragments (F) constitués par un agrégat de calcite.

PLANCHE VII.

Courbes d'analyse thermique.

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES MINÉRAIS DE FER DE LORRAINE
(BASSIN DE BRIEY) (*Fin*)**

PAR M^{lle} S. CAILLÈRE ET M. F. KRAUT.

III. — Minerai d'Hayange.

Alors que dans les gisements précédemment décrits (1) (2), nous avons examiné des minerais opaques, appartenant presque exclusivement à la couche grise, nous possédons d'Hayange des échantillons de différents niveaux : gris, rouge, brun et vert, dans lesquels prédominent les minéraux transparents. Rappelons ici que l'accident magnétique dont nous avons entrepris l'étude dans le bassin de Briey se trouve à Hayange non seulement dans la couche grise comme dans les autres gîtes mais aussi dans la couche rouge. Le minerai magnétique que nous avons eu à notre disposition provient de la première où sur une centaine de mètres, L. Cayeux le signale sous la forme de petites lentilles susceptibles de se multiplier dans le sens vertical.

Couche grise.

I. — Minerai magnétique.

Les éléments transparent jouent ici un rôle plus important que dans les autres accidents magnétiques. La chlorite est en effet un constituant essentiel à la fois des oolithes et du ciment.

1° *Composition minéralogique.*

a) *Oolithes.* — Le minéral primaire des oolithes est la chlorite dans laquelle se développe très largement la magnétite (pl. V, fig. 1). La substitution épargne généralement la partie centrale, mais il est des cas où l'oolithe tout entière est opaque. On observe par endroits le début de ce remplacement par l'apparition de petits cubes, plus ou moins rapprochés, de magnétite (pl. I, fig. 1).

b) *Fragments et organismes.* — La plupart des fragments présentent l'association de la chlorite et de la magnétite, toutefois, les cristaux de Fe_3O_4 ont ici des dimensions nettement supérieures à celles observées dans les oolithes (pl. I, fig. 2). Les autres sont constitués par de la calcite, de la chlorite ou par de la stilpnosidérite. Les organismes sont épigénisés en calcite.

c) *Ciment.* — Le ciment est tantôt calcaire, tantôt chloriteux et la magnétite s'y trouve en cristaux bien formés. Le carbonate est assez fortement imprégné de produits ferrugineux brun rouge et dans certaines plages, on voit des rhomboèdres en chlorite (pl. V, fig. 2).

Pour confirmer les données de l'examen microscopique il a été fait une analyse thermique. La courbe obtenue présente deux inflexions endothermiques, l'une vers 520° marque la déshydratation de la chlorite, l'autre correspond à la dissociation de la calcite (courbe I, pl. VIII).

En résumé, on retrouve les mêmes minéraux dans les oolithes, dans les fragments et dans le ciment.

2° *Structure.*

Les oolithes sont assez peu déformées mais montrent des contours déchiquetés. Nous avons noté plus haut que la

magnétite apparaît presque toujours en cristaux et que la chlorite présente aussi parfois la même particularité. Dans quelques cas nous trouvons les deux minéraux englobés dans la calcite, ayant chacun des contours cristallins et les mêmes dimensions. Leur mode d'association et leur position par rapport à la calcite indiquent nettement que la chlorite s'est substituée au carbonate et que par la suite elle a été remplacée par la magnétite.

II. — Minerai non magnétique.

Le minerai normal de la couche grise est caractérisé par la présence de l'oxyde de fer hydraté sous sa forme colloïdale et cristallisée.

1° *Composition minéralogique.*

a) *Oolithes.* — La stilpnosidérite est le constituant essentiel des oolithes. La plupart renferment un noyau en limonite ou un débris d'oolithe autour duquel s'est déposé l'hydroxyde de fer colloïdal. Dans la zone corticale on observe en outre des anneaux concentriques très rapprochés de limonite opaque.

b) *Fragments et organismes.* — Les fragments sont nombreux, la plupart sont en limonite, d'autres en stilpnosidérite, enfin, un troisième type, quoique peu répandu, mérite une attention particulière. Il s'agit d'une association intime quartz-calcite où la silice occupe généralement la partie centrale relativement réduite (pl. II, fig. 1).

Les organismes prennent une part importante dans la constitution de ce minerai, ils sont épigénisés par la calcite et la stilpnosidérite.

c) *Ciment.* — La chlorite est l'élément principal de la gangue, mais l'hydrate de fer s'y développe localement en

quantité notable et la calcite remplit le centre des espaces interoolithiques. Ces résultats sont confirmés par l'analyse thermique différentielle (courbe II, pl. VIII).

2° *Structure.*

Les oolithes sont aplaties mais très rarement brisées. Comme partout ailleurs dans la couche grise, il faut signaler la formation de la limonite à partir de la stilpnosidélite.

On doit sans doute expliquer par un phénomène de remplacement l'association du quartz et du carbonate. Le quartz ne remplit jamais les espaces disponibles entre les oolithes et se trouve uniquement sous forme d'éléments clastiques. Entouré et traversé par le carbonate (pl. VI, fig. 2), il est souvent divisé en plusieurs compartiments par ce dernier. En tournant la platine du microscope entre nicols croisés, on constate que les fragments ainsi groupés dans la plage de calcite ne forment qu'un seul cristal ce qui prouve son antériorité par rapport au carbonate.

Couche rouge.

La couche rouge est caractérisée par une abondance exceptionnelle de fragments clastiques. Parfois leur nombre est de beaucoup supérieur à celui des oolithes et le minerai prend l'aspect d'un véritable grès. Ce niveau est divisé en deux : une partie inférieure et une partie supérieure.

I. — **Minerai de la partie inférieure.**

1° *Composition minéralogique.*

a) *Oolithes.* — Les oolithes sont formées par de la stilpnosidélite dans laquelle on observe de très nombreux

anneaux de limonite ; leur noyau est en général un grain de limonite ou un débris d'oolithe (pl. III, fig. 2).

b) *Fragments et organismes*. — Les fragments sont particulièrement abondants et de grande taille. L'étude microscopique par transparence permet de constater qu'ils sont presque exclusivement constitués par du quartz (pl. VI, fig. 1). Celui-ci renferme fréquemment des inclusions liquides. D'autre part des agrégats de quartz recristallisé ne sont pas rares. Notons encore comme éléments transparents, le feldspath plagioclase. Enfin, en lumière réfléchie on identifie un assez grand nombre de fragments de limonite. Les organismes sont épigénisés en stilpnosidélite et en limonite.

c) *Ciment*. — Le minerai est cimenté par de la stilpnosidélite associée à de la calcite.

2° Structure.

Outre les éléments de nature sédimentaire, on trouve des apports d'origine éruptive, feldspath et quartz.

En ce qui concerne les hydroxydes de fer, notons l'évolution habituelle du gel de stilpnosidélite en limonite.

II. — Minerai de la partie supérieure.

1° Composition minéralogique.

a) *Oolithes*. — Les oolithes ont exactement la même composition que dans la partie inférieure de la couche (pl. III, fig. 1).

b) *Fragments et organismes*. — Comme dans le minerai précédent, les fragments de quartz jouent un très grand rôle. Ils ont ici toujours des contours élastiques. On en distingue nettement deux groupes, les uns assez volumi-

neux, les autres de petites tailles. Une autre catégorie comprend des hydroxydes de fer plus ou moins déshydratés et quelques agrégats de calcite.

Assez nombreux, les organismes sont épigénisés en stilpnosidérite et en limonite.

c) *Ciment*. — Le ciment est formé par l'association de la stilpnosidérite et de la calcite. Pour distinguer ce carbonate de la sidérose nous en avons immergé des fragments dans le monobromonaphtalène. Nous avons constaté que les indices de réfraction des grains étaient tous inférieurs à celui du liquide (1,66), ce qui nous permet de conclure qu'il s'agit de la calcite, les indices de la sidérose étant $n_p = 1,63$ et $n_g = 1,87$. L'analyse thermique confirme nettement ce résultat (courbe III, pl. VIII).

2° *Structure*.

La participation d'éléments d'origine étrangère est moins importante que dans le niveau inférieur. Une partie du quartz semble avoir été broyée sur place.

En résumé, il n'y a aucune différence de composition entre les deux zones de la couche rouge qui, toutefois, se distinguent nettement par leurs structures.

Couche brune.

Nous décrivons dans ce paragraphe un échantillon provenant de la couche brune, niveau que nous rencontrons à Hayange pour la première fois.

1° *Composition minéralogique*.

a) *Oolithes*. — Le plus souvent les oolithes ont un noyau de limonite mais il en est dont le nucléus est formé

par du quartz (pl. VII, fig. 1). L'enveloppe corticale est constituée par de la stilpnosidérite et par de la limonite en anneaux concentriques et, particularité intéressante, on y trouve parfois inclus des débris de quartz.

b) *Fragments et organismes*. — Le minerai renferme un nombre considérable de fragments anguleux. Quelques-uns sont en limonite (pl. II, fig. 2) mais la plupart sont en quartz. Leurs dimensions varient de 0,03 mm. à 1 mm. de diamètre. Ils sont souvent parcourus par des veinules d'hydroxydes de fer. Dans certains d'entre eux, nous avons observé des aiguilles de tourmaline (pl. IV, fig. 1) ainsi que de très nombreuses inclusions liquides.

Les organismes sont rares, ils sont épigénisés en stilpnosidérite et en limonite.

c) *Ciment*. — Une masse calcaire dans laquelle se développe la stilpnosidérite occupe les espaces interoolithiques. Chaque oolithe est entourée par un liseré de calcite, dont la disposition rappelle celle de la chlorite dans les minerais à gangue silicatée (pl. III, fig. 1).

L'analyse thermique révèle la présence de limonite, de chlorite, de calcite (courbe IV, pl. VIII).

2° Structure.

Le quartz joue dans ce minerai un rôle important qui mérite un examen attentif. Cet élément se trouve avec les mêmes caractères à la fois dans le ciment et dans les oolithes ; celles-ci montrent d'ailleurs un degré d'évolution de l'hydroxyde de fer très peu avancé.

Couche verte.

Deux minéraux composent à eux seuls la presque totalité de cette couche : la stilpnosidérite et la sidérose.

1° *Composition minéralogique.*

a) *Oolithes.* — Le minerai présente une physionomie tout à fait particulière. L'oolithe apparaît parfois comme une masse homogène de stilpnosidérite sans noyau distinct. Dans la zone corticale l'hydroxyde de fer est partiellement remplacé par le carbonate qui se développe en plages compactes limitées par des portions de courbes tantôt convexes, tantôt concaves. Toutefois un épais liseré de stilpnosidérite marque toujours le contour de l'ovoïde (pl. IV, fig. 2).

b) *Fragments et organismes.* — Les fragments, tous arrondis, sont formés par la sidérose ou par la stilpnosidérite et quelquefois par l'association de ces deux minéraux. On retrouve les mêmes constituants dans les organismes épigénisés.

c) *Ciment.* — La gangue carbonatée est imprégnée par endroits de matières ferrugineuses (pl. VII, fig. 2). Pour la déterminer d'une manière plus précise nous avons comparé ses indices de réfraction à celui du monobromonaphthalène et nous avons constaté que n_g était supérieur à 1,66. On peut donc supposer que nous sommes en présence de la sidérose. D'ailleurs le minerai est inattaquable par l'acide chlorhydrique à froid et c'est seulement en chauffant que l'on observe le dégagement de CO_2 . D'autre part l'analyse thermique révèle la stilpnosidérite et le carbonate de fer (courbe IV, pl. VIII).

2° *Structure.*

Les oolithes présentent des déformations plastiques mais jamais de fragmentations.

Des deux minéraux constituant cette couche, la sidérose est le plus récent. Elle est l'élément unique du ciment et s'infiltré dans les oolithes où elle se substitue en partie à la stilpnosidérite.

Bien que la composition des minerais d'Hayange soit relativement simple et sensiblement identique dans les différentes couches, quelques particularités minéralogiques et des variations notables de structure permettent de dégager des conclusions intéressantes relativement au milieu géologique où ils se sont formés.

La couche grise présente ici les traits habituels : les oolithes sont principalement en limonite et en stilpnosidérite, le ciment, à la fois carbonaté et chloriteux, est, imprégné d'oxyde de fer colloïdal.

Toutefois il faut signaler une différence essentielle quant à la nature des fragments. Alors que dans les autres gisements, les éléments d'origine étrangère proviennent de formations ferrugineuses ayant à peu près les mêmes caractères lithologiques, à Hayange nous observons un apport très important de quartz clastique.

Ces fragments ont des arêtes vives, ils n'ont donc pas été transportés sur une grande distance. Ils renferment, pour la plupart, des inclusions liquides en nombre considérable, qui laissent présumer que leur roche mère était d'origine éruptive. Parfois le quartz détritique est associé à la calcite. L'observation de ces groupements est extrêmement instructive au point de vue de l'évolution de ces minerais et en particulier du rôle de la silice au cours de leur formation. En effet le carbonate englobe et recoupe les

cristaux de quartz corrodés. Dans beaucoup de cas il ne reste plus que des résidus de quartz au centre d'un agrégat.

Dans la couche grise où ces associations sont les plus nombreuses la chlorite atteint un développement maximum. On peut donc penser qu'une partie de la silice qui entre dans la composition de la chlorite provient de SiO_2 mis en mouvement par la corrosion du quartz.

Dans l'accident magnétique le seul minéral opaque est Fe_3O_4 ; on le trouve aussi bien dans les oolithes que dans le ciment. Il résulte d'une série de substitutions : calcite, chlorite, magnétite, bien visibles au microscope.

Une grande richesse en éléments détritiques confère à la couche rouge un faciès spécial dans l'ensemble des formations oolithiques d'Hayange. Comme nous l'avons indiqué plus haut, la composition minéralogique est identique dans toute la couche, cependant la partie inférieure est plus riche en silice tandis que dans la partie supérieure la calcite est plus abondante. Le quartz est resté intact dans cet horizon où l'on remarque l'absence de chlorite. Il y a peut-être un rapprochement à faire entre ces deux faits, si l'on retient l'hypothèse émise plus haut quant au rôle de SiO_2 dans ces formations.

C'est encore le quartz qui nous permettra de caractériser la couche brune. Il a, en effet, un intérêt particulier non seulement par son importance dans la masse du minerai mais aussi par sa présence simultanée dans les oolithes et sous forme de fragments englobés directement dans le ciment. On peut supposer que les oolithes se sont formées postérieurement à l'apport du quartz et probablement sur place.

Quant à l'origine de ce minéral les inclusions de tourmaline indiquent qu'il provient, tout au moins en partie, de roches cristallophylliennes.

Dans la couche verte le fer concentré dans les oolithes existe uniquement sous forme d'hydroxyde colloïdal alors que partout ailleurs nous avons noté la présence de limonite. La gangue d'une uniformité remarquable est exclusivement formée par de la sidérose et les fragments sont autochtones. La simplicité de sa composition minéralogique et de sa structure font du minerai de la couche verte un type tout à fait particulier.

L'étude du gisement d'Hayangue est très instructive en ce qui concerne les éléments d'origine étrangère. Ce minerai est particulièrement riche en quartz détritique dont on peut préciser l'origine éruptive ou cristallophyllienne grâce à la nature de ses inclusions. D'autre part la destruction partielle du quartz remplacé par la calcite permet de supposer que la silice libérée est incorporée dans le minerai sous forme de silicate de fer : la chlorite.

Minerai magnétique de la couche grise.

MÉTHODES	OOLITHES	FRAGMENTS	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	Magnétite.	Magnétite, stilpnosidérite, calcite.	Magnétite.	Magnétite, stilpnosidérite, calcite.
Examen micros. par transparence.	Chlorite, calcite.	Calcite.	Chlorite.	Chlorite, calcite.
Analyse thermique	»	»	»	Chlorite, calcite.
Résultats des différentes méthodes.	Magnétite, chlorite, calcite.	Magnétite, stilpnosidérite, calcite.	Magnétite, chlorite.	MAGNÉTITE, stilpnosidérite, CHLORITE, calcite.

Minerai non magnétique de la couche grise.

MÉTHODES	OOLITHES	FRAGMENTS	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.	Stilpnosidérite, limonite.	Stilpnosidérite, calcite.	STILPNOSIDÉRITE, limonite, calcite.
Examen micros. par transparence.	»	Quartz, calcite.	Chlorite, calcite.	Chlorite, calcite, quartz.
Analyse thermique.	»	»	»	Limonite, chlorite, calcite.
Résultats des différentes méthodes.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.	Stilpnosidérite, limonite, quartz, calcite.	Stilpnosidérite, calcite, chlorite.	STILPNOSIDÉRITE, limonite, chlorite, calcite, quartz.

Minerai de la partie inférieure de la couche rouge.

MÉTHODES	OOLITHES	FRAGMENTS	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.	Limonite.	Stilpnosidérite.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.
Examen micros. par transparence.	»	QUARTZ.	Calcite.	QUARTZ, calcite.
Analyse thermique.	»	»	»	Limonite, calcite.
Résultats des différentes méthodes.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.	Limonite, QUARTZ.	Stilpnosidérite, calcite.	STILPNOSIDÉRITE, QUARTZ, limonite, calcite.

Minerai de la partie supérieure de la couche rouge.

MÉTHODES	OOLITHES	FRAGMENTS	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.	Stilpnosidérite.	Stilpnosidérite.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.
Examen micros. par transparence.	»	QUARTZ, calcite.	Calcite.	QUARTZ, calcite.
Analyse thermique.	»	»	»	Limonite, calcite.
Résultats des différentes méthodes.	STILPNOSIDÉRITE, limonite,	QUARTZ, stilpnosidérite, calcite.	Stilpnosidérite, calcite.	STILPNOSIDÉRITE, QUARTZ, limonite, calcite.

Minerai de la couche brune.

MÉTHODES	OOLITHES	FRAGMENTS	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.	Limonite, stilpnosidérite.	Stilpnosidérite.	STILPNOSIDÉRITE, limonite.
Examen micros. par transparence.	»	QUARTZ	CALCITE.	QUARTZ, calcite.
Analyse thermique.	»	»	»	Limonite, stilpnosidérite, calcite, Chlorite.
Résultats des différentes méthodes.	Stilpnosidérite, limonite.	Limonite, stilpnosidérite, QUARTZ.	Stilpnosidérite, calcite.	STILPNOSIDÉRITE, limonite, chlorite, QUARTZ, CALCITE.

Minerai de la couche verte.

MÉTHODES	OOLITHES	FRAGMENTS	CIMENT	COMPOSITION GLOBALE
Examen micros. par réflexion.	STILPNOSIDÉRITE.	Stilpnosidérite.	Sidérose.	STILPNOSIDÉRITE, sidérose.
Examen micros. par transparence.	SIDÉROSE.	Sidérose.	Sidérose.	SIDÉROSE.
Analyse thermique.	»	»	»	Stilpnosidérite, sidérose.
Résultats des différentes méthodes.	STILPNOSIDÉRITE, SIDÉROSE.	Stilpnosidérite, sidérose.	SIDÉROSE.	STILPNOSIDÉRITE, SIDÉROSE.

1. S. CAILLÈRE et F. KRAUT. — *Bull. Soc. fr. Minér.*, t. 69, 1946, p. 83-98.
2. S. CAILLÈRE et F. KRAUT. — *Bull. Soc. fr. Minér.*, t. 70, 1947, p. 21-33.

Explication des planches.

PLANCHE I.

Examen par réflexion en lumière naturelle. Grossissement 220.

- Fig. 1.* — Cristaux de magnétite dans une oolithe en chlorite.
Fig. 2. — Dans le ciment chloriteux la magnétite se présente en cristaux bien formés et nettement plus gros que dans les oolithes.

PLANCHE II.

Examen par réflexion en lumière naturelle, grossissement 72.

- Fig. 1.* — Au centre, quartz corrodé associé à la calcite. A côté, oolithe en stilpnosidérite avec zones concentriques de limonite. Au-dessous, oolithe avec noyau en limonite. Les plages les plus claires représentent des fragments de limonite. Le ciment est calcique.
Fig. 2. — Oolithes en stilpnosidérite entourées par un liseré de calcite. Trois gros fragments de quartz. Ciment en hydroxyde de fer colloïdal.

PLANCHE III.

Examen par réflexion en lumière naturelle, grossissement 72.

Fig. 1. — *Couche rouge, partie supérieure.* Oolithes en stilpnosidérite avec nombreux anneaux de limonite. Plusieurs fragments de quartz. En bas, à droite, débris blanc de limonite.

Fig. 2. — *Couche rouge, partie inférieure.* Mêmes éléments que dans la figure précédente.

PLANCHE IV.

Fig. 1. — *Lumière naturelle transmise, grossissement 220.* Fragment de quartz avec inclusions de tourmaline.

Fig. 2. — *Lumière réfléchie entre nicols croisés, grossissement 60.* Oolithes en stilpnosidérite pénétrées par la calcite du ciment.

PLANCHE V.

Examen en lumière naturelle transmise.

Fig. 1. — *Grossissement 80.* Oolithes presque entièrement envahies par la magnétite. Dans le ciment chloriteux se développent de nombreux cristaux de Fe_3O_4 .

Fig. 2. — *Grossissement 220.* Dans une plage de calcite apparaissent des cristaux automorphes de chlorite et de magnétite.

PLANCHE VI.

Examen en lumière transmise entre nicols croisés, grossissement 80.

Fig. 1. — Fragments de quartz clastique. En haut à droite agrégat de quartz.

Fig. 2. — Fragments de quartz associés à la calcite. Le carbonate englobe et recoupe le quartz.

PLANCHE VII.

Examen en lumière transmise entre nicols croisés, grossissement 80.

Fig. 1. — Fragments de quartz englobés dans les oolithes et dans le ciment. Liseré de calcite autour des oolithes.

Fig. 2. — Oolithes en stilpnosidérite partiellement envahies par la calcite du ciment.

PLANCHE VIII.

Courbes d'analyse thermique.

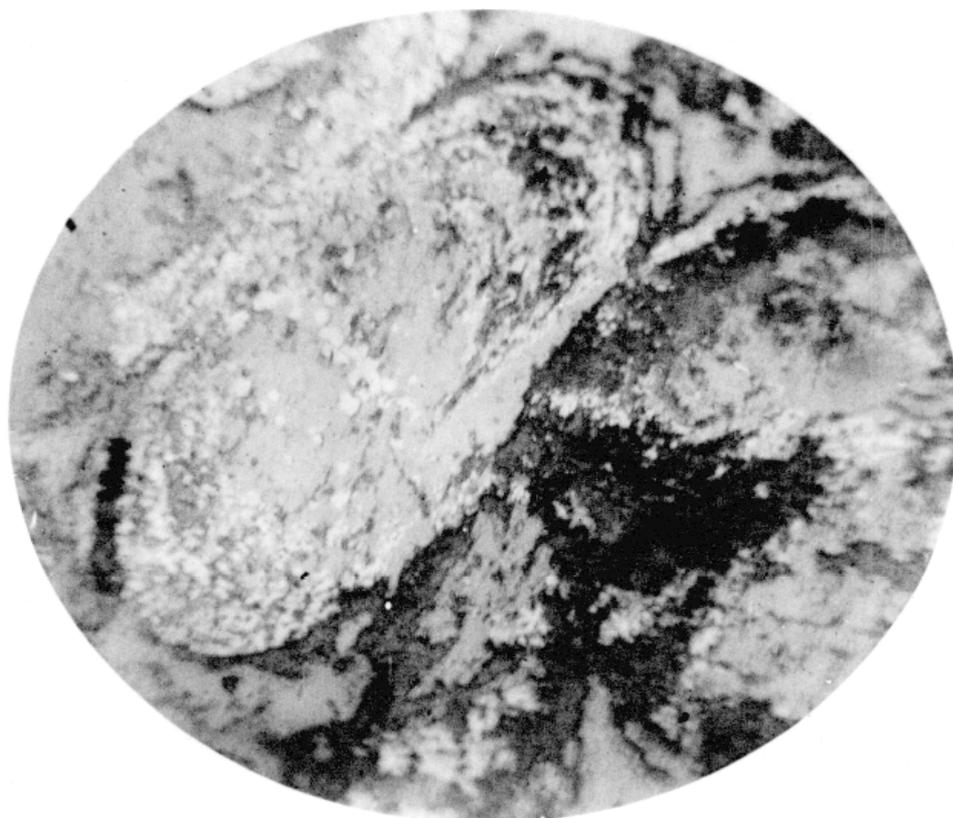


Fig. 1

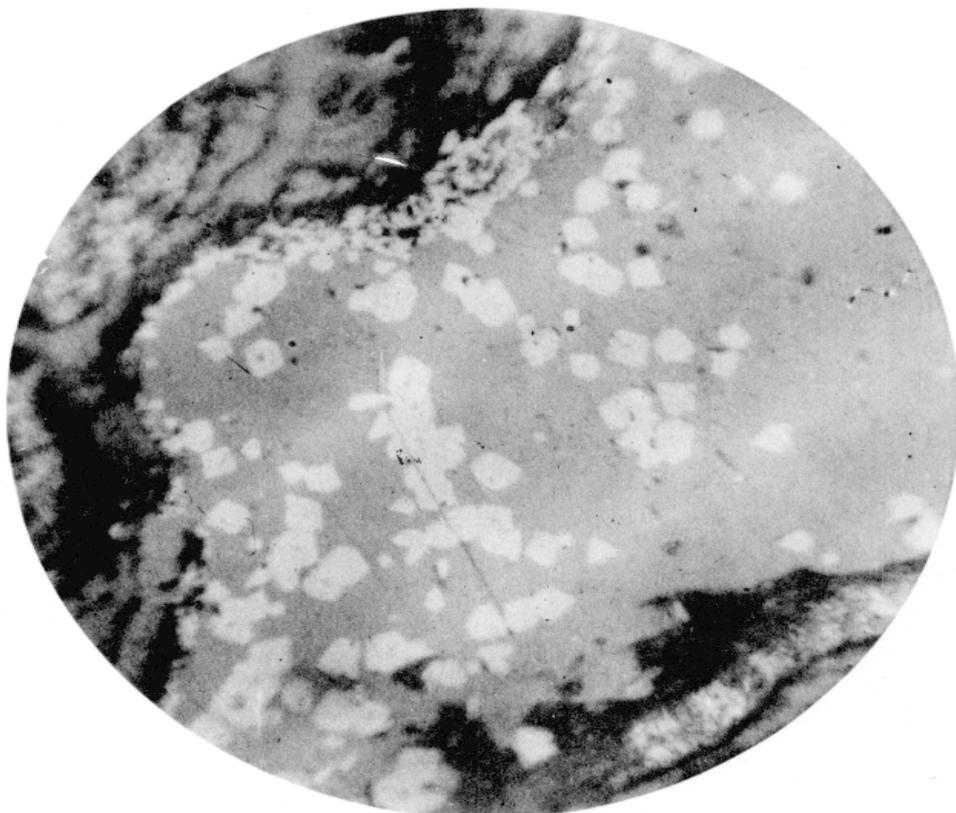


Fig. 2

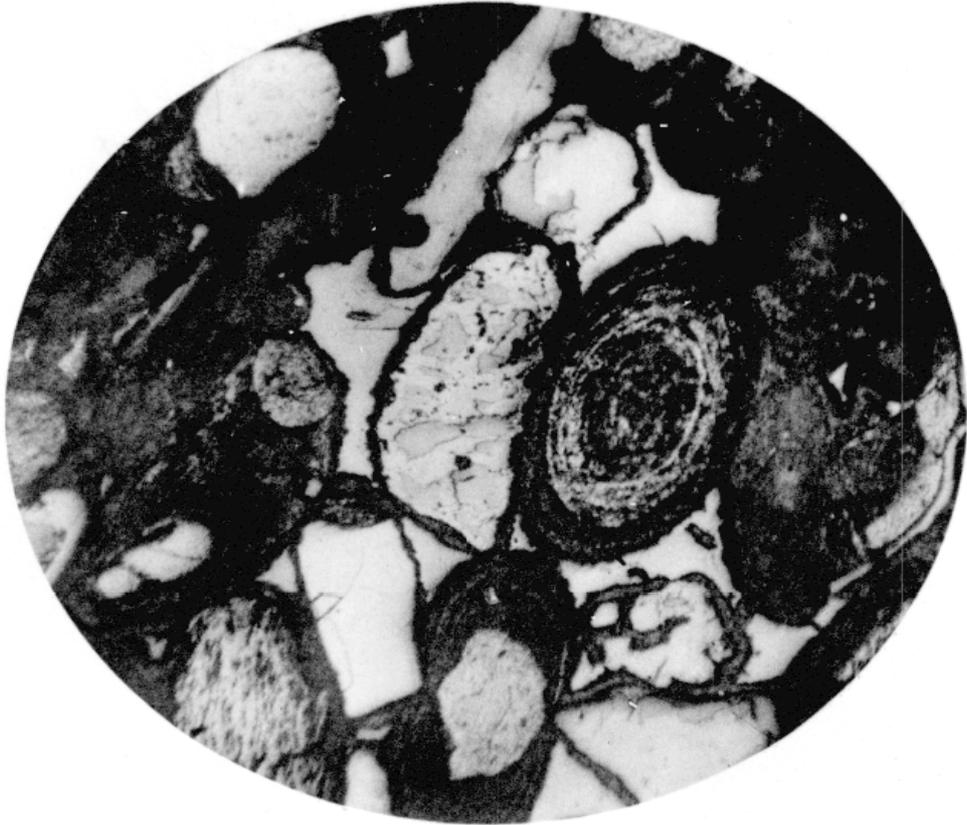


Fig. 1

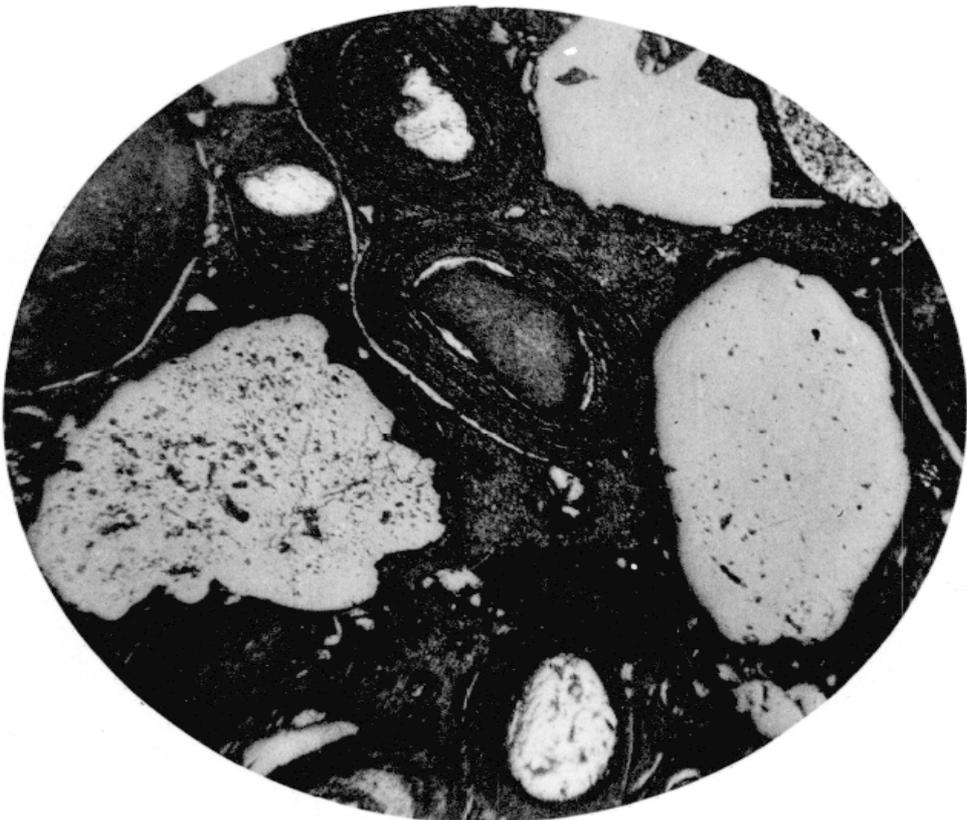


Fig. 2



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 1



Fig. 2

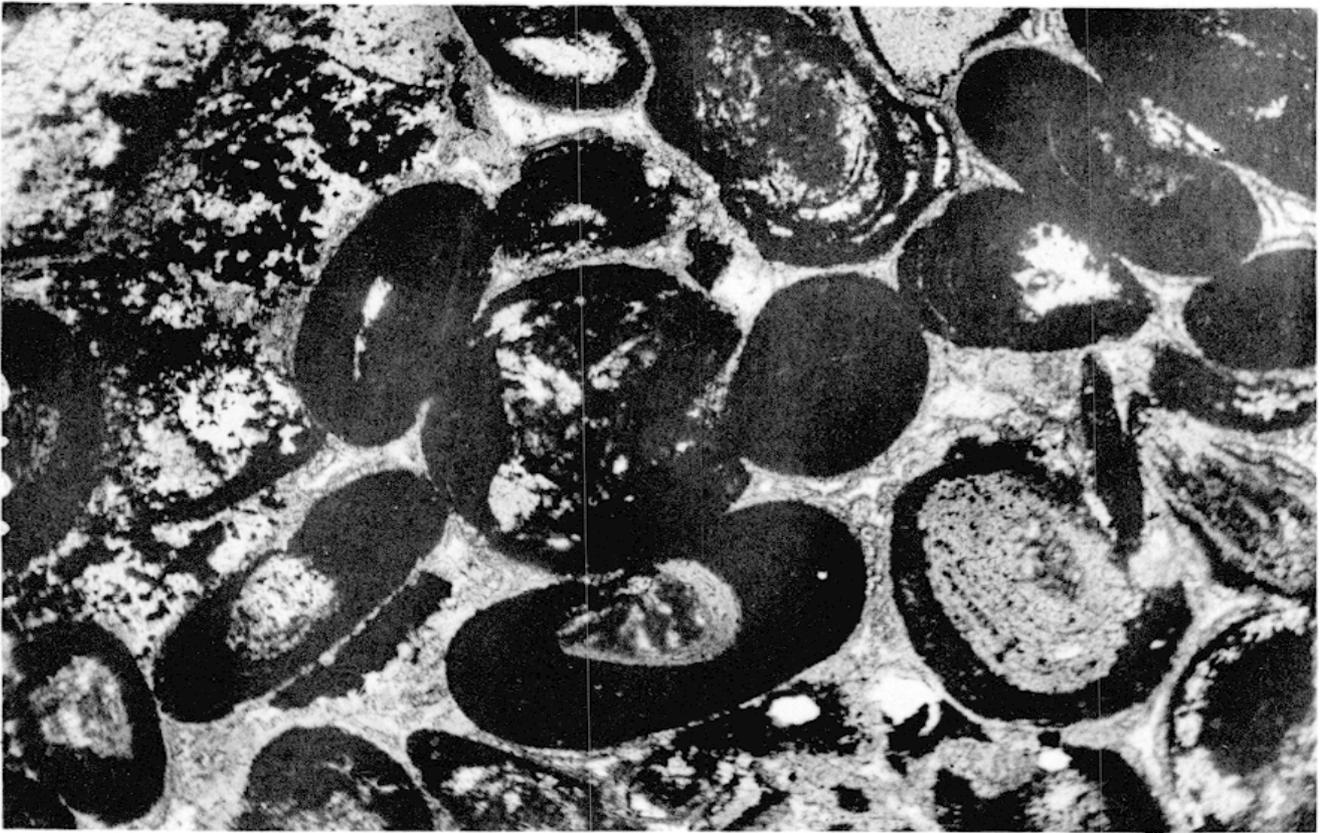


Fig. 1



Fig. 2

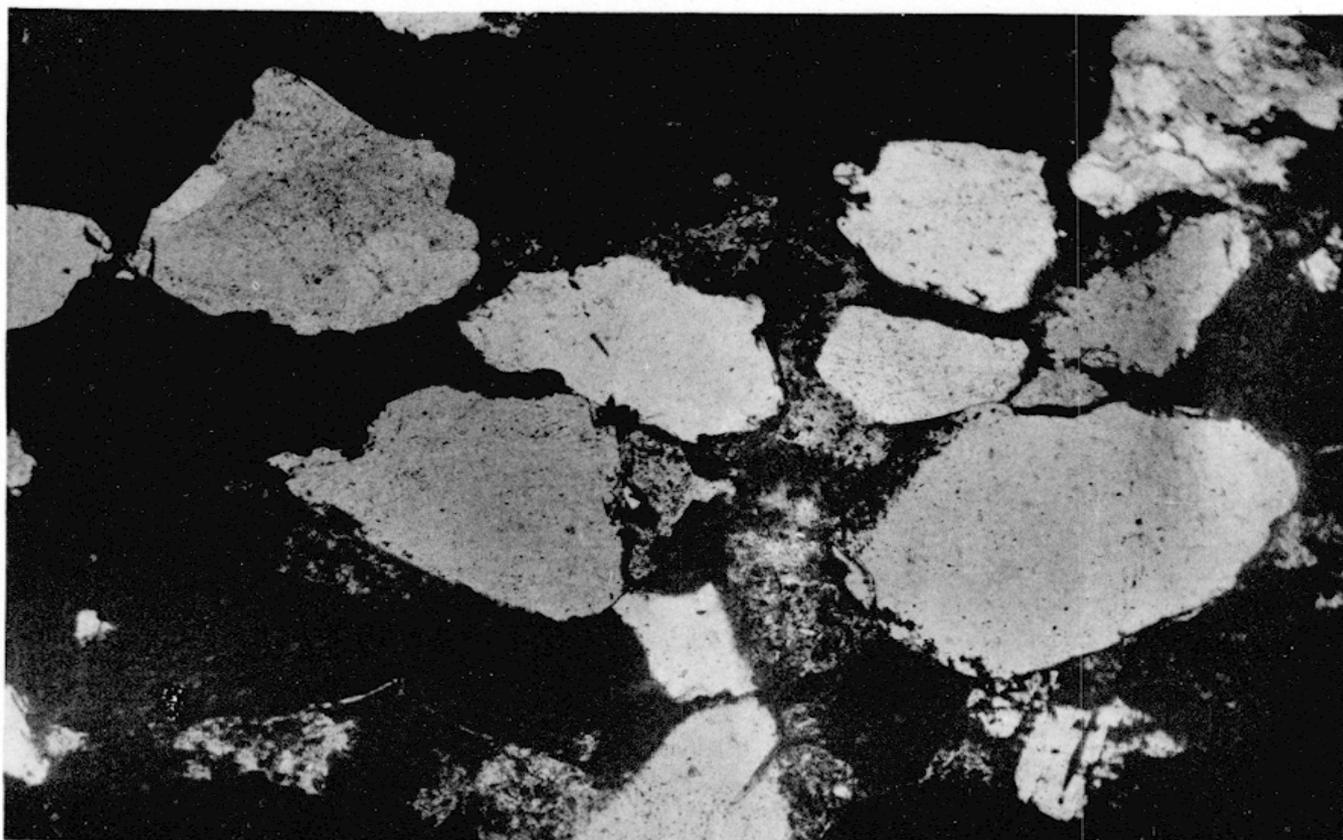


Fig. 1

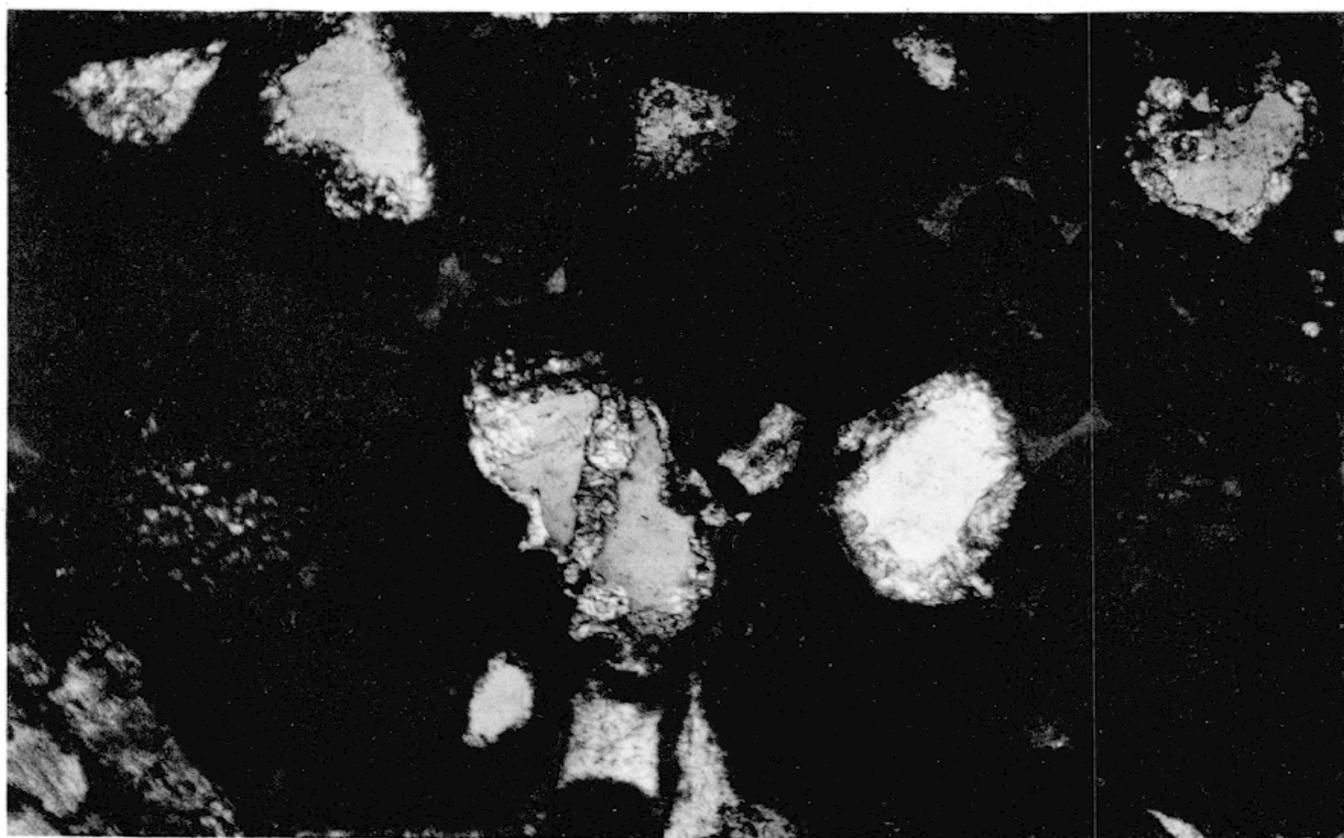


Fig. 2

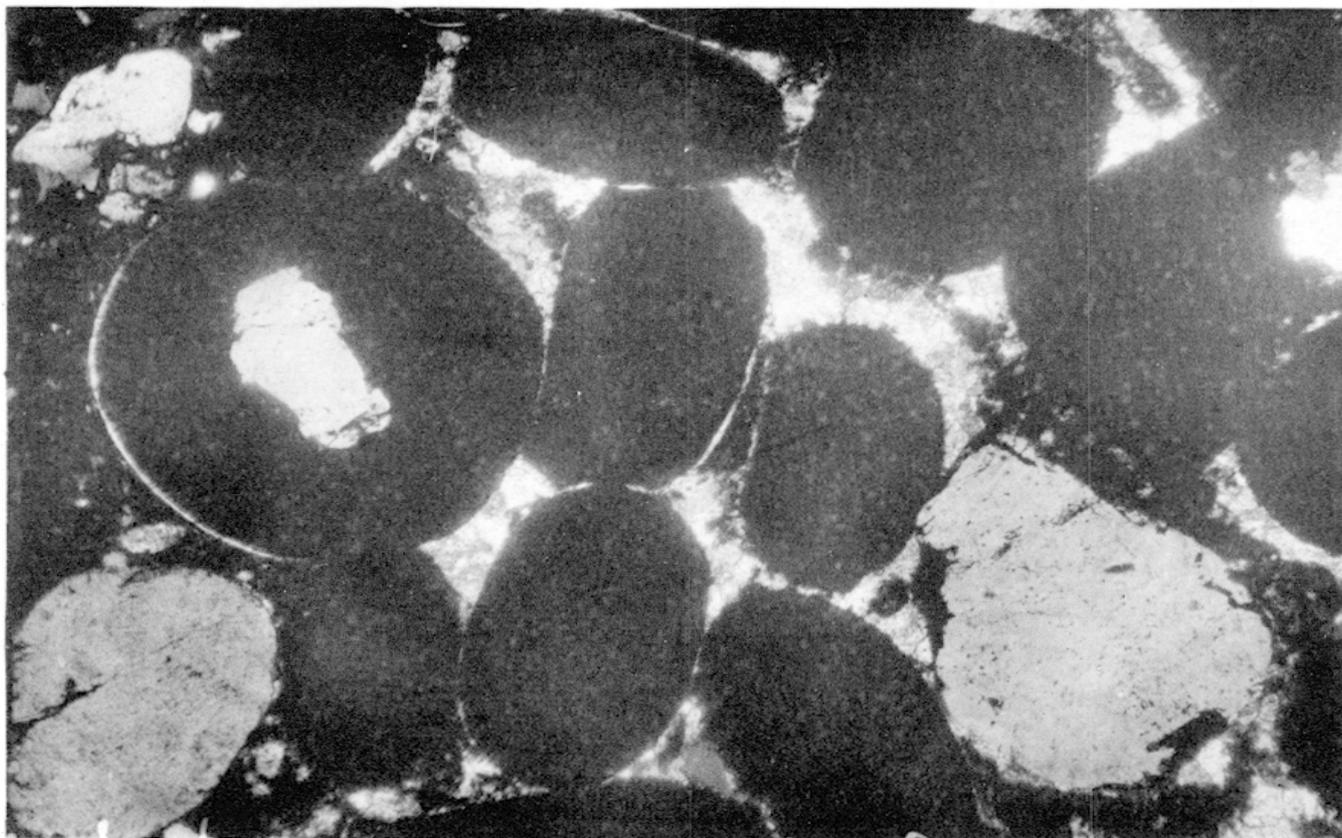


Fig. 1

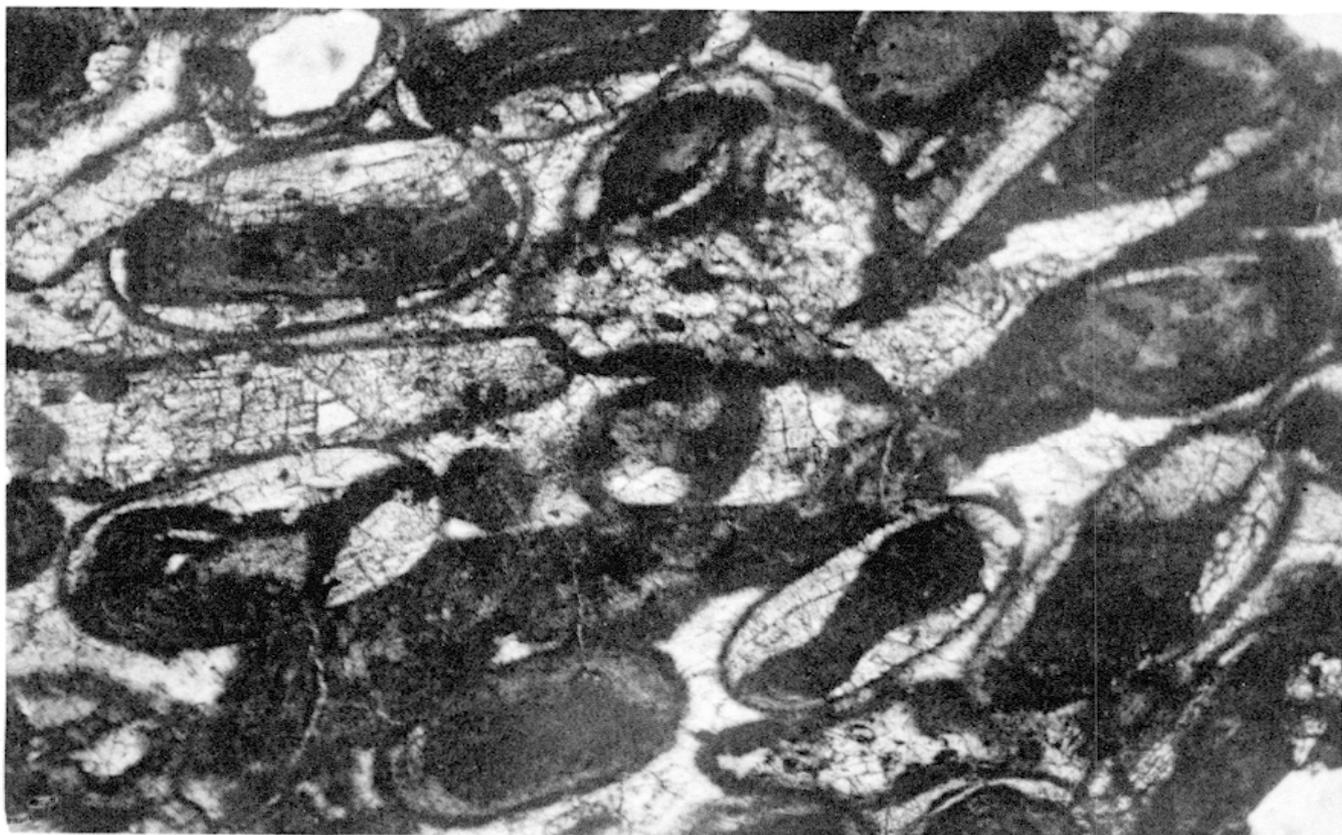
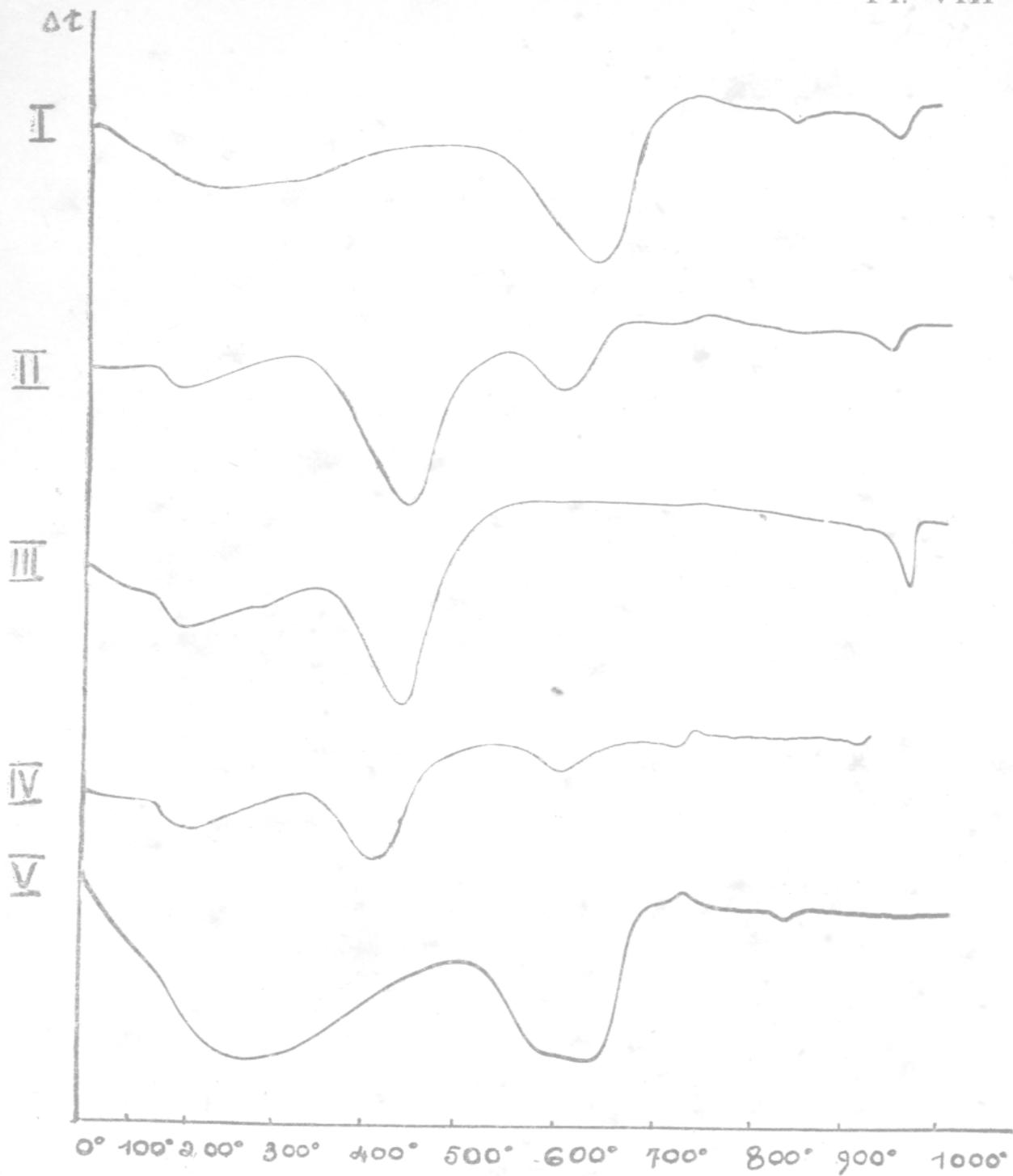


Fig. 2



Minerais d'Hayange. — I. Couche grise, minéral magnétique. — II. Couche grise, minéral non magnétique. — III. Couche rouge, minéral de la partie supérieure. — IV. Couche brune. — V. Couche verte.