# Étude Minéralogique des accidents magnétiques de la couche grise du Bassin de Briey

par M11e CAILLÈRE et M. F. KRAUT

De nombreuses hypothèses ont été émises concernant l'origine des minerais de fer oolithiques. La plupart des auteurs, dont L. CAYEUX (1) considèrent les oolithes comme des concrétions calcaires enrichies par une venue ferrugineuse et c'est encore à cette hypothèse que se rallient les géologues (2) (3).

Il nous a paru intéressant de reprendre l'étude de ces minerais en utilisant des techniques de la minéralogie moderne et en particulier l'examen microscopique en lumière polarisée réfléchie (4) et l'analyse thermique différentielle (5). En effet les oxydes de fer cristallisés (hématite, magnétite, goethite, limonite) qui jouent un rôle très important dans ces formations sont opaques et leur étude à l'aide du microscope pétrographique ne pouvait être faite avec précision.

Parmi les gîtes de fer sédimentaires de France, ceux de Lorraine qui appartiennent au lias, sont les plus importants. On y distingue sept horizons: les calcaires ferrugineux, puis les couches rouge, jaune, grise, brune, noire et verte.

Nous consacrerons cette note aux accidents magnétiques que renferme la couche grise, le plus important de ces niveaux (6). Des accidents magnétiques fort curieux par leur richesse en magnétite, minéral que le minerai lorrain ne contient normalement pas, sont connus au nord du Bassin de Briey, à Pienne, à Ottange et à Hayange (7) et plus au sud à Jarny (7). Ajoutons que le magnétisme de ces minerais est dû uniquement à la présence de l'oxyde Fe<sub>3</sub>0<sub>4</sub>.

## Etude de la couche grise

Dans l'ensemble du Bassin de Briey, la couche grise présente une constance absolue de composition minéralogique et une grande uniformité de structure.

Les éléments transparents y jouent un rôle prépondérant. Le constituant essentiel des oolithes est la stilpnosidérite (gel d'hydroxyde de fer). Leur noyau est en général un fragment de limonite, plus rarement un débris d'oolithe ou de calcite.



Fig. 1

Fig. 1. — LUMIÈRE NATURELLE RÉFLÉCHIE. GROSSISSE-MENT 72. — Olithes presqu'entièrement en magnetite. L'une d'elles présente un décollement de la zone corticale. Elle est recimentée par la calcite.

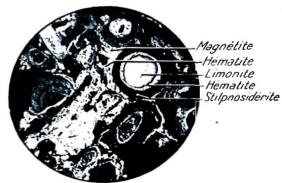


Fig. 2.

F.g. 2. — LUMIÈRE NATURELLE RÉFLÉCHIE. GROSSISSE-MENT 72. — En haut, à droite, section circulaire d'une colithe avec gros noyau en limonite entourée d'abord d'une zone d'hématite, puis d'un anneau de stilpnosidérile. Au centre, dans le ciment, association magnétitehématite. A gauche, fragment d'oolithe.



Fig.3.

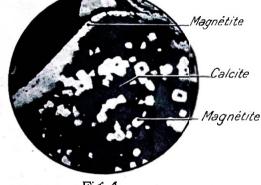


Fig. 4.

Fig. 3. — LUMIÈRE NATURELLE RÉFLÉCHIE. GROSSISSE-MENT 72. — Au centre, colithe sectionnée et recimentée par la calcite de la gangue.

Dans la zone corticale se développent des anneaux concentriques de limonite.

Un nombre important de fragments de nature et d'origine assez différentes contribue à la formation du minerai. Les uns représentent des morceaux remaniés de la couche grise, ce sont des agrégats de calcite ou des concrétions de stilpnosidérite. Un autre type est formé par de la limonite homogène ou par des débris de stilpnosidérite en voie de cristallisation. La limonite est clasique, ses dimensions dépassent parfois celles des grosses oolithes. D'autre part, il faut noter la présence de portions d'oolithes riches en hydroxyde de fer cristallisé. Enfin le minerai d'Hayange englobe beaucoup de quartz clastique ce qui lui confère un caractère un peu particulier. Ces fragments proviennent probablement de formations éruptives situées à une faible distance. Ils sont souvent corrodés et entourés ou recoupés par des agrégats de calcite (fig. 8).

La couche grise renferme un assez grand nombre de fossiles épigénisés en calcite, stilpnosidérite, limonite ou chlorite; généralement deux de ces minéraux sont associés dans un même organisme.

Le ciment est à la fois chloriteux et calcique, imprégné d'hydroxyde de fer. La chlorite enveloppe les colithes tandis que le carbonate occupe plutôt le centre des espaces intercolithiques.

Les oolthes sont aplaties mais peu déformées, ceci indique que le milieu n'a pas subi d'actions mécaniques violentes et que, dans un régime stable, elles ont pu conserver leur cohésion.

En résumé, la presque totalité du fer est concentrée dans les oolithes sous forme d'hydroxyde. La chlorite se trouve uniquement dans le ciment et s'est déposée lors de la consolidation du minerai. La calcite appartient incontestablement à deux générations. Tout d'abord on l'observe comme

Fig. 4. — Lumière naturelle réfléchie. Grossissement 220. — Mécanisme du remplacement de la calcite par la magnétite.

noyaux de certaines colithes, et il s'agit là d'un résidu d'un ancien milieu calcaire où les ovoïdes ont pris naissance. D'autre part, le carbonate de chaux de la gangue est le dernier minéral mis en place dans cette couche.

## Les accidents magnétiques

Alors que dans la couche grise nous avons souligné la constance remarquable de la composition minéralogique et de la structure, nous noterons des variations considérables à propos des minerais magnétiques dont chacun a une physionomie particulière.

## I. Minerai de Pienne (8).

De tous les accidents magnétiques connus dans le bassin de Briey, celui de Pienne est le plus important. Il forme une lentille d'une longueur de plus d'un kilomètre et d'une puissance de un mêtre environ.

Au centre de la formation les oolithes sont essentiellement opaques. Dans leur masse chloriteuse et calcique imprégnée de stilpnosidérite se développe largement la magnétite (fig. 1). En se rapprochant du minerai normal, apparaissent dans l'enveloppe corticale, la limonite et l'hématite (fig. 2). Les oolithes renferment un noyau de calcite ou un débris d'oolithe dans le minerai magnétique proprement dit et un fragment de limonite ou de stilpnosidérite dans les zones de passage.

Le minerai noir est dépourvu de fragments et d'organismes épigénisés, mais on en observe au voisinage du minerai normal. Les fragments peuvent être divisés en deux groupes, les uns formés d'un seul minéral, calcite, chlorite ou limonite, les autres présentant l'une des associations suivantes: calcite-limonite, calcite-magnétite, limonite-hématite, chlorite-stilpnosidérije.

Le ciment est plus transparent que les oolithes; il est constitué par de la chlorite et de la calcite dans lesquelles s'individualise la magnétite en cristaux automorphes. Comme dans l'ensemble de la couche, une enveloppe de chlorite entoure chaque oolithe. Dans la gangue des zones in ermédiaires l'hématite en cristaux hexagonaux est intimement associée à la magnétite.

Les oolithes sont déformées et brisées; les morceaux sont cimentés sur place par la calcite ou par la magnétite (fig. 3). Parfois aussi, les fragments sont broyés; un certain nombre d'entre eux proviennent de portions écrasées du même minerai.

Dans les oolithes la magnétite cristallise dans la partie externe de la zone corticale, souvent en cubes qui en se multipliant et en se juxtaposant donnent un anneau continu; dans certains cas elle envahit complètement l'ovoïde. La magnétite se substitue au carbonate et à la chlorite du ciment dans les mêmes conditions (fig. 4).

Toutes les fois que l'hématite se trouve dans les oolithes, elle est présente également dans le ciment, toujours accompagnée de la magnétite.

## II. Minerai d'Ottange.

L'accident magnétique d'Ottange n'est pas comme celui de Pienne une masse continue. Il forme dans la couche grise des barres d'une dizaine de mètres de longueur et de quinze centimètres d'épaisseur réparties en plusieurs horizons.

Dans tous les échantillons on retrouve les mêmes

minéraux, mais la répartition de la magnétite n'est pas partout la même et nous sommes amenés à disdinguer deux types (9):

- Dans l'un ce minéral est à la fois dans les oolithes et dans le ciment;

- Dans l'autre il se localise dans la gangue.

Toutefois dans les deux cas, le constituant essentiel des oolithes est la stilpnosidérite, mais il s'y développe tantôt l'association magnétite-hématite, tantôt l'hématite avec limonite. Dans la plupart des cas on n'observe pas de noyau, cependant les oolithes renferment parfois un agrégat de calcite. Certaines d'entre elles atteignent des dimensions exceptionnelles. Ces ovoïdes géants restent toujours groupés.

Les fragments sont très nombreux, beaucoup accusent une grande complexité. Alors que certains comportent un seul minéral, calcite, limonife et surtout stilpnosidérite, d'autres sont constitués par l'association de la limonite avec l'hématite et la magnétite. Une catégorie curteuse, particulière à ce gisement, représente des morceaux d'un mimerai oolithique où l'on voit généralement une ou deux oolithes serties dans une portion de gangue. Ces fragments anguleux se dé achent nettement sur le milieu que les englobe. Dans quelques spécimens les organismes sont extrêmement abondants et transformés en calcite et en stilpnosidérite.

L'association de la magnétite et de l'hémati'e caractérise le ciment (fig. 5), ces deux minéraux se trouvent dans une masse calcaire et chloriteuse. Par endroits, la gangue est colorée de stilpnosidérite.

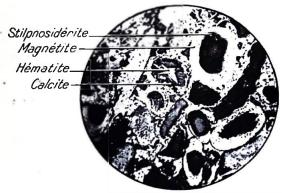


Fig.5

Fig. 5. — LUMIÈRE NATURELLE RÉFLÉCHIE. GROSSISSE-MENT 72. — En haut, à droite, colithe à gros noyau transparent (noir) avec zone corticale en magnétite. Plus bas, du même côté, autre colithe dont la zone corticale montre l'association magnétite-hématite. Au centre, dans agrégat de calcite, groupement étoilé d'hématite. Audessous, fragment d'oolithe.

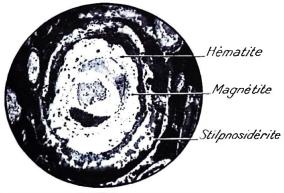


Fig 6

Fig. 6. — LUMIÈRE NATURELLE RÉFLÉCHIE. GROSSISSE-MENT 72. — Dans énorme colithe en magnétite, zones sombres de stilpnosidérite, et plage claire d'hématite.

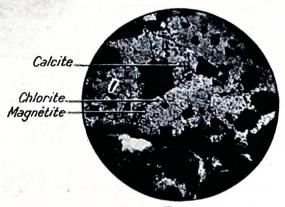


Fig. 7. — Lumière naturelle transmise. Grossissement 220. — Dans gangue calcaire, cristaux automorphes de chlorite et de magnétite.

Quelques échantillons du minerai magnétique montrent déjà à l'œil nu une texture rubanée due à des zones plus ou moins riches en éléments opaques. L'étude microscopique révèle une structure brèchiforme résultant du nombre important de fragments complexes, témoins d'actions mécaniques. Ces mêmes forces ont déformé ou brisé la plupart des oolithes. De tous les minerais magnétiques, celui d'Ottange a subi les déformations les plus importantes, et c'est encore là que les oolithes atteignent le plus grand développement (fig. 6). Soulignons enfin que ces particularités sont propres à l'accident magnétique et n'affectent pas la couche grise à Ottange.

#### III. Minerai d'Hayange.

Le minerai magnétique est connu à Hayange sous forme de petites lentilles qui se développent en plusieurs séries superposées sur une centaines de mètres de longueur.

La proportion des éléments opaques est moins importante dans ce gisement que dans les autres. La composition minéralogique est identique dans les oolithes, dans les fragments et dans la gangue (10).

Le constituant essentiel des ovoïdes est la chlorite alors que ce rôle est joué par la stilpnosidérite dans les autres minerais magnétiques. Les oolithes sont des masses homogènes dans lesquelles on n'observe pas de noyau. La magnétite s'y présente en petits cristaux automorphes mais elle ne forme pas de plages compactes. Ces cristaux sont surtout abondants à la périphérie, mais on les trouve aussi en plus petit nombre dans les parties centrales.

La composition minéralogique de la plupart des fragments est la réplique exacte de celle des

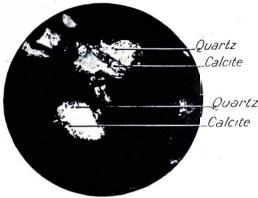


Fig. 8.

Fig. 8. — Lumière transmise entre nicols croisés. Grossissement 80. — Fragments de quartz corrodés avec filonnet de calcite.

oolithes. Là encore la magnétite se développe dans la chlorite en cristaux isolés plus ou moins rapprochés, beaucoup plus gros que ceux des oolithes mais elle n'existe pas dans les fragments constitués par la calcite, la chlorite ou par la stilpnosidérite. Les organismes sont épigénisés en carbonate de calcium.

Dans la gangue principalement formée par la calcite et la chlorite, la magnétite est abondante.

En résumé, les oolithes, les fragments et le ciment montrent le même degré d'évolution. L'hématite fait défaut. On observe parfois dans la gangue calcaire la magnétite et la chlorite avec des contours cristallins (fig. 7). Il s'agit là probablement de nemplacements successifs du carbonate par le silicate, puis par la magnétite. Le minerai est peut déformé, il s'est consolidé au cours d'une période de calme où les actions mécaniques ne sont que très faiblement intervenues.

#### IV. Minerai de Jarny.

Nous ne possédons pas de précisions relatives à la position de l'accident magnétique dans la couche grise à Jarny.

Dans ce minerai, la gangue est le domaine exclusif de la magnétite, les oolithes y sont essentiellement transparentes. En effet leur enveloppe corticale est formée par l'hydroxyde de fer colloïdal dont la structure zonaire est quelquefois soulignée par des anneaux concentriques de limonite. Assez fréquemment la magnétite du ciment pénètre dans la zone corticale des ovoïdes (fig. 9). Presque toutes les oolithes ont un noyau en limonite.

Le minerai renferme des fragments de limonite (fig. 10) ou de la calcite et de la stilpnosidérite. Les organismes sont épigénisés uniquement par la calcite.

Les espaces interoolithiques sont occupés par la calcite et la magnétite, celle-ci apparaît fréquemment en petits cristaux cubiques dans le carbonate (fig. 11). L'association de ces deux minéraux présente au microscope une structure dentelliforme (fig. 12). Un liseré de chlorite entoure chaque oolithe. Comme celui d'Hayange, cet accident magnétique ne renferme pas d'hématite.

Les oolithes accusent une déformation assez nette, elles présentent couvent des fissures radiales et des décollements de la partie externe de leur zone corticale. Par ces brèches pénètrent la magnétite et la calcite du ciment; l'ovoide ainsi ressoudée conserve sa forme initiale. En résumé, les oolithes n'ont pas beaucoup évolué depuis leur mise en place. La magnétite que l'en y observe provient d'une pénétration de la gangue. Le minerai a subi des actions mécaniques suivies de près par sa consolidation définitive.

# Comparaison des différents minerais et interprétations des résultats

Nous dégagerons maintenant les traits communs à la couche grise et à chacun de ses accidents magnétiques, ainsi que les particularités qui les distinguent.

Les oolithes sont généralement de tailles assez voisines sauf dans les minerais magnétiques de Pienne et d'Ottange où elles atteignent par endroits des dimensions exceptionnelles. Dans l'ensemble de la couche grise la limonite constitue la presque totalité des noyaux. Il en est de même pour les accidents de Pienne et de Jarny. A Ottange, la stilpnosidérite occupe le centre des oolithes et à Hayange le noyau fait défaut. Le minerai pri-

maire de la zone corticale est la stilpnosidérite, excep é dans les accidents magnétiques d'Hayange et de Pienne où elle est riche en chlorite. La limonite se développe également dans les colithes, toutefois le minerai magnétique d'Hayange en est dépourvu (1). La magnétite existe surtout dans la partie externe de la zone corticale où on saisit bien le début de sa cris allisation. Dans le minerai de Jarny, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> résulte du remplissage des fissures par le ciment. A Ottange et à Pienne, la magnétite est associée à l'hématite dans les colithes aussi bien que dans la gangue.

La composition minéralogique des fragments est assez constante, les plus nombreux sont formés par de la limonite. Les morceaux de minerai remaniés sont également très répandus dans les accidents magnétiques et particlièrement complexes à Ottange. Quant aux débris d'oolithes ils sont généralement plus opaques que les ovoïdes du minerai englebant.

Tous les minerais de la couche grise ont un ciment chloriteux et calcique. Dans la gangue des accidents magnétiques se déposent en outre les oxydes de fer anhydres, mais jamais la limonite. A Jarny, la magnétite est l'élément essentiel du ciment, tandis qu'à Hayange elle s'y trouve en cristaux isolés et qu'enfin à Pienne et à Ottange elle est associée à l'hématite.

Dans tous ces minerais la gangue est entièrement cris'allisée et les minéraux qui y prennent naissance atteignent des dimensions plus considérables que celles des individus de même espèce dans les oolithes. En effet, dans le ciment moins compact, la croissance des cristaux rencontre une résistance plus faible.

<sup>(1)</sup> Ce n'est que dans la couche brune d'Hayange que nous avons trouve la sidérose en quantité importante.



Fig.9.

Fig. 9. — LUMIÈRE NATURELLE RÉFLÉCHIE. GROSSISSE-MENT 72. — Dans le ciment constitué par la magnétite, colithes déformées montrant un décollement de la zone corticale. Par les fissures pénètre Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.



Fig. 10

Fig. 10. — Lumière naturelle réfléchie. Grossisse-MENT 72. — Fragment de limonite craquelée avec une veinule de magnétite. Dans les espaces intercolithiques, calcite et magnétite.

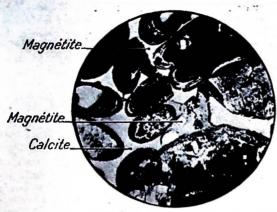
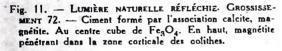


Fig.11.



D'une façon générale on a surestimé le rôle des éléments colloïdaux dans la formation des minerais oolithiques (13). S'il est vrai que les oolithes sont des centres d'accumulation de gels où les oxydes cristallins ont une importance secondaire, la gangue est entièrement cristalline (14).

En comparant la structure des différents types de minerais, on constate que les accidents magnétiques ont subi des déformations plus accentuées que la couche grise qui les englobe. Ce comportement différent est en liaison avec les propriétés mécaniques des deux milieux. La nature plus ou moins compliquée des fragments traduit d'ailleurs l'intensité des forces qui les ont arrachés à leur roche mère. Peu importantes à Hayange, elles ont atteint leur maximum de violence à Ottange où le minerai prend par endroits un aspect assez brèchiforme et stratifié. Du fait que l'on voit à la fois des débris d'oolithes et des morceaux du minerai déjà consolidé on conclut que ces actions se sont exercées durant toute la sédimentation.

D'autre part on observe la limonite massive comme noyau des oolithes et comme fragments pris directement dans la gangue, ce qui nous fait supposer que lors de la formation des oolithes le milieu renfermait déjà des éléments clastiques de même nature que ceux présents à la fin de la consolidation de la roche.

L'examen de la position relative des différents constituants permet d'esquisser l'évolution de ces minerais oolithiques. Nous pouvons imaginer une série complète de remplacements comprenant les phases suivantes: calcite, chlorite, stilpnosidérite, limonite, hématite, magnétite, qui toutefois n'est jamais entièrement réalisée dans le même minerai.

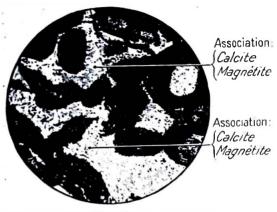


Fig. 12.

Fig. 12. — Lumière NATURELLE RÉFLÉCHIE. GROSSISSE-MENT 72. — Association dentelliforme calcite, magnétite dans la gangue.

A Hayange où prédominent les éléments transparents, les premières phases sont bien visibles, la calcite est remplacée par la chlorite, mais à celle-ci suocède directement la magnétite. A Ottange et à Pienne, minerais très opaques, la série est complète en ce qui concerne les oxydes de fer, on trouve la succession stilpnosidérite, limonite, hématite, magnétite.

En comparant la composition minéralogique des oolithes et de la gangue, on constate un parallé-lisme dans l'évolution de ces deux éléments. C'est ainsi que nous voyons à Hayange l'apparition simultanée des cristaux de magnétite dans les mêmes conditions dans les deux milieux. A Pienne et à Ottange, c'est l'association très caractéristique magnétite-hématite que l'on observe de part et d'autre. Toutefois la simultanéité n'est pas de rigueur et à Jarny, les oolithes transparentes sont en retard sur le ciment qui est très riche en magnétite.

En résumé, l'emploi des méthodes modernes nous a permis de faire certaines observations nouvelles. Dans leurs grandes lignes nos résultats concordent avec les conclusions de L. CAYEUX, mais elles en diffèrent sur quelques points.

En ce qui concerne la composition minéralogique nous ferons des réserves relatives à deux constituants: la sidérose et le quartz. Il nous semble en effet que l'on a attribué à la sidérose un rôle trop important. Nous avons étudié de près le carbonate de ces minerais. Dans tous les cas nous avons trouvé les indices de réfraction, les caractères de corrosion, et le comportement thermique de la calcite, par conséquent il ne peut y avoir que de faibles quantités de carbonates de fer (1).

D'après L. CAYEUX les associations quartz-carbonate peuvent être interprétées comme une épigénie de la sidérose par la silice secondaire. Nos observations nous conduisent à admettre qu'il s'agit en réalité de quartz primaire détritique corrodé et remplacé par le carbonate de la gangue. En effet nous avons vu que le quartz est nettement englobé et recoupé par des veinules de calcite, il est donc certainement le plus ancien de ces deux minéraux.

Au point de vue de la génère de ces formations nous avons été amenés à interpréser d'une manière différente de L. CAYEUX l'évolution des éléments essentiels du minerai.

D'après cet auteur, les oolithes étaient minéralisées comme elles le sont aujourd'hui au moment de leur mise en place dans le dépôt. Or nous avons observé par exemple à Hayange que la magnétite se développe dans un milieu chloriteux à la fois dans les oolithes et dans le ciment. D'ailleurs l'évolution de la gangue n'est pas toujours en retard sur celle des oolithes. L'étude du gisement de Jarny est particulièrement intéressante à ce point de vue. Dans ce minerai le ciment est le domaine essentiel de la magnétite. Les oolithes y sont transparentes et lorsqu'elles renferment Fe<sub>3</sub>0<sub>4</sub> il s'agit toujours d'une pénétration de la gangue dans les ovoïdes.

Enfin les fragments clastiques n'échappent pas à l'influence du milieu d'accumulation. Dans l'accident magnétique d'Hayange, par exemple, le parrallélisme est absolu entre l'évolution des colithes des fragments et du ciment.

#### **CONCLUSION**

Les oolithes sont des concrétions d'hydroxyde de fer colloïdal autour d'un noyau clastique. Elles se déposent dans un milieu où se développent des produits cristallins, calcite, chlorite, auxquelles s'ajoutent dans les accidents magnétiques, les oxydes de fer anhydres. L'hématite ne se trouve jamais seule, elle est étroitement associée à la magnétite. L'apport d'éléments détritiques joue un rôle important dans la formation de ces minerais. Les fragments de limonite contribuent à l'enrichissement en fer du milieu tandis que le quartz clastique fournit une partie de la silice du ciment.

C'est par une série de remplacements successifs que le minerai parvient à sa composition minéralogique définitive.

Les minerais magnétiques se sont formés aux endroits où l'accumulation des produits ferrugineux était particulièrement importante.

Pendant toute sa formation la couche grise a été soumise à des actions mécaniques qui ont affecté tout particulièrement les accidents magnétiques.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- (1) L. CAYEUX. Les minerais de ser onlithiques de France, fasc, 2. Paris, 1922.
- (2) J. DE LAPPARENT. Leçons de pétrographie. Paris, 1923, p. 424.
- (3) E. RAGUIN. Géologie des giles minéraux. Paris, 1940, p. 199.
- (4) J. ORCEL et CH. BERTHELOT. Les minerais, étude, préparation mécanique, marché. Paris, 1930.
- (5) SALADIN, LE CHATELIER (H). Revue de Métallurgie, t. 1, 1904, p. 134 et t. IX, 1912, p. 135.
- (6) J. BICHELONNE et P. ANGOT. Le bassin ferrifère de Lorraine, Nancy-Strasbourg, 1939, p. 298.
- (7) S. CAILLÈRE et F. KRAUT: C. R. Ac. Sc., t. 222, 1946, p. 600.
- (8) S. CAILLÈRE et F. KRAUT. Bull. Soc. fr. Miner., t. 69, 1946 (Sous presse).
- (9) S. CAILLÈRE et F. KRAUT. Bull. Soc. fr. Minér., t. 69, 1946 (Sous presse).
- (10) S. CAILLÈRE et F. KRAUT. Bull. Soc. fr. Minér., t. 69, 1946 (Sous presse).
- (11) J. Benard, M<sup>me</sup> A. Michel, G. Chaudion. Bull. Soc. fr. Miner., t. 67, 1944, p.
- (12) K.-C. Berz. Centralblatt. Miner., t. 922, p. 369.
  (13) G. Berg, Z. Deutsch. Geol. Gesell., t. 73, 1921, p. 113.
- (14) L. DÉVERIN. Bull. Suisse Min. Petro., t. 20, 1940. p. 101.