

Fers titanés de Mozambique

par M. LEGRAYE

Résumé. — *Il existe, en Mozambique, comme au Transvaal et au Natal, de gros amas de minerais de fer titané, à 10-13% de TiO_2 . Leur examen au microscope révèle leur structure parfois très complexe, empêchant leur enrichissement en titane par concentration magnétique; certains minerais, par contre, ont une structure telle que leur enrichissement en titane est aisé.*

L'Afrique du Sud possède des réserves considérables de minerais de fer. Elle possède aussi les plus gros gisements de minerais de fer titané connus. Leurs réserves ont été évaluées à plus de deux milliards de tonnes.

Les minerais de fer titané de l'Union Sud Africaine sont localisés principalement au Transvaal et, accessoirement, au Natal.

Les gisements du Transvaal sont en relation avec les norites et autres roches ultrabasiques du Bushveld Complex qui occupe le centre du Transvaal; ces roches sont intrusives dans les formations du système du Transvaal (précambrien?).

Les gisements du Natal sont en relation avec des roches basiques analogues, intrusives dans les formations du système de Swaziland (précambrien plus ancien que le système du Transvaal?).

En dehors de l'Union Sud Africaine, il existe également des amas considérables de minerais de fer titané en Mozambique, dans des formations rapportées au système du Swaziland.

Il existe de nombreux minerais de fer dont la teneur en titane est plus ou moins élevée. Ces minerais ont déjà fait l'objet de nombreuses études. Il en est qui sont exploités pour en extraire le titane; il en est aussi, en masses souvent considérables, qui, trop pauvres en titane ou pour lesquels l'enrichissement mécanique du titane est pratiquement impossible sont, pour le moment enore, dédaignés par le sidérurgiste.

Ces minerais de fer titané présentent souvent une structure très complexe, formée par l'association de crichtonite ($FeTiO_3$), d'ilmé-

nite ($\text{FeTiO}_3 \cdot x\text{Fe}^2\text{O}_3$), de titanomagnétite ($\text{FeTiO}_3 \cdot x\text{Fe}^3\text{O}_4$), d'hématite (Fe^2O_3) et de magnétite (Fe^3O_4) (1).

Lorsque, dans les ilménites et les titanomagnétites, les proportions de Fe^2O_3 ou de Fe^3O_4 ne sont pas trop élevées, l'hématite ou la magnétite restent à l'état de solution solide dans la crichtonite.

Si, par contre, leur proportion s'accroît, ces oxydes de fer se séparent de la masse et constituent des groupements perthitiques ou micropertitiques comparables, par exemple, à ceux que forment le microcline et l'albite.

L'excès de Fe^2O_3 dans l'ilménite donne naissance à une perthite de crichtonite (ou d'ilménite) et d'hématite.

L'excès de Fe^3O_4 dans la titanomagnétite donne naissance à une perthite de crichtonite (ou d'ilménite) et de magnétite.

Minerais de fer titané du Transvaal. — Ces gisements, ainsi que les autres gisements de fer de l'Union Sud Africaine, ont été décrits par P. A. Wagner (2).

Les minerais constituent des ségrégations en forme de lentilles ou de couches pseudo-stratifiées dans les norites du Bushveld Complex, plus particulièrement dans les norites moyennement grenues; des lentilles d'anorthosite sont toujours associées au minerai.

Le plus souvent, le passage de l'anorthosite au minerai est net. Parfois il existe un passage graduel de l'anorthosite au minerai par l'intermédiaire d'une anorthosite à inclusions d'oxydes de fer titanés qui se présentent sous forme de grains interstitiels entre les cistaux de plagioclase.

Le minerai est constitué de gros cristaux, pouvant atteindre 2,5 cm. de côté, mais dont la dimension moyenne est de 0,5 à 1 cm.

(1) L'étude du système ternaire $\text{Fe}^2\text{O}_3\text{-FeO-TiO}_2$ a été faite par P. RAMDOHR et ses résultats publiés dans : *Beobachtungen an Magnetit, Ilmenit, Eisenglanz und Ueberlegungen über das system FeO-Fe²O₃-TiO₂*. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, LIV, Beilage Band. Abt. 4. A. Stuttgart 1926, pp. 320-379.

Parmi les nombreuses autres publications relatives aux fers titanés, signalons celle de SINGEWALD, J. : *The Titaniferous Iron Ores in the United States. Their Composition and economic Value*. *U. S. Bureau of Mines*, Bull. n. 64, 1913.

(2) Percy A. WAGNER. — *The Iron Deposits of the Union of South Africa*. *Union of South Africa Dept. of Mines Geol. Survey*, Mémoire n° 28, 1928.

Sa densité est de 4,4 à 4,5. Il est généralement très magnétique. Toutefois du minerai peu ou pas magnétique peut voisiner avec du minerai fortement magnétique. Sa teneur en fer varie de 52 à 60% ; sa teneur en titane varie entre 12 et 20% ; il est pratiquement dépourvu de soufre et de phosphore.

Dans ce minerai, une grande partie de l'oxyde ferreux a été remplacée par de l'oxyde ferrique, tout au moins au-dessus du niveau hydrostatique où les échantillons étudiés ont été prélevés.

Le minerai reste magnétique même lorsqu'il ne renferme plus de magnétite (maghémite) (1).

Magnétite, hématite, maghémite et ilménite sont très intimement associés dans les minerais du Transvaal.

Par suite de la teneur en titane, ce minerai de fer a toujours été repoussé par le sidérurgiste.

Des essais ont été faits dans le but de l'enrichir en titane par concentration magnétique, pour en faire un minerai de titane. Malheureusement la structure des minerais du Bushveld Complex ne permet pas un tel enrichissement.

Les réserves probables de ce minerai au Transvaal sont évalués à plus de deux milliards de tonnes.

Minerais de fer titané du Natal. — Les ségrégations magmatiques de fer titané du Natal ont été décrites par A. L. du Toit (2).

Ce sont de grandes ségrégations lenticulaires de magnétite titanifère dans un massif de gabbro-norite-hypersthène intrusif dans des gneiss et granulites.

Le minerai est formé de grains de 0,3 à 1,2 mm. de diamètre, formés d'un enchevêtrement de magnétite et d'ilménite.

Sa teneur en titane est de 9 à 20%.

du Toit considère le minerai comme une quasi-injection dérivant d'un magma ferrifère basique profond.

Les réserves de ce minerai sont évaluées à 15 millions de tonnes.

(1) On a donné le nom de maghémite à la magnétite oxydée restée magnétique ; la martite est la magnétite oxydée non magnétique.

(2) A. L. DU TOIT. — Plumosite and Titaniferous Magnetite Rocks from Natal. *Trans. Geol. Soc. of South Africa*, 1918, pp. 53-73.

Minerais de fer titané de Mozambique. — Des amas de fer titané en lentilles de dimensions très variées existent en Mozambique, dans les formations anciennes rapportées au Swaziland System et qui font suite à celles qui couvrent d'immenses espaces dans le nord du Transvaal et en Rhodésie du Sud.

Les gneiss dominant dans ces formations ; ce sont des alternances de gneiss avec ou sans biotite et de gneiss à hornblende passant à des schistes à hornblende, avec accompagnement de gneiss graphitiques.

En intrusions dans ces gneiss, il existe des granites, souvent gneissiques en bordure, et des gabbros.

Des failles post-Karoo découpent ces terrains ; elles sont accompagnées de dykes de diabase.

Les amas de fer titané sur lesquels j'ai eu l'occasion de prélever les échantillons qui font l'objet de cette note, sont situés à proximité de la zone d'effondrement occupée par les formations du système du Karroo dans lesquelles sont exploités les charbons du bassin de Tete.

Ils sont encaissés dans cet immense massif de gneiss et sont en relation avec des intrusions de roches basiques diverses du type des gabbros.

Les lentilles de minerai massif ont des tonnages allant de quelques centaines à plusieurs dizaines de millions de tones. Leur composition, ainsi que leur structure peut varier d'un amas à l'autre.

Nous décrivons dans cette note deux types de minerais.

A) *Grand amas de fer titané de Maxwili.* — Immédiatement à l'est du kilomètre 38 de la route de Tete (Mozambique) à Blantyre (Nyassaland), à 18 kilomètres environ au nord de Moatize où se trouvent les exploitations de charbon de la Société Minière et Géologique du Zambèze, affleure un gros amas de fer titané (fig. 1).

Cet amas est encaissé dans des dolérites, elles-mêmes entourées d'anorthosite, au milieu d'un complexe de gneiss et de mica-schistes.

Le fer titané est en relation avec la venue d'anorthosite ; la dolérite semble postérieure et ne se trouve que par hasard au contact fer titané-anorthosite.

La teneur en fer total du minerai est de 50% environ ; la teneur en TiO_2 est variable et de l'ordre de 10 à 13%. Sa densité est de 4,66. Les résultats de cinq analyses de ce minerai figurent ci-après.

Ce minerai est magnétique, mais beaucoup moins que le minerai des petites lentilles encaissées dans les gneiss immédiatement à l'ouest de Kakanga, dont il sera question plus loin.

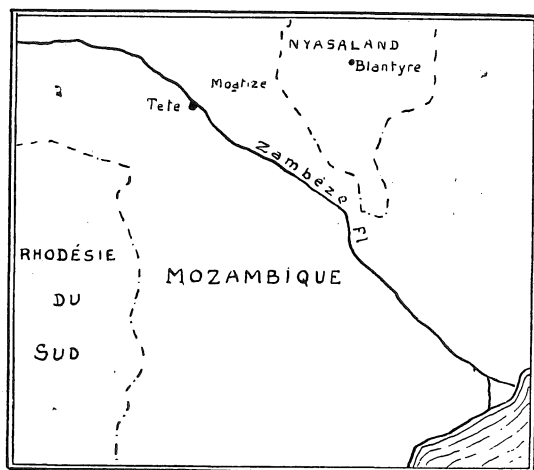


FIG. 1.

	Mawili 1	Mawili 2	Mawili 3	Mawili 4	Mawili 5
Silice.....	6,10	2,20	6,35	3,30	5,20
Alumine	6,21	6,21	7,43	7,16	7,95
Fer total	50,85	52,10	51,12	51,75	51,25
Soit en oxyde magnétique	70,17	71,90	70,55	71,42	70,73
Titane	10,82	13,29	9,72	13,08	11,26
Chaux.....	néant	néant	néant	néant	néant
Magnésie	1,55	1,74	2,00	0,90	2,00
Oxyde d'étain	0,85	1,15	0,88	1,14	0,98
Oxyde de cuivre	0,26	0,23	0,28	0,21	0,21
Soufre.....	néant	néant	néant	néant	néant
Phosphore	néant	néant	néant	néant	néant
Perte au feu corrigée	3,41	2,90	2,25	2,18	1,42
	99,37	99,52	99,46	99,39	99,81

Il est composé par l'assemblage de gros cristaux de plusieurs centimètres de côté.

La structure de chaque cristal telle qu'elle est observable au microscope, aux forts grossissements, dans des sections polies, est particulièrement complexe. Plusieurs minéraux s'enchevêtrent; quelques-uns sont de dimensions si petites que leur détermination précise devient fort difficile. Leur ténuité empêche d'effectuer des essais limités à l'un d'entre eux; il est impossible également de les séparer. En lumière réfléchie polarisée il est possible de déterminer leur isotropie ou leur anisotropie et de distinguer la magnétite (cubique et isotrope) de l'ilménite et de l'hématite (respectivement rhomboédrique et quadratique et anisotropes).

La masse principale du minerai est constituée par de la titanomagnétite. Cette titanomagnétite est fortement martitisée. L'hématite s'y est largement développée en prenant naissance suivant un réseau à directions parallèles à celles du réseau d'ilménite.

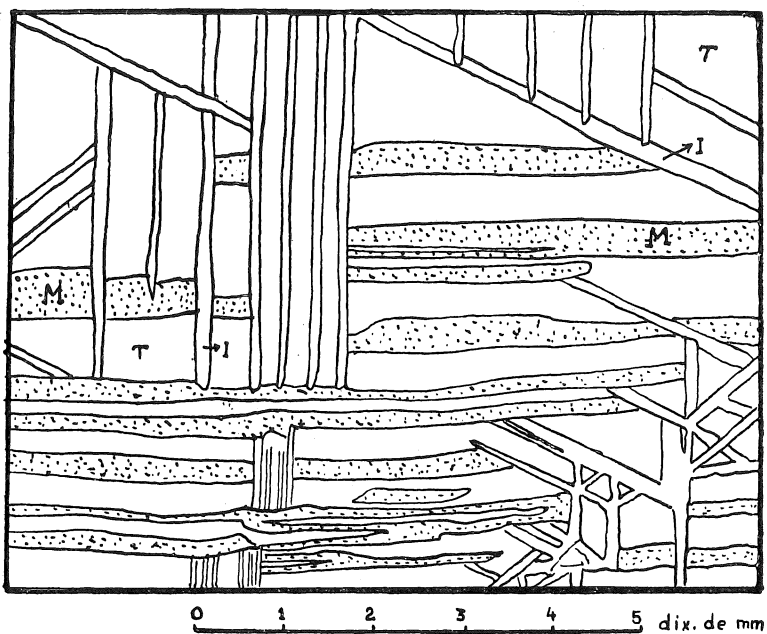
Dans cette titanomagnétite on observe des lentilles, épaisses et relativement courtes, de magnétite, en groupes de lentilles parallèles entre elles. Ces lentilles atteignent six centièmes de millimètre d'épaisseur. Un réseau perthitique à trois directions de bandes d'ilménite (crichtonite) se superpose à la titanomagnétite. Les bandes d'ilménite ont un à trois centièmes de millimètre d'épaisseur.

Les lentilles de magnétite sont coupées et déplacées par les bandes d'ilménite (fig. 2).

Dans la masse de titanomagnétite à structure perthitique il existe quelques rares et gros grains de crichtonite.

Quelques veinules d'hydroxyde de fer, dont les caractères sont très voisins de ceux de la goethite ($\text{Fe}^2\text{O}^3 \cdot \text{H}^2\text{O}$) traversent le minerai. Aux endroits où ces veinules de goethite recoupent les bandes d'ilménite, cette dernière est transformée en goethite sur une petite distance, tandis que la magnétite et la titanomagnétite ne sont pas transformés; ces effets sont fortement mis en évidence en lumière polarisée.

Le minerai de Mawili est remarquable par sa structure complexe.



M. Magnétite. I. Ilmenite. T. Titanomagnétite.

FIG. 2.

B) *Lentilles de fer titané de Kakanga.* — La structure du minéral constituant les lentilles de fer titané apparaissant au milieu des gneiss immédiatement à l'ouest de la crête de Kakanga, à proximité de Moatize (Mozambique), est très différente de celle du gisement de Mawili.

Ce minéral beaucoup plus fortement magnétique que celui de Mawili, est constitué par un assemblage de grains d'ilménite de 1 à 2 millimètres de plus grande dimension et de grains de magnétite du même ordre de grandeur (fig. 3). Sa densité est de 4,7.

L'ilménite contient fréquemment de très petites lentilles d'hématite qui s'en sont séparées et qui sont distribuées parallèlement entre elles dans un même cristal. Ces ségrégations d'hématite n'ont que un centième de millimètre de longueur et parfois un millième de millimètre seulement d'épaisseur.

L'étude de la structure de ces minerais montre que, dans le cas du minéral de Mawili, une séparation des éléments constituants

ne serait possible que moyennant un broyage permettant de libérer des minéraux de un centième de millimètre de dimension, ce qui est pratiquement irréalisable pour des minerais de cette

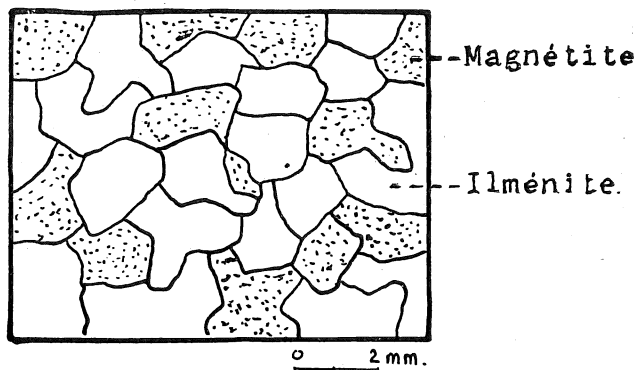


FIG. 3.

espèce (le tamis de 350 mailles a encore une ouverture de 4,2 centièmes de millimètre par maille).

Un essai de séparation magnétique sur ce minerai ne m'a permis d'isoler qu'une très minime fraction d'éléments magnétiques.

Il semble, par contre, et à première vue, que le minerai de Kakanga soit susceptible d'enrichissement en titane par des procédés de séparation magnétique peu coûteux, vu les dimensions des éléments constituants.

Le minerai broyé se sépare en effet facilement en deux parties dont l'une, composée de magnétite, est fortement magnétique et dont l'autre, composée d'ilménite, n'est pas attirable à l'aimant. Un peu plus de la moitié en poids du minerai est attirable à l'aimant.

L'analyse des produits ainsi séparés magnétiquement montre qu'il y a un important enrichissement en titane dans la partie non attirable à l'aimant. Elle donne :

Minerai magnétique	8,25 % de TiO_2
Minerai non magnétique	43,13 % de TiO_2