

## Eylettersite, un nouveau phosphate de thorium appartenant à la série de la crandallite

par L. VAN WAMBEKE,  
C. C. R. EURATOM, Ispra (Italie).

**Résumé.** — Ce nouveau minéral radioactif a été trouvé dans la pegmatite de Kobokobo, Kivu, Rép. du Congo (Kinshasa). Au microscope, il est quasi isotrope ; ses indices de réfraction (1,61 à 1,66) et sa densité (3,38-3,44) varient en fonction de la composition chimique et du degré d'altération. Pour les eylettersites dérivées par altération de la crandallite thorifère, les indices et la densité sont moins élevés (1,57 à 1,60 et 2,8).

Le minéral appartient au groupe spatial  $R\bar{3}m$  et ses paramètres sont  $a = 6,98$  à  $6,99$  Å ; et  $c = 16,66$  à  $16,72$  Å. La formule structurale de trois échantillons analysés est discutée en fonction des processus d'altération qui ont amené la présence de lacunes en position A et un remplacement partiel des groupes  $[\text{PO}_4, \text{SiO}_4]$  par  $\text{H}_4\text{O}_4$ . Les échantillons ont été examinés à la microsonde électronique et la courbe d'analyse différentielle du minéral est donnée. Le mode de formation de l'eylettersite est brièvement décrit. L'eylettersite montre non seulement que le Th, mais aussi l'U, peuvent entrer dans le réseau des phosphates de la série de la crandallite.

*Eylettersite, a new thorium mineral belonging to the crandallite series.*

**Abstract.** — This new radioactive mineral has been found in the Kobokobo pegmatite, Kivu, Congo Rep. (Kinshasa). Under the microscope the mineral is nearly isotropic ; its refractive indexes (1.61 to 1.66) and its density (3.38-3.44) vary according to the chemical composition and the alteration grade. Eylettersite derived by alteration from thorian crandallite has lower indexes (1.57-1.60) and densities (2.8). The mineral belongs to space group  $R\bar{3}m$  and its parameters are  $a = 6.98$  to  $6.99$  Å and  $c = 16.66$  to  $16.72$  Å. The structural formula for three analyzed eylettersites are discussed in relation to the alteration processes which have led to deficiencies in the A position and to partial replacement of  $(\text{PO}_4, \text{SiO}_4)$  groups by  $\text{H}_4\text{O}_4$ . The specimens have been examined with the electron microprobe and the D. T. A. curve is given. The formation of this particular mineral is briefly described. This new mineral shows that not only Th but also U may enter the structure of phosphates belonging to the crandallite series.

### I. INTRODUCTION.

La pegmatite de Kobokobo (Kivu, République démocratique du Congo), qui fut l'un des principaux gisements de béryl du monde, est aussi caractérisée par une concentration assez importante de phosphates de calcium, lithium, fer, manganèse, aluminium et par une minéralisation particulière d'uranium et de thorium. Une description géologique et minéralogique des différentes phases de cette pegmatite a déjà été publiée ailleurs (Safiannikoff *et al.*, 1967). Les venues phosphatées riches en Ca, Fe, Mn qui

affectent la zone à albite-béryl vers le stade final de cristallisation de cette pegmatite amènent une altération des minéraux précédemment formés comme les feldspaths et l'uraninite riche en Th et en Pb, avec formation de phosphates d'U (séries phosphuranylite et autunite) et d'argiles (dickite, montmorillonite, halloysite et autunite). L'altération d'abord d'origine hydrothermale se poursuivra jusque dans le domaine supergène (Safiannikoff *et al.*, 1967 ; Van Wambeke, 1957).

La minéralisation secondaire d'U et de Th formée *in situ* à partir de l'uraninite comprend d'abord des oxydes représentés surtout par la

curite et la schoepite, minéraux qui peuvent contenir une teneur appréciable en thorium (10 % de  $\text{ThO}_2$  et plus). L'examen à la microsonde Castaing d'une schoepite anormalement riche en Th (20 à 25 % de  $\text{ThO}_2$ ) a montré que le thorium se présente vraisemblablement sous forme d'un oxyde hydraté amorphe où seul le spectre de la schoepite est bien présent en diffraction et que le thorium a tendance à se concentrer en masses assez bien distinctes de la schoepite. Dans les zones les plus riches en thorium, les teneurs peuvent atteindre 60 % et plus de  $\text{ThO}_2$  et dans ce cas l'uranium est pratiquement absent. Dans la majorité des cas à Kobokobo, les oxydes ont été transformés en phosphates du type phosphuranylite. Intimement mélangé aux minéraux de cette série, on trouve localement le nouveau phosphate d'Al et de Th décrit ici. Ce fait met en doute l'existence du minéral kivuite précédemment décrit (Van Wambeke, 1958 b).

Les minéraux d'uranium de la série autunite sont principalement concentrés le long des zones de fissures de la pegmatite. Les phosphates d'aluminium des zones à minéralisations phosphatées (Ca, Li, Mn, Fe), là où l'uranium est présent, peuvent accumuler des quantités variables d'U. La bolivarite de Kobokobo (ancienne appellation évansite) (Van Wambeke, 1971 e) peut contenir jusqu'à 3 % et plus d' $\text{U}_3\text{O}_8$ , mais la teneur des autres phosphates d'Al reste en général inférieure à 0,5 % d' $\text{U}_3\text{O}_8$ . Cependant, l'un des faits les plus remarquables de la minéralisation radioactive de Kobokobo est l'entrée du Th et accessoirement de l'U dans la structure des minéraux de la série crandallite qui se présentent généralement en nodules dans les feldspaths, l'apatite, la colombite, la cyrtolite ou sont associés à la phosphuranylite.

Comme la composition chimique des minéraux radioactifs de la série crandallite qui sont macroscopiquement identiques, varie largement, il en résulte qu'il existe à Kobokobo une série d'intermédiaires entre l'eylettersite, la crandallite, la plumbogummite et l'équivalent uranifère. Tous ces minéraux ont subi une altération hydrothermale et supergène intense qui a modifié sensiblement la composition chimique originelle.

## II. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES.

L'eylettersite se présente en nodules souvent pulvérulents de couleur blanc à blanc crème. Sa densité varie en fonction de la composition chi-

mique et du degré d'altération. En général sa densité est supérieure à 3,20 tandis que les minéraux altérés dérivés des crandallites thorifères ont une densité inférieure à cette valeur. Les variations de densité sont approximativement les suivantes :

3,20 à 3,60 pour les eylettersites altérées,

2,50 à 3,20 pour les crandallites thorifères altérées souvent transformées en eylettersites (Th prédominant).

Au microscope, l'eylettersite est incolore ou légèrement brunâtre (traces de limonite présente). En lumière polarisée, le minéral est quasi isotrope et uniaxe probablement négatif sur les sections les plus réfringentes. Une mesure systématique des indices de réfraction a été effectuée sur une série d'échantillons. Les indices varient en fonction de la composition chimique et du degré d'altération. Ils sont généralement compris entre 1,61 et 1,66 avec une moyenne fréquente autour de 1,635 pour les eylettersites tandis que les indices de réfraction des crandallites thorifères oscillent entre 1,56 et 1,61 (moyenne fréquente 1,585). En général, la partie extérieure la plus altérée des nodules possède des indices de réfraction inférieurs à ceux de la partie interne.

Pour les trois minéraux analysés chimiquement, les variations des indices de réfraction sont :

eylettersite échantillon I : 1,615-1,64, valeur moyenne 1,635;

eylettersite échantillon II : 1,625-1,66, valeur moyenne 1,645;

crandallite thorifère : 1,575-1,60, valeur moyenne 1,585 (transformée en eylettersite).

Ces minéraux sont solubles lentement à chaud dans l'acide sulfurique. En général, les eylettersites sont fluorescentes au rayonnement ultraviolet. La fluorescence UV de faible intensité est brun crème pour les grandes longueurs d'onde et jaune verdâtre pour les courtes longueurs d'ondes.

## III. DONNÉES DES RAYONS X.

L'eylettersite avait d'abord été mise en évidence par la méthode combinée diffraction des rayons X-fluorescence X. Le spectre de diffraction obtenu était celui des minéraux de la série de la crandallite tandis que la fluorescence X avait montré à côté d'Al, une prédominance très nette du Th sur les autres éléments cationiques et une absence de S et d'As.

TABLEAU I.

## Spectre de diffraction de l'eylettersite.

Échantillon analysé I.  
(Spectromètre Philips, CuK $\alpha$  et discriminateur.)

I/I <sub>0</sub>	<i>d</i> <sub>mes.</sub> (Å)	<i>d</i> <sub>calc.</sub> (Å)	<i>h k l</i>
55	5,70	5,675	(1 0 1)
60	3,51	3,50	(1 1 0)
100	2,95	2,94	(0 1 5) (1 1 3) (0 2 1)
15	2,848	2,845	(2 0 2) (0 0 6)
15	2,269	2,267	(2 1 1)
40	2,187	2,184	(1 1 6) (1 0 7)
30	1,899	1,897	(0 3 3) (3 0 3)
20	1,478	1,477	(2 2 0)
8	1,479	1,478	(2 2 6)
6	1,278	1,278	(4 0 7)

En diffraction, le minéral donne des raies larges dues à la faible dimension des cristallites (< 1  $\mu$ ), ce qui rend moins précis la détermination des paramètres.

Le tableau I donne l'intensité des raies, les valeurs des distances réticulaires et les plans de réflexion.

Les valeurs paramétriques pour les échantillons analysés sont les suivantes :

Eylettersite I	$a = 6,99 \pm 0,04 \text{ \AA}$
	$c = 16,70 \pm 0,10 \text{ \AA}$
Eylettersite II	$a = 6,98 \pm 0,03 \text{ \AA}$
	$c = 16,66 \pm 0,08 \text{ \AA}$
Crandallite thorifère	$a = 6,98 \pm 0,04 \text{ \AA}$
	$c = 16,72 \pm 0,08 \text{ \AA}$

Les densités mesurées par la méthode picnométrique et calculées aux rayons X sont les suivantes :

	Densités mesurées	Densités calculées
Eylettersite I	$3,38 \pm 0,10$	$3,44 \pm 0,05$
Eylettersite II	$3,44 \pm 0,10$	$3,50 \pm 0,06$
Crandallite thorifère	$2,85 \pm 0,12$	$2,94 \pm 0,06$

## IV. EXAMEN A LA MICROSONDE CASTAING DU MINÉRAL.

Plusieurs échantillons d'eylettersites et aussi de crandallites thorifères ont été soumis à une analyse à la microsonde électronique malgré les

difficultés de polissage dues à la nature souvent pulvérulente du minéral. Deux des échantillons correspondaient aux minéraux analysés chimiquement.

Cet examen a montré une relation constante dans la distribution du Th, de l'Al et du P qui sont les éléments principaux du minéral. Il a aussi permis de confirmer l'absence d'agrégats amorphes qui auraient pu être constitués notamment par des hydroxydes d'Al ou de Th.

Les teneurs en Th et en Al du minéral accusent, par échantillon, de légères variations qui ne dépassent pas cependant quelques pour-cent. La distribution du P est plus irrégulière mais les teneurs anormalement élevées correspondent à la présence d'inclusions d'apatite ou de phosphates d'uranium. Les autres variations des teneurs en P sont plus réduites et probablement en relation avec le degré d'hydratation du minéral. Des mesures quantitatives effectuées pour le Th sur l'eylettersite I analysée chimiquement ont montré des variations dans les teneurs de 17,5 à 22,6 % de ThO<sub>2</sub>. D'une manière générale, une faible augmentation de la teneur en P est également accompagnée par une diminution (relative) de la teneur en Al. Ce fait est non seulement confirmé par les analyses chimiques, mais peut également s'expliquer aisément sur la base des processus d'altération (Van Wambeke, 1970 c et 1971 d).

Les teneurs en Ca dans l'eylettersite sont partout basses (< à 1 % de CaO). La silice notamment dans les échantillons analysés chimiquement est répartie d'une manière constante



TABLEAU II.  
Analyses chimiques de deux eylettersites et d'une crandallite thorifère.

ÉLÉMENTS DOSÉS	EYLET- TERSITE I (%)	EYLET- TERSITE II (%)	CRANDAL- LITE A Th III (%)	ANALYSES CORRIGÉES POUR IMPURETÉS			RAPPORTS MOLÉCULAIRES (× 10 <sup>3</sup> )		
				I	II	III	I	II	III
ThO <sub>2</sub> .....	18,43	20,10	6,70	19,18	20,72	6,74	72,6	78,5	25,5
UO <sub>2</sub> .....	3,95	3,10	1,50	2,99	2,42	1,34	7,3	8,5	4,7
CaO.....	0,72	0,55	1,25	0,11	0,26	1,13	2,0	4,6	20,2
BaO.....	1,45	1,90	0,60	1,51	1,96	0,60	9,9	12,8	3,9
SrO.....	0,1	0,2	0,30	0,11	0,21	0,30	1,0	2,0	2,9
PbO.....	4,62	3,11	0,20	4,80	3,21	0,20	21,5	14,4	0,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	35,7 (*)	34,9 (*)	47,20 (*)	37,13	35,98	47,48	365,7	352,7	465,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,09	0,1	0,08						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	18,3	19,72	22,45	18,38	19,98	22,47	129,4	140,7	158,2
CO <sub>2</sub> .....	0,2	0,1	< 0,15	0,21	0,10	0,52	4,7	2,3	166,9
SiO <sub>2</sub> .....	1,65	1,20	0,52	1,56	1,03	0,52	26,0	17,2	8,7
H <sub>2</sub> O.....	15,0 (*)	14,4 (*)	19,4 (*)	15,18	14,51	19,42	842,2	806,1	1 078,9
ZrO <sub>2</sub> .....	0,95	1,0	tr						
Totaux.....	100,26	100,38	100,20	100,26	100,38	100,20			

(\*) Éléments testés par différentes méthodes.

Impuretés minérales :

Eylettersite I : autunite 1,8-1,9 % ; fluorapatite 0,9 % ; limonite 0,1 % ; cyrtolite.

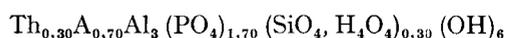
Eylettersite II : autunite 1,3 % ; fluorapatite 0,4 % ; limonite et cyrtolite.

Crandallite thorifère III : autunite 0,3 % ; fluorapatite 0,2 ; limonite.

¶ Ces formules montrent les effets de l'altération : la valeur  $B = 3$  correspondant à l'élément stable Al, dans la formule générale des minéraux de la série crandallite, augmente tandis que les valeurs  $A = 1$  et  $(\text{PO}_4 + \text{SiO}_4) = 2$ , correspondant surtout à des éléments lixiviables, diminuent. Le degré d'hydratation a aussi sensiblement augmenté par substitution partielle des groupes  $(\text{PO}_4)$  et  $(\text{SiO}_4)$  par  $\text{H}_4\text{O}_4$ .

Ces minéraux sont vraisemblablement dérivés d'équivalents non altérés suivants :

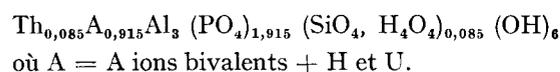
*Minéral I :*



*Minéral II :*



*Minéral III :*



Une explication plus détaillée de ces formules est donnée ailleurs (Van Wambeke 1971 d).

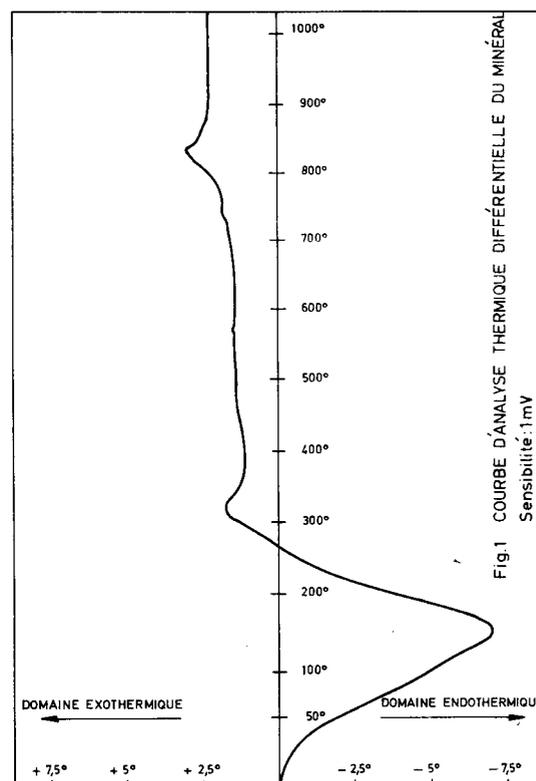
L'excès d'Al dans les formules des minéraux analysés constitue un paramètre important pour la mesure du degré d'altération. Le rapport atomique  $\text{Al} + (\text{Fe})/\text{P} + (\text{Si}) + (\text{As})$  dans la formule générale de la série de la crandallite est théoriquement égal à 1,5 (en pratique plutôt 1,6) et augmente par altération. Il en résulte que les trois minéraux analysés ont perdu respectivement par lixiviation environ 37, 32 et 45 % des groupes  $(\text{PO}_4)$  et  $(\text{SiO}_4)$  initialement présents.

Le rapport atomique  $\text{Al} + (\text{Fe})/\text{A ions}$  qui est égal à 3 dans la série de la crandallite, augmente d'une manière appréciable pour les minéraux altérés. Un calcul montre qu'environ 53, 48 et 81 % du total des éléments occupant initialement les positions A dans les trois minéraux analysés ont été lixiviés lors des processus d'altération. Cette lixiviation sélective concerne surtout le Ca et l'U et à un degré nettement moindre le Sr. Une étude antérieure avait montré que la vitesse de lixiviation du Ca est supérieure à celle de  $\text{U}^{4+}$  d'un facteur 2 à 2,5 pour les titanoniobo-tantalates complexes (Van Wambeke, 1970 c). Ici l'uranium est certainement plus facilement lixivié (présence d'autunite dans les nodules d'eylettersites) et sa vitesse de lixiviation est probablement comparable et même peut-être un peu supérieure à celle du Ca. En admettant une vitesse de lixiviation approximativement égale pour Ca et U, l'équivalent non altéré de l'eylettersite I était caractérisé dans

sa formule par  $\text{Th} \geq \text{U} \approx \text{Ca}$  en atomes %, l'équivalent non altéré de l'eylettersite II par  $\text{Th} > \text{U} \geq \text{Ca}$  tandis que l'équivalent non altéré du troisième minéral analysé avait  $\text{Ca} > \text{U} > \text{Th}$  et correspondait donc à une crandallite radioactive qui par lixiviation du calcium et de l'uranium s'est graduellement transformée en eylettersite. Par altération, le thorium, élément relativement stable, est devenu prédominant dans la formule.

## VI. PROPRIÉTÉS THERMIQUES DU MINÉRAL.

En analyse thermique différentielle, l'eylettersite donne un pic endothermique avec un maximum vers 165-170° C et deux pics exothermiques, l'un vers 730°-740° C, l'autre plus accentué vers 830° C. La figure 1 donne la courbe d'analyse différentielle de l'eylettersite I analysée chimiquement.



Suivant les échantillons, on note un déplacement des pics exothermiques qui peut atteindre plusieurs dizaines de degrés. Le second pic exothermique assez large est dédoublé dans certains

échantillons. Après chauffage à l'air, à 1 000° C, le minéral donne un spectre de diffraction complexe où l'on observe les raies du  $\text{ThO}_2$ , d' $\text{U}_3\text{O}_8$ , de l' $\text{Al}_2\text{O}_3$  (corindon), d'un pyrophosphate d'Al ? Le spectre de pyrophosphate d'Al est analogue à celui obtenu par chauffage dans les mêmes conditions sur la bolivarite de Kobokobo. Les trois raies nettement prédominantes sont 4,15, 4,36 et 2,53 Å.

#### VII. MODE D'OCCURENCE ET DE FORMATION DU NOUVEAU PHOSPHATE.

Le nouveau minéral et les crandallites radioactives aussi se présentent en nodules dans le feldspath, la cyrtolite, la colombite, l'apatite, ou sont intimement associés à la phosphuranylite et plus rarement à des minéraux argileux.

La formation du nouveau minéral a certainement débuté lors des venues phosphatées riches en calcium et ultérieurement en aluminium qui ont amené une altération profonde mais locale de la pegmatite (Safiannikoff, *et al.*, 1967). Ces venues ont été suivies par une altération hydrothermale et supergène intenses. Les solutions phosphatées ont altéré partiellement ou totalement l'uraninite avec formation d'oxydes et surtout de phosphates du type phosphuranylite et de ce fait ont libéré le thorium et le plomb contenus dans l'uraninite. Dans le stade primaire d'oxydation, le thorium se présente sous la forme d'un composé hydraté amorphe associé aux oxydes d'uranium (comme la schoepite par ex.). L'arrivée des solutions phosphatées riches en aluminium a entraîné une nouvelle lixiviation partielle de l'uranium avec concentration de ce métal dans les phosphates d'aluminium tandis que localement les conditions ont été favorables à la formation du nouveau phosphate d'Al-Th et des crandallites radioactives. Ce phosphate à son tour a été soumis à une altération par les solutions hydrothermales et supergènes et il en est résulté une lixiviation du calcium, de l'uranium, tandis que les radicaux ( $\text{PO}_4 + \text{SiO}_4$ ) étaient partiellement remplacés par des ( $\text{H}_4\text{O}_4$ ). Ces cations libérés se sont combinés à nouveau pour former des phosphates d'uranium notamment du type autunite qui constitue une impureté minérale fréquente de l'eylettersite et des crandallites radioactives.

#### VIII. CONCLUSIONS.

Par son spectre de diffraction, l'eylettersite appartient à la série de la crandallite et en cons-

titue l'équivalent à thorium. Le nouveau minéral par sa teneur en  $\text{SiO}_2$  se rapproche déjà des phosphosilicates. L'eylettersite montre une composition chimique apparemment aberrante due essentiellement à des processus d'altération. Le minéral présente de ce fait des lacunes importantes pour les cations occupant la position A, une teneur anormalement élevée en aluminium, élément stable occupant la position B, possède un degré d'hydratation élevé et a subi une substitution appréciable des groupes ( $\text{PO}_4$ ) et ( $\text{SiO}_4$ ) par  $\text{H}_4\text{O}_4$ . Il s'agit donc d'un phosphate altéré. Ces mêmes caractéristiques chimiques se retrouvent d'ailleurs dans d'autres phosphates africains altérés (Van Wambeke, 1971 d).

Les propriétés physiques des minéraux appartenant à la série de la crandallite ont été résumées au tableau III d'après les données de Dana (1957) et de Strunz (1970).

Le tableau III indique que d'une façon générale, une diminution de la densité est accompagnée par une diminution des indices de réfraction. Une exception apparente à cette règle est la plumbogummite où il est possible qu'une partie du plomb soit aussi présent sous forme de cérusite, la plupart des analyses mentionnent d'ailleurs la présence de  $\text{CO}_2$ . Dès lors, la densité d'environ de 4,05, si elle est valable pour un composé théorique de formule  $\text{PbAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$ , ne l'est plus pour les plumbogummites naturelles et expliquerait aussi l'excès d'eau et la valeur assez basse des indices des minéraux analysés (voir Dana).

D'autre part la présence d'uranium, de thorium et aussi le degré élevé d'hydratation des eylettersites et des crandallites thorifères altérées ont pour effet d'augmenter le paramètre  $c$ , tandis que le taux élevé d'hydratation, l'existence de lacunes en position A et de déficiences en P produisent des valeurs assez basses pour la densité et les indices de réfraction des minéraux analysés, et ce malgré la présence d'éléments lourds comme le Th, le Pb, le Ba et l'U. La crandallite thorifère altérée est particulièrement indicative à cet égard.

Cette étude montre aussi que le Th et l'U peuvent entrer dans le réseau cristallin des minéraux de la série de la crandallite et l'existence possible d'un équivalent uranifère dans cette série.

Je propose d'appeler ce nouveau phosphate décrit eylettersite, en l'honneur de ma femme qui m'a toujours secondé et encouragé dans mes travaux. Le matériel type est conservé à l'Euratom par l'auteur. La description révisée de ce

TABLEAU III.

## Propriétés physiques des minéraux de la série crandallite.

APPELLATION DU MINÉRAL	ÉLÉMENT PRÉDOMINANT EN A	PARAMÈTRES		INDICES MOYENS	DENSITÉ MOYENNE
		a (Å)	c (Å)		
<i>Minéraux non altérés :</i>					
Florencite.....	Ce	6,76	16,55	1,69	3,65
Plumbogummite.....	Pb	?	?	1,665	(4,05)
Goyazite.....	Sr	6,98	16,54	1,630	3,26
Gorceixite.....	Ba	?	?	1,625	3,12
Crandallite.....	Ca	6,99	16,13	1,620	2,85
<i>Minéraux altérés</i>					
Eylettersite	Th	6,99	16,70	1,635	3,38
Eylettersite II		6,98	16,66	1,645	3,44
Th crandallite		6,98	16,72	1,585	2,85
Crandallite uranifère (Kobokobo).....	Ca > U > Th > Pb	7,01	16,82	1,635 U +	

minéral, ainsi que son nom, ont été acceptés avant publication par la Commission des nouveaux minéraux et des noms de minéraux de l'IMA par 9 voix contre 5 et 1 abstention.

Je tiens à exprimer mes remerciements aux services de Métallurgie et Céramique et de

Chimie Analytique de l'Euratom, Ispra, pour les facilités et l'accès à son laboratoire, à M. CHANTRET du laboratoire de Minéralogie du CEA pour quelques mesures de densité et la courbe d'analyse thermique différentielle.

*Manuscrit reçu le 16 novembre 1970.*

## BIBLIOGRAPHIE

- Dana's System of Mineralogy. Vol. II, New York, J. Wiley.
- Mc. CONNELL, D. (1967). — *Geochim. Cosmochim. Acta, G. B.*, 31, 1479.
- SAFIANNIKOFF, A., VAN WAMBEKE, L. (1967). — *Min. Deposita*, 2, 119.
- STRUNZ, H. (1970). — *Mineralogische Tabellen*, 5<sup>e</sup> Auflage, Leipzig, Akademie Verlagsgesellschaft.
- VAN WAMBEKE, L. (1958 b). — *Bull. Soc. belge Géol.*, 67, 383.
- VAN WAMBEKE, L. (1957 a). — *Bull. Soc. belge Géol.* 66, 267.
- VAN WAMBEKE, L. (1970 c). — *Neues. Jb. Mineral. Abh. Dtsch.*, 112, 2, 117.
- VAN WAMBEKE, L. (1971 d). — *Amer. Mineralogist*, 56, 1366.
- VAN WAMBEKE, L. (1971 d). — *Mineral. Mag., G. B.*, 38, 418.