

LA CHENEVIXITE, LA VAUQUELINITE, LA STERRETTITE ET LA BOLTWOODITE,  
MINÉRAUX NOUVEAUX POUR LES GISEMENTS DU SHABA (ZAIRE)  
ET DU RWANDA<sup>1</sup>

par

Michel DELIENS<sup>2</sup>

(4 tableaux, 2 planches)

**RESUME.**- Trois occurrences de minéraux rares qui accompagnent les minéraux secondaires d'uranium dans les gîtes minéralisés du Shaba méridional et une espèce uranifère secondaire du Rwanda sont signalées. Il s'agit de la chenevixite  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  et de la vauquelinite  $(\text{Pb}, \text{Cu})_3[(\text{Cr}, \text{P})\text{O}_4]_2$  de Musonoi, de la sterrettite  $\text{Al}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_6 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  de Shinkolobwe et de la boltwoodite  $\text{K}(\text{H}_3\text{O})(\text{UO}_2)(\text{SiO}_4)_n \text{H}_2\text{O}$ , provenant des filons à pechblende de Karago (Rwanda). Les associations sont décrites et les spectres de poudre sont mentionnés pour les quatre espèces.

**ABSTRACT.**- Three occurrences of rare minerals associated with the secondary uranium minerals in the deposits of southern Shaba and one U-secondary mineral from Rwanda are described : chenevixite  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  and vauquelinite  $(\text{Pb}, \text{Cu})_3[(\text{Cr}, \text{P})\text{O}_4]_2$  from Musonoi, sterrettite  $\text{Al}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_6 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  from Shinkolobwe, and boltwoodite  $\text{K}(\text{H}_3\text{O})(\text{UO}_2)(\text{SiO}_4)_n \text{H}_2\text{O}$  from the veins with pitchblende of Karago (Rwanda). Mineralogical associations and X-ray powder data are given for these 4 species.

INTRODUCTION

L'étude systématique des échantillons minéralogiques provenant des gisements uranifères du Rwanda et du Zaïre et faisant partie de la collection du Musée royal de l'Afrique centrale, a permis d'identifier une série de minéraux nouveaux pour ces gisements et de découvrir des espèces minérales nouvelles. Les données relatives aux nouveaux minéraux ont fait l'objet de travaux, soit en cours d'achèvement (urano-phosphates d'aluminium, de calcium et de fer de Kobokobo au Kivu), soit soumis à publication (hydroxyde de cobalt et de nickel de Shinkolobwe, au Shaba). Certaines espèces nouvelles de Shinkolobwe ont été décrites dans des notes déjà sorties de presse; c'est le cas pour la penroséite riche en soufre (DELIENS, 1975), la schmitterite (DELIENS & PIRET, 1976) et l'umohoïte magnésienne (PIRET & DELIENS, 1976).

Dans ce travail sont présentés 4 minéraux rares, nouveaux pour des gisements d'uranium du Shaba (Zaïre) et du Rwanda. Il s'agit de la chenevixite  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  et de la vauquelinite  $(\text{Pb}, \text{Cu})_3[(\text{Cr}, \text{P})\text{O}_4]_2$  de Musonoi, de la sterrettite  $\text{Al}_6(\text{PO}_4)_4$

$(\text{OH})_6 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  de Shinkolobwe et de la boltwoodite  $\text{K}(\text{H}_3\text{O})(\text{UO}_2)(\text{SiO}_4)_n \text{H}_2\text{O}$  de Karago.

1.- LA CHENEVIXITE,  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  
DE MUSONOI

La chenevixite de Musonoi (Pl. 1 : 1) se présente en encroûtements vert pistache d'un 1/2 cm d'épaisseur sur une dolomie grenue riche en hydroxydes de fer (ocre rouge). Quelques tablettes millimétriques de gypse transparent sont incluses dans la masse verte cryptocristalline. La dureté de la chenevixite est comprise entre 3 et 4.

Au microscope, le minéral se présente en amas cryptocristallins informes vert jaunâtre, non pléochroïques. L'indice de réfraction est compris entre 1,88 et 1,89, plus proche de 1,88.

1 Communication présentée et manuscrit déposé le 14 février 1978.

2 Département de Géologie et de Minéralogie du Musée royal de l'Afrique centrale, B 1980 Tervuren, Belgique.

Une analyse semi-quantitative par fluorescence X a montré la présence exclusive de Cu, Fe et As; pas d'éléments en trace.

Le spectre de diffraction X est mentionné au tableau I, avec en regard les données de VILLARROEL (1964) pour un échantillon du Chili et de PIERROT & WALTER (1961) pour une chenevixite du Hoggar.

### Genèse

VILLARROEL (1964), se référant à GUILLEMIN (1956), propose le mode de formation suivant pour une chenevixite de Chuquicamata (Chili) : l'altération de la scorodite  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  du gisement a donné naissance à des hydroxydes de fer et à de l'acide arsénique; par réaction avec de l'olivénite  $\text{Cu}_2 \text{AsO}_4 (\text{OH})$ , il s'est formé de la chenevixite et de l'eau. (L'altération d'énargite, en présence de sulfate de cuivre conduit au même produit secondaire). Des conditions de formation identiques peuvent être invoquées dans le gisement de Musonoi (aération de la zone d'altération superficielle, gamme de pH) bien qu'à notre connaissance aucun arsénure ou arséniate n'y ait encore été signalé. Il faut toutefois noter qu'au fur et à mesure que progresse l'étude minéralogique de ce gisement, de très nombreuses espèces minérales appartenant aux groupes chimiques les plus divers sont mises en évidence : outre les minéraux usuels des gîtes métallifères de la Série des Mines du Shaba, Musonoi se caractérise par la présence de séléniures et de sélénités (demesmaekerite, derriksite, chalcoménite, etc.), de vanadates (mottramite), de chromates (vauquelinite), etc... Rien ne permet d'exclure l'arsenic d'un inventaire ultérieur.

Il faut enfin souligner la juxtaposition de chenevixite et d'hydroxydes de fer rouges, comme dans le gisement du Hoggar décrit par PIERROT & WALTER (1961). Bien que le contexte géologique y soit différent (la chenevixite est associée à de la pyromorphite et à du quartz dans une pegmatite d'origine pneumatolithique, en bordure d'une coupole de greisen riche en wolfram), on retrouve dans le Hoggar l'association de la chenevixite avec des "hématites rouges".

L'échantillon contenant de la chenevixite a été récolté par M. P. du RY et offert au Musée royal de l'Afrique centrale par ce dernier. L'échantillon est enregistré dans la collection sous le n° 13.400.

Tableau I.- Spectres de diffraction X des chenevixites :

1. Hoggar (PIERROT & WALTER, 1961),
2. Chili (VILLARROEL, 1964),
3. Musonoi (Radiation Cu  $K_{\alpha}$ , filtre Ni, caméra de 114,6 mm).

1			2		3	
d(Å)	I	hkl	d(Å)	I	d(Å)	I
9,98	40	001,110				
		020	7,42	30		
6,39	10	200	6,39	10		
5,37	20	002,201				
4,94	10	102	4,90	10		
4,44	40	022,221	4,44	30		
4,21	10	122,300	4,20	10	4,20	10
3,83	10	040,301	3,83	10	3,80	50
3,55	100	003,132	3,55	100	3,55	100
3,30	60	113	3,33	70		
3,17	10	232	3,20	10	3,19	3
3,06	40	050,331	3,06	50		
2,97	40	150,401	2,95	30	2,98	25
2,85	10	223,420				
2,77	10	421				
2,56	70	060,143	2,56	60	2,56	40B
					2,49	60
2,46	70	500,350	2,46	80	2,46	80
2,38	20	333				
		333,413	2,29	30	2,29	15
2,23	30	423				
2,22	20	314,530	2,22	40	2,22	15
2,14	30	005				
2,06	20	600,270	2,06	30	2,06	5
1,98	40	620	1,98	40		
					1,90	10
		453	1,85	10	1,854	5
		444	1,78	10	1,774	10
		155	1,74	20	1,740	10
		226	1,68	20	1,675	10
1,602	50	660,146	1,60	60	1,603	60
1,503	30	346	1,50	40	1,494	15
1,474	40	615,446	1,47	50	1,473	40B
		436	1,43	10	1,425	30
			1,38	10		
			1,33	10	1,323	5
			1,29	10	1,290	8

## 2.- LA VAUQUELINITE, $(Pb,Cu)_3[(Cr,P)O_4]_2$ , DE MUSONOI

La vauquelinite de Musonoi se présente en cristaux aplatis sub-millimétriques constituant des agrégats à disposition crétée. La couleur est vert olive très pâle (Pl. 1:2). Le contour des cristaux est arrondi, ne permettant pas l'observation de formes cristallines bien définies. Le minéral est associé à de la malachite cristalline vert foncé et à des plaquettes de wulfénite jaune à l'éclat gras. Les plages à vauquelinite sont elles-mêmes dispersées sur un échantillon de minerai vert provenant de la partie inférieure de la zone d'oxydation du gisement. Le bloc de minerai, qui est constitué essentiellement d'une roche dolomitique imprégnée de malachite et de digénite sélénifère finement divisées, renferme en outre des tablettes carrées de torbernite verte, des enduits jaune vif de guilleminite et des cristaux bleus de chalcocénite.

Au microscope, la vauquelinite se présente en plages anisotropes de formes quelconques. Les indices sont nettement supérieurs à 2 avec un pléochroïsme vert très pâle à jaune paille, le minéral est biaxe négatif.

L'analyse qualitative par fluorescence X montre la présence de cuivre, de plomb, de chrome et de phosphore, à l'exclusion de l'arsenic (distinction avec la fornacite, isomorphe As de la vauquelinite).

Le spectre de diffraction est mentionné au tableau II et comparé aux données de BERRY, 1949 et A.S.T.M. 13-302.

### Genèse

La vauquelinite est contemporaine des autres minéralisations secondaires de Musonoi et par conséquent, d'origine récente. Le minéral, au vu de sa position intermédiaire entre des minéraux secondaires qu'il recouvre et qu'il supporte, ne dérive pas de la transformation d'un minéral préexistant mais semble s'être constitué directement à partir des produits solubles d'altération de la roche cuprifère. Le plomb est d'origine radiogénique, ceci par analogie avec le plomb des autres gisements d'uranium du Shaba (L'analyse isotopique du plomb radiogénique provenant de minéraux secondaires de divers gisements a par ailleurs servi à établir l'âge récent de ces minéraux). Le chrome n'avait pas encore été signalé à Musonoi, il est cependant connu à Menda (S.E. de Musonoi), associé au plomb dans la crocoïte. A Djoué, Congo Brazzaville, GUILLEMIN & PROUVOST (1951) signalent la présence de fornacite, équivalent à l'arsenic de la vauquelinite, en association avec des minéraux secondaires de cuivre et de plomb égale-

ment présents à Musonoi (silicates de cuivre, mottramite, chalcocite notamment).

L'échantillon contenant la vauquelinite a été récolté par M. P. du RY et offert au Musée royal de l'Afrique centrale; il porte le n° d'enregistrement R.G.M. 13.395.

Tableau II.- Spectres de diffractions X des vauquelinites

1. Oural, URSS, ASTM 13-302.
2. Musonoi (Radiation Cu  $K\alpha$ , filtre Ni, caméra de 114,6 mm).

1			2	
d(Å)	I	hkl	d(Å)	I
8,1	5	$\bar{1}01$	8,46	5
4,73	70	$\bar{1}11,002$	4,74	70
4,44	10	210	4,41	60
4,047	5	$\bar{2}02$	4,06	10
4,00	30	301	3,94	10
3,777	20	202	3,70	15B
3,684	20	012		
3,429	10	$400,\bar{3}11$		
3,305	100B	$311,\bar{2}12$	3,271	100B
3,159	10	212	3,142	15
2,955	30	$411,\bar{3}12$	2,932	70
2,89	60B	$\bar{4}02,020$	2,896	80
2,773	30	$\bar{1}13$	2,768	70
2,734	5	$\bar{1}21$		
2,704	30	$113,\bar{3}03$	2,694	70
2,306	50	$222,\bar{3}13$	2,303	70
2,051	20	$\bar{4}22,214$	2,055	40
2,026	10	223	2,024	30
2,003	5			
1,977	5	$\bar{6}12,\bar{3}23$	1,980	40
1,895	50	$113,612$	1,877	70
1,848	20		1,841	50
1,728	5		1,728	20
1,688	5			
1,649	20		1,642	30
1,589	20		1,584	15B

## 3.- LA STERRETTITE, $Al_6(PO_4)_4(OH)_6 \cdot 5 H_2O$ DE SHINKOLOBWE

De la sterrettite a été identifiée sur un échantillon de curite massive provenant de la zone d'oxydation du gisement d'uranium de Shinkolobwe. Une des faces de l'échantillon est recouverte d'une croûte cristalline cons-

tituée principalement de sterrettite, de torbenite et de curite.

Le phosphate hydraté d'aluminium est associé à des tablettes orthogonales de torbenite vert pâle; ces deux minéraux servent de support à de minuscules rosettes constituées de fibres soyeuses de curite jaune ainsi qu'à des aiguilles isolées de curite transparente orange. L'ensemble est découpé par des cassures ouvertes tapissées de ces mêmes aiguilles de curite orange et de quelques gerbes formées de prismes aplatis de kasolite jaune canari.

La sterrettite se présente en cristaux prismatiques au maximum 1/2 mm (Pl. 1 : 3). Les troncatures des arêtes verticales du prisme (face b, DANA 7<sup>e</sup> éd., p. 965), de forme rectangulaire allongée, sont très réfléchissantes. Le minéral présente une fluorescence verte intense aux U.V.

Tableau III.- Spectre de diffraction des sterrettites

1. Minéral de l'Utah, A.S.T.M. 2-177
2. Minéral de Shinkolobwe. (Radiation Cu  $K\alpha$ , Filtre Ni, Caméra de 114,6 mm).

1		2				
d(Å)	I(*)	d(Å)	I	$\sin^2\theta_{mes}$ ( $\times 10^5$ )	$\sin^2\theta_{calc}$ ( $\times 10^5$ )	hkl
6,94		6,77	50	1297	1316	110
5,25		5,13	50	2262	2276	020
4,88	(1)	4,81	90	2570	2577	011
		4,66	5	2738	2755	101
4,51	(2)	4,46	100	2986	2988	200,120
		4,23	5	3321	3324	111
3,79	(4)	3,73	60	4270	4284	021
		3,46	10	4965	4996	201
2,90	(3)	2,90	80	7083	7129	031
		2,859	50	7273	7272	221
2,76	(5)					
2,66		2,629	40	8597	8601	012
		2,522	5	9345	9348	112
2,44		2,426	10	10095	10107	231
2,33		2,312	15	11115	11112	041
2,24		2,233	15	11923	11952	400
		2,181	5	12494	12521	410
		2,125	5	13166	13153	032
2,07	(6)	2,075	40	13803	13900	132
		1,996	5			
		1,924	5			
1,87		1,861	10			
1,83		1,821	10			
1,77		1,760	15			
		1,740	15			
1,71	(7)	1,708	40			
+7 réflexions jusqu'à 1,31.						

(\*) Ordre d'importance des intensités.

Au microscope, le minéral est incolore. Les indices sont les suivants :  $n'_g = 1,598$  et  $n'_p = 1,570$  (LARSEN & MONTGOMERY, 1940 dans DANA 7<sup>e</sup> éd.):  $X = 1,572$ ;  $Y = 1,590$  et  $Z = 1,601$ ;  $2V (-)$ .

Le spectre de diffraction X est mentionné au tableau III; il renferme un nombre de réflexions plus important que le spectre de référence A.S.T.M. 2-177. Ces réflexions ont été indexées et les valeurs des intensités sont mentionnées, complétant les données relatives à ce minéral.

La sterrettite est, après la variscite, le deuxième phosphate d'aluminium signalé dans le gisement de Shinkolobwe.

L'échantillon renfermant la sterrettite est enregistré sous le n° R.G.M. 2714 dans la collection minéralogique du Musée royal de l'Afrique centrale.

#### 4.- LA BOLTWOODITE, $K(H_3O)(UO_2)(SiO_4) \cdot nH_2O$ , DE KARAGO, RWANDA

La boltwoodite a été identifiée sur un échantillon de brèche filonienne, constitué principalement de quartz laiteux et de muscovite, appartenant au réseau filonien qui découpe les roches précambriennes de la région de Karago (Nord du territoire de Gisenyi, Rwanda).

L'échantillon est sillonné par des filonnets d'uraninite zonaire, localement substituée par de l'autunite. La brèche elle-même est parsemée de tablettes micacées d'autunite et de phosphuranylite tandis que la boltwoodite est localisée sur la paroi d'étroites fractures.

La boltwoodite se présente en nodules fibroradiales jaunes de la grosseur d'une tête d'épingle; la juxtaposition de ces nodules constitue un encroûtement botryoidal dont la surface peut être colorée par des oxydes de fer (Pl. 2 : 4 et 5).

Au microscope, les minuscules fibres de boltwoodite présentent un faible pléochroïsme :  $n'_g$  (jaune très pâle) = 1,700 et  $n'_p$  (incolore) = 1,670. Le minéral est biaxe négatif.

Le spectre de diffraction est mentionné au tableau IV, avec en regard le spectre de référence de la boltwoodite de l'Utah (HONEA, 1961).

En 1961, la boltwoodite (HONEA, 1961) avait déjà été signalée dans une vingtaine de localités, principalement en Amérique du Nord. Le minéral appartient à la zone des silicates d'uranium, externe par rapport à la zone des oxydes d'uranyle qui jouxte l'uraninite primaire (FRONDEL & ITO, 1956). A Karago par contre, ne sont présents que les minéraux les plus tardifs du processus de l'altération : il s'agit de phosphates tels que l'au-

Tableau IV. - Spectres de diffraction X des boltwoodites :

1. Minéral de l'Utah (HONER, 1961)
2. Minéral de Karago. (Radiation Cu  $K\alpha$ , filtre Ni, Caméra de 114,6 mm).

1		2	
d(Å)	I	d(Å)	I
7,53	20		
6,81	100	6,80	100
6,40	50	6,40	50
5,45	50	5,43	40
4,74	40	4,72	50
4,32	40	4,30	30
4,11	20	4,10	5
3,91	10		
3,75	10		
3,54	70	3,534	80
3,40	90	3,380	90
3,13	50	3,121	70
3,07	10		
2,95	80	2,947	80
2,91	70	2,905	70
2,69	10B		
2,53	30	2,540	20
		2,508	20
2,45	50	2,448	40
2,34	40	2,344	10
2,26	50	2,258	20
2,21	40	2,204	30
2,16	20		
2,13	30	2,125	10
2,11	20	2,108	10
2,08	10		
2,05	30	2,043	20B
1,994	20		
1,983	20	1,985	10
1,950	30	1,969	10
1,935	10	1,944	10
1,900	60B	1,895	70B
1,874	10		
1,820	20	1,818	20
1,780	10	1,776	10
1,764	60	1,760	50
+ 41 réflexions jusqu'à 0,845		+ 20 réflexions jusqu'à 1,240	

tunite, la torbernite et la phosphuranylite qui sont directement en contact avec l'uraninite. Deux hypothèses peuvent être émises : ou bien le processus d'altération normal a eu lieu : uraninite - oxydes d'uranium (schoepite, becquerelite,...) - silicates d'uranium (sodyte, sklodowskite, ...) - phosphates d'uranium (autunite, phosphuranylite, ...) et il ne subsiste aucun témoin, sauf la boltwoodite, des stades intermédiaires de l'altération. Ou bien les solutions issues de l'altération de l'uraninite et d'autres constituants de la roche ont directement conduit à la formation de la boltwoodite et des phosphates d'uranium.

L'échantillon renfermant la boltwoodite est enregistré sous le n° R.G.M. 8.767 dans la collection minéralogique du Musée royal de l'Afrique centrale. L'échantillon R.G.M. 9.745 contient également quelques nodules de boltwoodite de qualité moindre.

#### REMERCIEMENTS

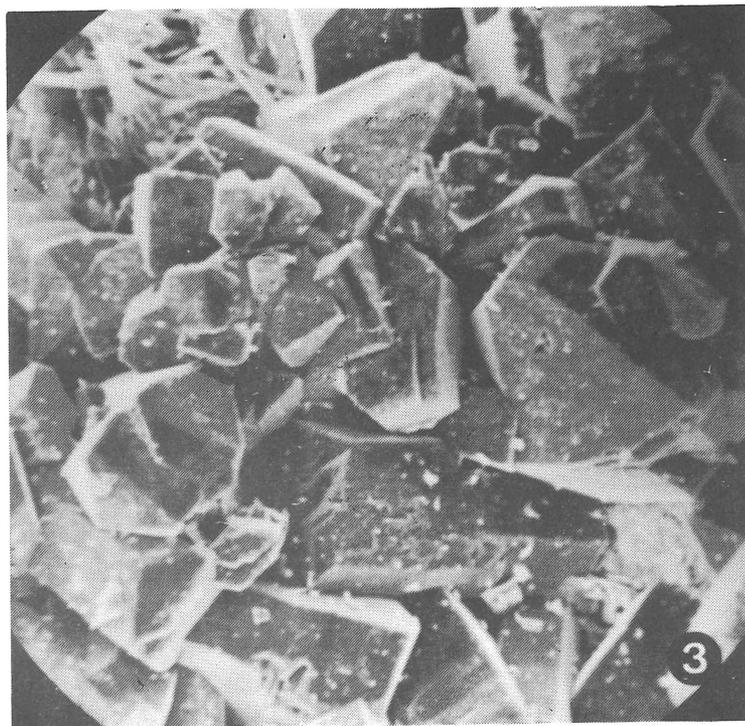
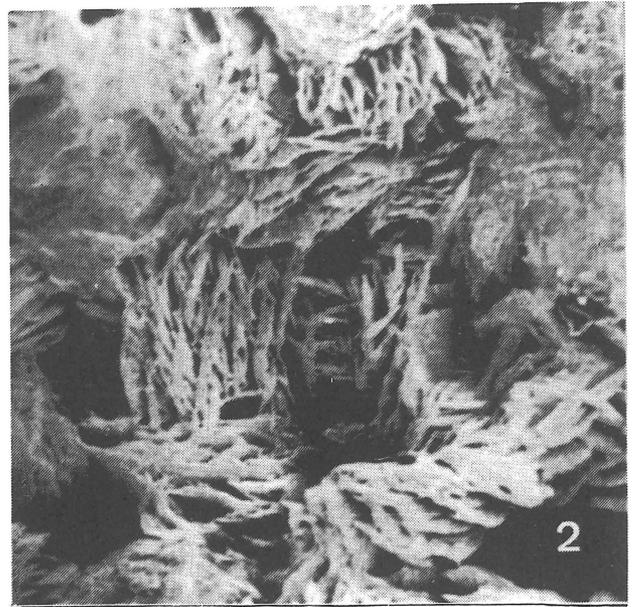
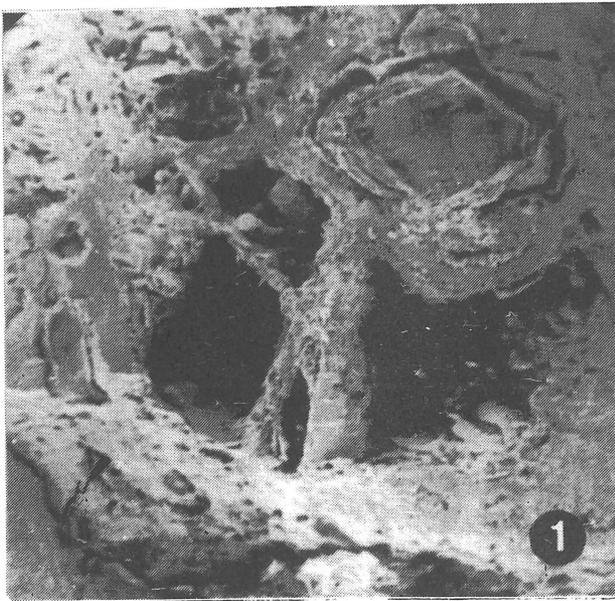
Nous remercions le Professeur Antoine qui nous a permis de réaliser des photographies au microscope électronique à balayage au Laboratoire forestier de l'U.C.L. à Louvain-la-Neuve.

#### BIBLIOGRAPHIE

- A.S.T.M. Sterrettite ; 2-177.
- BERRY, L.G., 1949. dans fiche A.S.T.M. : 13-302.
- DANA, 7<sup>e</sup> éd. 2 : 965-966.
- DELIENS, M., 1975. Remplacement partiel du sélénium par le soufre dans la penroséite (Ni, Co, Cu) (Se, S)<sub>2</sub> de Shinkolobwe (Zaire). Bull. Soc. fr. Miner. Cristallogr. 98 : 347-350.
- DELIENS, M., 1976. La schmitterite U Te O<sub>5</sub> de Shinkolobwe (Région du Shaba, Zaire). Bull. Soc. fr. Miner. Cristallogr. 99 : 334-335.
- FRONDEL, C. & ITO, J., 1956. Boltwoodite, a new uranium silicate mineral. Science 124 : 931.
- GUILLEMIN, C. & PROUVOST, J., 1951. Etude de la série fornacite - vauquelinite. Bull. Soc. fr. Miner. Cristallogr., 74 : 432-438.
- GUILLEMIN, C., 1956. Contribution à la minéralogie des arsénates, phosphates et vanadates de cuivre. Bull. Soc. fr. Miner. Cristallogr. 79 : 7-95.
- HONEA, R.M., 1961. New data on boltwoodite, an alkali uranyl silicate. Amer. Min. 46 : 12-25.
- PIERROT, R. & WALTER, J., 1961. Présence de chenevixite au Hoggar. Bull. Soc. fr. Miner. Cristallogr. 84 : 325.
- PIRET, P. & DELIENS, M., 1976. Nouvelles données sur une umohoïte magnésienne de Shinkolobwe (Région du Shaba, Zaire). Annales Soc. Géol. Belgique, 99 : 205-209.
- VILLARROEL, H., 1964. Contribution à l'étude de la chenevixite. Bull. Soc. fr. Miner. Cristallogr., 87 : 626-628.

## PLANCHE 1

1. Chenevixite de Musonoi. Encroûtement cryptocristallin moulant des empreintes de cristaux. Microscope électronique à balayage (x 50).
2. Vauquelinite de Musonoi. Ensemble de cristaux à disposition crêtée. Microscope électronique à balayage (x 60).
3. Sterrettite de Shinkolobwe. Groupe de cristaux généralement maclés. Microscope électronique à balayage (x 260).



## PLANCHE 2

4. Boltwoodite de Karago. Encroûtement constitué de nodules fibroradiés. Microscope électronique à balayage (x 60).
5. Boltwoodite de Karago. Détail d'un nodule. Microscope électronique à balayage (x 450).

