

SUR LE MINÉRAI DE FER OOLITHIQUE DE MOULAINÉ
ET SUR LA PRÉSENCE DANS CE MINÉRAI
D'UN MINÉRAL PHOSPHATÉ

PAR M^{lle} S. Caillère ET F. Kraut ¹.

PLANCHES II ET III.

Le gisement de fer de Moulainé est situé dans la partie centrale du bassin de Longwy. Il comprend six horizons minéralisés : les couches verte, noire, grise, jaune rouge et le calcaire ferrugineux ². Nous les étudierons à l'exception du dernier dont nous n'avons pas d'échantillon à notre disposition.

I. ÉTUDE MICROSCOPIQUE ET THERMIQUE.

Les éléments transparents jouent un rôle prépondérant dans tous ces minerais, c'est pourquoi l'examen microscopique en lumière transmise est la principale méthode d'investigation utilisée dans ce travail. Après la description de chaque niveau, nous donnerons les résultats de l'analyse thermique qui complète dans beaucoup de cas l'étude optique.

Couche verte. — Cette couche est caractérisée par un nombre extrêmement élevé d'éléments phylliteux très fins. Les oolithes généralement homogènes, sont en chlorite imprégnée de stilpnosidérite. Elles n'ont que rarement un fragment de quartz élastique comme noyau.

Le minerai englobe des lamelles de mica muscovite, une grande quantité de quartz détritique de dimensions variables dont la plupart renferment des inclusions liquides.

La contribution des organismes à la formation du minerai de Moulainé est assez notable. Comme ils ont les mêmes caractères dans tous les niveaux, nous nous contenterons de décrire ici brièvement leurs constituants minéralogiques.

Ce sont des fossiles épigénisés en calcite et en stilpnosidérite et des débris d'os se présentant sous la forme d'un minéral à texture fibreuse

1. Note présentée à la séance du 20 janvier 1917.

2. L. CAYRUX, Les minerais de fer oolithiques de France, t. II, p. 175.

5 février 1948.

Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 7

faiblement biréfringent. Étant donné la finesse des fibres, il n'est pas possible de déterminer le signe optique du minéral, toutefois, son allongement est négatif. On peut le rapprocher de la dalhite. (Pl. III, fig. 3).

La gangue est très hétérogène ; l'abondance d'un minéral phylliteux lui donne un aspect particulier. Dans une masse brunâtre, le microscope révèle une multitude de paillettes argileuses difficiles à déterminer optiquement ; un grand nombre de concrétions rougeâtres ferrugineuses, des plages de chlorite verte et des agrégats de carbonate. La courbe thermique met en évidence sept inflexions endothermiques ; une vers 150° correspond au départ de l'eau de la stilpnosidérite, un crochet faible à 370° décele la limonite, une inflexion marquée à 510° et un phénomène exothermique à 1050° caractérisent la kaolinite. Enfin, la courbe montre encore deux inflexions vers 610° et 670° qui doivent être rapportées à la chlorite. La calcite est mise en évidence par deux inflexions rapprochées dont la plus importante se place vers 900° (courbe 1).

En résumé la couche verte s'est formée dans un milieu particulièrement riche en éléments détritiques, où s'élaborent la chlorite et la kaolinite. Les oxydes de fer anhydres font totalement défaut.

Couche noire. — Dans cette couche apparaît un minéral opaque, la limonite, dont le rôle est encore très accessoire. Les oolithes sont en stilpnosidérite, elles ont un noyau, soit en limonite, soit en quartz seul ou associé à la calcite. Nous en avons observé une ayant un noyau de zircon, d'autres ont au centre un débris osseux jaune. Des anneaux concentriques de limonite se développent dans la zone corticale de la plupart des oolithes.

Le minerai englobe beaucoup de quartz, le plus souvent corrodé par le carbonate. Notons qu'un grand nombre de ces fragments présentent des contours cristallins et contiennent des inclusions liquides. D'autres éléments clastiques sont formés par des agrégats de calcite parfois lardés d'aiguilles de marcasite, certains montrent un début de remplacement par la limonite. Signalons encore de nombreuses concrétions calcaires imprégnées de stilpnosidérite et quelques paillettes de mica muscovite. Les organismes calcaires sont nombreux ; on observe également des débris osseux.

La gangue est chloriteuse, parfois riche en éléments phylliteux. Certaines portions des espaces interoolithiques sont occupées par un carbonate, le plus souvent il s'agit de la calcite. Toutefois par endroits celle-ci est accompagnée par la sidérose. La courbe thermique présente trois inflexions endothermiques qui révèlent la présence de la limonite, de la chlorite et de la calcite (courbe II).

Couche grise. — L'étude de la couche grise est particulièrement intéressante par la présence d'un minéral phosphaté bien cristallisé.

Le minéral paraît hétérogène microscopiquement. La masse principale a une structure assez grossière, sa couleur est d'un brun jaunâtre, elle englobe des îlots d'une roche plus compacte gris foncé.

A. Roches à gros grains. — L'examen de plusieurs plaques minces nous a permis de constater que le ciment est tantôt chloriteux, tan-

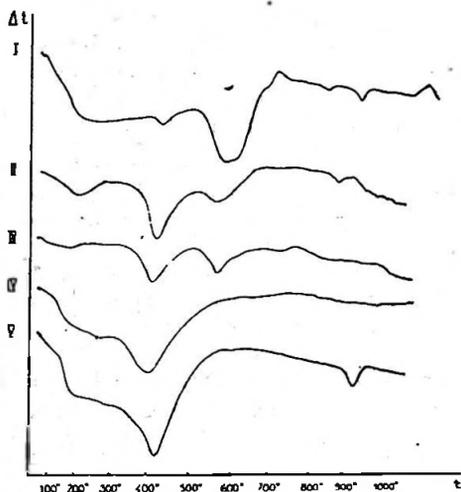


FIG. 1. — Minerais de Moulaine. I : couche verte ; II : couche noire ; III : couche grise, partie calcaire à grain fin ; IV : couche jaune ; V : couche rouge.

tôt calcaire, ce qui donne à cette fraction grossière deux aspects différents :

a) *partie à ciment chloriteux.* Les oolithes de couleur rougeâtre sont en stilpnosidérite. Leur noyau est soit en limonite soit en calcite associée au quartz ou à la chlorite.

La gangue a une structure assez curieuse. Les oolithes sont entourées d'un liseré composé de lamelles de chlorite alternant avec de fines aiguilles de calcite (Pl. III, fig. I). Tous ces cristallites sont disposés perpendiculairement au pourtour des ovoïdes. Des plages compactes de chlorite ou de calcite occupent le reste des espaces interoolithiques.

b) *partie à ciment calcaire.* Les oolithes sont brun jaunâtre, le plus souvent de structure homogène ; leur nature minéralogique est difficile à préciser, il s'agit probablement d'un hydrate de fer. Elles ren-

ferment parfois un nucleus en limonite avec des bandes parallèles très fines d'hydrohématite.

Comme dans la partie chloriteuse, les fragments sont surtout formés par du quartz corrodé, entouré et recoupé par la calcite. Nous avons constaté que l'indice du carbonate est inférieur à celui du quartz ce qui exclut l'hypothèse de la sidérose. En lumière réfléchie, on reconnaît de la stilpnosidérite en voie d'évolution en limonite.

Le ciment est calcique, il s'y développe par endroits de la chlorite en plages assez larges dans lesquelles on remarque des cristaux à contours hexagonaux, isolés ou groupés en rosettes, d'un minéral transparent (Pl. II, fig. 1). Son indice de réfraction est supérieur à ceux de la chlorite. Entre nicols croisés, il polarise dans les tons gris blanc et apparaît dans certains cas divisé en six secteurs (Pl. II et fig. 2). Il est uniaxe négatif. L'ensemble de ces caractères rappelle les minéraux du groupe des phosphocarbonates et plus spécialement la francolite $(\text{CaF}_2)\text{Ca}^8(\text{PO}_4)^6\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}^1$.

B. Roche à grains fins. — La roche à grains fins diffère très peu de la couche verte avec ses oolithes en limonite et son quartz détritique. La gangue est chloriteuse et calcaire, riche en élément argileux (Pl. III, fig. 2).

La courbe thermique met en évidence la limonite, la kaolinite et une petite quantité de chlorite, mais elle ne décele pas le carbonate à cause de sa faible teneur (courbe III).

Couche jaune. — C'est dans cette couche que les minéraux opaques atteignent le plus grand développement.

Les oolithes en stilpnosidérite sont en partie transformées en limonite. Quelques-unes ont comme noyau un débris de quartz. Les fragments montrent une grande diversité. Les plus curieux, très complexes, sont des morceaux remaniés d'un minerai oolithique riche en constituants opaques. On trouve aussi de la limonite traversée par des bandes parallèles et étroites d'hydrohématite ainsi que les débris de quartz avec des inclusions liquides.

Une masse jaune cryptocristalline parsemée de paillettes de mica forme la gangue qui contient par endroits des agrégats de calcite. L'analyse thermique montre que le constituant le plus important de ce niveau est la limonite (courbe IV).

Couche rouge. — Dans cet horizon de composition minéralogique relativement simple, les seuls éléments autochtones sont des hydroxydes de fer et la calcite.

La gangue calcaire englobe des oolithes en stilpnosidérite avec un noyau de limonite. Quelques ovoïdes sont en hydroxyde de fer

1. A. Lacroix. Minéralogie de la France et des Colonies, t. III, p. 558.

opaque. Toutefois une partie importante du minéral est constituée par des fragments de quartz d'origine éruptive.

La courbe thermique comporte, outre l'inflexion de la stilpnosidérite, deux grands crochets dont l'un révèle une forte teneur en limonite, l'autre une quantité notable de calcite (Courbe V).

II. QUELQUES PRÉCISIONS AU SUJET DU CARBONATE.

Parmi les questions soulevées au cours de cette étude, il en est une d'un intérêt primordial : la détermination exacte de la nature du carbonate. Il n'est pas toujours possible de distinguer par leur caractères microscopiques la sidérose et la calcite. Dans certains cas cependant, où le carbonate englobe le quartz, nous avons pu constater que les indices de ce dernier étaient compris entre ceux du carbonate. Ceci exclut l'hypothèse de la sidérose. Pour les couches verte, jaune et rouge, nous n'avons pas pu observer en plaques minces le contact quartz-carbonate. Ainsi avons-nous comparé les indices du minéral à déterminer à celui du monobromobenzène dont $n = 1,56$. L'indice du liquide est toujours compris entre ceux du minéral. Par conséquent, dans tous les horizons nous avons affaire à la calcite à laquelle s'ajoute dans la couche noire la sidérose. Ces caractères suffiraient pour faire le diagnostic ; néanmoins pour plus de certitude, nous avons examiné le comportement des différents échantillons vis-à-vis de l'acide chlorhydrique froid. Tous font effervescence immédiatement. Le tableau ci-dessous résume les caractères qui ont permis de déterminer la calcite.

Couches	Indices n'_p < quartz < n'_g	n'_p < 1,56 < n'_g	Analyse thermique crochet de la calcite	Effervescence avec l'acide chlorhydrique à froid
Verte...		+	+	vive
Noire...	+		+	très vive
Grise...	+			vive
Jaune...				très faible
Rouge..		+	+	très vive

Dans la couche noire la sidérose a été mise en évidence par la mesure des indices de réfraction du carbonate qui sont parfois supérieurs à celui de l'iodure de méthylène dont $n = 1,74$.

III. RÉPARTITION DU PHOSPHORE.

Dans la description de la couche grise, nous avons signalé un minéral phosphaté : la francolite. La forte teneur en phosphore

5,35 % de P_2O_5 , mise en évidence par l'analyse chimique ne peut pas être due à ce minéral, peu répandu dans le minerai.

Une attaque par le réactif molybdique provoque avec les échantillons de tous les horizons la précipitation du phosphomolybdate d'ammoniaque de couleur jaune citron caractéristique.

Nous avons attaqué, sous le microscope, la poudre et des plaques minces des différents minerais. La réaction se produit immédiatement avec la gangue calcaire facilement attaquable, elle est plus lente avec les oolithes.

Pour déterminer la répartition du phosphore, nous avons isolé les oolithes d'un échantillon de la couche rouge, où la séparation est relativement facile. Un fragment de 35 gr a été pulvérisé et attaqué à froid par l'acide acétique dilué qui dissout la calcite et laisse intact les phosphocarbonates. Le résidu pèse 28 gr. On peut donc calculer que la prise d'essai contenait environ 16 gr de calcite. Dans l'insoluble, nous avons séparé le quartz à l'aide de l'iodure de méthylène de densité 3,28 et recueilli une portion lourde de 10 gr. On a vérifié à l'aide du microscope qu'elle ne contient que des oolithes et des fragments de limonite. Le dosage du phosphore donne les résultats suivants : dans la partie lourde : 1,33 % de P_2O_5 et 0,87 % dans le minerai tel quel. Voici comment se répartit le phosphore dans les différentes fractions :

Fractions	Poids en gr.	P_2O_5 en gr.
Minerai	35	0,29
Oolithes	10	0,13
Gangue	16	0,16
Quartz	9	néant

Par conséquent, la gangue renferme une quantité de phosphore sensiblement égale à celle des oolithes.

CONCLUSIONS.

Dans l'ensemble, la composition des minerais du bassin lorrain est assez monotone. Néanmoins, il est utile d'étudier de près tous ces gisements car chacun d'eux peut contribuer à la solution des nombreux problèmes que posent les minerais de fer oolithiques.

Ainsi, à Moulaine, nous avons déterminé la francolite, minéral qui n'avait pas encore été signalé dans ces formations. Par ailleurs, il faut insister sur l'abondance, dans ce gisement, de la kaolinite qui donne à certains horizons un faciès tout à fait caractéristique.

L'élément détritique le plus important et le plus constant

dans tous les niveaux est le quartz. Il est accompagné par le mica, le feldspath et le zircon, provenant probablement de la décomposition de roches acides.

On peut supposer que le minerai s'est déposé dans un milieu carbonaté riche en silice et en alumine. Le feldspath, dont il ne subsiste que quelques résidus, en se décomposant, a favorisé la formation de la kaolinite.

Les minéraux opaques sont peu développés, la presque totalité du fer est concentrée dans les oolithes sous la forme d'un gel.

Les éléments du minerai ont subi des modifications depuis leur dépôt dans le bassin d'accumulation. C'est ainsi que l'on observe la transformation partielle de la stilpnosidérîte en limonite puis en hydrohématite et la corrosion des fragments de quartz par le ciment calcaire.

EXPLICATION DES PLANCHES II ET III

PLANCHE II.

Couche grise.

- FIG. 1. — *Lumière naturelle transmise.* — Grossissement 220. Cristaux hexagonaux de francolite dans chlorite.
- FIG. 2. — *Lumière transmise — Nicols croisés.* — Grossissement 220. Cristaux de francolite montrant la division en secteurs triangulaires, caractéristiques du minéral.

PLANCHE III.

- FIG. 1. — *Couche grise, partie chloriteuse, lumière naturelle transmise, grossissement 220.* — Oolithe en stilpnosidérîte entourée d'une couronne de chlorite et de calcite.
- FIG. 2. — *Couche grise, roche à grains fins, lumière transmise nicols croisés, grossissement 90.* — Oolithe en stilpnosidérîte dans ciment argileux et micacé.
- FIG. 3. — *Couche verte, lumière transmise, nicols croisés, grossissement 90.* — En haut, fragment osseux en phosphocarbonate de calcium à structure fibreuse. Débris de quartz clastique dans le ciment.
-