

L'oosterboschite (Pd, Cu)₇Se₅, une nouvelle espèce minérale et la trogtalite cupro-palladifère de Musonoï (Katanga)

PAR ZDENEK JOHAN, PAUL PICOT, ROLAND PIERROT,
Direction du Service géologique national, B. R. G. M., Orléans

ET THÉODORE VERBEEK

Union minière Explorations and Mining Corporation Ltd, Toronto, Canada.

Résumé. — L'oosterboschite, (Pd, Cu)₇Se₅ a été trouvée à Musonoï (Katanga), associée à la trogtalite cupro-palladifère et à un autre minéral non identifié. Le diagramme de poudre a pu être indicé (méthode d'Ito) avec : $a = 10,42 \pm 0,02$; $b = 10,60 \pm 0,02$; $c = 14,43 \pm 0,02$ Å ; $V = 1\,594$ Å³ ; $Z = 8$; $d_x = 8,48$; raies intenses du diagramme de poudre : 4,48 (6) ; 2,736 (7 D) ; 2,647 (10) ; 2,600 (8) ; 2,244 (7 D) ; 1,935 (7) ; 1,903 (7) ; 1,847 (8).

En lumière réfléchie, l'oosterboschite est blanc-jaune avec une pointe de crème ; entre nicols croisés, anisotropie assez intense dans des teintes de gris bleuté à gris brunâtre. Pouvoir réflecteur en % : 40,6-43,9 (4 200 Å) ; 44,8-49,5 (5 400 Å) ; 43,0-48,1 (6 400 Å). Macles polysynthétiques. Microdureté (Vickers) : 340 kg/mm². Deux analyses à la microsonde électronique ont donné : Se = 38,8-39,2 ; Pd = 44,9-44,1 ; Cu = 17,1-16,7 ; total = 100,8-100,0. Les résultats conduisent à la formule (Pd, Cu)₇Se₅. Le nom est donné en l'honneur de M. R. Oosterbosch.

Le trogtalite palladifère montre la composition (analyse à la microsonde électronique) : Se = 69,8 ; Co = 17,1 ; Cu = 9,00 ; Pd = 4,7 ; total = 100,6 ; cubique, $a = 5,93$ Å.

Abstract. — Oosterboschite, a new mineral, (Pd, Cu)₇Se₅, was found in Musonoï (Katanga). It is associated with copper and palladium bearing trogtalite and an another unidentified mineral. The X-ray powder pattern can be indexed (Ito's method) with : $a = 10,42 \pm 0,02$; $b = 10,60 \pm 0,02$; $c = 14,43 \pm 0,02$ Å ; $V = 1\,594$ Å³ ; $Z = 8$; $G_{calc.} = 8,48$; the strongest lines are : 4.48 (6) ; 2.736 (7 B) ; 2.647 (10) ; 2.600 (8) ; 2.244 (7 B) ; 1.935 (7) ; 1.903 (7) ; 1.847 (8). In reflected light oosterboschite is white-yellow with a cream tint ; it shows medium strong anisotropy with gray fluish to gray brownish polarization colours. Reflectivity percentages : 40.6-43.9 (4 200 Å) ; 44.8-49.5 (5 400 Å) ; 43.0-48.1 (6 400 Å). Fine lamellar twinning. Microhardness (Vickers) : 340 kg/mm². Two microprobe analyses gave : Se = 38.8-39.2 ; Pd = 44.9-44.1 ; Cu = 17.1-16.7 ; Sum = 100.8-100.0. These results correspond to formula (Pd, Cu)₇Se₅. The name is for M. R. Oosterbosch.

The palladium bearing trogtalite shows the following composition (microprobe analyses) : Se = 69.8 ; Co = 17.1 ; Cu = 9.0 ; Pd = 4.7 ; Sum = 100.6 ; cubic with $a = 5,93$ Å.

INTRODUCTION ET ÉTYMOLOGIE.

Ce nouveau minéral a été découvert en 1963 dans la zone d'oxydation du gîte de Musonoï, district cupro-cobaltifère du Katanga. Des

recherches dans un amas uranifère et sélénifère ont conduit à la découverte de plusieurs nouveaux minéraux sélénifères dont les premières études ont été entreprises dans les laboratoires géologiques du Katanga. Dès 1966, ces études

ont été poursuivies par les minéralogistes du B. R. G. M.

Nous tenons à remercier vivement MM. J. Derriks et G. Demesmaeker, respectivement directeur et géologue en chef de l'Union minière S. A., ainsi que la Direction de cette société pour le soutien qu'ils nous ont apporté.

Le nom d'oosterboschite (prononcer öztörböhshít, cf. Hey, 1962) est proposé pour cette nouvelle espèce minérale en hommage à M. R. Oosterbosch qui, depuis 1933, n'a cessé de contribuer activement au développement minier du Haut-Katanga. Il a lui-même consacré de nombreuses études à la minéralogie et à la métallogénie des gisements cupro-cobaltifères de cette région.

Ce nouveau nom a été approuvé par la Commission française de nomenclature puis soumis à la Commission internationale des nouveaux noms et des noms de minéraux de l'I. M. A. qui l'a à son tour approuvé par 18 voix contre 0 (vote du 4/06/70, n° 16, liste 1970).

CARACTÈRES MACROSCOPIQUES ET PHYSIQUES.

L'oosterboschite et la trogtalite (voir ci-après) sont les deux constituants essentiels de *noyaux* noirâtres grenus et poreux, ressemblant à première vue à de l'hétérogénite mais avec un éclat métallique jaunâtre ; ces *noyaux* (l'unique fragment en notre possession atteignait environ trois centimètres carrés) se rencontrent sporadiquement dans le gisement de Musonoï.

L'oosterboschite se présente en grains irréguliers atteignant au maximum 0,4 mm ; des mesures de microdureté Vickers ont donné une valeur de 340 kg/mm² pour des charges de 50 et de 100 g ; la dureté Mohs correspondante est 4 1/25.

Le trop faible volume d'échantillon à notre disposition et l'impossibilité d'isoler l'oosterboschite du « minéral », n'ont pas permis la mesure de la densité ; la densité calculée en prenant comme contenu de la maille 8 [(Pd_{4,3}Cu_{2,7})₇Se₅] est $d_x = 8,48$.

CARACTÈRES OPTIQUES.

L'oosterboschite possède un bon poli, une couleur blanc-jaune avec une pointe de crème et un pouvoir réflecteur élevé, de l'ordre de celui de la pyrite ou, mieux, de la pentlandite ; à l'immersion, le polychroïsme est net et la couleur passe du blanc jaune clair à une teinte plus

brunâtre. La présence constante de très fines lamelles de macles (fig. 1) est un des caractères essentiels de ce minéral ; parfois, on observe même deux systèmes orthogonaux de macles rappelant celles en *lamelles de parquet* de la bournonite.



FIG. 1. — Oosterboschite. Macles polysynthétiques d'oosterboschite dans la gangue composée d'un mélange de quartz et de produits secondaires sélénifères. Section polie, nicols croisés. $\times 200$.

Le pouvoir réflecteur et l'anisotropie nettement plus élevés, ainsi que les lamelles de macles toujours bien nettes, permettent, de différencier

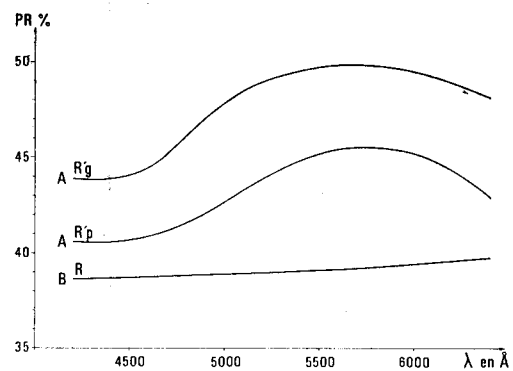


FIG. 2. — Courbes de dispersion des pouvoirs réflecteurs.

A : oosterboschite ;
B : trogtalite palladifère.

l'oosterboschite de la trogtalite voisine (les macles de cette dernière apparaissent beaucoup plus comme un moirage).

Entre nicols croisés, on observe des effets d'anisotropie assez intenses mais dans des teintes peu franches, de gris bleuté à gris brunâtre.

Les pouvoirs réflecteurs ont été mesurés sur trois plages d'oosterboschite pour des longueurs d'onde comprises entre 4 200 et 6 400 Å. Les

CARACTÈRES CHIMIQUES.

L'analyse qualitative effectuée à la microsonde électronique sur des plages optiquement homogènes d'oosterboschite a mis en évidence la présence de Pd, Se et Cu, à l'exclusion de tout autre élément de nombre atomique supérieur à 5 (bore).

TABLEAU I.

Pouvoirs réflecteurs (en %) de l'oosterboschite et de la trogtalite cupro-palladifère de Musonoï.

OOSTERBOSCHITE (Pd, Cu) ₇ Se ₅												
λ en Å	4 200	4 400	4 600	4 800	5 000	5 200	5 400	5 800	5 600	6 000	6 200	6 400
R' _p ± 0,5	43,9	43,9	44,5	46,0	47,8	49,0	49,5	49,8	49,8	49,5	48,9	48,1
R' _g ± 0,5	40,6	40,6	40,9	41,6	42,7	43,9	44,8	45,4	45,5	45,2	44,3	43,0
TROGTALITE CUPRO-PALLADIFÈRE												
R ± 0,5	38,6	38,7	38,8	38,9	38,9	39,0	39,1	39,2	39,3	39,5	39,7	39,8

résultats obtenus sont présentés dans le tableau I et exprimés sous forme de courbes dans la figure 2.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES.

L'absence de monocristaux n'a pas permis d'obtenir directement la valeur des paramètres. Des diagrammes de poudre ont pu être effectués à partir de prélèvements sur section polie, assurant l'homogénéité de la prise. Toutes les raies du diagramme ont pu être calculées (méthode Ito) (tableau II) à partir d'une maille orthorhombique, pseudoquadratique, ayant les dimensions suivantes :

$$\begin{aligned}
 a &= 10,42 \pm 0,02 \text{ \AA} & a : b : c &= 0,983 : 1 : 1,361 \\
 b &= 10,60 \pm 0,02 \text{ \AA} & V &= 1\,594 \text{ \AA}^3 \pm 8 \text{ \AA} \\
 c &= 14,43 \pm 0,02 \text{ \AA} & Z &= 8.
 \end{aligned}$$

Deux analyses quantitatives à la microsonde électronique, effectuées sur deux plages différentes, sont données dans le tableau III; elles conduisent respectivement aux formules (Pd_{4,28}Cu_{2,73})_{7,01}Se₅ et (Pd_{4,17}Cu_{2,64})_{6,81}Se₅, soit à la formule (Pd, Cu)₇Se₅.

CONDITIONS DE GISEMENTS ET MINÉRAUX ASSOCIÉS.

Le gisement de Musonoï est un gîte cupro-cobaltifère dont les principaux caractères ont été récemment signalés à la suite de la découverte de nombreux nouveaux minéraux : digénite sélénifère, guilleminite, demesmaekerite, marthozite (*Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 1964, 87-613; 1965, 88-132; 1965, 88-422; 1969, 92-278...).

Dans ce gisement l'oosterboschite est asso-

TABLEAU II.

Diagramme de poudre de l'oosterboschite de Musonoï.

Radiation CuK α , filtre Ni, chambre de 240 mm de circonférence. Intensités relatives de 1 à 10 (D = diffuse). d_{hkl} calculés à partir des valeurs suivantes des paramètres : $a = 10,42$; $b = 10,60$; $c = 14,43$ Å.

I	$d_{mes.}$	$d_{calc.}$	$h k l$	I	$d_{mes.}$	$d_{calc.}$	$h k l$
< 1	8,7	8,5	0 1 1			1,922	0 2 7
< 1	7,4	7,4	1 1 0			1,919	1 4 5
6	4,48	4,49	1 2 1	7	1,903	1,903	4 1 5
		4,45	2 1 1	8	1,847	1,843	4 4 1
1	3,74	3,72	2 2 0	3	1,811	1,813	4 3 4
3	3,51	3,53	0 3 0			1,810	3 5 0
1	3,340	3,346	1 3 0	4-5	1,764	1,768	4 0 6
2	3,040	3,036	1 3 2			1,767	0 6 0
2	2,961	2,967	2 0 4	4-5	1,742	1,743	5 3 2
4	2,814	2,817	3 0 3			1,742	1 6 0
7 D	2,736	2,747	1 3 3	< 1	1,679	1,682	5 3 3
10	2,647	2,647	0 4 0			1,677	4 2 6
8	2,600	2,606	4 0 0	1	1,580	1,580	2 6 3
		2,606	0 4 1	3	1,557	1,559	6 3 0
5	2,488	2,493	4 1 1			1,556	4 5 3
		2,487	0 4 2	< 1	1,533	1,553	3 5 5
		2,487	3 2 3	1	1,488	1,490	1 7 1
7 D	2,244	2,245	2 4 2			1,489	7 0 0
		2,240	4 1 3			1,489	6 0 5
4	1,978	1,978	3 0 6			1,487	5 5 0
		1,977	2 4 4	1	1,468	1,467	1 7 2
7	1,935	1,935	4 0 5			1,467	7 1 1
2	1,921	1,923	5 2 1	4-5	1,405	1,405	7 2 2
		1,923	4 3 3				

TABLEAU III.

Analyse de l'oosterboschite de Musonoï.

	1	2	3	4	5	6	7
Se.....	38,8	39,2	491	496	5	5	38,6
Pd.....	44,9	44,1	421	414	4,28 7,01	4,17 6,81	44,7
Cu.....	17,1	16,7	269	262	2,73	2,64	16,7
Totaux.....	100,8	100,0					100,0

1 et 2. — Analyses à la microsonde électronique par R. Giraud (B. R. G. M.).

3 et 4. — Nombres de millièmes-g. déduits des analyses 1 et 2 respectivement.

5 et 6. — Calculs de la formule chimique sur la base de 5 atomes de Se.

7. — Composition théorique pour (Pd_{4,3} Cu_{2,7})₇Se₅.

ciée à de la trogtalite cupro-palladifère et à un minéral inconnu beaucoup plus rare, actuellement en cours d'étude et apparaissant en plages résiduelles remplacées par l'oosterboschite. Ces minéraux cimentent des grains de quartz et sont associés à de très faibles quantités de digénite et de covellite sélénifères.

1955, il n'en fait plus mention. Sindeeva (1964) reprenant ces observations estime que, malgré des données assez contradictoires l'existence d'un sélénure de palladium naturel est hautement probable : cette existence est confirmée par la découverte de l'oosterboschite.

RAPPORTS DE L'OOSTERBOSCHITE
AVEC LES AUTRES ESPÈCES MINÉRALES
ET LES PRODUITS SYNTHÉTIQUES.

Il n'existe pas à notre connaissance de minéral défini présentant la composition de l'oosterboschite. Son diagramme de poudre est assez caractéristique et différent, entre autres, de ceux de $Pd_{1,1}Se$ et Pd_4Se connus comme composés artificiels (Gronvold et Rost, 1956).

En 1937, P. Ramdohr avait signalé l'existence probable d'un sélénure de palladium naturel à Pacajake (Bolivie) ; mais dans son ouvrage de

CONSERVATION DE L'ÉCHANTILLON TYPE

La section polie riche en oosterboschite ayant été utilisée pour cette étude est conservée dans la collection de minéralogie de l'École nationale supérieure des mines de Paris. Nous ne possédons actuellement aucun autre échantillon de ce minéral.

— La trogtalite cupro-palladifère : (Co, Cu, Pd) Se₂.

Elle est plus abondante que l'oosterboschite (pour l'échantillon étudié) et se rencontre en plages atteignant fréquemment le millimètre.

TABLEAU IV.

Diagramme de poudre de la trogtalite cupro-palladifère de Musonoï comparé à ceux de la trogtalite CoSe₂ et du composé artificiel $\delta CoSe_2$.

Radiation CuK α , filtre Ni, chambre de 240 mm de circonférence. Intensités relatives de 1 à 10. d (hkl) calculés à partir de $a = 5,93 \text{ \AA}$.

TROGTALITE PALLADIFÈRE DE MUSONOÏ Présente étude				TROGTALITE Ramdohr et Schmitt (1955) A. S. T. M. n° 10-409			$\delta CoSe_2$ Bohm et al. (1955) A. S. T. M. n° 9-234		
I	$d_{mes.}$	$d_{calc.}$	h k l	I	$d_{mes.}$	h k l	I	$d_{mes.}$	h k l
7	2,95	2,965	2 0 0				30	2,93	2 0 0
10	2,64	2,652	2 1 0	100	2,62	2 1 0	100	2,62	2 1 0
9	2,419	2,421	2 1 1	100	2,39	2 1 1	100	2,389	2 1 1
4	2,097	2,097	2 2 0	20	2,07	2 2 0	20	2,070	2 2 0
8	1,788	1,788	3 1 1	—	—	—	5	1,954	2 2 1
2	1,711	1,712	2 2 2	—	—	—	90	1,765	3 1 1
5	1,644	1,644	3 2 0	—	—	—	10	1,690	2 2 2
7	1,585	1,585	3 2 1	20	1,622	3 2 0	50	1,628	3 2 0
3	1,482	1,483	4 0 0	20	1,560	3 2 1	70	1,568	3 2 1
1	1,437	1,437	4 1 0-3 2 2	—	—	—	15	1,465	4 0 0
1	1,400	1,398	4 1 1-3 3 0	—	—	—			
1	1,362	1,361	3 3 1	—	—	—			
2	1,325	1,326	4 2 0	—	—	—	10	1,311	4 2 0
5	1,295	1,294	4 2 1	20	1,273	4 2 1	45	1,280	4 2 1
4	1,267	1,264	3 3 2	—	—	—	20	1,251	3 3 2
3	1,210	1,210	4 2 2	—	—	—	10	1,197	4 2 2
6	1,143	1,142	5 1 1-3 3 3	—	—	—	45	1,130	5 1 1-3 3 3
				—	—	—	30	1,071	5 2 1

En section polie, elle montre un réseau orthogonal de macles polysynthétiques très fines ressemblant tout à fait au moirage du microcline en lames minces (fig. 3) et moins nettes que les lamelles maclées d'oosterboschite. On peut



FIG. 3. — Trogtalite palladifère avec réseau orthogonal de pseudomacles. Section polie, nicols croisés. $\times 200$.

aussi observer, en lumière naturelle, un système orthogonal de clivages parallèles au réseau de macles. Entre nicols croisés, la trogtalite palladifère se caractérise par une anisotropie faible mais nette, alors que la trogtalite normale est isotrope.

En comparaison directe avec l'oosterboschite, la trogtalite a une teinte légèrement brun-rose et un pouvoir réflecteur nettement plus faible; les mesures de dispersion des pouvoirs réflecteurs sont données dans le tableau I et représentées sur la figure 2.

TABLEAU V.

Analyse de la trogtalite cupro-palladifère de Musonoi.

	1	2	3
Se.....	69,77	883	2
Co.....	17,09	289	0,65
Cu.....	9,02	141	0,32
Pd.....	4,67	43	0,09
Total.....	100,55		1,06

1. — Analyse à la microsonde électronique par R. Giraud (B. R. G. M.).
2. — Nombres de milliatomes-g déduits de l'analyse 1.
3. — Calcul de la formule chimique sur la base de deux atomes de Se.

Le diagramme de poudre présenté dans le tableau IV a été indexé avec un paramètre $a = 5,93$ Å légèrement plus grand que celui généralement admis pour la trogtalite CoSe_2 , $a = 5,87$. L'analyse effectuée à la microsonde électronique est mentionnée dans le tableau V et conduit à la formule $(\text{Co}_{0,65}\text{Cu}_{0,32}\text{Pd}_{0,03})_{1,06}\text{Se}_2$.

Manuscrit reçu le 20 février 1970.

BIBLIOGRAPHIE

- FLEISCHER, M. (1966). — *Amer. Mineralogist*, 51, 1247.
- GRONVOLD et ROST (1956). — *Acta Chem. Scand.*, 10, 1620.
- GUILLEMIN, C., PERMINGEAT, F. et PIERROT, R. (1949 à 1968). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 72 à 91.
- HEY, M. H. (1962 et 1963). — Chemical index of minerals (et appendix). British Museum, Londres.
- RAMDOHR, P. et SCHMITT (1955). — *Neues Jb. Mineral. Geol.*, H 6.
- RAMDOHR, P. (1937). — *Cbl. Mineral. Geol. Paléontologie*, Ab. A.
- SINDEEVA, N. D. (1954). — *Mineralogy and types of deposits of selenium and tellurium*. Interscience Publishers. New York. Wiley.
- STRUNZ, H. (1966). — *Mineralogische Tabellen*, Leipzig.