

Étude préliminaire
de la zone d'altération radioactive de la pegmatite
de Kobokobo (Kivu),

par L. VAN WAMBEKE,
Laboratoire des Rayons X,
Centre d'Etude Nucléaire, Mol-Donk.

I. — INTRODUCTION.

La pegmatite de Kobokobo dans la région de Kamituga (Kivu) est exploitée principalement pour le béryl et la colombo-tantalite. Elle se compose surtout de feldspaths, orthose et albite, de quartz et d'une zone centrale plus riche en mica blanc. Les minéraux accessoires comme le béryl et la colombo-tantalite apparaissent, en général, dans des poches. La pegmatite contient en outre un peu d'amblygonite et de la cyrtolite uranifère. Quelques minéraux uranifères comme l'autunite et la « gummite » sont assez fréquents dans ce gisement, l'uraninite est plus rare.

La zone d'altération de cette pegmatite qui fait l'objet de la présente étude comprend des minéraux phosphatés et oxydés. Ce gisement appartient à la Société Minière des Grands Lacs, que je tiens à remercier ici pour l'aide apportée à cette étude.

II. — METHODES D'ÉTUDE.

La combinaison d'une série de méthodes d'analyse a permis une identification des minéraux.

Nous avons utilisé un diffractomètre General Electric XRD3 et un microscope polarisant Zeiss pour la détermination des minéraux. D'un autre côté, la composition chimique des différents échantillons a été établie au moyen de l'analyse spectrographique par fluorescence X et de tests microchimiques. Grâce à la combinaison de ces différentes méthodes, l'étude a pu être effectuée dans un laps de temps très court.

III. — DESCRIPTION DES MINÉRAUX DE LA ZONE D'ALTÉRATION RADIOACTIVE.

Il est intéressant d'exposer ici les premiers résultats des recherches sur la zone altérée du gisement. Cette dernière possède non seulement une radioactivité assez élevée (plus de 0,5 % U_3O_8) mais également une association spéciale Al-U.

Nous signalons aussi que la liste des minéraux mentionnés ici et provenant de la zone d'altération du gisement est loin d'être complète et que les échantillons étudiés étaient fort altérés. Les minéraux qui composent les échantillons sont :

- 1° La limonite et la barrandite?;
- 2° Un wad alumineux, la lithiophorite;
- 3° La céruléolactite;
- 4° Un phosphate hydraté d'Al assez riche en U : l'évansite.
- 5° La tourmaline;
- 6° La cyrtolite.

Les deux derniers sont englobés dans la roche altérée.

1° La limonite et la barrandite ?

La limonite très fréquente est associée à des nodules d'un wad alumineux et provient, tout au moins en partie, de la décomposition d'un phosphate de fer et d'aluminium qui semble correspondre à de la barrandite. La présence de limonite (hydrogoethite) a été confirmée par diffraction aux rayons X. Les valeurs de d trouvées en fonction de l'angle 2θ sont en Å 4.18, 2.71, 2.47, 1.47 [1].

Nous avons obtenu les mêmes valeurs de d pour une goethite et son enduit de limonite (goethite cryptocristalline). En plus

(1) Des échantillons moins altérés permettraient une identification exacte des phosphates.

des raies de la limonite, il subsiste notamment une raie à 3,32 Å qui pourrait bien correspondre à celle de la série variscite $[\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ -barrandite-strengite $[\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$. L'analyse spectrographique par fluorescence X a montré une grande abondance de fer et de faibles teneurs en Mn, U (environ 0,55 % U_3O_8) et As. D'autre part, au microscope polarisant on distingue :

a) En abondance de la limonite opaque rougeâtre, à indices variables compris entre 1,80 et 2,00;

b) Un minéral anisotrope, prismatique de couleur brune à jaunâtre, difficilement déterminable à cause des enduits de limonite.

Il possède une extinction droite; il est faiblement pléochroïque probablement biaxe, et son allongement est positif.

Ses indices sont compris entre 1,56 et 1,63.

Les tests microchimiques [2] ont montré la présence de l'anion PO_4^{3-} dans la partie ferrugineuse, couleur rouille de l'échantillon.

L'anion phosphate a été déterminé :

1° Après mise en solution par réaction avec le molybdate d'ammonium : on obtient un précipité jaune formé de petits cristaux arrondis ou octaédriques très réfringents;

2° Par réaction avec l'acétate de plomb : précipité blanc laiteux.

Le cation Al a été déterminé :

Par réaction dans les conditions appropriées avec la diphénylcarbazine : il apparaît des sphérulites et des disques fibroradiés brunâtres. On obtient en même temps un précipité amorphe violacé dû au fer.

Les tests pour le Ca ont été négatifs.

Notons également que la partie ferrugineuse est peu soluble dans HNO_3 mais se solubilise à chaud dans HCl . Ces différents essais montrent que nous avons dans la partie ferrugineuse un mélange de limonite et probablement de barrandite, minéral de composition intermédiaire entre la variscite et la strengite. La radioactivité de la partie ferrugineuse est due à des inclusions minuscules d'un minéral secondaire contenant de l'U.

2° **Le Wad alumineux** : la lithiophorite (Li, Al) $\text{MnO}_3\text{H}_2\text{O}$.

Les échantillons contiennent des nodules noirs d'un composé de Mn assez pulvérulent.

Une analyse par diffraction aux rayons X a montré que le seul composé de Mn qui correspond aux raies obtenues, est la lithiophorite.

Le tableau suivant donne les valeurs de d en fonction de 2θ et une comparaison des valeurs de d trouvées pour la lithiophorite analysée par WADSLEY [3, 1].

| Wadsley | | Minéral du Congo. Radiation $\text{CuK}\alpha$ | | |
|---------|-----|--|-----|-------|
| d | I | d | I | hkl |
| 9,45 | 50 | 9,40 | m | 001 |
| 4,70 | 100 | 4,70 | 100 | 002 |
| 3,12 | 35 | — | — | 003 |
| 2,39 | 35 | 2,375 | m | 004 |
| 1,88 | 50 | 1,88 | 95 | 005 |
| 1,51 | 20 | — | — | 105 |
| 1,45 | 10 | 1,449 | f | 111 |
| 1,23 | 20 | 1,232 | f | } 202 |
| 1,17 | 10 | 1,174 | f | } 114 |
| 1,15 | — | — | — | 008 |
| | | | | 115 |

f : raies faibles.

m : raies d'intensité moyenne.

On y trouve aussi quelques raies faibles de goethite cryptocristalline (limonite).

Une analyse par fluorescence X a donné les résultats suivants :

Élément dominant : Mn;

Éléments accessoires (au moins 5 %) : Fe;

Éléments accessoires (moins de 1 %) : U, Sr, As, Pb.

L'U se trouve dispersé dans la lithiophorite sous la forme d'un minéral secondaire uranifère et la teneur moyenne est de l'ordre de 0,5 % d' U_3O_8 .

Les tests microchimiques ont montré la présence d'un peu

de Si et d'une quantité notable d'Al (réaction avec la diphénylcarbazine).

D'autre part, une analyse spectroscopique effectuée par M. LIEVENS a permis de déterminer une teneur approximative en Li_2O de 1,3 % et a confirmé la présence d'un peu de Si et d'Al (teneur élevée).

Le minéral noir correspond donc bien à de la lithiophorite.

3° La céruléolactite $\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Un minéral blanc de dureté moyenne encroûte les trois minéraux précédemment décrits. Comme l'épaisseur de la croûte est très faible (quelques dixièmes de millimètre), il est difficile de l'obtenir dans un état relativement pur. Le minéral possède une fluorescence jaune-vert assez intense. Au microscope il se présente en plages incolores fibroradiées et renferme parfois des inclusions brunâtres de composés de fer. Le minéral possède une extinction droite et une biréfringence assez faible (blanc et jaune de 1^{er} ordre).

Les caractères optiques sont les suivants [4, 5] :

Uniaxe +.

n^g : 1.582 ± 0.001 .

n^p : 1.578 ± 0.001 .

D'autre part, l'analyse spectrographique par fluorescence X a donné les résultats suivants :

Le Fe et Mn s'y trouvent comme impuretés.

La teneur du minéral en U_3O_8 est de l'ordre de 0,5 %.

Des essais microchimiques ont montré qu'il s'agissait d'un phosphate d'Al. Par ses caractères optiques (uniaxe + et indices), ainsi que par sa composition chimique, il correspond à une céruléolactite faiblement uranifère.

4° Un phosphate hydraté d'Al assez riche en U : l'évansite.

Un minéral verdâtre encroûte également les oxydes et la barrandite. Il possède une fluorescence jaune-vert intense. Il est bothryoïdal et zonaire.

Au microscope, la disposition zonaire des couches successives se distingue très bien et les lamelles sont disposées perpendiculairement à ces couches. Le minéral est incolore à brunâtre (coloration due à la présence d'inclusions microscopiques ferrugineuses). Sa densité est de 2,03 à 20° C.

Les caractères optiques sont :

$$\begin{aligned} & \text{Uniaxe +.} \\ n^g &= 1.502 \pm 0.001. \\ n^p &= 1.498 \pm 0.001. \end{aligned}$$

Les zones colorées par le fer ont une biréfringence de 0.004 tandis que les zones incolores paraissent presque isotropes (biréfringence 0.002).

Le minéral ne donne pas de spectre de diffraction. Il se dissout lentement dans les acides à froid et facilement à chaud sans laisser de résidu, en général.

L'analyse spectrographique par fluorescence X a permis la détermination des éléments suivants :

- U : plus de 5 %;
- Pb : environ 0,1 %;
- As : teneur inférieure à 0,4 %;
- Fe : teneurs variables 1 à 2 % en général.

Les tests microchimiques ont donné les résultats suivants :

1. *Présence de l'anion PO₅⁴.*

a) Réaction avec le molybdate d'ammonium : formation de petits cristaux jaunes arrondis ou octaédriques, très réfringents caractéristiques.

b) Réaction avec l'acétate de Pb.

Précipité blanc laiteux avec apparition tardive de petites aiguilles.

2. *Présence d'Al.*

a) Le précipité obtenu par NaOH est soluble dans un excès de réactif.

b) Avec la diphenylcarbazide : formation de sphérulites et disques fibroradiés brunâtres caractéristiques.

c) La présence de quantités notables d'Al a d'autre part été vérifiée par analyse spectroscopique, le Be donnant les mêmes réactions que l'Al.

Une analyse chimique préliminaire (1) a été faite au labora-

(1) Cette analyse chimique a été faite avec une très petite quantité de matière et sera recommencée, après une analyse spectroscopique préalable, quand d'autres échantillons de ce minéral nous arriveront.

toire de chimie du C.E.A.N. Les résultats sont les suivants :

| | |
|-------------------------|----------|
| Al_2O_3 | : 38,36; |
| P_2O_5 | : 12,70; |
| H_2O | : 38,20; |
| UO_3 | : 6,90. |

M^{lle} MIGNON s'est occupé du dosage de l'Al par l'ériochrome cyamine et de celui du phosphore par le complexe phosphovanadomolybdate. M. MECHELYNCK a dosé l'U par spectrophotométrie et l'eau a été déterminée après traitement thermique. A cette analyse, il faudrait ajouter le Fe et l'As. Le minéral par sa composition chimique et ses propriétés optiques se rapproche de l'évansite [4, 5].

Il présente cependant certaines particularités :

- 1° Une teneur assez appréciable en U;
- 2° Des indices un peu plus élevés que ceux de l'évansite.
- 3° Il est faiblement anisotrope et uniaxe +.
- 4° Sa teneur en P_2O_5 est moins élevée que dans les évansites analysées antérieurement.

Remarquons cependant que certaines évansites présentent une faible teneur en U [7] et sont parfois anisotropes [4].

D'autre part, la présence d'U dans ce minéral a eu probablement pour effet de diminuer la teneur en P_2O_5 et d'augmenter les indices de réfraction.

5° La tourmaline.

La tourmaline se trouve englobée dans la masse altérée et est assez fréquente. Cette tourmaline appartient à la variété schorlite. Elle est manganésifère et zincifère.

Au microscope le minéral est pléochroïque (bleu foncé à incolore) avec une absorption transversale caractéristique (allongement négatif). Ce pléochroïsme bleu pourrait être celui des tourmalines zincifères.

Il est uniaxe négatif et ses indices sont :

- n^g : un peu supérieur à 1,66;
 n^p : environ 1,64.

L'analyse spectrographique par fluorescence X a donné les résultats suivants :

- Fe : pourcentage élevé;
 Mn : environ 2 %;
 Zn : environ 2 %.

La présence de Zn dans certaines tourmalines congolaises avait déjà été notée par J. JEDWAB [6].

6° La cyrtolite uranifère $Zr(SiO)_{4-x}(OH)_{4x}$.

La cyrtolite accompagne généralement la colombotantalite dans la pegmatite fraîche. Quelques rares cristaux sont englobés dans la roche altérée.

La densité du minéral est de 3,86 (1).

Une analyse spectrographique par fluorescence X a donné les résultats suivants :

Élément essentiel : Zr;

Éléments accessoires : U, Th, Y, Sr, Pb, Fe, Hf.

La teneur en U oscille autour de 2 % tandis que celle en Th est de l'ordre de 0,1 %. Le rapport Hf/Zr est très élevé : 0,096.

IV. — CONCLUSION.

La pegmatite de Kobokobo exploitée pour le béryl et la colombotantalite possède une minéralisation intéressante. On y note la présence de minéraux uranifères tels que uraninite, autunite, « gummite », colombotantalite et cyrtolite.

En outre, certains échantillons de la zone d'altération superficielle possèdent une radioactivité assez élevée.

Dans ce cas, l'U se trouve dispersé dans des oxydes (limonite, lithiophorite) sous la forme de très fines inclusions d'un minéral secondaire uranifère. D'autre part, on observe une association très particulière de l'U avec des phosphates d'aluminium tels que céruléolactite et évansite. Ce dernier minéral possède une teneur assez exceptionnelle en U.

Avril 1957.

(1) Les densités des cyrtolites sont en général inférieures à 4 tandis que celles des zircons sont supérieures à 4.

BIBLIOGRAPHIE.

1. A.S.T.M., 1955, Alphabetical and Numerical Indexes of X-Ray Diffraction Patterns.
 2. MASON and CHAMOT, 1953, Handbook of Chemical Microscopy. Ed. John Wiley & Sons.
 3. WADSLEY, 1950. (*Am. Min.*, 35, p. 494.)
 4. WINCHELL, 1951, Elements of optical mineralogy. Part II, Descriptions of minerals.
 5. FRONDEL, BERMAN and PALACE, Dana's system of mineralogy.
 6. JEDWAB, J., Thèse de doctorat U.L.B. : Les oligoéléments des pegmatites, 1953.
 7. FRONDEL, J. W. and FLEISCHER, M., 1955, Glossary of U and Th bearing minerals. (*U.S.G.S. Bull.*, 1009 F.)
-
-