

## La hakite, un nouveau minéral du groupe de la tétraédrite

par ZDENĚK JOHAN,

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

et MILAN KVAČEK,

Ústav nerostných surovin, Kutná Hora, Tchécoslovaquie.

**Résumé.** — Cubique, isotype de la tétraédrite,  $a = 10,88 \pm 0,01 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$ ,  $d_c = 6,3$ . Les raies les plus intenses du diagramme de poudre sont : 3,140 (10); 2,910 (7); 1,985 (7); 1,925 (9); 1,639 (8)  $\text{\AA}$ . Les analyses chimiques (microsonde électronique) donnent : Cu 26,6 (26,6); Hg 15,3 (14,3); Sb 15,5 (19,1); As 3,2 (0,7); Se 34,0 (38,5); S 3,5 (0,0); totaux 98,1 (99,2). Elles conduisent aux formules  $(\text{Cu, Hg})_2(\text{Sb}(\text{Se, S})_{3,25})$  resp.  $(\text{Cu, Hg})_3\text{SbSe}_3$ . En lumière réfléchie, couleur blanc crème à brun clair, isotrope. Pouvoir réflecteur : 32,8-31,5 (4 200  $\text{\AA}$ ); 33,6-33,2 (6 400  $\text{\AA}$ ). Microdureté Vickers : 352  $\text{kg/mm}^2$  ( $P = 20 \text{ g}$ ); 306  $\text{kg/mm}^2$  ( $P = 40 \text{ g}$ ). Trouvé dans un filon de calcite, avec les autres séléniures, à Předbořice, Bohême, Tchécoslovaquie. Le nom est donné en l'honneur de J. Hak.

*Hakite, a new mineral of tetrahedrite group.*

**Abstract.** — The new mineral hakite is cubic, isotype of tetrahedrite, with :  $a = 10,88 \pm 0,01 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$ ;  $G_{calc.} = 6,3$ . The strongest lines in the X-ray powder pattern are : 3,140 (10); 2,910(7); 1,985 (7); 1,925(9); 1,639(8)  $\text{\AA}$ . Microprobe analyse gave : Cu 26.6 (26.6); Hg 15.3 (14.3); Sb 15.5 (19.1); As 3.2 (0.7); Se 34.0 (38.5); S 3.5 (0.0); sum 98.1 (99.2), corresponding to  $(\text{Cu, Hg})_2\text{Sb}(\text{Se, S})_{3,25}$  and  $(\text{Cu, Hg})_3\text{SbSe}_3$  respectively. In reflected light, it is white-cream to light brown, isotropic. The reflectivity percentages are : 32.8-31.5 (4 200  $\text{\AA}$ ); 33.6-33.2 (6 400  $\text{\AA}$ ). Microhardness (Vickers) : 352  $\text{kg/mm}^2$  ( $P = 20 \text{ g}$ ); 306  $\text{kg/mm}^2$  ( $P = 40 \text{ g}$ ). Hakite occurs in a calcite vein from Předbořice, Bohemia, Czechoslovakia, associated with other selenides. The name is for J. Hak.

### INTRODUCTION.

Au cours de l'étude de la minéralisation séléniifère découverte dans le gisement de Předbořice (Bohême, Tchécoslovaquie) a été décelée la présence d'un séléniure isotrope, isostructural de la tétraédrite. Ce nouveau minéral, qui est le premier séléniure à structure de type tétraédrite, a été nommé hakite, en l'honneur du Dr Jaroslav Hak, minéralogiste à l'Institut de recherches des minerais (Ústav nerostných surovin) à Kutná Hora, Tchécoslovaquie.

La description de cette nouvelle espèce minérale a été approuvée par la Commission tchécoslovaque des nouveaux minéraux, puis soumise

à la Commission internationale des nouveaux noms et des noms de minéraux de l'I. M. A., qui l'a approuvée à son tour par 18 voix contre 0 (*vote du 25 juin 1970, n° 19; liste 1970*).

### PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET OPTIQUES.

La hakite se présente en grains xénomorphes microscopiques, dont certains peuvent atteindre au maximum 0,3 mm. Sous la loupe, la couleur du minéral est gris-brun à gris clair sur la cassure fraîche, avec un fort éclat métallique; il n'a pas été observé de clivage.

En lumière réfléchie, la hakite riche en soufre

et en arsenic (analyse A) possède une couleur brun clair par comparaison avec la clausthalite et la berzelianite. Cette couleur reste brun clair à l'immersion, mais devient plus franche. La hakite exempte de soufre (analyse B) est de couleur blanc crème avec une pointe de brunâtre. Entre nicols croisés, le minéral est isotrope, sans réflexions internes visibles. Le pouvoir réflecteur, par rapport aux autres séléniures, semble être assez élevé. Les pouvoirs réflecteurs ont été mesurés en utilisant l'appareillage Leitz et SiC comme témoin, pour des longueurs d'ondes comprises entre 4 200-6 400 Å. Les résultats obtenus sur deux grains de composition chimique différente (1 — correspondant à l'analyse A ; 2 — analyse B) sont donnés dans le tableau I. Les valeurs du pouvoir réflecteur de la hakite sont très légèrement plus élevées que celles de la tétraédrite et tennantite (C. Lévy, 1967).

HCl 50 %, FeCl<sub>3</sub> 20 %, HgCl<sub>2</sub> 5 %, KOH 40 %) fournissent des tests négatifs.

#### CARACTÈRES CHIMIQUES.

L'analyse qualitative effectuée à la microsonde électronique (Cameca) a permis de déceler la présence de Cu, Hg, Sb, As, Se et S à l'exclusion de tout autre élément de numéro atomique supérieur à 5 (bore). L'enregistrement des spectres de la hakite a démontré des teneurs en soufre et arsenic variables. Ceci a conduit à effectuer les analyses quantitatives sur deux échantillons représentant les deux extrêmes rencontrés quant à la teneur en soufre. Pour le dosage, les témoins suivants ont été utilisés : Cu métal, HgS, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, AsS et Cu<sub>2</sub>Se. Les résultats d'analyses donnés dans le tableau II conduisent aux formules cristallographiques, ca-

TABLEAU I.

#### Pouvoirs réflecteurs de la hakite.

λ (Å)	R (%)		λ (Å)	R (%)	
	1	2		1	2
4 200	32,8	31,5	5 400	33,0	33,6
4 400	33,8	32,5	5 600	33,1	33,5
4 600	34,0	33,0	5 800	33,2	33,6
4 800	34,0	33,5	6 000	33,5	33,5
5 000	33,7	33,7	6 200	33,9	33,3
5 200	33,2	33,7	6 400	33,6	33,2

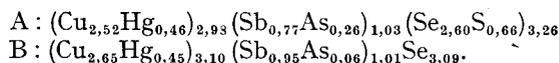
La microdureté (Vickers) n'a pu être mesurée, étant donné les dimensions des grains, que sur la hakite riche en soufre (analyse A). Les valeurs obtenues sont 352 kg/mm<sup>2</sup> (pour la charge P = 20 g) et 306 kg/mm<sup>2</sup> (P = 40 g) et correspondent dans l'échelle de Mohs à une dureté de 4,5. Aucun clivage n'a été observé. La densité du minéral n'a pas pu être déterminée par suite d'une association intime et constante de la hakite avec les autres séléniures.

Attaques spécifiques (durée de réaction 1 mn) :

KCN 20 % posit. — Le minéral brunit et devient plus foncé. L'attaque permet de faire ressortir les limites des grains.

Tous les autres réactifs utilisés (HNO<sub>3</sub> 50 %,

caractéristiques des minéraux du groupe de tétraédrite :



On peut remarquer, d'ailleurs comme dans le cas des tétraédrites, un remplacement isomorphe du cuivre par le mercure et d'antimoine par l'arsenic. L'analyse A permet d'entrevoir la possibilité d'un remplacement assez large du sélénium par le soufre. Étant donné l'isotypie parfaite des réseaux de la hakite et de la tétraédrite, il semble très probable qu'il existe une série isomorphe complète entre les deux termes extrêmes Cu<sub>3</sub>SbS<sub>3,25</sub>-Cu<sub>3</sub>SbSe<sub>3,25</sub>. Le nom hakite doit être conservé pour les minéraux de cette

TABLEAU II.

## Analyses chimiques de la hakite.

	A			B		
	1	2	3	1	2	3
Cu.....	26,6	0,419	2,52	26,6	0,419	2,65
Hg.....	15,3	0,076	0,46	14,3	0,071	0,45
Sb.....	15,5	0,127	0,77	19,1	0,157	0,95
As.....	3,2	0,043	0,26	0,7	0,009	0,06
Se.....	34,0	0,430	2,60	38,5	0,488	3,09
S.....	3,5	0,109	0,66	—	—	—
Total....	98,1	1,204		99,2	1,144	

1. Analyses à la microsonde électronique par R. Giraud (B. R. G. M.).
2. Quot. atomiques.
3. Calcul de la formule chimique sur la base de 7,25 atomes dans une unité formulaire.

série, caractérisés par une prédominance d'antimoine et de sélénium sur l'arsenic et le soufre.

TABLEAU III.

## Diagramme de poudre de la hakite.

Radiation  $\text{CuK}\alpha$ , filtre Ni, chambre de 240 mm de circonférence.

Intensités relatives de 1 à 10.

Le diagramme de poudre a été indexé avec  $a = 10,88 \text{ \AA}$ .

## CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES.

La hakite est isotype des minéraux du groupe de la tétraédrite. Cubique,  $a = 10,88 \pm 0,01 \text{ \AA}$  pour le terme dont la composition chimique correspond à l'analyse B. Volume de la maille calculé à partir de ce paramètre est  $V = 1288 \pm 3 \text{ \AA}^3$ ;  $Z = 8$ , groupe spatial (par analogie avec la tétraédrite)  $T_2^2-173$  m. La hakite dont la maille renferme 20 % mol. de molécule de tétraédrite (analyse A) a fourni le paramètre  $a = 10,83 \pm 0,01 \text{ \AA}$ . La densité calculée pour le terme sélénifère est  $d_x = 6,3$ . Le diagramme de poudre de la hakite est donné dans le tableau III.

## CONDITIONS DU GISEMENT.

Le gisement de Předbořice est situé dans la partie SW du lambeau des roches métamorphiques appelé « île de Krásná Hora et de Sedlčany » qui se trouve au centre des roches intrusives du massif central de la Bohême (A. Blüml *et al.*, 1966). Il s'agit d'une minéralisation épithermale riche en sélénifères, qui est liée à des filons de calcite avec un peu de quartz, recou-

I	$d_{me.}$ ( $\text{Å}$ )	$d_{calc.}$ ( $\text{Å}$ )	$hkl$
4	4,46	4,44	211
3	3,850	3,849	220
10	3,140	3,142	222
7	2,910	2,909	321
4	2,715	2,721	400
6	2,568	2,565	411 ; 330 <sup>+</sup>
5	2,133	2,134	510 ; 431
7	1,985	1,987	521
9	1,925	1,924	440
3	1,866	1,866	530 ; 433
2	1,818	1,814	600 ; 442
6	1,764	1,765	611 ; 532
8	1,639	1,641	622
4	1,536	1,539	710 ; 550 ; 543
1	1,486	1,481	721 ; 633 ; 552
3	1,359	1,360	800
1	1,339	1,339	811 ; 741 ; 554
4	1,301	1,301	653
4	1,265	1,265	831 ; 750 ; 743
4	1,248	1,248	662

pant la série de cornéennes et d'orthogneiss. Les séléniures forment de petites accumulations dans la gangue ou pénètrent des grains de la calcite suivant les joints. La hakite a été trouvée en association avec les minéraux suivants : berzelianite, clausthalite, umangite, eskebornite,

#### CONCLUSION.

Il n'existe à notre connaissance aucun minéral correspondant par sa composition chimique à la hakite. Les teneurs en sélénium trouvées

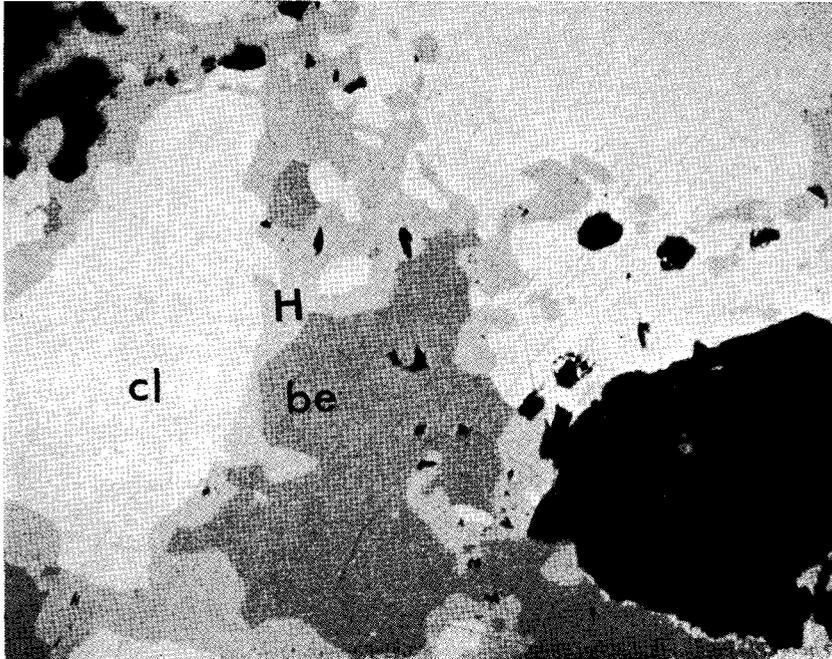


FIG. 1. — Association intime hakite (H), berzelianite (be) et clausthalite (cl).  
Section polie, lumière naturelle, 150 ×.

ferroselite, naumannite, tiemannite, eucaïrite, klockmannite et d'autres minéraux encore non identifiés. Le nouveau minéral est accompagné par chalcopryrite, pyrite, pechblende, hématite, goethite et or natif.

La hakite se présente en agrégats microscopiques polycristallins, le plus souvent intimement associés à de la clausthalite et de la berzelianite (fig. 1). C'est l'un des séléniures les plus jeunes dans l'ordre de la cristallisation du filon, mais antérieur à la chalcopryrite par laquelle il est remplacé.

dans les tétraédrites ne dépassent pas 1 %. Les échantillons types du nouveau minéral, ayant servi à cette étude, sont déposés dans la collection du Laboratoire de minéralogie, Université Charles à Prague et dans la collection de l'École nationale supérieure des mines à Paris.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui nous ont apporté leur aide, en particulier MM. Caye, Giraud, Pierrot et Pillard du B. R. G. M. à Orléans.

*Manuscrit reçu le 18 juillet 1970.*

#### BIBLIOGRAPHIE

- BLÜML, A., TAČL, A. et RUS, V. (1966). — *Čas. Mineral. Geol. Českosl.*, 11, 37-45.  
LÉVY, C. (1967). — *Mémoires du B. R. G. M.*, n° 54.  
STRUNZ, H. (1966). — *Mineralogische Tabellen*, Leipzig.