

L'AGARDITE-(Y) DE MUTOSHI, SHABA, ZAIRE¹

par

Michel DELIENS²

(1 figure, 4 tableaux et 1 planche)

RESUME.- L'agardite $(\text{TR,Ca})\text{Cu}_6(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, est signalée pour la première fois dans un gîte cuprifère de la Série des Mines au Shaba méridional. Le minéral se présente en amas fibreux bleu verdâtre. Les terres rares, analysées à la microsonde électronique, sont par ordre décroissant d'abondance: Y, Nd, Gd, Dy, La, Sm, Pr et Ce. Cette répartition est semblable à celle observée dans d'autres minéraux secondaires de l'écaille charriée de Kolwézi [kamotoïte-(Y), françoisite-(Nd) et shabaïte-(Nd)] et distincte de celle des minéraux à terres rares de Shinkolobwe, situé 125 km à l'est [Iepersonnite-(Gd) et bijvoetite-(Y)].

ABSTRACT.- This is the first occurrence of agardite-(Y), $(\text{REE,Ca})\text{Cu}_6(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, in a copper deposit of the «Série des Mines» in southern Shaba. The mineral occurs as greenish blue fibrous aggregates. Rare earth elements, analyzed by electron microprobe, are in decreasing order: Y, Nd, Gd, Dy, La, Sm, Pr and Ce. This distribution is the same as the one which exists in other secondary minerals of the overthrust slice of Kolwézi [kamotoïte-(Y), françoisite-(Nd), shabaïte-(Nd)] but differs from that of the REE secondary minerals from Shinkolobwe, located 125 km to the East [Iepersonnite-(Gd) and bijvoetite-(Y)].

1.- INTRODUCTION

L'agardite, arséniate de cuivre et de terres rares, se présente en houppes ou en agrégats fibreux de couleur bleu verdâtre. On la trouve en faible quantité dans la zone d'oxydation de nombreux gisements de cuivre. Bien que la description originale, réalisée à partir de matériel de Bou Skour au Maroc, ne date que d'une vingtaine d'années (Dietrich *et al.*, 1969), l'espèce était néanmoins déjà représentée dans la plupart des collections minéralogiques sous les noms de mixite et de chlorotile.

L'examen par ces auteurs de matériel provenant d'une vingtaine de gisements a permis de reconnaître l'existence de mixite ou d'agardite, parfois des deux conjointement, et cela quel que soit le nom original attribué au minéral (mixite ou chlorotile). Ainsi, tous les chlorotiles examinés se sont avérés être, soit de la mixite, soit de l'agardite, aucun ne correspondant à la description originale de Frenzel (1875), de laquelle était tirée la formule: $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. L'échantillon holotype ayant malheureusement été détruit au cours de l'incendie du Muséum de Budapest en 1956, il ne

pourra jamais être établi avec certitude s'il s'agissait du seul exemplaire ayant cette composition chimique ou si l'analyse originale était erronée.

Dans leur article, Dietrich *et al.* (1969) ont encore montré que l'agardite et la mixite sont deux minéraux isotypes de formule générale $\text{ACu}_6(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Dans l'agardite, «A» représente les terres rares accompagnées d'un peu de calcium, tandis que, dans la mixite, il s'agit de bismuth avec un peu de calcium et d'autres éléments tels que le cuivre et le fer. Il n'existe pas de composé naturel renfermant à la fois des terres rares et du bismuth.

L'agardite a été signalée dans plusieurs gisements à travers le monde: à Oberwolfach, Forêt Noire, RFA (riche en cérium), à Wheal Alfred, Cornwall, Angleterre (riche en néodyme), à Anora en Espagne et à Chessy en France (yttrium et

1. Manuscrit reçu le 14 avril 1989, revu le 3 mai 1989.

2. Section de Minéralogie et de Pétrographie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 29, rue Vautier, B-1040 Bruxelles, Belgique.

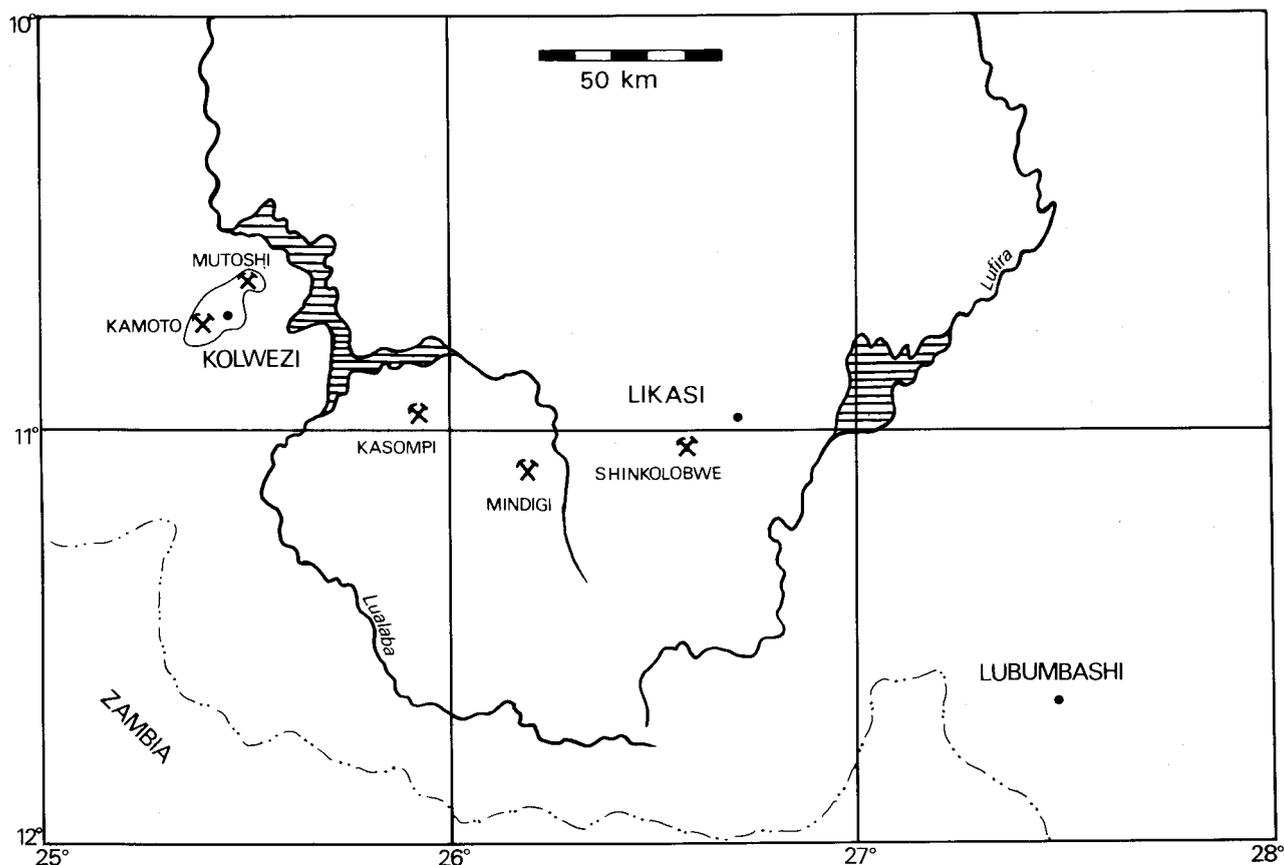


Fig. 1.- Shaba méridional.

Localisation de la mine de Mutoshi, dans l'écaïlle charriée de Kolwézi, et des autres gîtes cités dans l'article.

néodyme), dans l'Utah aux USA (yttrium et dysprosium) et à Lavrion en Grèce (variété au cérium et au lanthane (Fehr & Hochleitner, 1984)).

2.- LE GITE DE MUTOSHI

Le gîte de Mutoshi (anciennement Ruwe) est situé dans l'écaïlle charriée de Kolwézi, à l'extrémité occidentale de l'arc cuprifère shabien (fig. 1). Exploitée pour l'or au début du siècle, la mine a ensuite fourni d'importantes quantités de cuivre et de cobalt. L'extraction y est aujourd'hui abandonnée.

La colline de Mutoshi est constituée d'un synclinal composite dont l'axe est orienté SO-NE. La série synclinale se compose d'une suite de niveaux de la «Série des Mines», surmontant le faisceau des roches argilo-talqueuses lilas (R.A.T. lilas). L'ensemble est charrié sur du Kundelungu supérieur, plus jeune. Le tableau 1 donne la stratigraphie du Katangien correspondant au Précambrien A. Les noms soulignés dans le tableau se rapportent aux niveaux présents à Mutoshi.

La minéralisation cuprifère stratiforme de la «Série des Mines» du Shaba méridional est généralement concentrée dans deux corps minéralisés qui encadrent le niveau stérile des roches siliceuses cavernueuses (R.S.C.). A Mutoshi, cependant, le lessivage de la zone superficielle a été particulièrement profond et les teneurs exploitables se sont concentrées à la base de la «Série des Mines» (R2) et dans les R.A.T. lilas (R1).

3.- LES MINERAUX CUPRIFERES DE LA ZONE D'OXYDATION

On trouvera une description plus détaillée des minéraux de la zone supergène dans un article consacré au gîte de Mutoshi (Deliens, 1989, sous presse). En ce qui concerne le cuivre, l'association minérale comprend un oxyde (la cuprite et sa variété aciculaire, la chalcotrichite), deux carbonates (azurite et malachite), deux phosphates (libéthénite et pseudomalachite), trois silicates (diopside, planchéite et chrysocolle), deux vanadates (descloizite et volborthite), un sulfate (la brochantite) et deux arséniate (agardite et conichalcite). Quatre minéraux d'uranium sont égale-

Tableau 1.- Stratigraphie du Katangien et niveau présents à Mutoshi (soulignés).

Série supérieure ou KUNDELUNGU SUPERIEUR : Ks	
Série moyenne ou KUNDELUNGU INFÉRIEUR : Ki	
Série inférieure ou ROAN : R	Faisceau R4 : Mwashya
	Faisceau R3 : Dipeta
	Faisceau R2 : C.M.N. S.D. R.S.C. R.S.F. D. strat. R.A.T. grises
	Faisceau R1 : R.A.T. lilas

Tableau 2.- Diagrammes de poudre des agardites de Mutoshi (ce travail) et de Bou Skour, Maroc (Dietrich *et al.*, 1969).

AGARDITE DE MUTOSHI		AGARDITE DE BOU SKOUR	
d(hkl)	I/I°	d(hkl)	I/I°
11,56	100	11,73	100
		5,25	10
4,42	50	4,43	70
4,14	60	4,15	30
3,909	5	3,91	20
3,739	15		
3,534	50	3,54	70
3,363	20	3,386	30
3,243	30	3,252	50
2,921	60	2,938	80
2,850	10	2,847	40
2,687	30	2,692	60
2,550	35	2,558	60
2,450	80	2,451	80
2,220	5	2,219	20
2,177	5	2,183	20
2,096	8	2,107	30
2,066	5	2,074	20
1,981	10	1,986	30
		1,953	10
1,920	5	1,925	20
		1,884	10
		1,857	10
1,819	10	1,831	20
1,785	15	1,793	40
1,765	15	1,770	50
1,708	10	1,713	40
		1,694	20L
1,664	5	1,675	20L
1,623	15	1,629	50
1,604	15	1,611	40
1,578	5	1,584	20
1,542	5	1,555	20
		1,528	30
1,511	5	1,499	5L
1,468	10L	1,470	40L
		1,456	20
1,425	10	1,431	30
		+ 30 lignes	

Tableau 3.- Composition chimique des agardites.

1: minéral de Mutoshi (pourcentages expérimentaux);
2: minéral de Bou Skour (Dietrich *et al.*, 1969);
3: pourcentages théoriques pour $YCu_6(AsO_4)_3(OH)_6 \cdot 3H_2O$.

	1	2	3
Al ₂ O ₅	1,47	-	-
CaO	1,47	2,60	-
CuO	43,00	45,35	45,10
Y ₂ O ₃	6,59	7,50	10,70
La ₂ O ₃	0,38	1,20	
Ce ₂ O ₃	0,25		
Pr ₂ O ₃	0,26		
Nd ₂ O ₃	0,83		
Sm ₂ O ₃	0,31		
Dy ₂ O ₃	0,47		
Gd ₂ O ₃	0,64		
As ₂ O ₃	28,63	31,50	34,00
SiO ₂	0,22	-	
H ₂ O	n.d.	11,35	10,20
Total	84,52	99,50	100,00

ment présents : la méta-torbernite, la cuprosklo-dowskite, la sengiérite et la tyuyamunite. Si ces différents minéraux sont courants au Shaba, associés en tout ou en partie suivant les gisements, la présence d'arséniates est plus exceptionnelle; la cornubite, la clinoclasite et la conicalcite ont été signalées à Mindigi, tandis que, plus récemment, de la zeunérite a été observée dans la nouvelle carrière KOV (abréviations pour Kamoto-Oliveira-Virgule), à proximité de Kamoto (fig. 1).

La découverte d'agardite à Mutoshi est intéressante à plus d'un titre : en tant qu'arséniate (l'arsenic est très rare dans les minéraux primaires de la «Série des Mines»), en tant que minéral de terres rares [outre la monazite primaire, les espèces secondaires suivantes sont connues au Shaba : bijvoetite-(Y), françoisite-(Nd), gysinite-(Nd), kamotoïte-(Y), lepersonnite-(Gd), shabaïte-(Nd) et schuilingite-(Nd)] et enfin, comme première occurrence de ce minéral en Afrique centrale.

4.- MINÉRAUX DIRECTEMENT ASSOCIÉS À L'AGARDITE

L'agardite a été trouvée sur un échantillon de dolomie rose géodique appartenant à l'horizon des dolomies stratifiées (D. strat.). La minéralisation secondaire qu'il renferme est constituée de

Tableau 4.- Pourcentages expérimentaux des terres rares dans 8 minéraux secondaires du Shaba méridional et dans l'agardite de Bou Skour, Maroc.

1. Lepersonnite-(Gd) de Shinkolobwe, $\text{CaO} \cdot (\text{TR})_2\text{O}_3 \cdot 24\text{UO}_3 \cdot 8\text{CO}_2 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 6\text{OH}_2\text{O}$. Deliens et Piret (1982). 2: Bijvoetite-(Y) de Shinkolobwe, $(\text{TR})_2\text{O}_3 \cdot 4\text{UO}_3 \cdot 8\text{CO}_2 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$. Ibid. 3. Schuilingite-(Nd) de Kasompi, $\text{PbCu}(\text{TR})(\text{CO}_3)_2(\text{OH}) \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$. Piret et Deliens (1982) 4. Gysinite-(Nd) de Kasompi, $\text{Pb}(\text{TR})(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Sarp et Bertrand (1985). Les auteurs mentionnent erronément Shinkolobwe comme occurrence. 5. Kamotoïte-(Y) de Kamoto, $(\text{TR})_2\text{O}_3 \cdot 4\text{UO}_3 \cdot 3\text{CO}_2 \cdot 14,5\text{H}_2\text{O}$. Deliens et Piret (1986). 6. Françoisite-(Nd) de Kamoto, $1/2(\text{TR})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 6,5\text{H}_2\text{O}$. Piret *et al.* (1988). 7. Shabaïte-(Nd) de Kamoto, $\text{Ca}(\text{TR})_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_4 \cdot (\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Deliens et Piret (1989). 8. Agardite-(Y) de Mutoshi, $[(\text{TR}), \text{Ca}] \text{Cu}_6(\text{AsO}_4)_3 \cdot (\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Ce travail. 9. Agardite-(Y) de Bou Skour, Maroc. Dietrich *et al.* (1969).

	SHINKOLOBWE		KASOMPI		KAMOTO			MUTOSHI	BOU SKOUR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y_2O_3	0,41	7,51	2,04	0,73	6,19	1,53	4,91	6,59	7,50
La_2O_3			1,00	4,00		0,71	1,50	0,38	0,23
Ce_2O_3				0,03		1,00	0,50	0,25	
Pr_2O_3			1,14	6,92		0,92	2,36	0,26	0,09
Nd_2O_3			8,51	34,52	2,36	4,60	13,58	0,83	0,71
Sm_2O_3			3,44	10,69	1,91	1,60	5,54	0,31	┌
Eu_2O_3			2,44						└
Gd_2O_3	2,09	2,80	3,95		2,10			0,64	0,31
Tb_2O_3	0,09	0,96							┌
Dy_2O_3	1,07	5,61	3,05		1,64	0,79	2,96	0,47	└
Total	3,66	16,88	25,57	56,89	14,20	11,15	31,35	9,73	8,84

croûtes cristallines et d'enduits pulvérulents et fibreux. L'association comporte sept minéraux. Du quartz légèrement fumé tapisse la paroi de petites géodes; les cristaux sont des prismes terminés millimétriques. La diopside est présente en masses cristallines et en cristaux idiomorphes bleu-vert atteignant quelques mm. La malachite est en enduits fibreux ou en plaquettes micacées millimétriques empilées. La volborthite forme des nids de plaquettes transparentes vert olive à disposition crêtée ou des croûtes microcristallines poudreuses jaune verdâtre. La pseudomalachite forme des globules vert foncé de la taille d'une tête d'épingle. La dolomie est localement recouverte d'un enduit terreux noir gras d'hétérogénite qui peut servir de support aux minéraux secondaires de cuivre. L'agardite enfin constitue des plages de minuscules fibres souples enchevêtrées, de la couleur de l'aurichalcite.

5.- PROPRIETES PHYSIQUES ET RADIOCRISTALLOGRAPHIQUES DE L'AGARDITE

L'agardite se présente en agglomérats désordonnés de fibres (en touffes d'ouate) et en houpes isolées atteignant 2 à 3 mm de longueur. Examinées au microscope électronique, les fibres d'agardite montrent un débitage en fibrilles ayant quelques centièmes de mm de longueur pour une section inférieure à $0,1 \mu\text{m}$ (Pl.: 1).

Au microscope polarisant, l'indice de réfraction n_0 est voisin de 1,71. On considère la valeur $n_0 = 1,730$ comme limite entre l'agardite et la mixite. Dietrich *et al.* (1969) fournissent les valeurs de n_0 pour une trentaine d'agardites et de mixites de provenances diverses; ils obtiennent des valeurs comprises entre 1,735 et 1,760 pour les mixites et

entre 1,701 et 1,725 pour les agardites. L'agardite a une extinction droite et un allongement positif. Il existe un faible pléochroïsme bleu-vert (n_e) à vert jaunâtre (n_o).

Le diagramme de diffraction des rayons X est donné au tableau 2, avec en regard les données de Dietrich *et al.* (1969) pour le minéral de Bou Skour. Les deux spectres sont comparables, les légères différences étant dues à des variations des dimensions de la maille liées à la nature et aux proportions des terres rares présentes. Rappelons que le minéral cristallise dans le système hexagonal avec $a = 13,55$ et $c = 5,87$ Å [valeurs propres à l'agardite-(Y), Dietrich *et al.* 1969].

6.- COMPOSITION CHIMIQUE DE L'AGARDITE

Sept fibres d'agardite de Mutoshi ont été analysées quantitativement au Centre d'Analyse par Microsonde électronique pour les Sciences de la Terre (CAMST) du Laboratoire de Pétrographie de l'UCL (appareil Camebax; analyste, J. Wautier). Les étalons suivants ont été utilisés : des verres synthétiques du Center of Volcanology de l'Université de l'Oregon pour les terres rares, Si et Al, Cu_2O pour le cuivre et une ardenite analysée pour As. Les résultats sont mentionnés au tableau 3. La teneur en eau de l'agardite de Mutoshi n'a pas été mesurée afin d'éviter une destruction trop importante d'un échantillon unique. La somme des oxydes (colonne 1) n'atteint que 84,5 %, ce qui est relativement faible par rapport à la somme des pourcentages théoriques (89,8 % = 100 % moins 10,2 % d'eau). Ce résultat plutôt médiocre est dû aux difficultés rencontrées dans le polissage de fibres microscopiques et à la qualité de l'étalon arsenic.

Ce qui importait cependant dans notre étude n'était pas l'établissement d'une formule chimique, par ailleurs connue, mais l'identification des terres rares, l'estimation de leur abondance relative et les relations avec d'autres minéraux à terres rares des gisements du Shaba méridional.

L'agardite de Mutoshi est principalement yttrifère, elle sera donc qualifiée d'agardite-(Y), en conformité avec les règles établies par Levinson (1966) pour la nomenclature des minéraux renfermant des terres rares. Les autres éléments de ce groupe chimique, exprimés sous forme d'oxydes, ont des teneurs inférieures à 1 %, avec une prédominance du néodyme (0,83 %).

Dietrich *et al.* (1969) ont étudié la répartition des terres rares dans le minéral de Bou Skour par

spectrométrie d'arc. Les valeurs mesurées par ces auteurs en g/tonnes ont été transformées en % d'oxydes au tableau 4 pour faciliter la comparaison avec les teneurs trouvées à Mutoshi. Figurent également au tableau 4 les pourcentages d'oxydes de terres rares des minéraux secondaires du Shaba méridional qui en renferment. On constate que l'agardite-(Y) de Bou Skour est aussi caractérisée par du néodyme figurant en seconde position dans l'ordre d'abondance. Le cérium par contre est absent, tandis que les terres rares lourdes sont moins abondantes qu'à Mutoshi.

Par rapport aux autres minéraux à terres rares du Shaba, il ressort que l'agardite-(Y) a une répartition de ces éléments très proche de celle observée dans la kamotoïte-(Y) de Kamoto : yttrium prépondérant accompagné de néodyme et de gadolinium. La composition est aussi apparentée à celle des autres minéraux à terres rares de l'écaïlle charriée de Kolwézi [françoisite-(Nd) et shabaïte-(Nd)]. La gysinite-(Nd) et la schuilingite-(Nd) de Kasompi (fig. 1), gisement situé à 50 km au S-SE de Mutoshi, présentent également une répartition voisine. En revanche, la bijvoetite-(Y) et la lepersonnite-(Gd), deux minéraux à terres rares de la mine de Shinkolobwe, localisée à 125 km à l'est de Mutoshi, sont caractérisées par la présence de terres rares lourdes. Une étude détaillée des terres rares liées aux minéralisations cuprifères et uranifères du Shaba méridional est actuellement en cours à l'IRSNB.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur P. du Ry qui a mis à ma disposition une série d'échantillons minéralogiques de Mutoshi parmi lesquels figurait l'agardite-(Y).

BIBLIOGRAPHIE

- DELIENS, M. & PIRET, P., 1982. Bijvoetite et lepersonnite, carbonates hydratés d'uranyle et de terres rares de Shinkolobwe, Zaïre. *Canadian Mineralogist*, 20 : 231-238.
- DELIENS, M. & PIRET, P., 1986. La kamotoïte-(Y), un nouveau carbonate d'uranyle et de terres rares de Kamoto, Shaba, Zaïre. *Bull. Minér.*, 109 : 643-647.
- DELIENS, M., & PIRET, P., 1989. La shabaïte-(Nd), $Ca(TR)_2(UO_2)(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 6H_2O$, nouvelle espèce minérale de Kamoto, Shaba, Zaïre. *Eur. J. Mineralogy*, 1 : 85-88.
- DELIENS, M., 1989. Les minéralisations du gisement de Mutoshi (ex-Ruwe), Shaba méridional, Zaïre. *Bull. I.R.Sc.N.B., série Sciences de la Terre*, sous presse.
- DIETRICH, J.E., ORLIAC, M. & PERMINGEAT, F., 1969. L'agardite, une nouvelle espèce minérale et le problème du chlorotyle. *Bull. Soc. fr. Minér. Cristallogr.*, 92 : 420-434.

FEHR, R. & HOCHLEITNER, R., 1984. Agardit-La, ein neues Mineral von Lavrion, Griechenland. *Lapis*, 1, 22 et 37.

LEVINSON, A.A., 1966. A system of nomenclature for rare-earth minerals. *Amer. Mineralogist*, 51 : 152-158.

PIRET, P. & DELIENS, M., 1982. Nouvelles données sur la schuilingite, carbonate hydraté d'uranyle, de terres rares, de plomb et de cuivre. *Bull. Mineral.*, 105 : 225-228.

PIRET, P., DELIENS, M. & PIRET-MEUNIER, J., 1988. La françoisite-(Nd), nouveau phosphate d'uranyle et de terres rares; propriétés et structure cristalline. *Bull. Mineral.*, 111 : 443-449.

SARP, H. & BERTRAND, J., 1985. Gysinite, $Pb(Nd,La)(CO_3)_2(OH).H_2O$, a new lead, rare-earth carbonate from Shinkolobwe, Shaba, Zaire and its relationship to ancylite. *Amer. Mineralogist*, 70 : 1314-1317.

PLANCHE 1

Photographies au microscope électronique à balayage Philips réalisées par J. Cillis

- A. Aiguilles enchevêtrées d'agardite-(Y) de Mutoshi (une graduation représente $10 \mu m$).
- B. Association d'agardite-(Y) fibreuse et de plaquettes de volbarthite de Mutoshi (échelle graphique).

