

## La bukovite, $\text{Cu}_{3+x}\text{Tl}_2\text{FeSe}_{4-x}$ , une nouvelle espèce minérale

par ZDENĚK JOHAN,

Direction du Service géologique national, B. R. G. M., Orléans,

et MILAN KVAČEK,

Institut de recherches des minerais, Kutná Hora, Tchécoslovaquie.

**Résumé.** — La bukovite,  $\text{Cu}_{3+x}\text{Tl}_2\text{FeSe}_{4-x}$ , a été trouvée dans les gisements de Bukov et de Petrovice (Moravie) et dans le gisement de Předbořice (Bohême), Tchécoslovaquie. Quadratique, symbole de diffraction  $4/mmmI^{--}$ , avec :  $a = 3,976$ ,  $c = 13,70$  Å ;  $c/a = 3,447$  ;  $Z = 1$  ;  $d_x = 7,40$ . Les raies les plus intenses du diagramme de poudre sont : 2,998 (10) ; 2,600 (9) ; 2,255 (7) ; 1,987 (7) ; 1,771 (8) Å. Les analyses chimiques effectuées à la microsonde électronique conduisent à la formule  $\text{Cu}_{3+x}\text{Tl}_2\text{FeSe}_{4-x}$ , où  $x_{max.} = 0,28$ . Macroscopiquement, en grains gris-brun foncé à éclat métallique, avec un clivage parfait suivant (001). En section polie, gris clair, pléochroïsme faible, anisotropie moyenne. Microdureté (Vickers) : 61 kg/mm<sup>2</sup> (P = 10 g) ; 64 kg/mm<sup>2</sup> (P = 20 g). Pouvoir réflecteur (en %) : 26,0-29,5 (4 400 Å), 23,8-26,2 (6 400 Å). Nommée d'après le gisement type de Bukov.

*Bukovite,  $\text{Cu}_{3+x}\text{Tl}_2\text{FeSe}_{4-x}$ , a new mineral.*

**Abstract.** — Bukovite,  $\text{Cu}_{3+x}\text{Tl}_2\text{FeSe}_{4-x}$  was found at the Bukov and Petrovice (Moravia) ore deposits and in the deposit of Předbořice (Bohemia), Czechoslovakia. It is tetragonal, diffraction symbol  $4/mmmI^{--}$ , with  $a = 3,976$  ;  $c = 13,70$  Å ;  $c/a = 3,447$  ;  $Z = 1$  ;  $d_{calc.} = 7,40$ . The strongest lines of the powder pattern are : 2,998 (10) ; 2,600 (9) ; 2,255 (7) ; 1,771 (8) Å. Microprobe analyses gave a formula of  $\text{Cu}_{3+x}\text{Tl}_2\text{FeSe}_{4-x}$  with  $x_{max.} = 0,28$ . Macroscopically it forms grains of gray brownish colour with metallic luster ; cleavage perfect (001). In polished section it is pale grey ; birefractance weak, anisotropy medium. Microhardness (Vickers) : 61 kg/mm<sup>2</sup> (P = 10 g) ; 64 kg/mm<sup>2</sup> (P = 20 g). Reflectivity (%) : 26,0-29,5 (4 400 Å), 23,8-26,2 (6 400 Å). Named after the Bukov ore deposit.

### INTRODUCTION.

L'étude systématique des gisements à minéralisation sélénifère du massif de Bohême (Tchécoslovaquie) entreprise par l'un de nous (M. K.) a permis de trouver dans le gisement de Bukov (Moravie de l'Ouest), en quantité relativement importante, un minéral contenant du thallium. Ce minéral dont les propriétés ne correspondaient à aucun des minéraux de Tl connus, a été ensuite trouvé dans les autres gisements du massif de

Bohême, notamment à Petrovice (Moravie de l'Ouest) et à Předbořice (Bohême centrale).

Le nouveau minéral est nommé bukovite (prononcer Bükövitö, M. H. Hey, 1962) d'après le gisement de Bukov, où il a été découvert pour la première fois.

La description de ce nouveau minéral a été approuvée par la Commission tchécoslovaque des nouveaux minéraux, puis soumise à la Commission internationale qui l'a approuvée par 15 voix contre 0, nouveau nom par 13 voix contre 2.

## PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET OPTIQUES.

Les grains et les agrégats de bukovite (atteignant au maximum 2 mm) sont macroscopiquement, sur la cassure fraîche, de couleur gris brun foncé à noirâtre et présentent un éclat fortement métallique. Sous la loupe binoculaire, on peut observer un bon clivage suivant (001) et un clivage imparfait suivant (100). Les plans de clivage sont très souvent, par suite d'une faible dureté du minéral, fortement déformés.

En section polie, la bukovite se présente soit en grains isométriques (Bukov), soit en cristaux tabulaires, aplatis suivant (001) (Předbořice, Petrovice), toujours avec un clivage net selon (001). En lumière réfléchie, elle est gris clair, avec un faible pléochroïsme devenant plus franc à l'immersion (gris crème // à l'allongement, gris  $\perp$  à l'allongement des grains). Entre nicols croisés, la bukovite présente une anisotropie moyenne avec des effets de polarisation assez peu caractéristiques dans des teintes bleu gris à brunâtres. Le poli est très bon, malgré la faible dureté. La microdureté (Vickers) est égale à 61 kg/mm<sup>2</sup> (P = 10 g) ; 64 kg/mm<sup>2</sup> (P = 20 g), ce qui correspond approximativement à la dureté Mohs de 2. Étant donné que les empreintes de la pyramide de Vickers sont, probablement par suite du clivage, assez déformées, la précision des mesures de microdureté est assez faible.

Les pouvoirs réflecteurs de la bukovite ont été mesurés sur un appareil muni de photomultiplicateur, en utilisant SiC comme étalon. Les résultats de mesures sur deux grains pour les longueurs d'onde comprises entre 4 200 et 4 600 Å sont donnés dans le tableau I. Les divergences (relativement faibles) entre les valeurs  $R_{01}$  et  $R_{011}$ , peuvent être expliquées par une déformation plastique, d'ailleurs observable aux rayons X. Malgré cette divergence, il semble possible d'attribuer à ce minéral un signe de biréflexance positif.

Attaques spécifiques (durée de réaction 1 mn) :

HNO<sub>3</sub> 50 % posit. : eff. ; pellicule gris bleu, facilement éliminable. La couleur du minéral devient gris bleu.

FeCl<sub>3</sub> 20 % posit. : pellicule gris bleu à gris brun, non éliminable.

KCN 20 % posit. négat. : aux bords de la goutte, une pellicule brun gris, non éliminable.

HCl 50 %, HgCl<sub>2</sub> 5 % et KOH 40 % : tests négatifs.

La densité du minéral n'a pas pu être mesurée par suite de la faible quantité de matériel pur. En effet, les rares grains macroscopiques de bukovite n'ont été jusqu'à présent trouvés que dans le gisement de Bukov. Dans les autres gisements, on l'a décelée uniquement en sections polies, toujours intimement associée à d'autres séléniures.

TABLEAU I.

## Pouvoirs réflecteurs de la bukovite.

Étalon SiC (C. O. M.), monochromateur à prisme,  $\Delta\lambda = 3$  nm, PM, cathode S<sub>1</sub>, objectif 44/0,65 et illuminateur à prisme (compensation d'obliquité par  $\frac{R_{\perp} + R_{//}}{2}$ ).

PLAGE	1		2
	$R'_{\perp}$ (%)	$R_{01}$ (%)	$R_{011}$ (*) (%)
4 200	28,9	24,3	23,0
4 400	29,5	26,0	26,0
4 600	30,2	26,8	27,2
4 800	30,3	27,5	28,0
5 000	30,2	28,0	28,2
5 200	29,8	27,9	28,1
5 400	29,2	27,8	27,5
5 600	28,7	27,6	26,9
5 800	28,2	27,4	26,5
6 000	27,6	27,1	25,8
6 200	27,1	26,5	24,9
6 400	26,2	25,5	23,8

(\*) Plage isotrope.

## PROPRIÉTÉS CHIMIQUES.

L'analyse qualitative, effectuée à la microsonde électronique, a confirmé la présence de Cu, Fe, Tl et Se à l'exclusion de tout autre élément de nombre atomique supérieur à 5 (bore).

L'analyse quantitative de la bukovite provenant de Bukov et de Předbořice a été effectuée sur deux microsondes différentes (Geoscan II et Cameca), en utilisant comme témoins : les métaux (Cu, Fe, Tl, Se), Cu<sub>2</sub>Se et la lorandite (TlAsS<sub>2</sub>). Le résultat de quatre analyses est donné dans le tableau II. Le minéral présente un chimisme relativement constant qui conduit à la formule idéale suivante :



où  $x_{\text{max}}$  peut atteindre la valeur de 0,28.

TABLEAU II.

## Analyses chimiques de la bukovite.

	PŘEDBOŘICE (*)									BUKOV (**)		
	A			B			C			D		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Cu.....	20,8	0,327	3,18	21,8	0,343	3,28	21,0	0,330	3,14	20,3	0,319	3,12
Ti.....	42,2	0,206	2,00	42,3	0,207	1,98	42,2	0,206	1,96	42,1	0,206	2,01
Fe.....	5,6	0,100	0,97	6,0	0,107	1,02	6,0	0,107	1,02	6,0	0,107	1,04
Se.....	31,3	0,396	3,85	30,7	0,389	3,72	32,2	0,408	3,88	31,0	0,393	3,83
Totaux.....	100,9	1,029	10	100,8	1,046	10	101,4	1,051	10	99,4	1,025	10

(\*) Cameca ; R. Giraud, analyste.

(\*\*) Geoscan II ; Z. Johan, analyste.

1 : résultat d'analyse.

2 : rapports atomiques.

3 : nombre d'atomes par unité formulaire calculé sur la base d'un total égal à 10.

## PROPRIÉTÉS CRISTALLOGRAPHIQUES.

Un éclat monocristallin de bukovite a été étudié par la méthode du cristal tournant et de Weissenberg (Cu/Ni). Le minéral est quadratique, avec les paramètres suivants précisés à partir du diagramme de poudre :

$$a = 3,976 \pm 0,005 \text{ \AA}$$

$$c = 13,70 \pm 0,02 \text{ \AA}$$

$$c/a = 3,447 ; V = 217 \pm 1 \text{ \AA}^3 ; Z = 1 ; d_x = 7,40.$$

Le réseau est du type I, car les plans  $hkl$  ne sont présents que pour  $h + k + l = 2n$ . Les autres extinctions systématiques observées et la détermination du groupe de Laue ( $D_{4h}$ ) conduisent au symbole de diffraction  $4/mmmI$ ---. Les groupes spatiaux possibles de bukovite sont donc les suivants :  $D_{2d}^9-I\bar{4}m2$ ,  $D_{2d}^{11}-I\bar{4}2m$ ,  $C_{4v}^9-I4mm$ ,  $D_4^2-I422$ ,  $D_{4h}^{17}-I4/mmm$ . Le caractère des « cristaux » examinés n'a pas permis de procéder à une précision ultérieure du groupe spatial.

Le nombre de molécules dans la maille élémentaire a été apprécié en tenant compte des valeurs de densité des minéraux de composition voisine (crookesite). Nous jugeons nécessaire de

signaler un certain rapport entre les dimensions de la maille de bukovite et celles de  $\text{TiSe}$  ( $a = 8,036 \text{ \AA}$  ;  $c = 7,014 \text{ \AA}$  ;  $Z = 8$ ) (H. Hahn et W. Klinger, 1949). Le diagramme de poudre indexé de la bukovite est donné dans le tableau III.

## CONDITIONS DE GISEMENTS.

Les gisements de Bukov et de Petrovice sont situés dans la zone morave du moldanubien. Ils font partie d'une minéralisation sélénifère liée à des filons de carbonate traversant la série de gneiss et d'amphibolites. Dans le gisement de Bukov, le nouveau minéral a été trouvé en association avec : umangite, eskebornite, clauthalite, berzelianite, klockmannite, eucaïrite, crookesite, tyrrelite, pyrite, marcasite, chalcopryrite, chalcosine, bornite, pechblende, hématite, goethite, calcite, dolomite et quartz. A Petrovice, on trouve en plus de la ferrosélite.

La minéralisation hydrothermale du gisement de Předbořice est également liée à des filons de calcite recoupant la série de cornéennes et d'orthogneiss dans la partie SW du lambeau des roches métamorphiques « île de Krásná Hora et de Sedlčany » (massif granitique de la Bohême

TABLEAU III.

## Diagramme de poudre de la bukovite.

BUKOV (*)		PŘEDBOŘICE (**)		$d_{calc.} (***)$	$h k l$
I	$d_{mes.}$	I	$d_{mes.}$		
	(Å)		(Å)	(Å)	
4	3,818	4	3,811	3,816	1 0 1
5	3,428	5	3,429	3,428	0 0 4
10	2,998	10	2,995	2,998	1 0 3
4	2,815	4	2,808	2,808	1 1 0
9	2,600	7	2,594	2,599	1 1 2
7	2,255	5	2,250	2,256	1 0 5
7	1,987	6	1,985	1,986	2 0 0
8	1,771	7	1,770	1,772	1 1 6
5	1,713	4	1,710	1,714	0 0 8
6	1,656	5	1,653	1,656	2 1 3
3	1,491			1,491	2 1 5
2	1,461			1,463	1 1 8
2	1,424			1,422	1 0 9
2	1,405			1,404	2 2 0
3	1,297			1,299	2 2 4
				1,297	2 0 8
1	1,271			1,272	3 0 3
2	1,235			1,235	3 1 2
3	1,189			1,189	1 0 11

Intensités relatives de 1 à 10.

(\*) Cu/Ni, chambre de 114,59 mm.

(\*\*) Cu/Ni, chambre de 240 mm de circonférence ; microprélèvement sur la section polie.

(\*\*\*)  $d$  calculé avec les paramètres quadratiques suivants :  $a = 3,976 \text{ \AA}$ ,  $c = 13,704 \text{ \AA}$ .

centrale). Hormis les minéraux cités ci-dessus, on y trouve en association avec la bukovite : tiemannite, naumannite, permingerite, fischerite, or natif et beaucoup d'autres minéraux encore non identifiés.

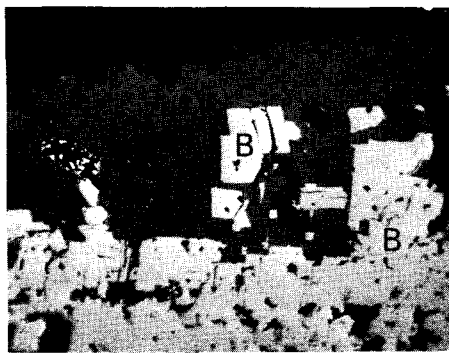


FIG. 1. — Cristaux subautomorphes de bukovite (B) englobés dans l'umangite (U) ; gisement de Bukov, section polie, lumière naturelle, immersion, 150  $\times$ .

La plus grande quantité de bukovite a été observée dans le gisement de Bukov qui doit être considéré comme le gisement type pour ce nouveau minéral.

Dans tous ces gisements, la bukovite représente un des plus anciens minéraux du remplissage filonien. Comme nous l'avons déjà mentionné, elle se présente, dans la plupart des cas, en grains automorphes à subautomorphes, épars à Bukov et à Petrovice dans l'umangite et l'eskebornite (fig. 1). A Předbořice, la bukovite est surtout associée à l'eucaïrite et la clausthalite.

#### CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS TYPES.

Les échantillons types utilisés pour cette étude sont déposés dans la collection du Laboratoire de minéralogie de l'Université Charles à Prague et dans les collections de l'École nationale supérieure des mines à Paris.

*Remerciements.*

Nous tenons à remercier vivement tous ceux  
qui nous ont aidé à définir cette espèce minérale,

notamment MM. R. Caye, R. Giraud et R. Pierrot  
du B. R. G. M. à Orléans.

*Manuscrit reçu le 3 mai 1971.*

#### RÉFÉRENCES

- HAHN, H. et KLINGER, W. (1949). — *Z. anorg. allg. Chem. Dtsch.*, 260, 110.      HEY, M. H. (1962). — Chemical index of minerals,  
British Museum, London.
-