

Académie royale
des
Sciences d'Outre-Mer

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES
ET MÉDICALES

Mémoires in-8°. Nouvelle série.
Tome XI, fasc. 7 et dernier.

Koninklijke Academie
voor
Overzeese Wetenschappen

KLASSE VOOR NATUUR- EN
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.
Boek XI, aflev. 7 en laatste.

Contribution à la connaissance du *Tungsten-belt* ruandais

(Aspects géologiques, géochimiques, métallogéniques)

PAR

I. de MAGNÉE

PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

ET PAR

B. ADERCA

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES ET INGÉNIEUR GÉOLOGUE
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER



Rue de Livourne, 80A,
BRUXELLES 5

Livornostraat, 80A,
BRUSSEL 5

1960

PRIX : F 80
PRIJS:



ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

MÉMOIRES

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESSE
WETENSCHAPPEN

VERHANDELINGEN

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES
KLASSE VOOR NATUUR- EN GENEESKUNDIGE
WETENSCHAPPEN

TABLE DES MÉMOIRES
CONTENUS DANS LE TOME XI

LIJST DER VERHANDELINGEN OPGENOMEN
IN BOEK XI

1. Le traitement chirurgical de la tuberculose pulmonaire au Congo belge (53 pages, 18 planches h.-t., 1959) ; par R. LINARD.
2. Les rongeurs et leurs puces en Afrique tropicale (60 pages, 2 figures, 1960) ; par R. DEVIGNAT.
3. Étude écologique et phytosociologique de la végétation des *Esobe* de la région Est du lac Tumba (Congo belge) (115 pages, 3 diagrammes, 3 cartes, 8 photos h.-t., 1960) par P. DEUSE.
4. La densité de la population dans le Bas-Fleuve et le Mayumbe (113 pages, 3 figures, 12 photos, 4 cartes h.-t., 1960) ; par G. FORTEMS.
5. Entomostracés de la plaine de la Ruzizi (Congo et Ruanda-Urundi), Première notice : Entomostracés de la région d'Usumbura (Urundi) (49 pages, 13 figures, 1 planche h.-t., 1960) ; par R. KISS.
6. Répertoire général et révisé des *Salmonellae* du Congo et du Ruanda-Urundi (50 pages, 1960) ; par E. van OYE.
7. Contribution à la connaissance du *Tungsten-belt* ruandais (Aspects géologiques, géochimiques, métallogéniques) (56 pages, 17 figures, 4 photos h.-t., 1960) ; par I. de MAGNÉE et B. ADERCA.

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

Classe des Sciences naturelles et médicales

MÉMOIRES

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE
WETENSCHAPPEN

Klasse voor Natuur- en Geneeskundige
Wetenschappen

VERHANDELINGEN

Nouvelle série — Nieuwe reeks

In-8° — XI — 1959-1960

Rue de Livourne, 80A,
BRUXELLES 5

Livornostraat, 80A
BRUSSEL 5

1960

IMPRIMERIE J. DUCULOT

S. A.

GEMBLoux

Contribution à la connaissance du *Tungsten-belt* ruandais

(Aspects géologiques, géochimiques, métallogéniques)

PAR

I. de MAGNÉE

PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

ET PAR

B. ADERCA

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES ET INGÉNIEUR GÉOLOGUE
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

Mémoire présenté à la séance du 16 juillet 1960.

Contribution à la connaissance du *Tungsten-belt* ruandais

Il existe au Ruanda deux provinces métallogéniques distinctes : une province occidentale, dans laquelle des affinités granitiques sont évidentes, et une province centrale, dans laquelle aucune affinité granitique n'est déductible par l'observation directe.

Dans cette dernière, la localisation des concentrations métallifères suit des horizons stratigraphiques déterminés ; une origine sédimentaire de sa minéralisation doit être envisagée et nous paraît constituer la meilleure hypothèse de travail. Le contrôle de la mise en place y est toujours d'ordre structural.

Un véritable *Tungsten-belt* existe dans la province métallogénique centrale. Il se poursuit vers le Nord, en Uganda, de l'autre côté de la chaîne orientale des volcans des Virunga.

Un alignement moins important se dessine suivant la crête Congo-Nil, dans le Nord-ouest du Ruanda.

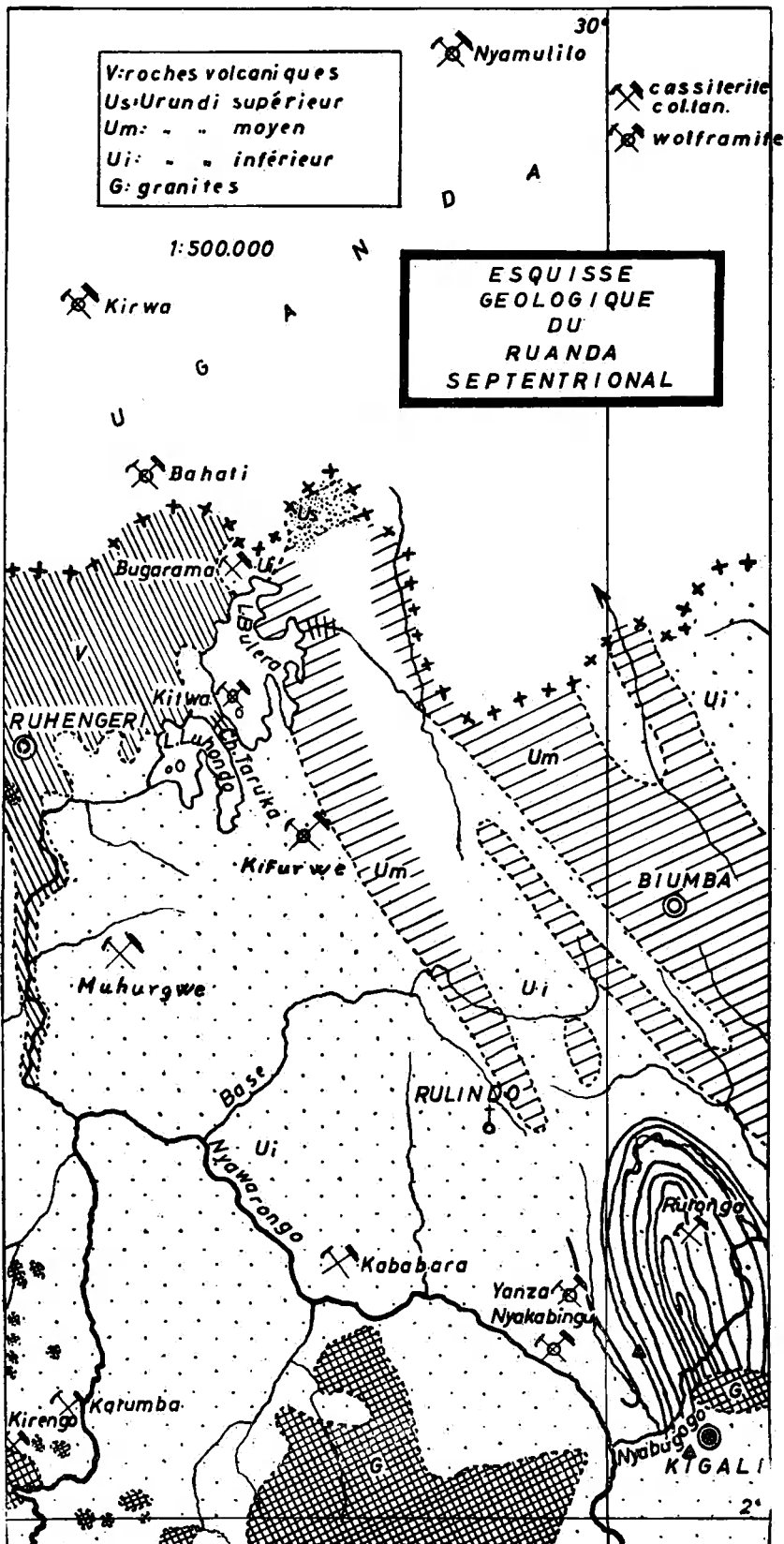
I. INTRODUCTION

Dans deux publications récentes [17] [18], N. VARLAMOFF a exposé le résultat de ses nombreuses observations et études sur les occurrences du tungstène au Congo (Maniéma) et au Ruanda-Urundi.

En ce qui concerne la métallogénie du wolfram, les conclusions principales de ces deux études sont :

1° Existence d'une répartition zonaire des minerais de tungstène autour des pointements granitiques ; cette répartition zonaire se marque par une diminution du pourcentage en MnO des minerais de la série isomorphe Ferbélite-Hubnérite, quand on se dirige du centre des massifs granitiques vers leurs contacts et les roches encaissantes, cela quelle que soit la nature de la gangue qui contient les minerais ;

2° Dans les gisements de ferbélite, les minerais primaires se-



CARTE 1. — Esquisse géologique du Ruanda septentrional.

D'après un document du Service géologique de Bukavu. Structure anticlinale de Rutongo d'après A. LHOEST.

raient la scheelite et une ferbélite en grandes lames ; ils auraient été postérieurement remplacés par de la ferbélite en petits cristaux et par de l'anthoinite.

Comme la scheelite n'avait pas encore été observée ni au Maniéma, ni au Ruanda, N. VARLAMOFF écrit [18, p. 45] :

« Un fait est remarquable : dans des territoires aussi vastes que le Maniema et le Ruanda, toute la scheelite a été remplacée par la ferbélite et l'anthoinite ».

Se basant sur l'énergétique des réseaux cristallins, il considère ce remplacement comme un

« phénomène qui a dû se passer dans des conditions profondes » [18, p. 50].

Quant au Ruanda, où existe un véritable *tungsten-belt* principal, enchâssé dans une série de schistes graphiteux et où une relation avec des massifs granitiques n'apparaît pas sur le terrain, N. VARLAMOFF considère qu'il y a contrôle structural et génétique en relation, d'un côté, avec des zones anticlinales, d'un autre côté, avec des coupoles granitiques cachées en profondeur et encapuchonnées par les structures anticlinales [18, fig. 11, p. 55].

Si la zonéographie est de règle au Maniéma et paraît y être bien établie, nous pensons que le cas peut être bien différent au Ruanda. En ce qui concerne le tungstène, une origine première sédimentaire et une mise en place à faible température n'y sont nullement exclues et doivent être prises en considération. Nous basons ces idées tant sur notre connaissance des gisements ruandais et ugandais, que sur certains apports de la littérature géologique récente.

Le groupe minéralogique des wolframites a fait, récemment, l'objet d'études assez poussées. Des chercheurs allemands [9] [11] ont essayé d'établir les relations cristallographiques, minéralogiques et génétiques des divers représentants de ce groupe, suivant leur position dans la série isomorphe hubnérite-ferbélite. Ils définissent les individus de cette série non pas par le rapport FeO/MnO, mais par le rapport beaucoup plus représentatif hubnérite/ferbélite (h/f).

D'après le Professeur F. LEUTWEIN [9], il n'y a pas dans les minéraux naturels de série isomorphe continue, allant de la hubnérite pure à la ferbérîte pure. Le rapport h/f va de 0 à 4,5. Il n'existe pas de wolframites plus riches encore en Mn, mais bien des hubnérites très pauvres en fer. Les wolframites primaires seraient seulement celles ayant un rapport h/f allant de 0 à 2, ainsi que quelques hubnérites épithermales. Pour les autres, les études ont montré qu'il s'agissait, à l'origine, de types riches en fer (h/f = 1 à 2), qui furent détruits au cours de processus de transformation secondaires, avec formation d'un peu de limonite, de scheelite et de hubnérite secondaires, le dernier minéral augmentant la valeur du rapport h/f. Les wolframites riches en MnO (plus de 10%) étudiées par F. LEUTWEIN se sont toujours avérées contenir de la hubnérite secondaire (facile à reconnaître sous le microscope). Dans ces minéraux il y a donc modification secondaire du rapport h/f.

Le mécanisme de la répartition Fe-Mn dans les wolframites est à éclairer par l'échange d'ions de ces deux métaux dont les rayons ioniques ($\text{Fe}^{++} = 0,83 \text{ \AA}$ et $\text{Mn}^{++} = 0,91 \text{ \AA}$) sont compris dans la limite bien connue de 10%, permettant ces échanges. La wolframite est constituée par des mélanges de cristaux obtenus par échange d'ions, ferbérîte et hubnérite ayant à peu près la même énergie de réseau : 7050 k cal/mol, pour Mn WO_3 et 7100 k cal/mol pour FeWO_3 (valeurs calculées par les coefficients énergétiques des réseaux cristallins EK).

Le quotient h/f s'avère un très bon indicateur de la température de formation, quelle que soit d'ailleurs la province métallogénique. Dans les gisements pegmatitiques h/f est supérieur à 1 ; dans les greisens il varie de 0,3 à 1,5 ; dans les filons de quartz de haute température de 0,5 à 1 ; les wolframites des filons hydrothermaux de basse température ont un rapport h/f inférieur à 0,5.

Comme exemple de gisements de wolframite de température de formation particulièrement basse, F. LEUTWEIN cite ceux de Boulder City et Nederland (Colorado). La température de formation y aurait été de 100°-200° et la pression faible. Dans la paragenèse, la ferbérîte est parmi les premiers minéraux formés, la scheelite et l'opale les derniers. Deux analyses de ferbérîte provenant de ces gisements ont des rapports h/f de 0,043 et 0,022.

Si l'on calcule les rapports h/f pour les nombreuses analyses publiées par N. VARLAMOFF, on constate au Maniéma, comme d'ailleurs directement par les teneurs en MnO , une répartition zonaire marquée par des valeurs décroissantes de ce rapport quand on se dirige du centre des massifs granitiques vers leur couverture sédimentaire. Ainsi, pour la coupe faite à travers le massif granitique de Kalima [18, fig. 8], on obtient les valeurs suivantes pour le rapport h/f :

Analyses 9 :	1,03	au contact ;
8 :	1,40	dans granite ;
17 :	0,86	dans granite ;
19 :	0,83	dans granite ;
18 :	0,77	dans granite ;
20 :	0,46	au contact ;
21 :	0,10	près contact ;
23 :	0,35	dans roches encaissantes ;
22 :	0,43	dans roches encaissantes ;
33 :	0,016	dans roches encaissantes ;
32 :	0,045	dans roches encaissantes ;
31 :	0,022	dans roches encaissantes.

Dans les analyses publiées par N. VARLAMOFF, quand on divise les pourcentages par les rapports moléculaires, la plupart montrent soit un excès de FeO quand tout le MnO a été saturé par WO_3 (ou inversement), soit un très fort excès de WO_3 (cas des analyses 4, 10, 11, 20, 21, 26) après saturation de tout $FeO + MnO$. L'excès de $FeO + MnO$ sur WO_3 paraît être normal. R. BAILLY [2], à l'occasion d'une étude des variations des propriétés optiques des wolframites avec le rapport FeO/MnO , relève qu'il en est ainsi pour la plupart des 169 analyses de wolfram données par DÖLTER dans son *Handbuch der Mineralchemie*. Il y a donc pratiquement toujours FeO ou MnO , ou tous les deux, en excès, sans parler des impuretés (CaO , MgO , SiO_2 , etc.) et il faut en conclure que les minéraux naturels ne répondent que fort imparfaitement à la formule $(FeMn)WO_4$ qu'on veut leur imposer. L'excès de WO_3 , outre la formule chimique imparfaite appliquée, peut aussi indiquer que les cristaux analysés n'étaient pas des minéraux purs, malgré les précautions prises. F. LEUTWEIN [9] fait remarquer que la préparation d'échantillons de wolframite pure pour analyse est délicate, parce que la wolframite, malgré sa cristallisation grossière, est presque toujours impure et montre des cristaux micros-

copiques de scheelite disposés entre les lamelles de wolframite, souvent avec limonite et hubnérite secondaires. Ajoutons toutefois que, pour les minerais du Ruanda examinés, cette disposition, dont le travail de F. LEUTWEIN contient des microphotographies, n'a pas été observée.

Si l'on passe au Ruanda, les analyses publiées ne nous paraissent pas permettre de tirer des conclusions concernant une appartenance granitique ou une répartition zonaire, bien au contraire. Les valeurs de h/f y sont très faibles et fort uniformes : pour le *tungstenbelt* Nyakabingu-Bugarama-Kifurwe, elles varient de 0,040 à 0,074 ; pour la région de Katumba, percée partout par les coupoles élevées d'un socle granitique, de 0,023 à 0,115 ; pour celle de Lutsiro, dans une situation fort semblable, de 0,055 à 0,085. Tous ces gisements sont donc de température de formation relativement peu élevée, en ce qui concerne la ferberite.

De même, pour le Ruanda, il nous paraît difficile de baser sur l'absence (d'ailleurs supposée) de la scheelite et l'énergétique des réseaux cristallins un processus de formation comportant un dépôt primaire de scheelite remplacée postérieurement « dans des conditions profondes », donc de température élevée, par de la ferberite. Non seulement le faible rapport h/f plaide, au Ruanda, pour une formation à basse température mais, de plus, l'énergie des réseaux cristallins des divers tungstates incriminés diffère trop peu pour pouvoir justifier le processus de formation proposé : entre $FeWO_3$, 7100 k cal/mol et $CaWO_3$, 6980 k cal/mol, il n'y a qu'une différence de 120 k cal/mol, soit $120/7100 = 1,7\%$, ce qui est de l'ordre de l'imprécision sur l'évaluation des énergies des réseaux cristallins. La littérature signale d'ailleurs, indifféremment, le remplacement de la wolframite par de la scheelite et de la scheelite par la wolframite.

Quant à la scheelite, outre que nous pouvons signaler sa présence au gisement du Bumbogo, son absence en quantités importantes peut être attribuée au fait qu'on exploite des zones superficielles altérées où la scheelite est toujours transformée en ocre tungstique ou anthoinite.

Lorsqu'on visite les gisements ruandais, ce qui y frappe dès l'abord, c'est leur distribution « longitudinale », c'est-à-dire en relation avec une série stratigraphique bien déterminée. Si le contrôle de leur mise en place est structural, comme le fait très

bien remarquer N. VARLAMOFF, l'origine des tungstates paraît strictement liée à la série stratigraphique des schistes graphiteux formant le sommet de l'Urundi inférieur et être indépendante de toute zonéographie granitique. Cette situation est remarquablement claire pour le *tungsten-belt* principal lequel, dirigé SSE-NNW coupe en sa partie centrale le Ruanda septentrional, suivant servilement une zone anticlinale qui s'appuie au Sud sur le gisement dit du Bumbogo (Yanza-Nyakabingu) et se continue par les gisements de Kifurwe, île Kitwa, Bugarama, puis par ceux de Bahati et Kirwa, dans l'Uganda. Un autre gisement de l'Uganda, celui de Nyamulilo montre des conditions de gisement et de minéralisation identiques, mais se trouve situé sur un axe anticlinal différent, parallèle au premier, tout comme le gisement de Ruhizha, situé à une douzaine de kilomètres du précédent.

R. C. PARGETER, géologue ougandais, a publié une étude très documentée sur la mine de Ruhizha [12], pour laquelle il apporte des arguments irréfutables en faveur d'une origine sédimentaire du tungstène. Un de ces arguments est la présence constante de tungstène, en quantités variables, dans tous les schistes de la région de Ruhizha (4 à 400 g/t de W_0_3).

Ces résultats sont confirmés par une étude publiée récemment [5]. Les roches sédimentaires et les sols du S.W. de l'Uganda montrent un *background* de 4 à 6 ppm de tungstène. Au voisinage des gisements connus, les sols montrent des teneurs anormales très variables, mais dont le niveau général est de l'ordre de 20 à 40 ppm.

Dans des schistes encaissant un petit filon à ferbélite, la teneur en tungstène varie de façon erratique, de 6 à plus de 400 ppm, lorsqu'on échantillonne de pied en pied en s'écartant du filon. Il n'y a pas de relation nette de la teneur avec la proximité de la minéralisation visible.

Cette étude montre l'intérêt pratique de la prospection géochimique du tungstène en régions couvertes de sol résiduel.

J. JEDWAB, du Centre de Géochimie de l'Université de Bruxelles en une publication récente [7] nous apporte la même constatation pour les phyllites graphitiques enchâssant le gisement de Nyamulilo. Ces schistes contiennent de 50-192 ppm de tungstène, dont un tiers environ est contenu dans des minéraux lourds sépara-

bles au bromoforme, les deux autres tiers dans des composés solubles à l'acide chlorhydrique, mais que l'on ne peut pas séparer par liqueur dense.

A Nyamulilo, tout comme à Ruhizha, on exploite des bancs de schiste bourrés de nodules aplatis de ferbélite dont le diamètre va de quelques millimètres à 1 centimètre. Ces schistes à nodules de ferbélite indiquent également une origine sédimentaire.

II. DESCRIPTION DES GISEMENTS

Les publications de N. VARLAMOFF citées ci-dessus, n'apportant pas de description des gisements ruandais, nous pensons qu'il est d'une certaine utilité de le faire. Nous nous limiterons à ceux jalonnant la bande continue de schistes graphiteux allant de la région de Kigali à Kirwa dans l'Uganda ; l'un d'entre nous (B.A.) en a visité longuement les exploitations pendant l'année 1956, où elles étaient encore toutes actives et a dirigé les travaux de l'une d'entre-elles près d'une année durant.

1. *BUMBOGO* (COREM, MIERGE, FELTZ)

Ce gisement est situé à 20 km environ au NW de Kigali, chef-lieu administratif du Ruanda. En cet endroit une crête étroite, s'élevant à 2000 m d'altitude, sépare la vallée de la grande rivière Nyabarongo, à l'Ouest, de celle d'un sous-affluent, la Yanza, à l'Est. La Nyabarongo coule en direction NW-SE, la Yanza en direction NNW-SSE. Un petit affluent de gauche de la Nyabarongo, la Nyakabingu, coulant en direction nord-sud, a creusé en tête un impressionnant cirque montagneux, qui entame profondément la crête de partage des eaux Nyabarongo-Yanza et la réduit, en cet endroit, à une arête étroite et escarpée.

Le gisement wolframifère couvre une bonne partie du cirque et monte sur les versants jusque bien près de leur crête. Les vicissitudes de la prospection ont divisé ce beau gisement unique en trois concessions, sur lesquelles trois mines ont été accordées à des propriétaires différents, qui les ont exploitées séparément avec des méthodes différentes et des moyens indépendants.

La mine Nyakabingu (colon minier MIERGE) dispose du fond de la vallée de cette rivière et de son versant oriental. Il en existe

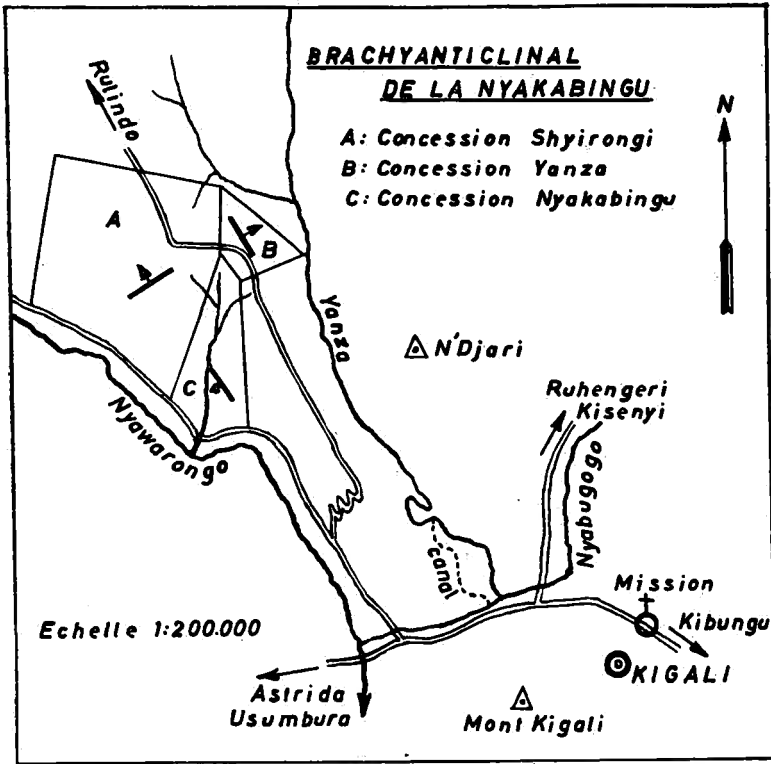


FIG. 1. — Brachyanticlinal de la Nyakabingu

un levé géologique, dû à R. RAMELOT, non publié, que nous avons pu consulter, grâce à l'amabilité du concessionnaire. Ce levé montre que les couches de la concession dessinent un brachyanticlinal, dont l'axe principal s'écarte peu de la direction est-ouest, tandis que l'axe transversal est dirigé Nord-Sud. Ce brachyanticlinal est d'ailleurs bien visible directement sur le terrain (*figure 1*).

La partie centrale de ce dôme anticlinal est occupée par une série de micaschistes de teinte très foncée, tachant les doigts, riches en pyrite disséminée sous forme de cubes de 2-3 mm de côté. Ces schistes graphiteux enchâssent de très nombreux filons de quartz interstratifiés, formant par places plus de 20% de la masse. Les filons interstratifiés sont recoupés par une série de filons de quartz subverticaux, de direction perpendiculaire à celle de la stratification.

D'après l'exploitant, ces filons croiseurs seraient les plus richement minéralisés. Il existe en outre une série de filons subhorizontaux, de même direction que les couches et qui peuvent être légèrement déplacés par les filons interstratifiés. Cette masse de filons minéralisés n'intéresse que le flanc nord du brachyanticlinal.

Les filons croiseurs subverticaux coupent parfois à travers les filons interstratifiés, comme le montre le schéma (*figure 2*).

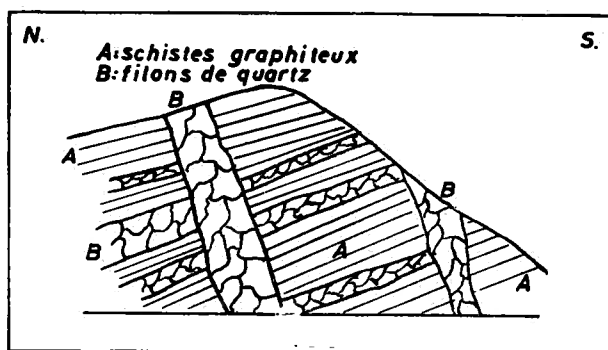


FIG. 2. — Gisement du Bumbogo. Filons croiseurs subverticaux coupant des filons interstratifiés.

que nous avons relevé à la partie supérieure du gisement, tandis qu'à d'autres endroits nous avons observé des filons subverticaux découpés et déplacés par les filons interstratifiés (*figure 3*).

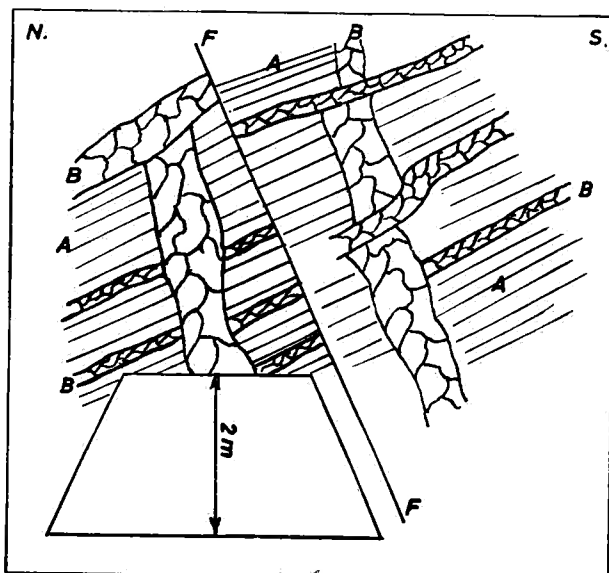


FIG. 3. — Gisement du Bumbogo. Filons subverticaux découpés et déplacés par des filons interstratifiés.

Le gisement filonien est découpé par de nombreuses failles longitudinales de faible pendage et, surtout, par un réseau de failles subverticales, paraissant postfiloniennes. Une de ces failles rejette les filons représentés par la *figure 3*.

La masse de schistes comporte une enveloppe quartzitique superposée dont le flanc nord (*figure 4*) forme escarpement rocheux à la partie supérieure du cirque de la Nyakabingu, tandis que le flanc sud recoupe cette vallée vers l'aval. La concession Nyakabingu n'atteint pas cette enveloppe quartzitique dans sa partie nord, là où elle recouvre des schistes graphiteux riches en filons minéralisés, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une zone de transition, dont les schistes sont fortement siliceux.

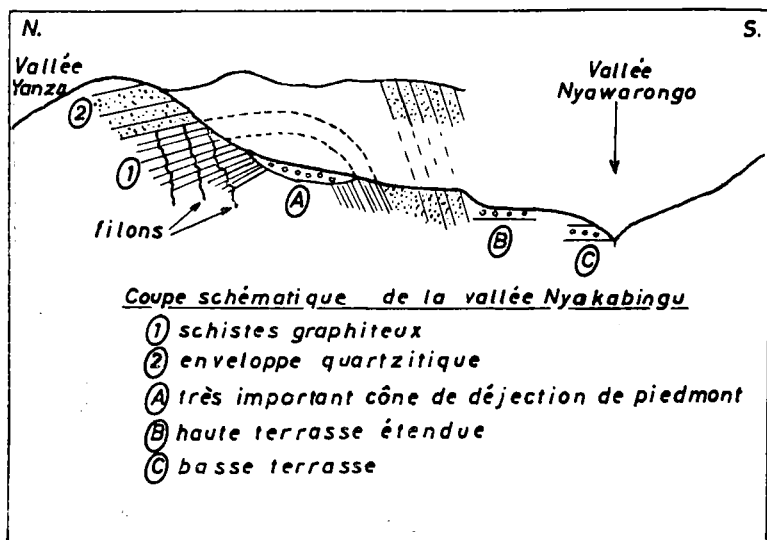


FIG. 4. — Coupe schématique de la vallée Nyakabingu.

La mine Shyirongi (colon minier FELTZ) couvre le versant occidental du cirque de la Nyakabingu et s'étend sur les schistes graphiteux et sur leur enveloppe quartzitique. A environ 250 m sous la crête, où l'on observe des quartzites blancs très cohérents, l'exploitation, qui s'accroche difficilement à un versant très abrupt, a découvert une masse de schistes graphiteux à filons de quartz.

Le côté Shyirongi du gisement paraît beaucoup plus faillé que le côté Nyakabingu, tandis que la densité des filons de quartz est de

loin plus faible dans le premier que dans le second, du moins d'après ce que nous avons pu observer dans toutes les parties dégagées. A Shyirongi, tout comme sur le versant Nyakabingu, on observe (*figure 5*) des filons de quartz interstratifiés recoupés par des cassures verticales que soulignent d'importantes zones broyées, à remplissage soit de masses blanches micacées et kaoli-neuses, soit de quartz bréchié avec blocs et débris de schistes arrachés aux parois. Une de ces zones de broyage, dont les maté-riaux, constituant la brèche, étaient principalement formés de quartz et schistes écrasés, livrait des masses importantes de ferbéri-te avec anthoinite, à l'époque de nos visites.

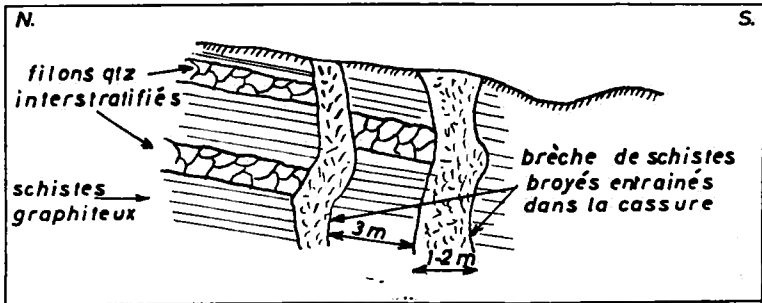


FIG. 5. — Shyirongi. Filons de quartz interstratifiés, recoupés par des cassures verticales.

Dans la partie inférieure du versant Shyirongi, un autre filon de quartz également minéralisé s'est formé très nettement dans une faille de chevauchement à faible pendage (*figure 6*).

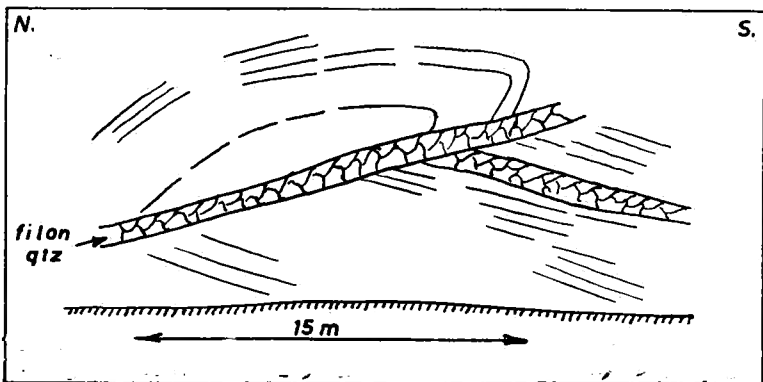


FIG. 6. — Vue schématique d'un gradin de l'exploitation Shyirongi.

Dans la concession Shyirongi, nous avons pu observer les premiers bancs de quartzite, enveloppant les schistes graphiteux. De minuscules filonnets de quartz avec wolfram recourent ces bancs, mais leurs faibles dimensions et la dureté des quartzites encaissants leur enlèvent toute valeur économique.

La mine Yanza (société COREM) couvre une partie du sommet du gisement. On peut y observer les horizons élevés de la masse de schistes noirs graphiteux, une zone de transition à des schistes plus siliceux avec bancs de quartzites intercalés et la base de l'enveloppe de quartzites blancs saccharoïdes, s'altérant facilement en surface. La direction générale des couches est N-10° à 28°-W, avec un pendage moyen vers l'Ouest de l'ordre de 50°.

D'après des levés effectués en 1956 par A. LHOEST dans la région de Rutongo, levés qui n'ont pas atteint la mine de Yanza, mais s'en sont rapprochés fortement, les schistes graphiteux et leur enveloppe quartzitique, enchâssant le gisement du Bumbogo appartiendraient au sommet de l'Urundi inférieur [10].

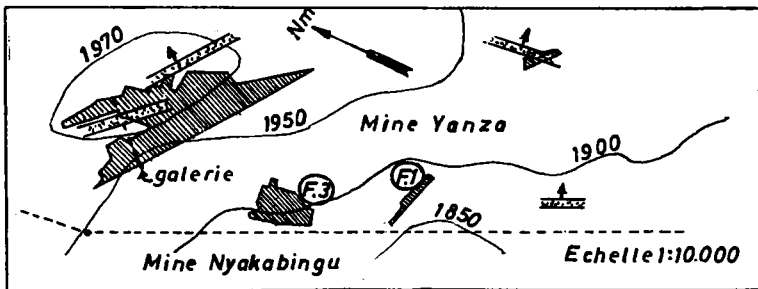


FIG. 7. — Schéma des travaux de la mine Yanza.

Dans la partie du gisement qui est dévolue à COREM et qui se situe aussi bien au sommet topographique que stratigraphique, le réseau filonien découvert jusqu'à présent paraît beaucoup plus simple, moins abondant et aussi moins confus que celui qui caractérise les zones plus profondes. On y a découvert et mis en exploitation un filon de quartz wolframifère de faible épaisseur, de près de 150 m de longueur, continu en direction mais fort capricieux en coupe transversale, de direction N-38°-W, ce qui est fort proche de la direction des couches, ainsi qu'une grosse masse de quartz logée dans une zone de broyage particulièrement bien minéralisée, de direction perpendiculaire à celle des couches.

Les schistes très froissés et dérangés, en contact avec la masse de quartz, contiennent des loupes de ferbélite sur plusieurs mètres au delà du contact. Ces masses informes de minerai assez pulvérulent (finement cristallisé) sont isolées dans les schistes, sans quartz et sans liaison apparente avec la masse de quartz voisine.

On a également découvert et mis en exploitation, dans la partie du gisement concédée à COREM, une zone de schistes graphiteux en allure presque horizontale, en bancs ondulés, dans laquelle existent de minces bancs de grès intercalés. L'ensemble est parcouru par des zones de fracture et des filonnets de quartz irréguliers, mais grossièrement transversaux par rapport à la stratification. Vu l'altération très avancée en surface, la masse de schistes s'excave facilement, ce qui lui donne une valeur économique, malgré la faible proportion de filonnets minéralisés, quand, cela va de soi, le cours du tungstène est suffisant.

La *figure 7* donne un schéma des travaux de la mine Yanza et les *figures 8* et *9* des esquisses géologiques de fronts d'abattage à ciel ouvert de cette mine. Au chantier représenté par la *figure 8*, la teneur du tout venant est de l'ordre de 4 kg de ferbélite au m³. La minéralisation intéresse aussi bien la brèche de faille que les schistes très froissés dessinant un pli couché ; c'est la masse de quartz qui est la moins minéralisée.

Au chantier représenté par la *figure 9*, les schistes graphiteux ont une allure ondulée. Ils sont recoupés par des cassures irrégulières et contiennent des veinules de quartz grossièrement interstratifiées. La proportion de quartz est faible et une minéralisation visible ne lui est pas associée. L'ensemble est abattu et traité ; la teneur en ferbélite du tout-venant atteint 2 kg/m³.

Tandis que la mine Nyakabingu exploite le coeur même du dôme anticlinal, la mine Yanza (COREM) exploite la partie stratigraphiquement la plus élevée des schistes graphiteux, immédiatement sous leur enveloppe de quartzites. Une galerie de reconnaissance de la mine Yanza, représentée au schéma de la *figure 7*, recoupe la zone de passage entre les schistes graphiteux et les quartzites. Cette zone est formée par quelque 100 m de quartzites en petits bancs (environ 10 cm) auxquels se superposent des quartzophyllades clairs à stratification croisée, avec très peu de phyllades graphiteux intercalés. Ces quartzophyllades supportent

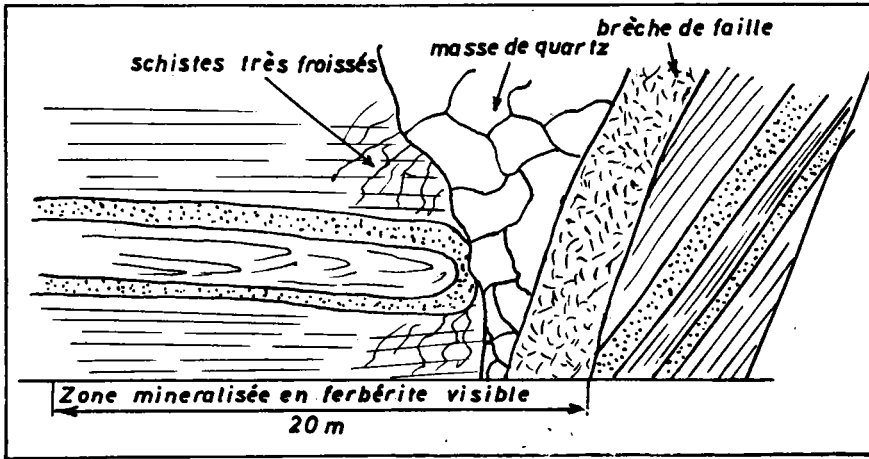


FIG. 8. — Front d'avancement de la carrière F 3 du plan représenté par la figure 7.

une masse de quartzites en gros bancs débutant par un banc de quartzite foncé, vitreux, dur, grossier à conglomératique.

Un filon de quartz minéralisé en ferbélite existe dans la zone quartzophylladeuse. Aucune minéralisation wolframifère n'est connue dans les quartzites. D'après l'étendue et la disposition des plages éluvionnaires, on doit conclure que les quartzites sont stériles.

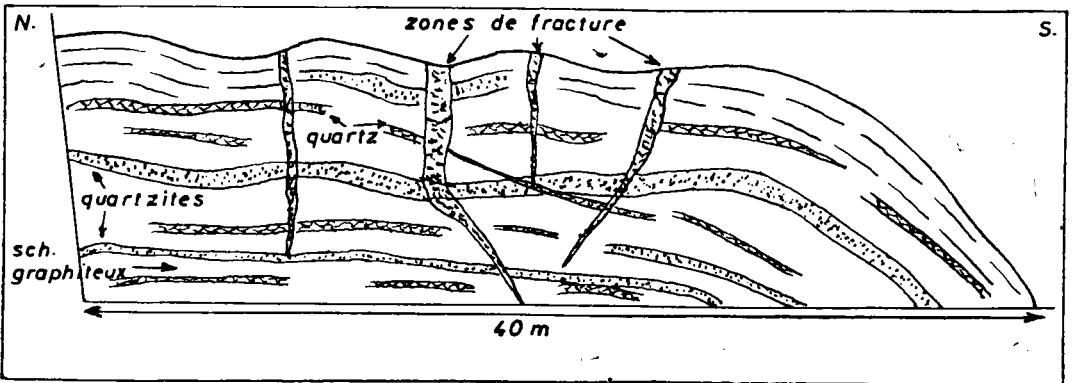


FIG. 9. — Front d'avancement de la carrière F 1 du plan représenté par la figure 7.

Tableau 1. — Analyses faites sur des lots de ferberite marchande exportés par COREM.

	WO ₃	Mn	Sn	As	S	Cu	P	Sb	Mo	Ca	Bi	Pb	Zn
1)	72,09	1,03	0,04	0,02	0,01	0,02	0,05	0,01	<0,01	0,08	0,05	0,03	0,05
2)	70,62	1,03	0,02	<0,01	0,03	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	0,04	0,05	0,04	0,08
3)	69,91	0,82	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	<0,01	<0,01	0,04	0,01	0,05	0,06
4)	70,21	0,78	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05			0,04	0,01	0,03	0,07
5)	72,22	1,22	0,03	<0,01	0,02	0,02	0,04			0,02	0,03	0,04	0,05
6)	69,53	0,81	0,12		0,01	0,04	0,05			0,03	0,01	0,07	0,08
7)	69,69	0,78	0,08		<0,01	0,04	0,05			0,04	<0,01	0,08	0,08
8)	67,97	0,92	<0,01	<0,05	0,04	0,02	0,04	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01
9)	67,95	0,98	<0,01	<0,05	0,02	0,02	0,03	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01
10)	59,10		0,06	0,002	0,018	0,002	0,217	0,002	<0,01	0,02	0,045	0,007	0,014
11)	65,40		0,02	0,07	0,033	0,007	0,029	0,001	<0,01	0,012	0,006	0,013	0,011
12)	60,73		0,03	0,004	0,019	0,001	0,193	0,002	<0,01	0,02	0,071	0,003	0,015

Nous ne possédons pas des analyses faites sur des cristaux de ferbélite du Bumbogo, mais disposons de nombreuses données sur les lots de ferbélite marchande exportés par COREM. Ces analyses donnent la teneur en certains métaux accessoires, constants dans tous les lots ; les 9 premières analyses sont d'un analyste différent de celui des trois dernières (voir *tableau I*).

Nous avons rappelé ci-dessus la publication de J. JEDWAB sur les teneurs en tungstène du schiste de Nyamulilo. Nous avons mis à sa disposition des schistes provenant de la concession COREM prélevés en-dehors du voisinage immédiat d'un filon ou d'une zone minéralisée exploitée. J. JEDWAB, au Centre de Géochimie de l'Université Libre de Bruxelles, a dosé le tungstène dans deux échantillons, suivant le processus décrit dans sa publication précitée [7]. Il a obtenu les résultats suivants :

Echantillon I : Schiste très altéré, gris clair. W en g/t

W total (attaque à la soude), moyenne de 2 analyses	462
W soluble à l'acide chlorhydrique 1 analyse	372

Fractions séparées au bromoforme et par centrifugation :

W dans la fraction légère, après 1 séparation	310
W dans la fraction légère, après 2 séparations	260

Teneur approximative en minéraux lourds dans le schiste : 0,6%.

Echantillon II : Schiste moins altéré, gris très sombre.

	<i>W en g/t</i>
W total (attaque à la soude) moyenne de 2 analyses	936
W soluble à l'acide chlorhydrique 1 analyse	928

Fractions séparées au bromoforme et par centrifugation :

W dans la fraction légère, après 1 séparation	780
W dans la fraction légère, après 2 séparations	700

Teneur approximative en minéraux lourds dans le schiste 3 %.

La sensible différence de répartition entre les deux échantillons mise à part, à Bumbogo en extrémité sud du *tungsten-belt*, tout comme à Nyamulilo en son extrémité nord, les schistes encaissant les gisements contiennent des teneurs notables en tungstène dont

une faible proportion seulement se trouve dans des minéraux lourds, séparables au bromoforme. La recherche de la forme sous laquelle le restant de la teneur en W se trouve dans la matière même du schiste, la répartition de ces teneurs, constituent des problèmes des plus intéressants pour résoudre l'origine géochimique et la métallogénie du tungstène.

Il est évident qu'il faudrait multiplier les analyses de schistes, dans des zones moins tectonisées, pour se rendre compte de la répartition stratigraphique du tungstène. En attendant, il est établi que ces teneurs géochimiques peuvent dépasser 2 kg/m^3 à proximité des filons. La formation de ceux-ci par simple sécrétion latérale n'est donc pas du tout exclue, pas plus qu'un remaniement hydrothermal du tungstène primitivement contenu dans les sédiments argileux riches en carbone. Ceux-ci contiennent également une teneur en uranium géochimique supérieure à la normale.

Plusieurs échantillons de minerai provenant du gisement Yanza ont également été étudiés en spectrographie optique par L. VAN WAMBEKE. Il y a trouvé une association géochimique typique Co-Ni-Pb-Zn qui pourrait, d'après lui, caractériser les gisements à affinité sédimentaire du Ruanda, car neuf autres échantillons, en majorité du Kivu, n'ont pas montré cette association ⁽¹⁾.

2. KIFURWE (BERVOETS — MARCHAL)

Cette mine se trouve située à une vingtaine de km à l'Est de Ruhengeri, d'où l'on y accède par une route sinueuse découpée sur toute sa longueur dans des flancs de versant si escarpés et profonds qu'on a cru bon d'y protéger les conducteurs de véhicules par un rideau continu de grands eucalyptus. C'est une route d'un pittoresque inoubliable livrant continuellement des échappées sur l'imposante chaîne volcanique des Virunga, qui barre l'horizon au Nord, ainsi que sur le lac Luhondo, en contrebas.

La mine elle-même est située dans une zone de collines très élevées bordant le lac Luhondo à l'Est ; l'altitude y atteint 2.300 mètres.

L'exploitation de Kifurwe a débuté en 1940 ; elle a été visitée en 1943 par R. DE DYCKER qui nous en a donné une description [3]. Les débuts éluvionnaires du gisement y sont exposés et DE DYCKER fait remarquer que :

⁽¹⁾ Communication personnelle de M. L. VAN WAMBEKE.

« le bed-rock est d'origine et, d'une façon générale, remarquablement minéralisé » [3, p. 51].

Il écarte l'hypothèse d'un enrichissement du bedrock *per descensum* à partir des éluvions et décrit les schistes graphiteux caractéristiques du gisement, contenant de nombreux filons et filonnets de quartz avec agglomérats de minerai finement cristallin formant éponge ou mousse, souvent pulvérulent.

Ayant pu amener de l'eau par gravité jusqu'aux niveaux supérieurs de la mine, l'exploitation en masse du gisement a pu progresser rapidement et, en 1956, une exploitation spectaculaire à ciel ouvert découpait profondément, en gradins, une masse de schistes graphiteux gris-bleu foncé à noir, avec fines intercalations siliceuses plus claires qui soulignent parfaitement les allures tectoniques. Nous n'avons pas observé, dans le voisinage immédiat de la mine, l'enveloppe quartzitique qui entoure, de toutes parts, le gisement du Bumbogo. Peut-être se trouve-t-on, à Kifurwe, dans une zone quelque peu plus profonde, sous l'enveloppe quartzitique, mais il faut dire aussi que nos observations se sont strictement limitées aux exploitations.

La masse de schistes graphiteux dessine une grande allure anticlinale, compliquée de nombreux plis secondaires. La direction moyenne des couches est N-40°-W, avec fort déversement des plis au NE (dressants verticaux, plateurs à 25°). En dehors de grands plis hectométriques, il y a des plis serrés, en accordéon, de dimensions de l'ordre du décamètre, eux-mêmes chiffonnés par des plis de moindre amplitude.

La figure 10 donne une esquisse de l'allure géologique d'un front de carrière principal, de 57 m de hauteur, divisé en gradins d'abattage de 9 m de hauteur ou moins. Ce front de carrière montre l'existence d'un réseau de veines et veinettes de quartz parallèles (voir schéma local figure 11) strictement dirigées comme les plans axiaux des plis. Ces filons de quartz sont légèrement micacés. Leur puissance va de 10 à 40 cm. Les veines de 50 cm d'épaisseur sont rares. Elles découpent parfois les flancs des plis mais, le plus souvent, occupent les plans axiaux mêmes de plis en accordéon. Par places, des fissures sans quartz ou seulement avec de faibles enduits occupent la même position. Nous nous trouvons en somme en présence d'un clivage en grand, d'une « macroschistosité »

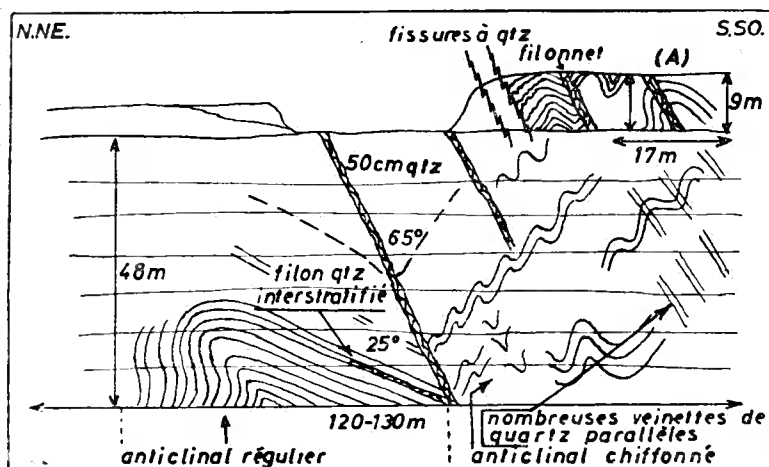


FIG. 10. — Mine de Kifurwe.
Allure géologique d'un front de carrière principal.

la distance entre les plans de clivage, son pas, étant de l'ordre de 7 à 8 m.

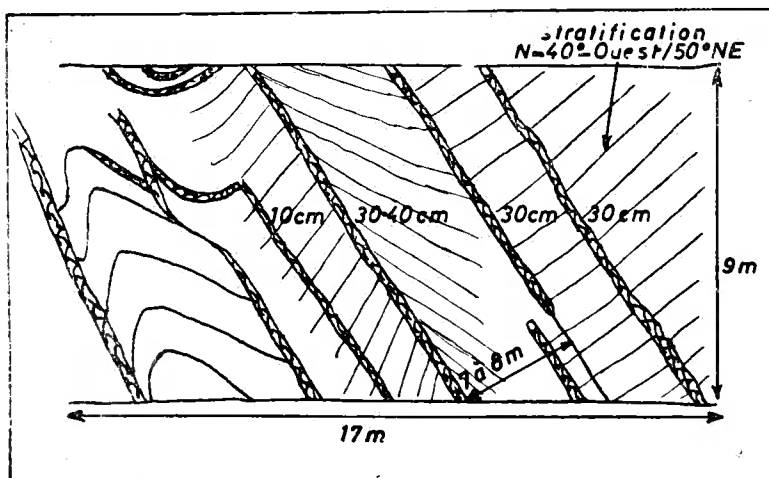


FIG. 11. — Agrandissement du point A de la figure 10.

Dans toute cette paroi de carrière, à veinettes de quartz occupant la position des plans d'un clivage très grossier à pas presque décimétrique, la proportion de quartz est très faible dans l'ensemble

de la masse ; nous l'avons évaluée sur place à au maximum 1 à 2%. L'exploitant y pratique l'abattage en masse et renseigne une teneur récupérée, calculée sur le tout-venant, de l'ordre de 250 g/m^3 . Mais, comme dans le minerai récupéré on ne voit que de très gros morceaux et que la ferbélite est fort pulvérulente, on est en droit de croire, le traitement au *long-sluice* employé étant fort peu favorable à la récupération du fin minerai, que la teneur réelle du gisement doit être de loin supérieure.

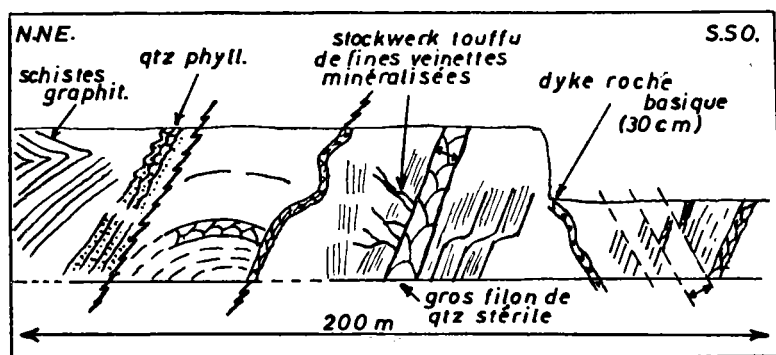


FIG. 12. — Mine de Kifurwe. Front d'abattage.

Sur un autre front d'abattage, représenté *figure 12*, en plus de fissures, minéralisées ou non, appartenant au réseau de clivage décrit ci-dessus, existent des filons de quartz interstratifiés, d'épaisseur fort variable et, partant de ces derniers, des *stockwerks* touffus de fines veinettes. Parmi les filons de quartz interstratifiés, nous en avons observé un atteignant 2 m de puissance. Ce gros filon était stérile, d'après l'exploitant, et il en serait de même pour tous les gros filons. Les *stockwerks* de fines veinettes sont, au contraire, bien minéralisés.

Comme autres particularités géologiques, nous avons observé : un *dyke* de roche basique verte très altérée, de 30 cm de puissance, et deux filons de pegmatite de 30 à 40 cm d'épaisseur ; un petit banc de schiste graphiteux de 5 cm d'épaisseur boudiné par de fines veinules de quartz saccharoïde.

3. ILE KIDWA

Sur cette île du lac Bulera (niveau 1.865 m) nous avons pu visiter une petite carrière ouverte dans des schistes graphiteux gris-bleu à filons de quartz wolframifères, situés sous une masse de quartzites en gros bancs de direction N-20°-W, et pendant de 45° vers l'Est. Ces quartzites sont ceux qu'on observe également en tête des chutes de la Taruka, dont l'île Kidwa est distante d'environ 1 kilomètre.

Ce gisement n'a fait l'objet que de travaux fort modestes, en rapport avec la difficulté d'amener du combustible dans une région fort reculée. La mise en service de la centrale de la Taruka ouvre à cette région des possibilités nouvelles. Ce gisement de l'île Kidwa établit la continuité entre les gisements de Kifurwe et Bugarama.

4. BUGARAMA (STINGLHAMBER)

Cette mine est située dans l'extrême Nord du Ruanda, près de la frontière ougandaise, à 25 km au NE du poste administratif de Ruhengeri. On y accède de ce dernier poste par une route entièrement établie sur la lave, entre les pentes abruptes du volcan Muhavura à l'Ouest et les rives dentelées du lac Bulera à l'Est. La mine est située en bordure même de ce dernier lac, dont le plan d'eau est à l'altitude de 1.865 m ; ses travaux s'étendent à la partie supérieure d'une série de collines nommées Kagogo-Bugarama-Murundi-Fumbwi, s'élevant à environ 200 m au-dessus du plan d'eau du lac. La haute silhouette du Muhavura barre une bonne partie de l'horizon de la mine à l'Ouest et le front d'avancement de certaines de ses coulées se trouve à très faible distance de ses excavations. La mine est concédée à un colon minier, M. STINGLHAMBER, que nous devons remercier pour son aimable réception et pour nous avoir permis de visiter ses exploitations et en emporter des échantillons de minerai de grande valeur, actuellement déposés à l'Institut royal des Sciences naturelles de Bruxelles.

Tout comme dans le restant du *tungsten-belt* ruandais, nous observons à Bugarama une série de schistes graphiteux gris-bleu,

tachant les doigts, se décolorant par altération, avec bancs de quartzite gris foncé pyritifère intercalés. A la partie supérieure de la stampe observable, existent deux masses de quartzite plus importantes, dont la supérieure a 30 m de puissance, séparées par un niveau schisteux de 35 m de puissance (*figure 13*).

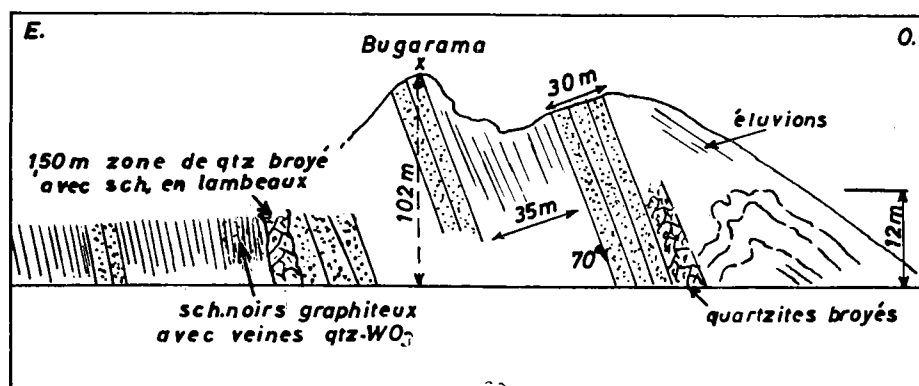


FIG. 13. — Coupe géologique des deux carrières principales du gisement de la colline Bugarama.

L'allure tectonique du gisement de la colline Bugarama est très compliquée et la *figure 13* représente la coupe géologique schématisée que nous avons relevée dans les deux carrières principales de la mine. La direction générale des couches est N-20°-W, avec fort pendage vers l'Ouest, se rapprochant parfois de la verticale. Les zones schisteuses sont intensément plissées et la présence de masses quartzitiques résistantes a conduit à des dysharmonies, à des décollements et à des zones de broyage intense. Ainsi, à l'extrémité ouest de la grande carrière de Bugarama, des schistes graphiteux dessinent un anticlinal compliqué par de très nombreux plissottements, dont le flanc oriental s'écrase contre une masse de quartzites en dressant régulier; entre les deux, le décollement est souligné par une zone bréchiée. Sous la masse de quartzite inférieure on observe un gros filon de quartz pris dans une zone de bréchiation; le quartz disloqué est mêlé à des lambeaux de schiste.

Tout comme au Bumbogo, on observe à Bugarama des filons de quartz à ferbélite interstratifiés et d'autres disposés perpen-

diculairement à la direction des couches. D'après l'exploitant, ce sont les derniers qui seraient le mieux minéralisés. Mais, à Bugarama, les allures sont de loin plus compliquées que celles observées dans les mines décrites précédemment et la tectonisation intense y conduit à la transformation de certains filons en masses de quartz informes et sauvages. Nous donnons comme exemple de l'allure disloquée de ce gisement deux schémas de front d'abattage que nous y avons relevés.

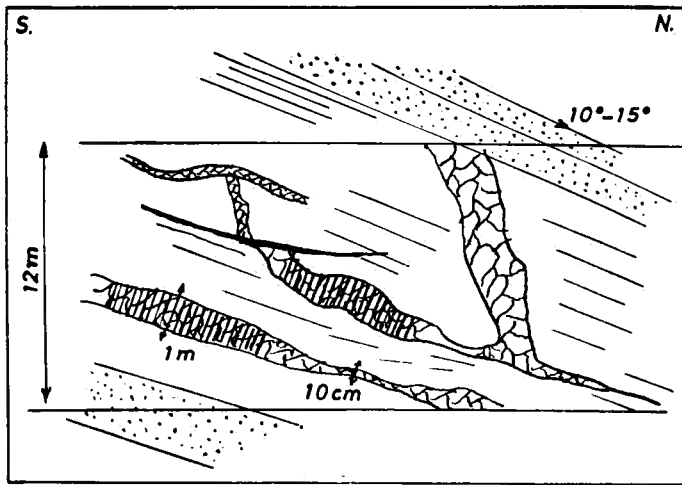


FIG. 14. — Colline Kabindi. Front d'abattage.

A la colline Kabindi près Bugarama (*figure 14*) on observe une masse de schistes graphiteux écrasés entre les quartzites enveloppe supérieurs et des quartzites interstratifiés. Nous sommes sur un flanc plat de pli secondaire, la pente n'étant que de 10°-15° vers le Nord. Dans les schistes on observe des masses de quartz écrasées, s'allongeant comme la stratification, à allure en chapelet, hachées par de nombreuses cassures parallèles, disposées perpendiculairement à la direction générale de la masse de quartz elle-même. D'une de ces lentilles de quartz écrasé interstratifiée, part une masse de quartz importante, presque verticale, donnant sur le terrain l'impression d'une extrusion diapirique. Toutes les masses de quartz sont ici bien minéralisées. Les gros échantillons de ferberite que nous avons examinés avaient une structure écrasée et étaient parcourus par de nombreuses fines veinules de quartz.

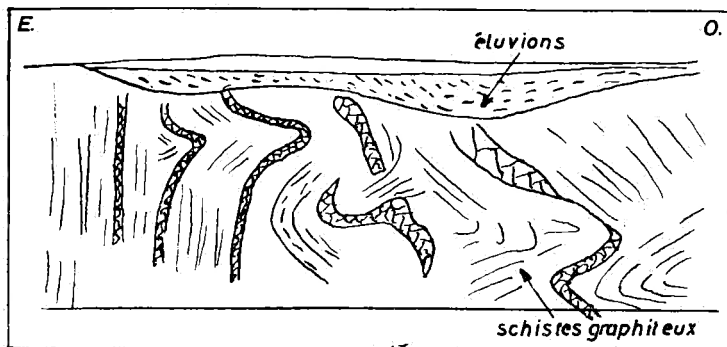


FIG. 15. — Colline Murundi. Front d'abattage.

Dans la carrière ouverte sur la colline Murundi, nous avons observé (*figure 15*) des allures très compliquées dans des schistes graphiteux avec nombreux filons de quartz interstratifiés et des masses sauvages de quartz recoupant les schistes sans aucune norme. Ces schistes sont ici plissés à l'extrême ; les petits filonnets de quartz se sont chiffonnés ensemble avec les schistes, tandis que les gros filons de quartz ont été disloqués et que les schistes ont flué entre de grosses masses de quartz informes, résultant de cette dislocation. En relation avec ces masses sauvages de quartz, nous avons observé des associations greiseniformes de ferbérite avec un mica jaune d'or. Ces associations comportent également de fines aiguilles de tourmaline.

La mine de Bugarama pratique, comme partout ailleurs, l'abattage en masse et le traitement direct, sans aucun broyage préliminaire, des produits abattus. D'après l'exploitant, la teneur du tout-venant en WO_3 libre serait de l'ordre de 500 gr/m^3 et le broyage à -4 mm n'apporterait qu'un surplus de minerai de 50 gr/m^3 . Nous gardons la conviction que la remarque que nous avons faite pour Kifurwe est également d'application à Bugarama quant au fin minerai. Mais, tandis qu'à Kifurwe la masse abattue est entièrement schisteuse et justifie le système d'exploitation adopté, à Bugarama la présence de gros bancs quartzitiques intercalés conduit à l'abattage d'un gros surplus de roches stériles. La dislocation puissante des terrains y est due à la présence de grosses masses rigides dans un milieu capable de fluer. Les zones disloquées ont été très favorables à la concentration de la minéralisation sub-

séquente ; mais il n'y a pas, de ce fait, à ignorer que le quartzite non disloqué reste stérile et, cela étant, une exploitation plus sélective devrait s'imposer à Bugarama.

5. BAHATI (KIKKIDES)

Nous avons eu l'occasion de visiter plusieurs mines de wolfram du district de Kigezi dans l'Uganda, parmi lesquelles les deux mines de BAHATI et KIRWA, concédées à un colon minier, M. KIKKIDES. Il nous serait difficile d'oublier l'extrême urbanité avec laquelle nous avons été reçu par lui et les facilités qu'il nous offrit pour visiter tous les travaux. Les mines de Bahati et de Kirwa sont situées en prolongement direct du *tungsten-belt* ruandais et c'est le motif pour lequel, parmi les mines que nous avons visitées en Uganda, nous apportons ici leur description.

La mine de Bahati est située au Nord et fort près de la frontière Uganda-Ruanda. On y accède à partir d'une route reliant les postes ugandais de Kisoro et Kabale. L'altitude de la mine, à l'entrée de la galerie de recoupe du filon exploité, est de 1.972 mètres.

A la mine même, on observe des schistes graphiteux avec quartzophyllades intercalés, recouverts par des quartzites clairs en gros bancs, avec très rares intercalations schisteuses. Au delà de la mine, la route vers Kabale, qui monte à forte pente, est découpée à flanc de coteau escarpé et expose admirablement la série de quartzites du Karagwe-Ankole (Urundi) moyen qui surmonte les schistes graphiteux foncés du sommet de l'Urundi inférieur. A 10 km de la mine, on est au sommet de la crête formée par les quartzites, à 2.550 m d'altitude, dans la forêt de bambous. Un panorama prestigieux, inoubliable, s'y offre à la vue : toute la chaîne volcanique des Virunga, vue d'enfilade, avec les lacs Bulera et Luhondo scintillant au pieds des volcans.

La mine de Bahati exploite, par travaux souterrains, un seul filon de quartz et mica, d'aspect bréchié, de 0,50 m de puissance. Ce filon est disposé perpendiculairement à la direction générale des couches. Mais cette direction est ici N-60° à 80°-W avec pendage de 30° au Sud, et le filon a une direction qui ne s'écarte que de 10 à 20° de la direction nord, avec pendage de 55° à 70° vers

l'Ouest. Ce filon de quartz est enchâssé dans des quartzophyllades zonés riches en séricite. Ces quartzophyllades sont séparés, par plusieurs dizaines de mètres de schistes graphiteux, des quartzites de l'Urundi moyen qui forment l'enveloppe du gisement et que nous avons observés à l'œil d'une des galeries en travers-bancs, donnant accès au filon exploité. En éponte de ce filon, les quartzophyllades sont intensément tourmalinisés et bourrés de sulfures divers et de produits d'altération de sulfo-arséniures (scorodite). Nous avons constaté que le filon coupe les quartzophyllades comme à l'emporte-pièce. En parcourant les travaux souterrains, relativement profonds, nous avons constaté des irrégularités vers l'aval pendage et aussi, en direction, des failles du type radial le découpant et le décrochant de plusieurs mètres.

D'après un géologue ugandais, M. C. THOMPSON [14a] le filon exploité à Bahati est logé dans une fissure formée par tension. Il n'y aurait, le long de cette fissure, ni mouvement horizontal ni vertical ; les couches se correspondent d'une paroi à l'autre. Suivant la compétence des roches traversées, la fissure s'ouvre, se ferme, se divise en plusieurs fissures de moindre importance ; quand direction et pendage s'écartent de la normale, elle se ferme, pour se réouvrir quand ils redeviennent normaux.

La minéralisation est simple et ne comporte que ferbélite, mica, peu de feldspath, tourmaline, enchâssés dans une gangue de quartz écrasée. La ferbélite, en masses et agrégats de cristaux, se dispose surtout contre les épontes, tant au toit qu'au mur ; mais des cristaux et débris de cristaux se trouvent aussi dans la masse de quartz souvent bréchiée. Le mica est éparpillé le long des fissures du quartz et sur les parois autour de la ferbélite.

D'après M. C. THOMPSON, la succession des phénomènes serait la suivante :

- 1° Fissure ouverte ;
- 2° Arrivée et cristallisation de la ferbélite, avec mica et tourmaline ;
- 3° Réouverture de la fissure ;
- 4° Intrusion (mise en place) du quartz ;
- 5° Nouveaux mouvements avec fracturation du quartz et remplissage de mica dans les fractures de bréchiation ;

6° Formation de fractures suivant la stratification (et aussi transversales) post-minéralisation.

M. C. THOMPSON attribue l'origine du minerai à un granite qu'il faut supposer bien caché sous les laves, puisqu'il n'apparaît nulle part. La réouverture de la fissure ayant servi à la mise en place de la minéralisation est mise en relation avec le refroidissement et le *shrinking* du granite supposé.

En dehors de l'apparition du faciès local des quartzophyllades, nous ne voyons pas de différence entre ce gisement et ceux du restant de la zone étudiée. Nous avons observé d'autres filons dans les schistes graphiteux ; ils n'ont pas été étudiés.

On récolte aussi des morceaux de ferbérîte à fleur de sol, dans la zone des schistes graphiteux, en dehors de l'influence possible du filon exploité ; la provenance de cette ferbérîte n'a pas été recherchée.

La minéralisation est, ici encore, liée à un horizon stratigraphique bien déterminé, celui des schistes graphiteux, et le contrôle de la mise en place des concentrations exploitables est d'ordre tectonique ou structural.

6. KIRWA (KIKKIDÈS)

Cette mine se trouve située à 9 km à l'Ouest du poste ugandais de Kisoro, au sommet de collines élevées dont l'altitude atteint 2.070 m. Elle fait partie du district de Kigezi, région Bufumbira. D'un rapport [14b] du même géologue ugandais déjà cité ci-dessus, nous extrayons la succession stratigraphique suivante :

A. Couches supérieures : quartzites d'aspect peu métamorphique avec peu de schistes, débutant par des grès grossiers et conglomérat ;

B. Couches moyennes : schistes foncés graphiteux avec quartzites intercalés, renfermant le gisement ;

C. Couches inférieures : quartzites et schistes siliceux à grain très fin ; les intercalations de schistes graphiteux sont rares.

Le gisement est constitué par des veines de quartz occupant des fissures dans les couches moyennes de la série stratigraphi-

que ci-dessus ou disposées suivant les plans de stratification des schistes ; occasionnellement, des veines de quartz pénètrent dans les fissures de quartzites intercalés.

La minéralisation est simple : mica peu fréquent, un minéral fibreux ressemblant à l'actinolite, ferbélite, parfois en pseudomorphose de scheelite (reinite), tungstite et anthoïnite.

Depuis l'époque de la visite du géologue ugandais, déjà relativement ancienne (1952), l'exploitant a sensiblement développé ses travaux, tant en carrière qu'en explorations souterraines. La situation à Kirwa, au point de vue lithologique, est fort ressemblante à celle de Bugarama mais, à Kirwa, l'exploitant, mieux inspiré, essaie de pratiquer une exploitation plus sélective, tout en employant l'abattage en masse dans les parties du gisement où les schistes faciles à abattre dominant. La série wolframifère de Kirwa comprend non seulement des intercalations quartzitiques pures mais est aussi très siliceuse en dehors de ces intercalations. Les filons de quartz à ferbélite ne sont toutefois nombreux et importants que dans les parties schisteuses : ce sont les mêmes schistes graphiteux gris-bleu à noir, tachant les doigts, que partout ailleurs dans le *tungsten-belt* que nous décrivons.

Dans une exploitation à ciel ouvert de la partie supérieure du gisement, nous avons observé la succession suivante, dans des couches presque verticales, de direction N-20°-W :

A. Quartzites alternant avec des phyllites, ces dernières en faible proportion ; filons de quartz d'allure générale verticale mais de formes très irrégulières ;

B. Phyllites graphiteux avec gros filons de quartz ;

C. Intercalation peu épaisse de schistes conglomératiques, miliaires à pisaires ;

D. Schistes graphiteux siliceux et phyllites graphiteux ; filons de quartz interstratifiés, certains réguliers, d'autres lenticulaires ; dans les zones entièrement phylliteuses, injections de quartz sans formes définies ;

E. Schistes graphiteux siliceux, avec filons de quartz interstratifiés.

La série wolframifère de Kirwa dessine de nombreux plis dont les flancs le plus inclinés sont dirigés N-30° à 45°-W, avec un

pendage de 25° à 50° au Sud-Ouest. La position des plans axiaux des plis et leur déversement vers l'Est sont marqués par une schistosité très bien développée et disposée N- 10° -W/70° Ouest.

Le gisement est également exploré par des galeries à flanc de coteau, dans lesquelles nous avons relevé les allures représentées schématiquement figure 16.

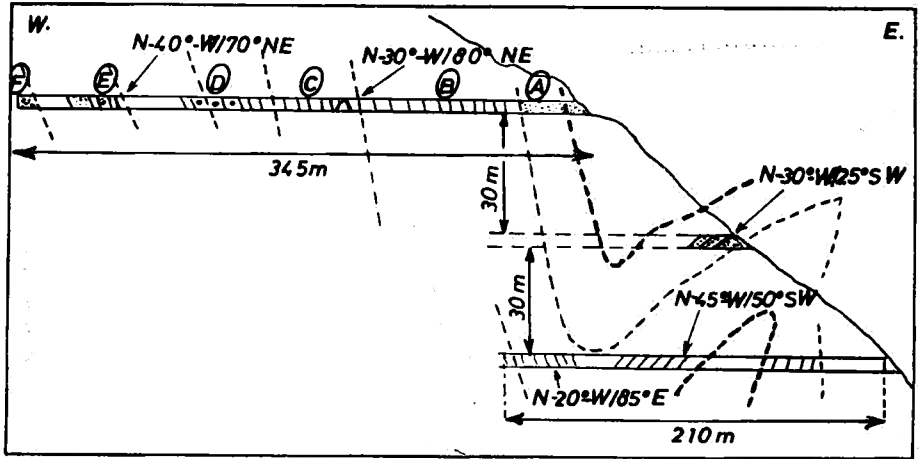


FIG. 16. — Gisement de Kirwa, galeries.

Dans la galerie supérieure nous avons relevé la succession stratigraphique suivante, du haut vers le bas :

A. Quartzites supérieurs, très altérés ; on ne voit pas leur allure ;

B. Schistes graphiteux, siliceux, avec nombreux filons de quartz parfois épais ; puissance environ 110 m ;

C. Schistes graphiteux, très siliceux, filons rares ; 55 m ;

D. Schistes graphiteux noduleux : nodules blancs de quelques mm de diamètre ; 40 m ;

E. Quartzophyllades et schistes très siliceux, en bancs de faible épaisseur, avec quartzites gris-foncé intercalés ; pas de filons ou seulement de fines veinules ; environ 100 m ;

F. Quartzites.

La série wolframifère de Kirwa a donc environ 200 m de puissance.

A son entrée, la galerie moyenne recoupe les quartzites supérieurs ; on y observe quelques filons de quartz interstratifiés. La galerie inférieure recoupe les schistes graphiteux siliceux sous B ci-dessus, dessinant un double pli.

7. NYAMULILO (BJORDAL)

Ce gisement est situé à quelque 25 km à l'Ouest du poste ougandais de Kabale. On y accède par un court embranchement, à partir de la route Kisoro-Kabale.

Une carrière de dimensions encore modestes y a été ouverte dans des schistes gris tachant les doigts, disposés en paquets régulièrement stratifiés, alternativement peu inclinés et fortement redressés. Ces paquets sont séparés entre eux par des zones dérangées.

Ce qui frappe à Nyamulilo, c'est la très faible proportion de quartz. Sur un front de carrière de 36 m de largeur et 9 m de hauteur, entièrement schisteux, nous n'avons noté qu'un seul filon de quartz d'environ 50 cm d'épaisseur, recoupant verticalement des schistes disposés N-30°-W/35° W et une seconde veinette de 10 cm d'épaisseur. Encore, d'après l'exploitant, le filon serait pratiquement stérile.

Toute la production de cette mine provient des petits nodules de ferbélite que contiennent les schistes eux-mêmes. Ces schistes sont abattus en masse, concassés, puis broyés à -1/8", et le produit du broyage est traité sur des batteries de tables à secousses. On récupère ainsi, d'après les données qui nous ont été aimablement communiquées par l'exploitant, en moyenne 600 g de ferbélite par tonne de schiste. Nous avons également observé de fines veinules de ferbélite dans les schistes, sans aucun accompagnement de quartz.

Les nodules de ferbélite s'alignent suivant la stratification, dans des schistes sériciteux gris à gris-noir. Ces schistes devenant meubles par altération, les nodules se dégagent plus ou moins et se retrouvent dans les éluvions.

Le description donnée par PARGETER pour les schistes à nodules

de ferbérîte de Ruhizha s'applique, à des détails près, à ceux de Nyamulilo.

Les *photographies 2 et 3* (planches hors-texte), montrent l'aspect macroscopique des nodules isolés ou engagés dans leur gangue de schiste. Les uns sont subsphériques, à diamètre voisin de 10 mm, les autres sont aplatis en forme de lentilles. Le grand diamètre atteint alors 20 mm. On trouve aussi des micronodules plus ou moins groupés ou agglomérés. Certains nodules sont brisés ou cisailés suivant des plans parallèles à la schistosité.

La *photo 3* montre nettement la formation de halos d'étirement de part et d'autre des nodules de ferbérîte. Les vides, formés par étirement suivant le longrain du schiste, sont comblés par une muscovite bien cristallisée et, probablement, de la pyrite. Celle-ci a d'ailleurs dû être abondante dans la roche, à en juger par le grand nombre des empreintes en creux et la fréquence de dispersions et trainées limoniteuses.

L'étude en lames minces et surfaces polies révèle la nature des nodules. Ceux-ci consistent en un agrégat microcristallin compact de ferbérîte. Les microcristaux, très irréguliers, mesurent moins de 50 microns suivant leur plus grande dimension. Entre nicols croisés, en lumière réfléchie, la microstructure non orientée apparaît clairement à cause de l'anisotropie de la ferbérîte (*microphotographie 5*). La surface des nodules est lisse, sauf en contact avec le mica blanc des halos d'étirement, où le contour est dentelé et où les microcristaux tendent à se terminer par des facettes cristallines.

Dans la surface polie (*photo 4*), le feuilletage (schistosité ?) dévié autour des nodules, est marqué par des trainées claires qui correspondent à des agglomérations étirées de limonite et hématite.

Le schiste qui enveloppe les nodules est formé exclusivement de séricite bien orientée. La pigmentation noire est extrêmement fine et ne peut s'identifier au microscope. On n'y distingue pas la stratification originelle. On trouve quelques minuscules cristaux de tourmaline, mais pas de quartz.

Dans des schistes interstratifiés plus grossiers, une stratification régulière apparaît nettement à cause de variations dans la teneur en pigment noir opaque. Dans un de nos échantillons, la schistosité est presque perpendiculaire à la stratification.

Il est intéressant d'observer les impuretés englobées dans les nodules de ferbérîte. Il s'agit de séricite ayant le même aspect que celle qui forme le schiste encaissant. Elle est répartie en inclusions microscopiques dans toute la masse. Quelques inclusions plus grandes montrent un feutrage non orienté de séricite, ce qui confirme que le nodule est antérieur au développement de la schistosité.

La genèse de ces nodules pourrait ne pas différer essentiellement de celle des nodules de sidérose dans une argilite riche en matière organique. Une étude très détaillée serait nécessaire pour établir le processus de formation et l'évolution ultérieure. Nous ne pouvons notamment affirmer que ces nodules sont passés par le stade scheelite, comme la ferbérîte des filons qui recoupent les mêmes schistes.

* * *

Les gisements que nous avons décrits jalonnent, en alignement, une unité stratigraphique : celle des schistes graphiteux du sommet de l'Urundi (Karagwe-Ankole) inférieur, depuis Kigali, dans le Ruanda, jusque Kirwa, dans l'Uganda. Cet alignement souligne un axe anticlinal principal. Nous devons attirer l'attention sur une variation de faciès bien marquée de cette unité stratigraphique wolframifère : entièrement phylliteuse dans sa partie centrale (Rulindo-Kifurwe), elle devient siliceuse tant vers le Sud-Est (Bumbogo) que surtout vers le Nord-Ouest, et se charge fortement de silice à son extrémité nord-ouest (Kirwa).

L'axe anticlinal Bugesera-Kirwa est suivi vers l'Est par un axe synclinal, occupé par des quartzites de l'Urundi moyen. Plus à l'Est encore, dans l'Uganda, les schistes graphiteux réapparaissent dans un axe anticlinal parallèle ; ils y sont également wolframifères (gisement de Nyamulilo).

8. GISEMENTS DANS LA PROVINCE METALLOGÉNIQUE OCCIDENTALE

Nous avons, dès le début de cet exposé, distingué deux provinces métallogéniques au Ruanda. Dans la province métallogénique occidentale, les conditions de gisement sont fort semblables

à celles décrites par N. VARLAMOFF pour le Maniéma et l'appartenance granitique paraît évidente sur le terrain. Nous y avons visité plusieurs gisements wolframifères et ne citerons que ceux que nous avons pu étudier de plus près :

1) Le Gisement de la Nyankuba (société COREM), à la crête Congo-Nil, dans le haut bassin de la rivière Satinsky, à une altitude qui dépasse largement 2.200 m ; on y exploite les alluvions de torrents profondément encaissés qui contiennent de la wolframite spéculaire bien cristallisée, en très gros morceaux ; l'environnement est formé par des gneiss très acides, des micaschistes muscovitiques, des granites à biotite à grain moyen, des granites biotitiques laminés à grain fin, des pegmatites muscovitiques à très gros éléments ; le gravier des ravins contient des blocs de quartz à gros prismes de tourmaline et les grandes lames de wolframite clivées adhèrent souvent à du quartz ; nous avons également récolté des galets de quartz avec wolframite en cristaux.

Nous devons signaler la récolte, dans le gravier à wolframite de la Nyankuba, d'un morceau de *bismuth natif* en une belle plaquette de 3,5 cm × 3 cm × 1,5 cm d'épaisseur, pesant 88 g. L'échantillon est déposé dans les collections minéralogiques de l'Institut royal des Sciences naturelles à Bruxelles.

2) Le Gisement de la mine Lutare (société COREM), situé à 15 km au Sud du poste de Ruhengeri ; une lentille de pegmatite muscovitique à très gros éléments y est enchassée dans des micaschistes finement feuilletés, de direction N-20°-E et pendant de 55° vers l'Est. Ces micaschistes sont fortement tourmalinisés aux épontes de la lentille pegmatitique. Ils sont muscovitiques et contiennent de fines intercalations quartzitiques, ainsi que des schistes verts ; la lentille pegmatitique est parcourue par des veinules de quartz très irrégulières auxquelles est associée la wolframite.

Les gisements wolframifères de la province métallogénique occidentale sont dispersés et entremêlés, sans aucun ordre apparent, avec des gisements de cassitérite associée à de la colombantalite. Quantitativement la cassitérite y domine et son appartenance granitique est également évidente sur le terrain.

Des gisements de cassitérite, activement exploités, existent dans la province métallogénique centrale. Ils y sont, comme la

ferbélite, liés à une unité stratigraphique déterminée. Aucun gisement de cassitérite n'est connu dans la série des schistes graphiteux ; ils se disposent en bordure du *tungsten-belt* dans les quartzites de l'Urundi inférieur (U 1) moyen.

9. BUGAMBIRA (MINÉTAÏN)

Nous ne pouvons terminer ce chapitre sans mentionner le gisement de Bugambira, situé dans l'Est du Ruanda, à 50 km à l'Est de Kigali et à 15 km au NNE du poste administratif de Kibungu, de caractéristiques bien différentes de tous les précédents.

Ce gisement, dernièrement exploité pour ferbélite, le fût précédemment pour étain. Son exploitation est effectuée par une grande carrière ouverte à la partie supérieure d'un versant escarpé et avançant dans le plateau qui surmonte ce versant.

Dans la partie sud de la carrière des gradins sont découpés dans une masse éluviale complexe latéritisée tandis que, dans la partie nord, des tranchées perpendiculaires au versant, qui est généralement oblique à la direction générale des couches, permettent d'observer la nature et l'allure du substratum en place. La couverture éluvionnaire est très épaisse sur le plateau, mince et déchirée sur le versant.

L'examen des tranchées permet de constater que le gisement de Bugambira est situé sur la crête médiane d'une structure anticlinale complexe, fortement écrasée. La direction moyenne du plan axial de cette structure est N-30°-W ; on observe des plis secondaires en chaise, fortement déjetés vers l'Est et présentant un assez fort ennoyage vers le Sud. Les plateaux inclinent de 25° vers l'Ouest, tandis que les dressants sont verticaux ou même renversés (*figure 17*).

Le centre de la structure anticlinale est occupé par une masse de quartzites saccharoïdes, s'altérant facilement, tandis que, sur son flanc oriental, des schistes micacés se superposent aux quartzites. Ces schistes micacés présentent un clivage oblique très bien développé, qui suit la règle du parallélisme au plan axial des plis secondaires : il incline d'environ 40° à l'Ouest et souligne ainsi le fort déversement de l'ensemble de l'Ouest vers l'Est.

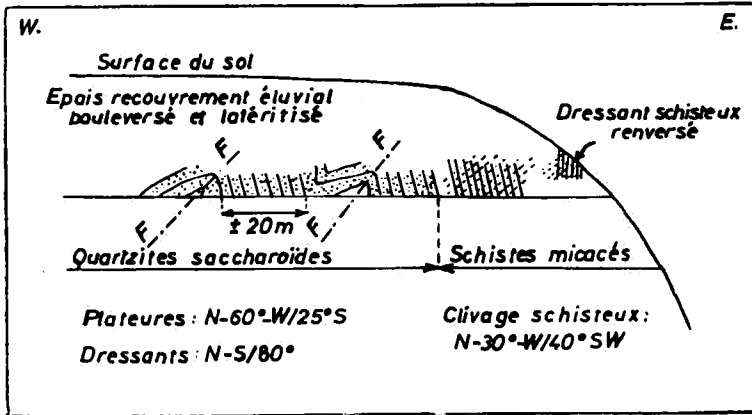


FIG. 17. — Gisement de Bugambira, partie nord.

Tous les plis anticlinaux secondaires, dans le quartzite, sont écrasés et faillés. Les zones faillées ont servi de logement à des filons de quartz de formes très irrégulières, filons qui renferment une minéralisation en ferbélite. Les épontes filoniennes sont très fortement tourmalinisées à tel point qu'en bon nombre d'endroits, le quartz filonien est bordé par des tourmalinites pures.

Après la mise en place du réseau filonien, les failles doivent avoir joué à nouveau. Pendant ces mouvements, post-filoniens, les lentilles de quartz ont constitué des noyaux résistants peu déformables, ce qui nous paraît expliquer l'in vraisemblable mylonitisation des épontes filoniennes tourmalinisées que nous avons observée.

Les schistes supérieurs aux quartzites, visibles seulement sur le flanc oriental de l'anticlinal, s'y trouvent en dressant renversé, dans une zone comprimée, dépourvue de cisaillements longitudinaux. Cela explique l'absence de minéralisation wolframifère dans l'enveloppe schisteuse.

L'écrasement et le cisaillement anté-minéralisation de l'anticlinal quartzitique, la mylonitisation post-minéralisation, le fauchage des têtes de bancs et filons sur la pente, l'obliquité légère des couches par rapport à la direction du versant, ont été tous favorables à la formation d'une masse complexe de détritiques, recouvrant directement le gisement primaire. Dans ce tapis éluvionnaire se mêlent le quartz des filons, les blocs de quartzite, la

tourmalinite d'épontes, le minerai utile, l'ensemble ayant subi une latéritisation très avancée.

Le fort ennoyage sud de la crête anticlinale explique le fait que dans la partie nord de la carrière on a atteint et décapé le substratum quartzitique en place tandis que, dans la partie sud, au mêmes niveaux, on n'observe qu'un fouillis complexe et épais de produits détritiques.

En descendant le versant sur lequel affleurent les schistes micacés en allure redressée, on observe un certain nombre de filons de quartz, dont certains ont été exploités précédemment pour cassitérite. Ces filons sont de direction est-ouest, de formes assez régulières et parfaitement verticaux. *Le réseau filonien stannifère, transversal à la direction générale des couches est donc à Bugambira parfaitement distinct du réseau filonien wolframifère.*

Dans une tranchée recoupant la zone de contact quartzites-schistes superposés, nous avons observé un filon de quartz de direction est-ouest, enchassé dans les schistes, se prolongeant et pénétrant dans la partie tout à fait supérieure de la masse quartzitique. Cela explique le fait que, dans la masse détritique de la crête, environ 10% de cassitérite se mêle au minerai de tungstène.

Nous n'avons pas observé de contact entre des filons appartenant aux deux réseaux, mais il est logique de supposer que les filons stannifères transversaux sont postérieurs aux filons longitudinaux cisailants wolframifères.

Les quartzites et schistes micacés dans lesquels est enchâssé le gisement de Bugambira appartiennent au système de l'Urundi, mais un levé régional est nécessaire pour fixer la position des couches de Bugambira dans le système de l'Urundi.

Le gisement de Bugambira, situé dans l'Est du Ruanda, en dehors du *tungsten-belt* central, est intéressant par le fait que contrairement à ce qui se passe dans ce dernier, le tungstène s'y est localisé dans une zone tectonisée d'une masse quartzitique, tandis que la cassitérite a choisi une masse schisteuse ; les deux minéralisations, tout en étant accolées, sont complètement indépendantes.

III. MICROSTRUCTURE ET ALTÉRATION DE LA FERBÉRITE ET DE LA SCHEELITE.

Les descriptions données par N. VARLAMOFF pour le Maniéma s'appliquent directement aux ferbérites filoniennes du Ruanda et de l'Uganda.

Les pseudomorphoses en ferbérite microcristalline (reinite) de gros cristaux idiomorphes de scheelite sont fréquentes. Comme c'est le cas au Maniéma, on ne trouve guère de scheelite résiduelle au Ruanda. Ce minerai est trop altérable dans la zone d'oxydation superficielle, la seule qui ait été entamée par les exploitations à flanc de coteau et soit actuellement accessible à l'observation ⁽¹⁾.

Cependant, le quartz qui constitue la gangue filonienne des masses et cristaux de ferbérite montre fréquemment de minuscules inclusions fluorescentes. Dans le cas du quartz des filons de Kifurwe et Bumbogo, nous avons pu vérifier qu'il s'agit bien de *scheelite*.

Lorsqu'on brise les masses de ferbérite, on constate qu'elles sont poreuses, les pores et petites géodes s'agrandissant vers le centre des cristaux, au point de donner l'aspect d'une éponge cloisonnée. Les pores et géodes sont comblés partiellement ou complètement soit par de l'anthoinite ($W_0_3 \cdot 2 Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), soit par de la tungstite ($W_0_3 \cdot H_2O$).

Ces aspects ont été décrits par N. VARLAMOFF [16], dans le cas où le remplissage des pores est formé d'anthoinite cryptocristalline. Constatant que la ferbérite microcristalline se présente en réseau de veinules recoupant la masse blanche d'anthoinite, cet auteur avait conclu que ce dernier minéral ne provient pas de l'altération de la ferbérite et que celle-ci lui est postérieure. L'anthoinite serait donc un minéral primaire.

Cette ancienne interprétation est à abandonner. La structure en question résulte de la ferbératisation de scheelite, la métasomatose (par échange de Fe contre Ca) progressant à partir de cli-

⁽¹⁾ La scheelite a été rencontrée fréquemment, en petites quantités, dans les filons stannifères du Kivu (par exemple Nzombe), du Ruanda (Katumba) et du Katanga (Mitwaba), de même que dans les filons aurifères mésothermaux de Watsa. Elle a même été signalée dans des alluvions (Chombio, Mine des Kibara, Katanga).

D'après A. PRIGOGINE, les seuls filons où l'on ait pu exploiter quelques tonnes de scheelite sont ceux de Butsha, dans l'Ituri [13].

vages et craquelures. La scheelite résiduelle ne résiste guère à l'altération superficielle et se transforme en hydroxydes (tungstite ou anthoinite), avec lixiviation intégrale de la chaux.

Les 2 photographies juxtaposées de la *photo 1 planche I*, illustrent ce processus. La photo de droite montre la scheelite envahie par la ferbélite, dans un échantillon provenant de la bordure du petit massif de granite de Chombio (Mitwaba, Mts Kibara). La photo de gauche montre son équivalent oxydé (ferbélite et tungstite), en provenance du Bumbogo. L'association ferbélite-anthoinite montre la même structure, notamment au mont Misobo (Kalima).

Dans le manteau éluvial, très développé au Ruanda, ne subsistent sous forme identifiable et récupérable que la ferbélite et de rares mixtes ferbélite-anthoinite. Les hydroxydes pulvérulents sont incorporés sous forme invisible dans les terres éluvionnaires, ou encore dissous et ensuite reprecipités ou adsorbés dans les hydroxydes de fer et minéraux argileux. Les anomalies géochimiques qui en résultent se confondent avec celles dues à la décomposition des schistes encaissants à teneur anormale en tungstène.

IV. GÉOCHIMIE DU TUNGSTÈNE — GENÈSE DES GISEMENTS RUANDAIS.

La connaissance du *background* géochimique est indispensable pour l'étude de la genèse des gisements minéraux. Or, en ce qui concerne le tungstène, les données disponibles sur sa répartition et son abondance géochimiques sont rares dans la littérature. Les traités de Géochimie (RANKAMA et SAHAMA, 1949 ; GOLDSCHMIDT, 1954) se contentent de constater cette carence.

WILSON et FIELDER (1944) renseignent, comme contenu normal d'un schiste, 1-2 ppm de tungstène [20].

Tout récemment (1958) des chercheurs russes VINOGRADOV, VAINSHTEIN et PAVLENKO [19] ont apporté des données intéressantes sur la répartition du tungstène et du molybdène dans les roches éruptives. Après avoir constaté que la géochimie du tungstène est mal connue, ces chercheurs pensent qu'elle doit être analogue à celle du molybdène, un peu mieux connue. Dans la phase hydrothermale des différences apparaissent entre les deux métaux, Mo étant plus sidérophile et chalcophile que W, ce qui s'explique

par les chaleurs de formation différentes de leurs sulfures et oxydes. Cependant la molybdénite contient toujours du W et la scheelite et la wolframite du Mo. Les lacunes de nos connaissances sur la géochimie du tungstène sont dues à l'insensibilité relative du spectrographe pour cet élément. La sensibilité limite est de 5 ppm à 10 ppm pour W, contre 1 ppm pour Mo, ce qui oblige à procéder par concentration chimique préliminaire.

Les moyennes statistiques des analyses russes sont :

Roches	ultrabasiques	basiques	intermédiaires	granitiques
Mo	0,23 ppm	2,20 ppm	1,10 ppm	1,60 ppm
W	0,77 ppm	0,85 ppm	1,90 ppm	2,40 ppm
Mo/W	0,29	2,5	0,56	0,7

Pour la composition moyenne de l'écorce, il est avancé

W 2 ppm

Mo 1,5 ppm

Un travail (1959) de JEFFERY [8] se rapporte à une région voisine du Ruanda. Il est basé sur la détermination de la teneur en W de 273 échantillons de roches et minéraux répartis sur toute l'étendue de l'Uganda. Toutes les déterminations ont été faites au moyen d'une méthode spectrophotométrique, que l'auteur du travail expose et dont il discute la précision qui dépend largement des quantités de molybdène présentes dans les échantillons. Les résultats obtenus sont les suivants :

	Nombre d'échantillons analysés	Moyenne arithmétique des teneurs	Moyenne géométrique des teneurs
Roches granitiques (Singo exclu)	58	1,4 ppm	1,2 ppm
Roches basiques	11	5,2 ppm	3,9 ppm
Roches ultrabasiques	17	10,0 ppm	5,7 ppm
Roches sédimentaires	77	9,1 ppm	3,6 ppm

Il faut ajouter que les granites de la région minéralisée de Singo sont plus riches (7,7 à 12 ppm de W) et que si on les prend en considération, l'abondance du tungstène dans les roches granitiques de la région examinée s'établit à 2,1 ppm (moyenne arithmétique).

Quant aux roches sédimentaires, JEFFERY a trouvé de très fortes teneurs, jusque 128 ppm, dans des roches du *Karagwe-Ankolean System* (correspondant à notre système de l'Urundi), tandis que la moyenne arithmétique des roches du *Basement complex* (correspondant à notre système de la Ruzizi) n'est que de 1,2 ppm.

Les roches carbonatées ont une teneur en tungstène inférieure à celle des sédiments argileux et siliceux, sauf pour quelques carbonatites, dont la teneur est analogue à celles des roches ultrabasiqes avec lesquelles elles sont associées.

Quant aux minéraux, le quartz et le feldspath des granites ne contiennent que 0,1 ppm de tungstène. Dans les roches silicatées le tungstène est contenu dans les minéraux accessoires : magnétite, hématite, ilmenite, rutile. Certains rutilites des pegmatites du district de Kigezi ont donné jusque 2000 ppm W. Les minerais de manganèse des régions minéralisées sont également riches en W.

Ce qui nous intéresse particulièrement, c'est l'examen de 10 échantillons de phyllades graphitiques de la mine de ferbélite de Ruhizha, qui ont donné 23 ppm (moyenne arithmétique) et 19 ppm (moyenne géométrique). Nous avons déjà cité ci-dessus (p. 9) le travail de PARGETER sur cette mine, travail dans lequel on trouve des arguments irréfutables en faveur d'une origine sédimentaire du tungstène. JEFFERY par contre écrit [8, p. 286] :

« Il y a une association du tungstène avec des roches contenant du graphite mais comme, en même temps, il existe des minéralisations en tungstène là où cette association a été notée, il n'est pas possible, en se basant seulement sur la distribution du tungstène, de décider si c'est la minéralisation qui a également enrichi en tungstène les roches encaissantes ou si des roches à haute teneur en tungstène ont fourni le matériel pour la formation des dépôts minéraux ».

Cette opinion est toutefois contredite plus loin car, examinant l'évolution géochimique du tungstène, JEFFERY admet que les roches basiques pourraient constituer la source initiale de dispersion du tungstène, dont le dépôt ultérieur, avec des sédiments, serait conditionné, ou largement facilité, par l'existence d'adsorbants présents en solution, comme manganèse ou hydroxydes ferriques. Et il conclut [8, p. 293] :

« Ceci peut expliquer l'association tungstène-graphite dans les schistes graphiteux du système Karagwe-Ankole du Kigezi, le tungstène

tène ayant été adsorbé par la matière organique présente dans le bassin de dépôt ».

En conclusion JEFFERY admet l'existence dans le district minier de Kigezi (Uganda) de gisements de wolframite épigénétiques et de gisements de ferbélite syngénétiques. Les wolframites épigénétiques se caractérisent par une teneur en MnO qui décroît avec la profondeur, phénomène qui s'explique par le rayon ionique $r = 0,74\text{Å}$ de Fe^{++} , plus petit que celui de Mn^{++} , qui est de $0,80\text{Å}$. Au début le fer est incorporé de préférence dans des tungstates de Fe-Mn, d'où enrichissement en Mn des solutions résiduelles et augmentation de la proportion du Mn dans les minéraux formés ultérieurement. Par contre, la ferbélite syngénétique, associée aux schistes graphiteux du Karagwe-Ankole, ne montrerait d'après JEFFERY que peu ou pas de variation de la teneur en Mn avec la profondeur.

* * *

Les observations et études dont nous venons de faire état nous paraissent montrer à l'évidence que le tungstène des schistes graphiteux de l'Urundi (= Karagwe-Ankole) est bien syngénétique. Il nous paraît utile de rapporter ici le cas des dépôts salins du Searles Lake (Etats-Unis) [4]. Il s'agit d'une dépression lacustre quaternaire dans le coin NE du Désert de Mojave, sorte de lac salé fossile, dont le fond est formé, sur 0 à 120 pieds, d'alternances de boues argileuses et de sels solubles complexes. Le mélange de sels présente 47 % de vides, occupés par une saumure saturée. La réserve totale de sel est de l'ordre de 3.10^9 tonnes. CARPENTER et GARRETT donnent pour la saumure la composition suivante :

NaCl	16,10 %	Na ₂ S	0,12 %
Na ₂ SO ₄	6,75 %	Na ₃ AsO ₄	0,05 %
KCl	4,90 %	Br	0,085 %
Na ₂ CO ₃	4,75 %	Li ₂ O	0,018 %
Na ₂ B ₄ O ₇	1,58 %	WO ₃	0,007 %
Na H CO ₃	0,15 %	I	0,003 %
Na ₃ PO ₄	0,14 %	F	0,002 %

Il y existe donc une teneur de 70 ppm en WO₃, donnant une réserve de 170.10⁶lb de WO₃, égale à l'ensemble des autres réserves de tungstène reconnues aux Etats-Unis. Ce tungstène reste en solution à cause de la forte solubilité de la scheelite (valeur de

saturation 0,2 g/100 g d'eau) et des tungstates complexes en milieu alcalin. Par contre, l'acide tungstique est très insoluble et n'importe quel acide précipite l'hydrate tungstique de cette solution. Des gisements de wolframite et scheelite, peu importants, existent dans le bassin d'alimentation du Searles Lake, tel qu'il fonctionna au quaternaire, pendant les glaciations. Ce que nous désirons surtout faire remarquer, c'est que le métamorphisme d'un tel bassin sédimentaire lacustre ferait disparaître les sels solubles et laisserait un schiste à teneur anormale en P, B et W.

Il s'agit à Searles Lake de formations continentales. L'étude des fonds marins livre des renseignements qui se rapportent plus directement aux schistes noirs du Ruanda et de l'Uganda.

Les expéditions du navire *Vitjaze* ont fourni 189 échantillons de la couche superficielle des sédiments actuels de la mer d'Okhotsk [6]. En règle générale, les fortes teneurs en W_3O_8 se trouvent soit dans des sédiments ferrugineux et manganésifères (jusque 90 ppm dans des sables à magnétite), soit dans des sédiments argileux très fins.

On sait que l'oxyde de tungstène se coagule avec les oxydes hydratés de Fe et Mn, au même titre que le titane et le vanadium.

Dans les carottes prélevées dans les sédiments de la mer d'Okhotsk, la teneur en W_3O_8 croît normalement avec la profondeur, c'est à dire avec le degré de tassement et de diagenèse. Par exemple, si la couche superficielle contient 15 à 20 ppm W_3O_8 , on trouve 20-25 ppm à 5 mètres et 30 ppm à 27 mètres de profondeur.

Lorsque la géochimie du tungstène sera mieux connue, il apparaîtra probablement, à l'exemple d'autres éléments, que ce métal est très répandu, aussi bien dans les sédiments que dans les roches éruptives acides et basiques, mais qu'il montre, *régionalement*, un *back-ground* anormalement élevé. Nous avons cité le cas de l'Uganda, où les minéralisations exploitables se cantonnent dans le district de Kigezi. Les études de JEFFERY ont montré que *toutes* les roches y sont caractérisées par une teneur anormale en tungstène. Celle-ci transcende en quelque sorte les limites géologiques, de sorte que l'on peut parler d'une province géochimique du tungstène. Celle-ci se prolonge d'ailleurs au Ruanda.

Il semble normal que dans une telle région puissent prendre

naissance des concentrations locales, notamment sous forme de gisements filoniens. Ceux-ci peuvent s'être formés soit par des phénomènes voisins de la sécrétion latérale, soit à l'intervention de phénomènes hydrothermaux d'origine magmatique. Dans les deux cas le contrôle est structural, lié à une tectonique cassante, pour la zone que nous étudions.

La mise en place d'un massif granitique dans une telle région entraînera la formation d'une auréole métallifère, comportant des gisements de wolfram pegmatitiques et hydrothermaux de haute température. La conception classique des zones métallifères autour d'une roche mère granitique, n'est pas en opposition avec la notion d'anomalies géochimiques régionales, ni avec celle de couches sédimentaires à teneurs anormales en tungstène syn-génétique.

Ces teneurs sont liées à la sédimentologie et la paléogéographie. Les ignorer conduirait à engager la prospection sur une fausse voie, tout autant que pour la recherche de l'uranium, du cuivre, du zinc et du plomb. La littérature géologique de ces dernières années le démontre abondamment.

V. ASPECTS MÉTALLOGÉNIQUES

Dans l'étroite bande à gisements de ferbélite qui nous occupe, les intrusions granitiques ne jouent pas de rôle. Les filons de quartz à ferbélite y sont très monotones et, à part la ferbélite, ne contiennent en général qu'un peu de mica blanc à faciès de séricite. Ils ne semblent exercer aucun métamorphisme sur leurs parois, formées en majeure partie de séricitoschistes ayant le degré de métamorphisme normal du Système de l'Urundi. Rarement, comme à Bahati, apparaissent dans les filons des feldspaths et de la tourmaline. En résumé, la minéralogie des filons ne diffère guère de celle des roches encaissantes, compte tenu du degré de métamorphisme épizonal atteint par celles-ci.

On sait que la ferbélite peut se fermer par voie hydrothermale à des températures relativement basses (zone épithermale) et présenter des textures d'origine colloïdale.

La transformation scheelite-ferbélite peut s'être effectuée à n'importe quel moment après la formation de filons et filonnets de quartz à scheelite dans les fissures des massifs tectonisés.

L'environnement de ceux-ci est essentiellement riche en fer et pauvre en chaux. Il n'est pas nécessaire d'invoquer des eaux d'origine magmatique qui auraient opéré cette transformation.

Reste le problème du mode de formation des filons à scheelite primitifs. Nous avons vu qu'ils étaient liés aux teneurs géochimiques en tungstène des roches encaissantes. Mais il se pose un problème de température de formation. La scheelite est en effet considérée souvent comme un minéral hydrothermal de haute température. Rappelons son association fréquente aux paragenèses de la cassitérite, son existence dans des pegmatites et la fréquence de son association aux tactites métamorphiques. Au point de vue économique, les principaux gisements de scheelite sont du type pyrométasomatique (calcaires silicatés).

En regard de ces associations métallogéniques de température élevée, il faut cependant citer la fréquence de la scheelite dans des filons mésothermaux et son association éventuelle aux métaux caractéristiques des filons épithermaux. Citons le cas du gisement de scheelite d'Atolia (Californie) où des masses importantes de ce minéral se trouvent dans une gangue de quartz et de carbonates avec sporadiquement or, pyrite, stibine et cinabre. L'association aux filons or-argent-stibine est souvent constatée, notamment aux Etats-Unis, en Bolivie, en Nouvelle-Zélande. Les gangues filoniennes de la scheelite, outre le quartz, comprennent les carbonates de calcium, de magnésium, de fer, de manganèse, la barytine, la fluorine et la calcédoine.

Il semble donc bien que la scheelite puisse se former dans des conditions très diverses de température, de pression et d'association.

VI. CONCLUSIONS

Il existe, au Ruanda central, une région dont le *back-ground* géochimique du tungstène est anormalement élevé. Dans cette région existe un long alignement de gisements de tungstène, strictement enchâssés dans une unité stratigraphique bien déterminée. Leur minerai est une ferbélite de rapport h/f très faible, ce qui paraît indiquer une formation à basse température. La scheelite n'est pas absente.

Les faits d'observation que nous avons présentés tendent

tous à imposer l'idée d'un dépôt sédimentaire *syngénétique* de tungstène dans certains niveaux de schistes graphiteux, avec remise en mouvement et concentration ultérieure, *épigénétique*, dont le contrôle est entièrement structural.

L'étude géochimique très récente de P. G. JEFFERY, sur les gisements de l'Uganda, d'après laquelle il y existe de la ferberite syngénétique, associée aux schistes graphiteux du Karagwe-Ankole, ainsi que de la wolframite épigénétique, appuie ces conclusions.

Ce sont ces données de base qui nous paraissent constituer la meilleure hypothèse de travail à mettre en œuvre par ceux à qui incomberait la reprise de l'exploitation, de la prospection et de l'étude de la zone wolframifère ruandaise. Comme l'a aussi écrit le Professeur ROUTHIER, il faut renoncer « à la facile évocation de la source magmatique traditionnelle », car, au Ruanda, le géologue-prospecteur risque un échec s'il conduit ses recherches avec un tel *a priori*. Il devra commencer par chercher les conditions du dépôt primaire dans les sédiments privilégiés et ensuite suivre la migration et les concentrations locales au cours de la diagenèse et des déformations postérieures.

Toutefois, nous pensons également qu'il ne faut pas opposer l'existence de séries sédimentaires à teneurs élevées en tungstène syngénétique à la formation de gisements de wolfram pegmatitiques et hydrothermaux de haute et moyenne température. Une intrusion granitique, superposant un gradient thermique aux premières, peut conduire à la formation des seconds, disposés en auréoles métallifères, suivant la conception classique.

VII. TENEUR EN CARBONE DES SCHISTES GRAPHITEUX

Les schistes enchâssant les gisements de tungstène dans la région étudiée sont normalement qualifiés de schistes graphiteux d'après leurs caractères extérieurs : leur couleur foncée, le fait qu'ils laissent une trace, qu'ils écrivent, sur le papier. Nous n'avons pu trouver, dans la littérature, aucune justification plus précise de cette désignation. En lame mince sous le microscope, on observe une pigmentation noire, paraissant abondante, mais si finement dispersée qu'il n'est pas possible de l'identifier.

M. R. VAN TASSEL, Directeur de laboratoire à l'Institut royal

des Sciences naturelles de Bruxelles, a bien voulu se charger d'étudier ces schistes. Nous l'en remercions vivement.

Trois échantillons de schiste ont été examinés à son laboratoire quant à leur teneur en carbone. Le dosage a été effectué suivant la méthode d'oxydation, par voie humide, en présence d'acide chromique et d'acide sulfurique, suivie de la gravimétrie, par absorption, du CO_2 dégagé.

Les résultats obtenus sont les suivants :

— Schiste du Bumbogo (roche très tendre)	1,13 % C;
— Schiste de Nyamulilo, Uganda, à stratification visible (roche relativement dure)	0,30 % C;
— Schiste de Nyamulilo, Mine Bjordal, Uganda (roche tendre)	1,59 % C.

Ce dernier échantillon a déjà fait l'objet d'une étude au sujet de la distribution du tungstène [7].

Afin de préciser la nature minéralogique de la substance carbonée, le dernier schiste a été soumis à des attaques répétées, à chaud, par les acides fluorhydrique et chlorhydrique concentrés. Le résidu noir a donné un radiogramme de poudre correspondant à celui du *graphite*.

Il s'ensuit que les schistes étudiés, exclusivement formés de séricite orientée (voir p. 34), sont des *séricito-schistes graphiteux*.

Il est intéressant de faire remarquer qu'il ne faut qu'une teneur relativement faible en graphite, lorsque sa dispersion est suffisante, pour donner à une roche une coloration très foncée et lui permettre de laisser une trace sur le papier.

VIII. SITUATION ÉCONOMIQUE

L'importance du wolfram dans l'ensemble de la production minière du Ruanda-Urundi est donnée par le tableau ci-dessous ⁽¹⁾.

TABLEAU 2. — Importance du wolfram dans l'ensemble de la production minière du Ruanda-Urundi.

Années	Production tonnes	% WO ₃	Valeur unitaire de réalisation F/t	Valeur totale en milliers de F	% dans l'ensemble de la production minière
1948	203	65	60.900	12.363	7,70
1949	200	50	50.892	10.178	5,50
1950	165	50	74.269	12.254	6,00
1951	277	50	239.000	66.232	18,60
1952	466		200.900	93.619	25,40
1953	635		147.000	93.345	24,80
1954	732		132.610	97.070	28,00
1955	790	65	111.310	87.935	25,40
1956	797	65	112.800	89.901	26,70
1957	668	65	63.290	42.278	15,90
1958	234	65	37.440	8.761	4,90

En 1958, la chute des cours du wolfram avait obligé plusieurs producteurs de cesser toute activité. Cette situation s'est maintenue en 1959. En effet, comme l'écrit si judicieusement AHLFELD, la plupart des petits producteurs de minerai de wolfram, où qu'ils se trouvent situés dans le monde, travaillent «*von der Hand in den Mund*». La chute des cours sous la limite de rentabilité conduit inmanquablement et immédiatement à la fermeture des mines.

Plus que pour tout autre métal, le diagramme de variation des cours du wolfram montre des pointes fiévreuses, strictement liées aux événements politiques. Pendant les 30 dernières années le cours le plus élevé atteint par ce métal vaut 14 fois son cours le plus bas. Ces variations rendent impossible toute prévision de quelque durée pour les exploitations wolframifères. Une entente

(¹) Valeurs extraites des études de A. VAES [15] et F. AHLFELD [1].

internationale pour la régularisation du marché, comme il en existe une pour l'étain, s'est avérée impossible pour le wolfram : il s'y oppose le grand nombre de producteurs, les intérêts divergeants de beaucoup de gouvernements, les lois en vigueur aux États-Unis.

Dans l'ouvrage du Dr AHLFELD on trouvera une revue très complète et à jour de la position de ce métal ; historique, géochimie, minéralogie, métallogénie, métallurgie, utilisation, variations des cours, marchés, réserves mondiales. On y constate que, pendant les années 1955-1956, où les prix ont été favorables, la production de minerai de tungstène du Congo et du Ruanda-Urundi a représenté 4 % de la production du monde occidental, le Ruanda y intervenant pour la moitié.

Le cours des wolframites est donné par unité de W_0_3 , une unité représentant 1 % de W_0_3 en une tonne longue. De 620 sh, cours le plus haut atteint début 1951, lors du *boom* de Corée, on ne cotait plus que 92 sh début 1958 et à peine 60 à 65 sh en septembre-octobre de cette année. Les cours ont remonté ensuite rapidement mais pour plafonner à 100 sh à fin 1958 et redescendre à moins de 90 sh début 1959.

Même au cours de 100 sh la valeur carreau-mine d'une tonne de minerai wolframifère du Ruanda, à 65 % W_0_3 , ne s'établit qu'à environ 38.800 F, dans l'hypothèse où le gouvernement ne prélève aucun droit de sortie. Cette valeur est largement inférieure, pour la teneur moyenne des gisements et dans les conditions économiques actuelles du pays, au coût d'extraction de la tonne de minerai. De plus, dès que le minerai pourra être vendu et exporté, un droit de sortie gouvernemental sera rétabli. On peut estimer à 140 sh le cours mondial minimum permettant à une exploitation wolframifère au Ruanda de couvrir ses frais, tout droit de sortie restant supprimé.

Or, le marché mondial du wolfram est actuellement dominé par :

1^o. Les mines boliviennes, coréennes, chinoises, subsidiées et contrôlées par les gouvernements respectifs et dont l'intervention est souvent dictée par des buts politiques ;

2^o. L'U.R.S.S., qui offre périodiquement sur le marché des minerais de bonne qualité à des prix inférieurs aux quotations officielles ;

3°. Dans un sens contraire, les Etats-Unis ont abandonné la politique de subside aux producteurs domestiques ; la plupart de ces derniers ont de ce fait arrêté l'exploitation de leurs gisements. En cas de nouveaux besoins, les Etats-Unis devront faire appel aux producteurs étrangers, à moins de réintroduction d'une politique de subsides aux producteurs domestiques.

Après la période de faibles cours, qui dura du début 1959 jusqu'à la mi-septembre de la même année, on enregistra à cette dernière époque une hausse spectaculaire, menant le cours à 162 sh. Ce ne fut toutefois qu'une pointe momentanée. Fin septembre il redescendit à 140, mi-novembre à 120, remonta fin novembre à 148, pour se maintenir à ce niveau, avec de légères fluctuations, jusqu'à la mi-mai de l'année en cours (1960). Depuis cette dernière date il subit une ascension, très lente mais continue, l'ayant amené à 163/6 sh le 15 juin. Ce cours correspond à 79.000 F B pour une tonne de minerai à 70% de W₀₃.

Depuis quelques années, de nouveaux procédés de fabrication de tungstène métal en poudre ont été développés. De nouveaux usages, à grande échelle, paraissent possibles pour ce tungstène en poudre, principalement dans le domaine de la navigation spatiale. On estime à 2.600.000 \$ le montant des dépenses de recherche sur le tungstène aux Etats-Unis en 1959, dépenses qui n'auraient été engagées qu'à concurrence de 40 % par des organismes de recherche gouvernementaux ; 60 % l'ont été par des sociétés privées qui ont mis au point de nouvelles techniques de fabrication améliorées et agrandi leurs unités de production. Une mine à l'arrêt y a été redémarrée pour alimenter en minerai une nouvelle usine et le développement des achats de minerai étranger serait prévu (1).

Il n'est donc pas impossible qu'une période de large emploi s'ouvre pour le tungstène, permettant aux mines ruandaises une reprise d'activité.

* * *

Le *tungsten belt* ruandais a été peu étudié en dehors des gisements qui ont donné lieu à exploitation et dont la découverte est plutôt l'œuvre du hasard que de prospections géné-

(1) Voir *World Mining*, vol. 13, n° 5, Avril 1960, p. 90.

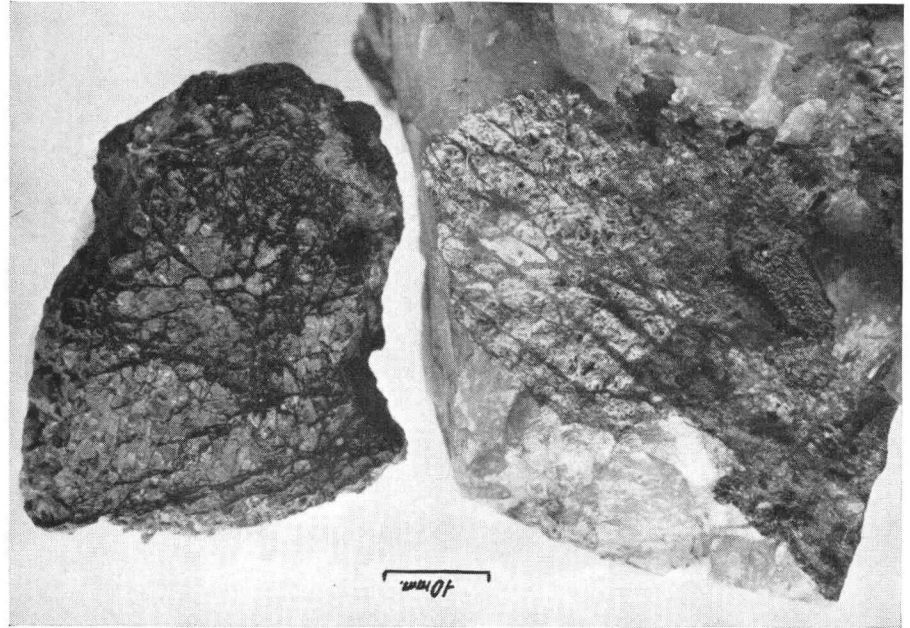
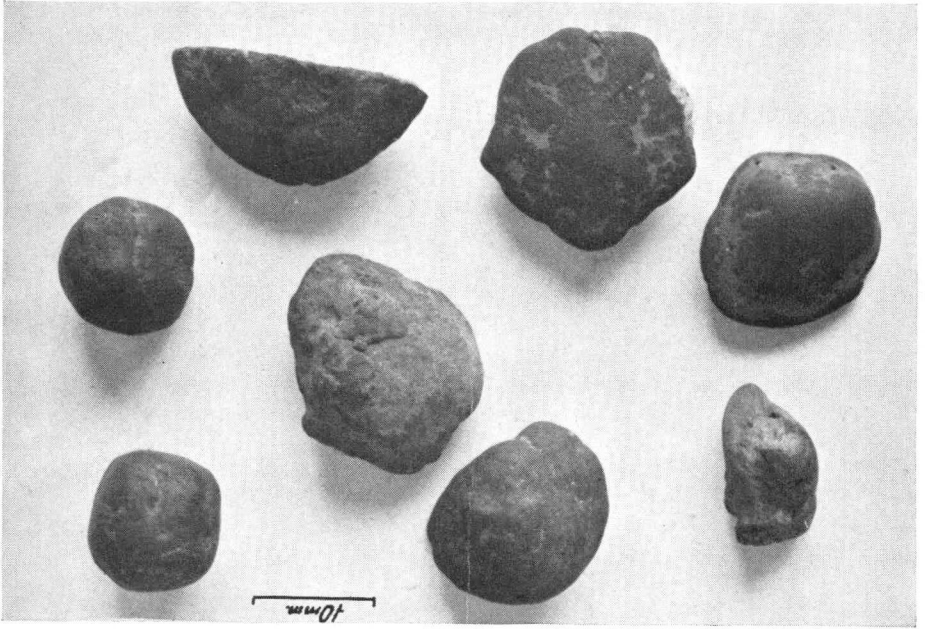


PLANCHE I.

PHOTOGRAPHIE 1.
 À droite, schéelite envahie par la ferberite (gisement de Chombio, Mine des Kibara, Katanga) ;
 À gauche, même structure, mais la schéelite est complètement altérée en hydrate tungstique (Ruanda).



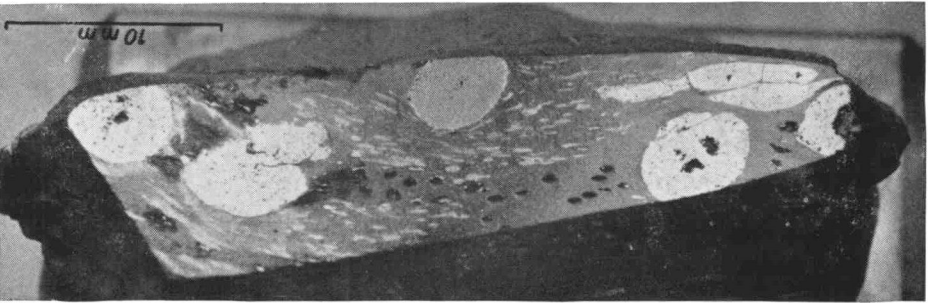
PHOTOGRAPHIE 2.
 Nodules de ferberite microcristalline (Mine de Nyamulilo, Uganda).

PLANCHE II



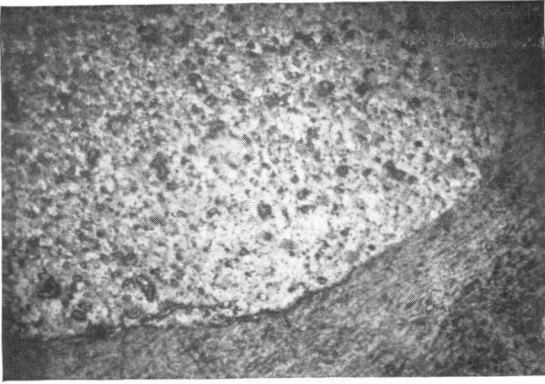
PHOTOGRAPHIE 2.

Nodule de ferbélite dans le schiste ; auréoles de pression quartzenses (Mine de Nyamulio, Uganda).



PHOTOGRAPHIE 4.

Schiste à nodules de ferbélite ; surface polie (Mine de Nyamulio, Uganda).



MICROPHOTOGRAPHIE 5.

Nodule de ferbélite, $\times 40$.

rales systématiquement conduites. Ses réserves ne sont pas connues et les exploitations se sont contentées de vivre sur le développement des premières découvertes. Les terrains wolframifères du Ruanda représentent une importante richesse potentielle qu'il faudra étudier attentivement dès que les circonstances économiques redeviendront favorables. Nous espérons que la contribution que nous apportons à la connaissance de ces gisements et à leur localisation, tout comme l'hypothèse de travail que nous avançons, seront alors utiles à ceux qui devront en organiser l'étude systématique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] AHLFELD, F. : Zinn und Wolfram. Die metallischen Rohstoffe. Band 11 (Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart, 1958).
- [2] BAILLY, R. : Propriétés optiques du wolfram (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. 65, p. B.133 à 139).
- [3] DE DYCKER, R. : Les caractéristiques géologiques des gisements miniers du Ruanda (*Soc. belge de Géol. Pal. Hydr.*, Mem., n^{le} série in 4^o, n^o 3, 1949, pp. 47 à 61).
- [4] GRAYDON CARPENTER, L. & GARRETT, D. E. : Tungsten in Searles Lake (*Mining Engineering*, March 1959, pp. 301-303).
- [5] HOLMAN, R. H. C. & WEBB, J. S. : Exploratory Geochemical Soil Survey at Ruhiza Ferberite Mine. Sixth Commonwealth Mining and Metallurgical Congress. Montreal 1957. Methods and Case Histories in Mining Geophysics (Montreal, 1958).
- [6] ISSAIEVA, A. B. : Tungstène dans les dépôts de fond de la mer d'Okhotsk (*en russe*) (*Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, Leningrad, 1960, t. 131, N^o 2, pp. 416-419).
- [7] JEDWAB, J. : Note préliminaire sur la distribution du tungstène dans un schiste noir de Nyamulilo (Ouganda), (*Bull. soc. belge Géol. Pal. Hydr.*, 1958, t. 67, pp. 141-146).
- [8] JEFFERY, P. G. : The geochemistry of tungsten, with special reference to the rocks of the Uganda Protectorate (*Geochemica and Cosmo-chimica Acta*, Vol. 16, 1959, n^r 4, pp. 278-295).
- [9] LEUTWEIN, F. : Die Wolframit-Gruppe. Mineralogisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen (*Die Bergakademie, Freiburger Forschungshefte*, 1951, Heft 8, S. 8-19).
- [10] LHOEST, A. : Les différents types de filons de la concession Somuki à Rutongo (*Ann. Société géol. de Belg.*, 1957, t. LXXX, pp. B.503-530).
- [11] OELSNER, W. O. : Uber Erzgebirgische Wolframlagerstätten (*Berichte der Freiburger geol. Ges.*, 1944, 20, 44).
- [12] PARGETER, R. C. : The Ruhizha ferberite deposit, Kigezi (*Records of the geol. Survey of Uganda*, 1954 (publ. 1956), pp. 27-46).
- [13] PRIGOGINE, A. : Concentration des minerais de Wolfram et de Nb-Ta au Congo belge et au Ruanda-Urundi (*Acad. roy. des Sc. col.*, Bruxelles, 1956, 191 pp.).
- [14] THOMPSON, M. C. : a) Authorised report on Bahati Mines Ltd, Kigezi District (Uganda, 1952); b) Kirwa Wolfram Mine Ltd (Kigezi District, Uganda) (Authorised report, 1952).

- [15] VAES, A. : L'industrie minière du Congo belge et du Ruanda-Urundi (*Annales des Mines de Belgique*, N^{os} de mars 1950, 1951, 1952, 1953, 1954 et de novembre 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959).
- [16] VARLAMOFF, N. : Anthoinite, nouveau tungstate hydraté d'alumine (*Ann. de la Soc. Géol. de Belg.*, T. LXX, p. B.153-166, 1946-47).
- [17] — , Succession des minéralisations stannifères et wolframifères au Maniema (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, Liège, 1958, t. LXXXI, pp. B.-275-B.281).
- [18] — , Les gisements de tungstène au Congo belge et au Ruanda-Urundi (*Acad. roy. des Sc. col.*, Bruxelles, 1958, 81 pp.).
- [19] VINOGRADOV, A. P., VAINSHTEIN, E. E. & PAVLENKO, L. I. : Tungsten and Molybdenum in Igneous Rocks (as related to the Geochemistry of Tungsten) (*Geochemistry*, n^o 5, 1958, p. 497) (A translation of *Geokhimiya*).
- [20] WILSON, S. H. & FIELDS, M. : *Analyst*, t. 69, p. 12.

TABLE DES MATIÈRES

I. — Introduction	3
II. — Description des gisements	10
1. Bumbogo	10
2. Kifurwe	20
3. Ile Kidwa	24
4. Bugarama	24
5. Bahati	28
6. Kirwa	30
7. Nyamulilo	33
8. Gisements dans la province métallogénique occi- dentale	35
9. Bugambira	37
III. — Microstructure et altération de la ferbélite et de la scheelite	40
IV. — Géochimie du tungstène. — Genèse des gisements ruan- dais	41
V. — Aspects métallogéniques	46
VI. — Conclusions	47
VII. — Teneur en carbone des schistes graphiteux	48
VIII. — Situation économique	50
BIBLIOGRAPHIE	54
TABLE DES MATIÈRES	56

