

Bull. Soc. belge Géol.	T. 86	fasc. 4	pp. 183-190	4 tab.	6 ph.	Bruxelles 1977
Bull. Belg. Ver. Geol.	V. 86	deel 4	blz. 183-190	4 taf.	6 f.	Brussel 1977

LES PHOSPHATES D'URANYLE ET D'ALUMINIUM DE KOBOKOBO.

(I) DONNEES PRELIMINAIRES.

par M. DELIENS (*) et P. PIRET (**)

RESUME. - Sept nouveaux phosphates d'uranyle et d'aluminium du gisement de Kobokobo (Kivu, Zaïre) sont décrits. Il est fait mention des premiers résultats relatifs aux propriétés physiques et à la composition chimique de ces minéraux.

ABSTRACT. - Seven new uranyl and aluminum phosphate minerals from the deposit of Kobokobo (Kivu, Zaïre) are described. First results are given about physical properties and chemical composition.

1. LOCALISATION ET MINÉRALISATION DE LA PEGMATITE DE KOBOKOBO.

Le gisement de pegmatite de Kobokobo (3°06'S, 28°08'E) est situé à une centaine de km au sud-ouest de Bukavu, dans la région du Kivu au Zaïre. La roche est exploitée pour le béryl et la colombite; elle renferme également des concentrations locales de phosphates de fer et de manganèse (frondelite, rockbridgélite, triphylite, vivianite, phosphosidérite, etc...), de phosphates de calcium, de lithium et d'aluminium (apatite, amblygonite, montrebasite, etc...), ainsi que des minéraux radioactifs à uranium et à thorium.

La pegmatite s'est injectée en plusieurs phases successives suivant l'axe d'un pli anticlinal couché constitué de schistes partiellement tourmalinisés et d'amphibolites (SAFIANNIKOFF et VAN WAMBEKE, 1967). L'accumulation de béryl est liée à une phase albitique postérieure au développement du microcline; le béryl est accompagné de colombite, de cyrtolite uranifère, d'uraninite thorifère et de löllingite. Les phosphates de Fe-Mn-Ca-Li-Al sont en relation avec une phase lithique plus tardive et ont continué à se mettre en place par venues successives jusqu'à la fin de la cristallisation de la pegmatite. Les phosphates les plus tardifs ont cristallisé dans le domaine hydrothermal, phase pendant laquelle commence l'altération des minéraux précédemment formés et notamment celle de l'uraninite. Ce dernier minéral a donné naissance à de nombreux minéraux secondaires d'uranium tels que la curite, la schoepite, la phosphuranylite et l'autunite. Il est quasi impossible de scinder les processus d'altération hydrothermale et supergène qui sont généralement superposés.

Associés aux minéraux secondaires bien définis cités plus haut, existent à Kobokobo de nombreux phosphates d'uranyle et d'aluminium ainsi qu'un phosphate d'uranyle et de calcium qui ne correspondent à aucune espèce minérale déjà décrite. La présentation de sept minéraux nouveaux constitués d'uranium, d'aluminium et de phosphore fait l'objet du présent travail.

(*) Département de Géologie et de Minéralogie, Musée royal de l'Afrique Centrale, B-1980. Tervuren, Belgique.

(**) Laboratoire de Chimie Physique et de Cristallographie de l'Université, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

2. LES PHOSPHATES D'URANYLE ET D'ALUMINIUM.

Les sept nouveaux phosphates d'uranyle et d'aluminium ont été découverts sur des échantillons de pegmatite quartzo-feldspathique finement cristallisée et renfermant des cristaux centimétriques de muscovite verte. Ces échantillons sont sillonnés de veinules de colombite noire massives et contiennent des grains disséminés de zircons métamictes ainsi que des plages irrégulières d'uraninite. L'ensemble est localement coloré en jaune par les minéraux secondaires d'uranium et notamment par les phosphates d'uranyle et d'aluminium. Ces phosphates ont des présentations diverses d'après les espèces; chaque minéral pouvant en outre revêtir plusieurs faciès. Il existe ainsi des tablettes prismatiques, des écailles à disposition crêtée, des nodules arrondis, des cristaux aciculaires et des amas pulvérulents. Certaines espèces sont fluorescentes ou recouvertes de films fluorescents à la lumière UV. Les phosphates d'uranyle et d'aluminium sont associés entre eux ou aux autres minéraux secondaires d'uranium d'une manière généralement quelconque; seules quelques associations privilégiées ont été systématiquement rencontrées.

Né disposant pas encore de l'ensemble des données expérimentales nécessaires pour que les nouvelles espèces puissent être validées par le Comité de Nomenclature de l'I.M.A., nous avons préféré désigner provisoirement les minéraux par les lettres A à G.

Les données relatives aux sept nouveaux minéraux sont comparées ci-dessous aux valeurs fournies pour les phosphates d'uranyle et d'aluminium déjà mentionnés dans la littérature, à savoir : la sabugalite (FRONDEL, 1951) et la furongite (HUNAN team, 1976).

3. CARACTÈRES MACROSCOPIQUES ET OBSERVATIONS AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE.

3.1. MINERAL A.

Le minéral A cristallise en prismes allongés terminés par un dôme asymétrique. Il existe un clivage vertical très prononcé qui débite les prismes en tablettes parallélépipédiques (photo 1). La couleur est jaune citron. Le minéral n'est pas fluorescent aux UV. La longueur maximale observée pour les prismes est de 1/2 mm. Le minéral A est généralement associé aux nodules du minéral E, qui peuvent lui servir de support. L'espèce, relativement abondante, a été identifiée sur une dizaine d'échantillons.

3.2. MINERAL B.

Le minéral B se présente en prismes aciculaires à section carrée, ne dépassant pas 0,3 mm de longueur (photo 2). Il peut également constituer des encroûtements de fibres microscopiques. Le minéral est transparent, jaune ambre dans les formes prismatiques et jaune pâle dans les amas fibreux. Les aiguilles sont fréquemment maclées par croissance de cristaux obliques sur les faces latérales des prismes. Le minéral n'est pas fluorescent aux UV. L'espèce E est rare; elle n'a été décelée que sur 4 échantillons et notamment sous forme d'inclusions aciculaires dans un nouveau phosphate d'uranyle et de calcium encore à l'étude.

3.3. MINERAL C.

Cette espèce se présente en plaquettes brillantes jaune pâle, inférieures à 1/2 mm. Les plaquettes sont généralement empilées et soudées à la base à la manière d'un jeu de carte ouvert. Le minéral C est légèrement fluorescent aux UV. Le minéral C, peu abondant, est associé de préférence aux minéraux A, D et E.

3.4. MINERAL D.

Le minéral D forme des encroûtements jaune pâle très fragiles. Il se débite en écailles polycristallines. Il est légèrement fluorescent aux UV. Il est souvent pollué par d'autres espèces, particulièrement par les minéraux C et E. La photo 3 permet d'observer des lamelles sectiles à clivage plus ou moins orthogonal.

3.5. MINERAL E.

Le minéral E est le plus commun des nouveaux phosphates d'U-Al de Kobokobo. Il forme généralement des encroûtements centimétriques constitués de nodules jaune canari atteignant en moyenne 1/3 de mm. La surface des nodules peut être recouverte d'un enduit colloïdal et amorphe apparenté à l'évansite. Les nodules peuvent constituer le support des prismes A. L'examen au microscope électronique montre que les nodules sont constitués de la juxtaposition de plaquettes plus ou moins ondulées (photo 4).

3.6. MINERAL F.

Le minéral F se présente sous de nombreux faciès dont des tablettes jaune pâle à contour arrondi et des lamelles micacées (photo 5). La dimension maximale n'excède pas 1/2 mm. Les tablettes peuvent s'associer en gerbes ou en éventails, de la même manière que les minéraux C. Il existe également des filonnets massifs jaune ambre uniquement constitués de ce minéral. Le minéral F est parfois fluorescent aux UV; il ne participe à aucune association privilégiée.

3.7. MINERAL G.

Ce minéral se rencontre généralement sous forme de petits cristaux trapus et isolés qui sont en réalité des amas polycristallins; ils semblent s'altérer facilement et se débitent alors en lamelles parallèles (photo 6). Le minéral G a été trouvé associé à des rognons de phosphosidérite mauve sur deux échantillons de pegmatite. Les cristaux, de couleur jaune, ont en moyenne 0,1 mm de diamètre. Le minéral est fortement fluorescent vert vif aux UV.

4. CARACTÈRES OPTIQUES.

Les caractéristiques optiques des 7 phosphates d'uranyle et d'aluminium de Kobokobo sont rassemblées au tableau 1, avec en regard les valeurs correspondantes pour les phosphates naturels sabugalite et furongite.

TABLEAU 1. - PROPRIETES OPTIQUES DES PHOSPHATES D'URANYLE ET D'ALUMINIUM.

Minéraux	α	β	γ	Pléochroïsme	2V (-)	Extinction	Allongement
	n'p	ou	n'g				
A	1,559	1,616	1,624	Fort	40°	0-8°	-
B	1,649	1,666	1,676	Fort	74°	0°	+
C	1,630	1,684	1,689		33°	0°	-
D	1,610	1,650			-	-	
E	1,643	1,664	1,670	Fort		oblique	
F	1,540	1,562			80-90°	oblique	
G	-	-			-	-	
Sabugalite	1,564	1,582	1,583	Fort	0°	-	
Furongite	1,546	1,565	1,572		65°	-	

5. DIFFRACTION X.

Les raies les plus intenses des spectres de poudre des 7 composés sont mentionnées au tableau 2, ainsi que les raies les plus intenses de la sabugalite et de la furongite. Les indices hkl ont été attribués en s'aidant de spectres de monocristaux. On remarque une certaine analogie entre le composé C et la sabugalite et entre le composé F et la furongite. Les spectres des composés F et surtout G peuvent varier sensiblement suivant l'échantillon étudié. Les composés D et E sont très souvent intimement associés. Le composé C donne toujours les raies principales du composé D, avec une intensité variable d'un échantillon à l'autre.

TABLEAU 2. - SPECTRES DE POUDDRE DES PHOSPHATES D'URANYLE ET D'ALUMINIUM (CAMERA DE 114,6 mm, RADIATION Cu K α , FILTRE DE NICKEL). POUR CHAQUE COMPOSE SONT MENTIONNEES LES 8 REFLEXIONS LES PLUS INTENSES, AVEC DANS L'ORDRE : LA DISTANCE INTERRETICULAIRE MESUREE, L'INTENSITE, ET, SI POSSIBLE, LES INDICES HKL.

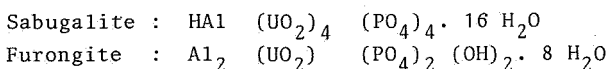
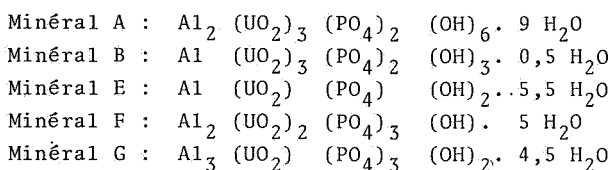
A			B			C			D					
10,4	(100)	020	8,40	(100)	020	9,75	(100)	010	8,52	(30)	200			
8,00	(20)	011	6,03	(50)	420	6,38	(50)	210	7,74	(100)	020			
5,17	(70)	040	4,24	(60)	612	4,84	(80)	020	3,87	(40)	040			
3,47	(40)	060	4,18	(80)	040	4,39	(30)	302	3,37	(60)	042			
3,40	(50)	242	3,43	(80)	004	3,39	(70)	004	3,00	(40)	512			
3,08	(80)	213	3,17	(70)	024	3,22	(80)	420	2,94	(20)	224			
2,95	(20)	222	3,08	(70)	10.0.2	3,04	(80)	502	2,14	(30)	800			
2,66	(15)	242	2,90	(75)	10.2.2	2,78	(40)	024	1,91	(30)	554			
E			F			G			Furongite			Sabugalite		
9,00	(100)		10,0	(100)		14,4	(80)		10,2	(100)		9,69	(100)	
5,87	(70)		6,79	(20)		9,84	(100)		8,62	(80)		6,56	(10)	
4,71	(50)		4,25	(50)		5,31	(10)		5,55	(30)		4,86	(90)	
4,48	(50)		3,62	(40)		3,87	(10)		5,10	(30)		4,39	(40)	
3,54	(30)		3,51	(60)		3,47	(15)		4,31	(50)		3,47	(80)	
3,36	(20)		3,26	(30)		3,04	(20)		3,64	(40)		2,45	(20)	
3,15	(80)		2,86	(50)		2,92	(15)		3,52	(30)		2,39	(20)	
2,64	(30)		2,82	(50)		2,81	(10)		2,87	(35)		2,19	(60)	
Les dimensions de la maille et le groupe spatial des phosphates d'uranyle et d'aluminium sont mentionnés au tableau 3.														

TABLEAU 3. - CARACTERISTIQUES DE LA MAILLE-UNITE DES PHOSPHATES D'URANYLE ET D'ALUMINIUM. L'ASTERISQUE SIGNIFIE UN AXE BINAIRE OU UN PLAN DE SYMETRIE.

Minéral	Groupe spatial	a(Å)	b(Å)	c(Å)	β (°)	v (Å ³)	
A	Monoclinique	P21/a	13,87	20,79	9,38	112,0	2.508
B	Orthorhombique	Bbc*	34,68	16,81	13,72		7.998
C	Orthorhombique	P*ca	17,16	9,75	13,54		2.265
D	Orthorhombique	-	17,10	15,50	13,68		3.626
E	Monoclinique ou triclinique	-	-	-	-	-	-
F	Triclinique	P1 ou P1	-	-	-	-	-
G	-	-	23,0	-	-	-	-

6. COMPOSITION CHIMIQUE.

5 phosphates d'uranyle et d'aluminium de Kobokobo ont été analysés quantitativement à la microsonde électronique (Appareil A.R.L. du Laboratoire de Pétrographie de l'U.C.L.). Les résultats sont mentionnés au tableau 4. Les formules suivantes ont pu être déduites des analyses :



L'analyse quantitative des minéraux C et D est en cours de réalisation. L'examen des spectres qualitatifs à la microsonde électronique de ces 2 minéraux a montré la présence exclusive d'uranium, de phosphore et d'aluminium.

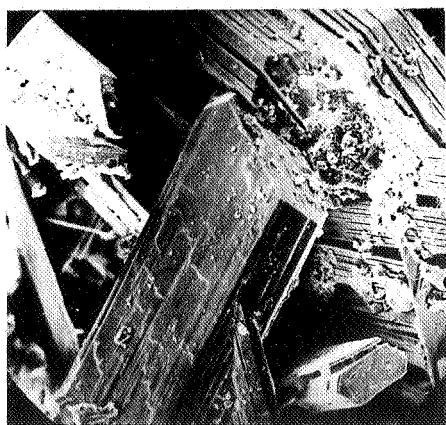
TABLEAU 4. - COMPOSITION CHIMIQUE DES PHOSPHATES D'URANYLE ET D'ALUMINIUM. (Les totaux ont été ramenés à 100 %).

	A	B	E	F	G
UO ₃	65,9	80,2	54,5	57,4	38,9
Al ₂ O ₃	7,6	4,0	9,9	10,9	20,4
P ₂ O ₅	10,3	12,2	13,2	22,0	27,2
H ₂ O	16,2	3,6	22,4	9,7	13,5
Total	100	100	100	100	100

EXPLICATION DE LA PLANCHE

- Photo 1. - Cristal prismatique du minéral A montrant le clivage aisé suivant l'allongement. (Echantillon 6201 A, x 290).
- Photo 2. - Ensemble de prismes aciculaires du minéral B. (Echantillon 13457 A, x 240).
- Photo 3. - Minéral D, plaquettes à clivage orthogonal. (Echantillon 13457 B, x 430).
- Photo 4. - Minéral E, nodules constitués de la juxtaposition de lamelles flexibles (Echantillon 6201 B, x 600).
- Photo 5. - Minéral F, plage constituée de lamelles à aspect micacé. (Echantillon 11887 A, x 120).
- Photo 6. - Empilement de tablettes du minéral G. (Echantillon 6203 C, x 1350).

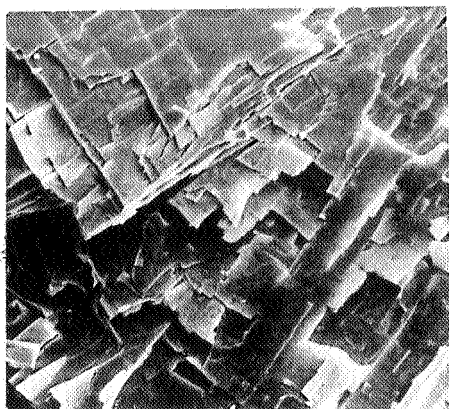
Les photos 1 à 6 ont été réalisées au microscope électronique à balayage.



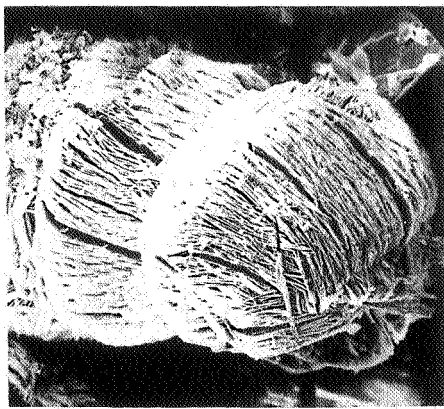
1



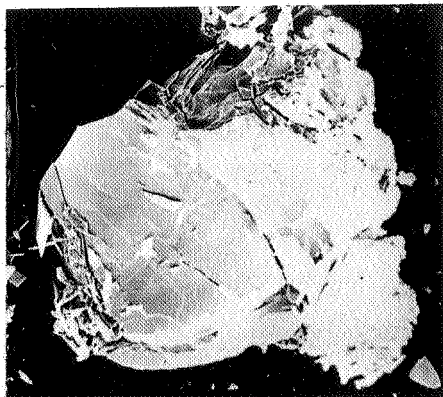
2



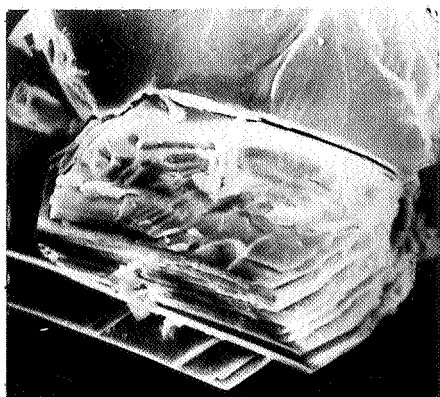
3



4



5



6

7. CONCLUSION.

L'examen des propriétés optiques et cristallographiques et les résultats de l'analyse chimique montrent que les sept phosphates d'uranyle et d'aluminium décrits dans cette note constituent des espèces minérales nouvelles, distinctes des deux phosphates naturels connus à ce jour : la furongite et la sabulagite.

Au stade actuel de nos travaux, les nouveaux phosphates de Kobokobo semblent pouvoir être répartis en 4 groupes chimiques :

- L'analyse des minéraux A et B montre un rapport UO_2/PO_4 égal à 3/2, qui les rattache au groupe de la phosphuranylite (phosphuranylite, dumontite, renardite, bergenite, etc...). Les minéraux C et D, pour lesquels les calculs de correction de l'analyse sont encore en cours, appartiennent vraisemblablement aussi à ce même groupe.
- Le minéral E, de rapport UO_2/PO_4 égal à 1/1 appartient au groupe de l'autunite (autunite, torbernite, sabugalite).
- Les minéraux F et G, de rapports UO_2/PO_4 égaux respectivement à 2/3 et à 1/3, ne peuvent être assimilés à aucun groupe connu de phosphates d'uranyle.

Les minéraux A et B dont l'étude complète est terminée, vont être soumis incessamment au Comité de Nomenclature de l'I.M.A., afin de les valider comme espèces minérales nouvelles.

REMERCIEMENTS.

Nous remercions M. WAUTIER du Laboratoire de Pétrographie de l'U.C.L. qui a réalisé les analyses à la microsonde électronique et le Professeur ANTOINE du Laboratoire forestier de l'U.C.L. pour les photographies au microscope électronique à balayage.

RÉFÉRENCES.

- FRONDEL, C. (1951) - Studies of uranium minerals (VIII) : sabugalite, an aluminum-autunite. - *Amer. Min.*, 36, pp. 671-679.
- HUNAN Team (1976) - A new mineral discovered in China - Furongite $Al_2(UO_2)(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 8 H_2O$. - *Acta Geologica Sinica*, 203-204. Article résumé dans *Min. Abstracts*. 28, (1977), 326.
- SAFIANNIKOFF, A. et VAN WAMBEKE, L. (1967) - La pegmatite radioactive à béryl de Kobokobo et les autres venues pegmatitiques et filoniennes de la région de Kamituga-Kivu-Rép. du Congo. - *Mineralium Deposita*, 2, pp. 119-130.

Manuscrit reçu le 10 décembre 1977