

## La shabaïte-(Nd), $\text{Ca}(\text{TR})_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , nouvelle espèce minérale de Kamoto, Shaba, Zaïre

MICHEL DELIENS\* et PAUL PIRET\*\*

\* Section de Minéralogie et de Pétrographie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique  
29, rue Vautier, B 1040 Bruxelles, Belgique

\*\* Laboratoire de Chimie physique et de Cristallographie de l'Université  
Bâtiment Lavoisier, 1, place Louis Pasteur, B 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

Shabaïte-(Nd),  $\text{Ca}(\text{REE})_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , new mineral species from Kamoto. Shaba. Zaïre.

**Abstract :** Shabaïte-(Nd) occurs as pale yellow micaceous flakes and as rosettes on uraninite matrix, associated with other U and REE secondary minerals. Optically biaxial negative,  $2V_{\text{meas.}} = 44^\circ$ ,  $\gamma = 1.600$ ,  $\beta$  (calc.) = 1.590,  $\alpha = 1.534$ . Monoclinic, space group  $P2_1$ ,  $Pm$  or  $P2/m$ ,  $a = 9.208(5)$ ,  $b = 32.09(3)$ ,  $c = 8.335(4)$  Å,  $\beta = 90.3(1)^\circ$ ,  $Z = 5$ ,  $d_{\text{calc.}} = 3.18$  g/cm<sup>3</sup>,  $d_{\text{meas.}} = 3.13(10)$  g/cm<sup>3</sup>. Strongest lines in the X-ray powder pattern [ $d(\text{Å})$ ,  $I$ ,  $hkl$ ]: 15.9 (10) 020, 7.31 (7) 021, 4.17 (7) 002, 012, 3.072 (6) 202, 300, 4.58 (5) 210. Electron microprobe analyses yield: CaO 5.99, UO<sub>3</sub> 30.32, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.58, Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.54, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4.91, Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.96, Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.36, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.50, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.50, CO<sub>2</sub> (C by chromatography) 18.92, H<sub>2</sub>O (H by chromatography) 13.49, total 100.07%. Formula:  $\text{CaO} \cdot \text{UO}_3 \cdot (\text{REE})_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . The mineral was found in the Cu-Co deposit of East Kamoto, Shaba, Zaïre. The name is for the region.

**Key-words :** new mineral- shabaïte-(Nd), carbonate, uranyl, rare earths, Kamoto - Zaïre.

### Introduction

La shabaïte-(Nd) a été découverte sur des échantillons d'uraninite oxydée du gisement cupro-cobaltifère de Kamoto Est, situé à 5 km à l'ouest de la ville minière de Kolwézi au Shaba méridional, Zaïre. L'exploitation des niveaux minéralisés inclus dans les roches dolomitiques de l'ancienne "Série des Mines" a recoupé une poche uranifère [François (1973) a proposé une nouvelle échelle stratigraphique dans laquelle, notamment, la Série des Mines devient le faisceau R2 de la série du Roan, Katangien moyen, Précambrien A]. Le minerai radioactif extrait avait été provisoirement stocké en remblai, mais il a depuis servi à alimenter les concentrateurs, étant donné sa forte teneur en cuivre. L'échantillonnage de ce remblai a fourni un assortiment unique au Shaba

de minéraux secondaires renfermant à la fois de l'uranium et des terres rares.

La première description relative à ces minéraux concerne la kamotoïte-(Y),  $4\text{UO}_3 \cdot (\text{TR})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CO}_2 \cdot 14,5\text{H}_2\text{O}$ , très fréquente sous forme de tablettes jaune vif et brillantes (Deliens et Piret, 1986). Un second minéral également en tablettes micacées jaune vif, décrit sous le nom de françoisite-(Nd),  $(\text{TR})[(\text{UO}_2)_3\text{O}(\text{OH})(\text{PO}_4)_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , appartient au groupe structural de la dumontite (Piret *et al.*, 1988).

Deux autres espèces carbonatées, relativement moins abondantes que la kamotoïte-(Y) mais ayant comme caractéristique commune de se présenter en rosettes régulières, complètent l'association de minéraux secondaires d'uranium et de terres rares de Kamoto Est. La première, de couleur jaune très pâle, fait l'objet du présent article et est décrite sous le

0935-1221/89/0001-0085 \$ 1.00

nom de shabaïte-(Nd). La seconde, de couleur bleu ciel, renferme en outre du cuivre ; le manque de matière disponible ne permet pas actuellement de mener à bien l'étude complète de ce minéral indéterminé.

Les échantillons uranifères de Kamoto Est se caractérisent également par la présence d'enduits bleu-vert au sein desquels s'individualisent des granules cristallins bleu pâle de schuilingite-(Nd),  $\text{PbCu}(\text{TR})(\text{CO}_3)\cdot\text{OH}\cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$  (Piret et Deliens, 1982). Ce minéral non uranifère n'avait jusqu'à présent été signalé qu'à Menda et à Kasompi, deux gîtes cuprifères localisés à une soixantaine de km à l'est-sud-est de l'écaille charriée de Kolwezi.

### Description macroscopique

La shabaïte-(Nd) se présente en délicates paillettes millimétriques de couleur jaune verdâtre très pâle. Elle peut constituer des placages micacés directement sur la roche, mais on la rencontre plus fréquemment sous forme de rosettes régulières atteignant jusqu'à 5 mm de diamètre. L'épaisseur des paillettes est de quelques microns. Le minéral est translucide à opaque et son éclat est nacré. Les tablettes à contour irrégulier sont aplaties sur  $\{010\}$  et allongées parallèlement à  $[100]$ . La terminaison (100) existe mais est relativement rare. Le clivage  $\{010\}$  est parfait. La dureté Mohs est voisine de 2,5, tandis que la densité mesurée par immersion dans des liquides denses vaut 3,13(10). La shabaïte-(Nd) est étroitement associée à la kamotoïte-(Y) ainsi qu'à des enduits hétérogènes bleus et verts. Au sein de ces derniers se distinguent des cristaux bleus de schuilingite-(Nd) et des rosettes bleu ciel du carbonate d'uranium, de cuivre et de terres rares signalé plus haut ; la plus grande partie des enduits bleus est néanmoins constituée de matériel mixte. De l'uranophane en croûtes mamelonnées jaune verdâtre participe également à l'association. L'érosion des rognons dégage des structures concentriques qui peuvent être confondues avec les rosettes de shabaïte-(Nd). Un test à l'HCl permet dans ce cas de distinguer rapidement les deux espèces minérales.

Une rosette de shabaïte-(Nd) est illustrée à la Fig. 1, tandis que la Fig. 2 montre l'empilement des paillettes sur la tranche des structures concentriques.

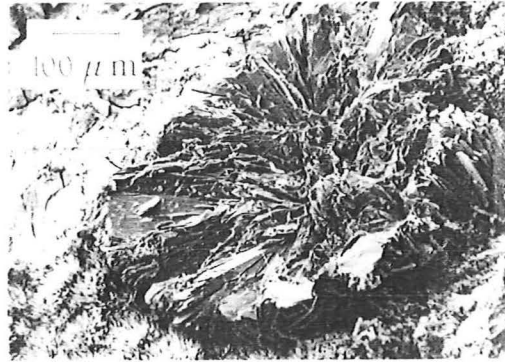


Fig. 1. Rosette de shabaïte-(Nd) sur des aiguilles d'uranophane - Photo au microscope électronique à balayage.

*Rosette of shabaïte-(Nd) on acicular uranophane crystals - Scanning electron microscope photograph.*

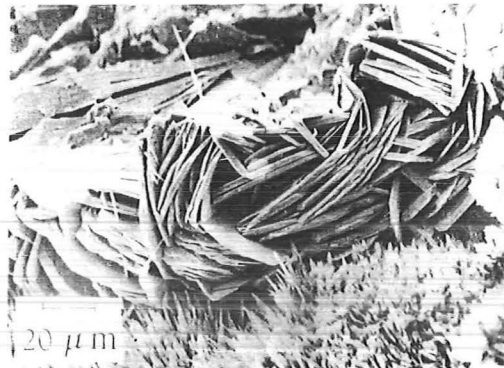


Fig. 2. Empilement de lamelles de shabaïte-(Nd) sur la tranche des rosettes - Photo au microscope électronique à balayage.

*Stacked blades of shabaïte-(Nd) along the edge of a rosette - Scanning electron microscope photograph.*

### Propriétés optiques

Sous le microscope, les paillettes de shabaïte-(Nd) sont faiblement colorées en jaune, non pléochroïques. Le plan de la section est généralement  $(n_g, n_p)$  ; l'angle  $2V$  a néanmoins pu être mesuré à la platine universelle grâce à l'existence de quelques rares sections renfermant  $n_g$  et  $n_m$ . Le minéral est biaxe négatif,  $2V = 44^\circ$ , avec  $n_g = 1,600(2)$ ,  $n_p = 1,534(2)$  et  $n_m$  calculé = 1,590(4). Orientation optique :  $Y = b, Z \wedge a = 3-4^\circ$ .

### Composition chimique

L'analyse chimique quantitative a été réalisée au Centre d'analyse par microsonde pour les sciences de la terre (CAMST) de l'Université de Louvain (appareil CAMEBAX, analyste : J. Wautier). Les étalons suivants ont été utilisés :  $\text{UO}_2$  (U), apatite (Ca) et des verres synthétiques du "Center of Volcanology" de l'Université de l'Oregon (terres rares). Le  $\text{CO}_2$  et l' $\text{H}_2\text{O}$  ont été déduits de l'analyse de C et de H par chromatographie en phase gazeuse sur deux prises de 1,1 et 0,5 mg (analyste : P. Van Ransbeke). Les résultats de l'analyse sont rassemblés dans le Tableau 1. Les pourcentages expérimentaux des oxydes résultent de la moyenne de 10 mesures dont les valeurs extrêmes sont les suivantes :  $\text{CaO}$  5,73-6,16,  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  12,18-14,84,  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  4,61-6,18,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  4,65-5,73,  $\text{Dy}_2\text{O}_3$  2,64-3,35,  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  2,05-3,21,  $\text{La}_2\text{O}_3$  0,29-2,36,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  0-1,39 et  $\text{UO}_3$  29,36-31,58. La formule empirique pour 22 oxygènes est : 1,01  $\text{CaO}$ , 0,94  $(\text{TR})_2\text{O}_3$ , 1,00  $\text{UO}_2$ , 4,06  $\text{CO}_2$ , 7,07  $\text{H}_2\text{O}$ .

Tableau 1. Composition chimique de la shabaïte-(Nd).

Chemical composition of shabaïte-(Nd).

	1	2	3	4
CaO	5,99	0,1068	1,01	5,84
$\text{UO}_3$	30,32	0,1060	1,00	29,79
$\text{Nd}_2\text{O}_3$	13,58	0,0404	0,38	14,26
$\text{Sm}_2\text{O}_3$	5,54	0,0159	0,15	5,81
$\text{Y}_2\text{O}_3$	4,91	0,0217	0,21	5,15
$\text{Dy}_2\text{O}_3$	2,96	0,0079	0,07	3,10
$\text{Pr}_2\text{O}_3$	2,36	0,0072	0,07	2,50
$\text{La}_2\text{O}_3$	1,50	0,0046	0,04	1,56
$\text{Ce}_2\text{O}_3$	0,50	0,0015	0,02	0,52
$\text{CO}_2$	18,92	0,4299	4,08	18,33
$\text{H}_2\text{O}$	13,49	0,7488	7,10	13,13
Total	100,07			99,99

1 : pourcentages expérimentaux moyens. 2 : proportions moléculaires. 3 : nombre de moles pour 22 oxygènes. 4 : pourcentages théoriques pour la formule idéale.

D'une manière simplifiée, la formule peut s'écrire :



Tout comme dans la composition de la françoisite-(Nd) (Piret *et al.*, 1988), le néodyme constitue la terre rare la plus abondante de la

shabaïte. Dans la kamotoïte, cet élément vient en seconde position derrière l'yttrium. L'analyse des rosettes carbonatées bleues signalées plus haut montre également l'importance de Nd qui y est la seconde terre rare après le cérium. Nd semble donc être une caractéristique géochimique des niveaux uranifères de Kamoto Est.

### Diffraction des rayons X

L'examen des clichés de Weissenberg ( $0kl$  à  $2kl$ ) et de précession ( $hk0$  à  $hk2$  et  $h0l$  à  $h4l$ ) a permis la détermination des paramètres de la maille et l'attribution des indices  $hkl$  au diagramme de poudre (Tableau 2).

Les paramètres ont ensuite été affinés par moindres carrés à partir de 20 raies de ce diagramme. La symétrie est monoclinique mais apparaît souvent orthorhombique par suite de la présence d'un plan de maclé (001). Les résultats sont :

$a = 9,208(5)$ ,  $b = 32,09(3)$ ,  $c = 8,335(4)$  Å,  $\beta = 90,3(1)^\circ$ ,  $V = 2.462,5(7)$  Å<sup>3</sup>;  $Z = 5$ ; densité calculée : 3,23. Notons cependant que pour certains cristaux,  $b$  vaut seulement 28,6 Å, ce qui peut correspondre à une phase moins hydratée. La seule condition de présence des réflexions  $hkl$  est, pour  $0k0$ ,  $k = 2n$ . Les groupes spatiaux adéquats seraient donc  $P2_1$  ou  $P2_1/m$ .

Toutefois, ces groupes sont incompatibles avec  $Z = 5$ ; on est donc obligé de choisir comme groupes spatiaux possibles  $P2$ ,  $Pm$  ou  $P2/m$ , avec des atomes d'uranium et de calcium en position spéciale sur l'axe binaire, le plan ou le centre de symétrie. Il y a là un problème qui ne pourrait être résolu que par la détermination de la structure, rendue actuellement impossible par la mauvaise qualité des cristaux.

### Indice de compatibilité

Les résultats de la mesure des différentes propriétés observées et de la composition chimique expérimentale permettent de calculer un indice de compatibilité  $I - (K_p/K_c) = 0,005$  de catégorie supérieure. Les indices  $k$  adoptés pour le calcul sont ceux de Mandarino (1981) sauf pour l'uranium où la valeur de Larsen (1921) est mieux indiquée pour la plupart des sels d'uranyle.

Tableau 2. Diagramme de poudre de la shabaïte-(Nd).  
X-ray powder pattern of shabaïte-(Nd).

$hkl$	$d_{calc}$	$d_{obs}$	$I_{vis}$	$hkl$	$d_{calc}$	$d_{obs}$	$I_{vis}$
020	16,0	15,9	100	202	3,082	3,072	60B
100	9,21	9,20	20	300	3,069		
011	8,07	8,02	1	321	2,830	2,830	2B
021	7,40	7,31	70	290	2,819		
$\bar{1}11$	6,08	6,05	5	$\bar{2}62$	2,680	2,671	5B
111	6,05			262	2,670		
121	5,75	5,80	20	291	2,668		
060	5,35	5,29	20	282	2,444	2,445	5
210	4,56	4,58	50	$\bar{3}42$	2,367	2,363	1
002	4,17	4,17	70	0140	2,292	2,283	3B
012	4,13			420	2,279		
080	4,01	4,01	30	0160	2,006	2,000	20B
$\bar{2}11$	4,01			$\bar{4}22$	2,004		
211	3,99			422	1,995		
102	3,79	3,79	5	$\bar{2}14$	1,899	1,890	7B
$\bar{1}32$	3,58	3,62	1	214	1,891		
142	3,43	3,42	1	224	1,881		
270	3,25	3,25	3				

Chambre Debye-Scherrer de 114,6 mm ; radiation  $CuK\alpha$ . Intensités estimées visuellement ;  $d(hkl)$  en Å. Indexation basée sur les intensités des réflexions de monocristaux. (B = raie large).

### Nomenclature et conservation

### Références

Le nom se rapporte à la région du Shaba dont les gisements de cuivre, de cobalt et d'uranium ont déjà fourni une ample moisson de nouvelles espèces minérales. L'échantillon holotype (R.C. 3511) est conservé dans la collection minéralogique de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique à Bruxelles. La description et le nom ont été approuvés par la Commission des nouveaux minéraux de l'I.M.A. en mai 1988.

**Remerciements :** Les auteurs remercient le Dr J. Lhoest qui a fourni le matériel d'étude, le Dr K. Wouters (IRSNB) qui a réalisé les photographies au microscope électronique à balayage et les analystes J. Wautier et P. Van Ransbeke.

Deliens, M. et Piret, P. (1986) : La kamotoïte-(Y), un nouveau carbonate d'uranyle et de terres rares de Kamoto, Shaba, Zaïre. *Bull. Minéral.*, **109**, 643-647.

François, A. (1973) : L'extrémité occidentale de l'arc cuprifère shabien. Etude géologique. Publié par le Département Géologique de la Gécamines, Likasi, République du Zaïre.

Larsen, E.S. (1921) : The microscopic determination of the nonopaque minerals. *U.S. Geol. Surv. Bull.*, 679.

Mandarino, J.A. (1981) : The Gladstone-Dale relationship. Part IV. The compatibility concept and its application. *Canadian Mineral.*, **19**, 441-450.

Piret, P. et Deliens, M. (1982) : Nouvelles données sur la schuilingite, carbonate hydraté de terres rares, de plomb et de cuivre. *Bull. Minéral.*, **105**, 225-228.

— Piret-Meunier, J. (1988) : La françoisite-(Nd), nouveau phosphate d'uranyle et de terres rares ; propriétés et structure cristalline. *Bull. Minéral.*, **111**, 443-449.

Received 8 June 1988

Accepted 29 August 1988