

**Quelques nouveaux minéraux phosphatés du Congo :
la landesite — (Fe), la barbosalite et la triplite (*),**

par L. VAN WAMBEKE, CCR EURATOM, Ispra, Italie.

RESUMÉ. — *Les études effectuées sur des minéraux phosphatés de pegmatites et de filons quartz de haute température ont permis de mettre en évidence trois minéraux nouveaux pour le Congo : la landesite — (Fe) et la barbosalite à Kobokobo, et la triplite à Kailo et Kisanda.*

Les spectres de diffraction, les propriétés optiques ainsi que la géochimie de ces minéraux sont décrits.

La landesite — (Fe) peut être considérée comme une nouvelle espèce minérale, l'équivalent ferrière de la landesite de Poland aux U.S.A.

SUMMARY. — *The investigations done on phosphates minerals from pegmatites and high temperature quartz veins have led to the discovery of three new minerals for Congo : landesite — (Fe), barbosalite and triplite.*

The diffraction patterns, the optical properties and the geochemical data of these minerals are given.

The landesite — (Fe) may be considered as a new mineral species, the iron equivalent of the landesite of Poland, U.S.A.

Les minéralisations phosphatées sont assez communes dans les pegmatites et filons de quartz de haute température de la République du Congo (Kinshasa) mais elles sont encore peu étudiées du point de vue minéralogique.

La pegmatite la plus riche en phosphates divers de Ca, Li, Fe, Mn, Al, U, Th est sans conteste celle de Kobokobo dans le Kivu, dont une étude d'ensemble a été publiée en 1967 dans *Mineralium Deposita* (SAFIANNIKOFF et VAN WAMBEKE, 1967). A Kobokobo, on distingue deux zones principales à phosphates, l'une à amblygonite, l'autre à phosphates de Ca, Li, Fe, Mn, Al. Dans la zone à amblygonite localisée dans la partie centrale de la pegmatite, la lazulite et la variscite sont aussi présentes. Dans la branche supérieure de la pegmatite, la minéralisation à phosphates est plus complexe. Les minéraux primaires sont représentés par la fluorapatite, par les minéraux de la série triphylite-lithiophylite, par la ludlamite (rare) et aussi partiellement par les minéraux de la série frondelite-rockbridgeite et par l'huréaulite. Outre les trois derniers minéraux cités, la liste des minéraux secondaires de cette zone comprend ceux des séries hétérosite-purpurite, phosphoferrite-reddingite, la vivianite, la ber-

(*) Texte remis en séance.

manite, le cacoxène, la strengite et la métastrengite. Les processus d'altération hydrothermale ont amené en outre la formation d'hydroxyapatite et de minéraux de la série de la crandallite dont une espèce nouvelle à Th, d'évansite et de cœruléolactite. Ces deux derniers minéraux s'observent aussi dans la zone d'altération superficielle. L'uraninite cristallisée avant les venues phosphatées a été altérée *in situ* d'abord en oxydes (curite, Th-schoepite) ⁽¹⁾ puis en phosphates de la série de la phosphuranylite (phosphuranylite, renardite).

La lixiviation ultérieure de l'U a amené un dépôt dans les diaclases de minéraux appartenant à la série de l'autunite et de la métaautunite. En outre, il faut signaler aussi l'existence de lusungite. Cette liste déjà longue de minéraux phosphatés est loin d'être exhaustive.

Les récentes investigations au moyen de la méthode fluorescence-diffraction (VAN WAMBEKE, 1958), complétées par des mesures optiques, ont permis de mettre en évidence deux minéraux de Fe-Mn très rares dans la pegmatite de Kobokobo. Il s'agit de l'équivalent ferrifère de la landesite qui peut être considéré comme une nouvelle espèce minérale et de la barbosalite. A notre connaissance, la landesite de formule $[Mn_{1-x}^{2+}(Fe^{3+}OH)_x]_3(PO_4)_2(3-3x)H_2O$ est connue uniquement dans la pegmatite de Poland, Maine, U.S.A. (PALACHE *et al.*, 1948). La barbosalite $Fe^{II}Fe^{III}_2(PO_4)_2(OH)_2$ a été découverte pour la première fois dans la pegmatite de Sapucaia, Minas Geraes, Brésil (LINDBERG et PECORA, 1955). Elle est également connue dans la pegmatite de Buranga, République du Rwanda. Dans ces deux gisements, la barbosalite est associée à la tavorite (Li, Fe^{II} , Mn) $Fe^{III}(PO_4)(OH)$, ce qui n'est pas le cas de l'échantillon examiné ⁽²⁾.

En outre, les investigations menées sur d'autres champs de pegmatites à phosphates ont permis de déceler la présence de triplite altérée en métastrengite dans les pegmatites et filons stannifères de Kaïlo, au Maniema (Kivu), Congo. La triplite existe également dans une autre pegmatite stannifère du Maniema à Kisanda.

1. LA LANDESITE - (Fe) ET LA BARBOSALITE DE KOBOKOBO.

La landesite - (Fe) et la barbosalite ont été déterminées dans un échantillon de Kobokobo formé d'une zone à triphylite partiellement altérée en vivianite, d'une zone mixte de couleur vert foncé à noire où s'observe, par ordre d'importance décroissante, de la

(1) Th-schoepite. Les récentes investigations à la microsonde Castaing ont montré que le Th se présente sous une forme amorphe constituée vraisemblablement par un hydroxyde de Th (juillet 1969).

(2) Après le dépôt de cette note, l'association barbosalite-tavorite a été également reconnue à Kobokobo (février 1969).

triphylite, de la barbosalite et plus rarement de la landesite - (Fe). Cette zone mixte renferme une cavité où la partie externe est occupée par de la barbosalite de couleur vert foncé, pratiquement exempte d'impuretés minérales, et la partie interne par une zone de landesite - (Fe) de couleur brun clair ressemblant à de l'argile. Cette zone

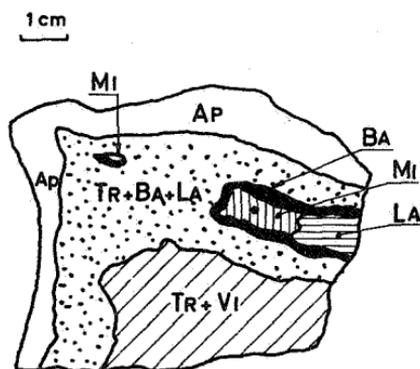


FIG. 1 DISPOSITION DES DIFFÉRENTES ZONES DANS L'ÉCHANTILLON

TR = TRIPHYLITE
 BA = BARBOSALITE
 LA = LANDESITE - (Fe)
 VI = VIVIANITE
 AP = APATITE
 MI = MINÉRAL NOUVEAU

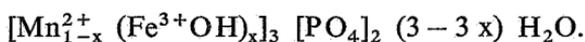
●●●● ZONE MIXTE
 ■■■■ ZONE A BARBOSALITE PURE
 ══════ ZONE A LANDESITE - (Fe) PURE
 ║══════ ZONE AVEC NOUVEAU MINÉRAL

à landesite est également très pure. En outre, la partie interne de cette cavité est partiellement remplie par un autre phosphate de Fe-Mn de couleur verte, qui paraît être une nouvelle espèce minérale tant par son spectre de diffraction que par ses propriétés optiques.

La figure 1 donne la disposition des différentes zones. Aucun des minéraux précités n'est cristallisé macroscopiquement et les observations optiques montrent que la triphylite de la zone mixte renferme des inclusions de barbosalite.

A. — La landesite — (Fe).

En 1964, MOORE a entrepris une étude plus approfondie de ce minéral (MOORE, 1964). Il a montré que la landesite de Poland est orthorhombique et appartient au groupe spatial Pbcn. Ses paramètres sont $a = 8,47 \pm 0,03 \text{ \AA}$, $b = 9,43 \pm 0,03 \text{ \AA}$, $c = 10,17 \pm 0,04 \text{ \AA}$. Sa structure est identique aux minéraux de la série reddingite-phosphoferrite, mais la landesite possède des indices de réfraction nettement plus élevés que ceux de la reddingite. Par analogie structurale avec la série mentionnée, il admet comme formule générale pour la landesite :



En fait un calcul de la formule chimique de la seule landesite analysée chimiquement (PALACHE *et al.*, 1958) montre un déficit assez net en P qui n'est pas comblé par des radicaux hydroxyls. Néanmoins la formule générale proposée par MOORE est certainement la plus valable. Le tableau I donne le spectre de diffraction de la landesite — (Fe) de Kobokobo qui a été comparé avec ceux de la landesite — (Mn), de la reddingite et de la phosphoferrite. Le minéral de Kobokobo appartient au groupe spatial Pbcn et ses paramètres sont très proches de ceux de la landesite — (Mn) de Poland : $a = 8,47 \pm 0,05 \text{ \AA}$; $b = 9,44 \pm 0,05 \text{ \AA}$; $c = 10,22 \pm 0,06 \text{ \AA}$, les deux landesites différents surtout par leurs paramètres c des minéraux de la série reddingite-phosphoferrite. Les valeurs pour la reddingite de Poland et la phosphoferrite de Hagendorf sont respectivement 10,08 et 10,02 \AA (MOORE, 1964; TENNYSON, 1954 *in* ASTM). *Du point de vue optique*, les valeurs des indices de réfraction de la landesite — (Fe) sont nettement supérieures à ceux de la phosphoferrite (PALACHE *et al.*, 1958) et sont comparables à ceux de la landesite — (Mn) de Poland, tout en étant légèrement plus élevées. Ce fait est normal puisque tous les termes ferrifères des phosphates de Fe-Mn possèdent des indices de réfraction plus élevés que leurs équivalents manganésifères. Le tableau III donne les résultats des mesures optiques.

La quantité minimale de landesite — (Fe) ne nous a pas permis d'effectuer une analyse chimique du minéral, mais les mesures en fluorescence X au moyen de standards Fe-Mn ont montré que le rapport pondéral Fe-Mn est voisin de 13. Les autres éléments mineurs (1 à 3 % maximum) sont le Ca, le Mg et le Si. En outre, le minéral de Kobokobo contient des traces de Sr, Ba et de K. En consé-

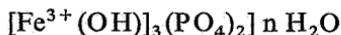
TABLEAU I.

Comparaison des spectres de diffraction des landesites et des minéraux
de la série reddingite-phosphoferrite.

Landesite —(Fe) Kobokobo, Congo			Landesite —(Mn), Poland, U.S.A.			Reddingite, Poland, U.S.A.			Phosphoferrite, Hagendorf, Allemagne			
hkl	d _{obs}	d _{calc}	I/I ₀	d _{obs}	d _{calc}	I/I ₀	d _{obs}	d _{calc}	I/I ₀	d _{obs}	I/I ₀	hkl
111	5,43	5,37	20	5,370	5,36	6	5,388	5,41	6	5,37	30	111
002	5,16	5,12	50	5,096	5,09	8	5,046	5,03	8	4,97	50	002
020	4,77	4,73	20	4,728	4,72	5	4,714	4,76	4	4,69	30	020
021	4,32	4,29	20	4,284	4,28	8	4,280	4,30	7	4,25	70	021
112	4,00	3,975	10	3,966	3,96	4	3,951	3,96	3	3,93	20	112
211	—	—	—	3,631	3,61	0,5	—	—	—	—	—	—
022	3,50	3,47	15	3,464	3,46	4	3,443	3,46	4	3,48	30	022
122	3,238	3,21	100	3,207	3,20	10	3,204	3,21	10	3,18	100	122,220
220	3,176	3,155	30	3,163	3,15	7	—	—	—	—	—	—
212	3,107	3,082	20	3,090	3,08	5	3,097	3,11	4	3,08	30	212
221	3,035D	3,015	15	3,021	3,01	3	3,042	—	2	3,01	10	221
113	2,980	2,995	25	2,956	2,99	2	2,966	2,97	3	2,943	30	113
131	2,847	2,833	10	2,836	2,84	3	—	—	—	—	—	—
023	2,780	2,771	40	2,758	2,75	4	2,745	2,74	8	1,724	80	023
310	2,704	2,705	15	2,721	2,71	3	—	—	—	—	—	—
123	2,627D	2,627	25	2,630	2,62	8	2,662	2,63	7	2,639	70	123
004	—	—	—	2,557	2,54	2	2,511	2,51	2	2,513	10	004
302	2,473D	2,471	20	2,484	2,47	2	—	—	—	—	—	—
231	—	—	—	2,448	2,45	2	2,471	2,48	3	2,467	20	231
312	2,400	2,393	20	2,400	2,39	4	2,423	2,43	6	2,408	70	312
321	2,371D	2,369	15	2,363	2,36	1	2,346	2,34	3	2,335	30	114
024	2,240	2,245	35	2,227	2,24	5	2,222	2,22	6	2,222	70	024
—	2,185D	—	15	2,190	—	1	2,179	—	4	2,167	50	—
—	—	—	—	2,175	—	1	2,127	—	5	2,108	50	—
—	2,135	—	20	2,132	—	4	2,070	—	1	2,074	20	—
—	2,034	—	20	2,034	—	3	2,031	—	4	2,018	40	—
—	1,992D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	1,951D	—	10	1,952	—	3	—	—	—	—	—	—
—	1,641D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

D : raies diffuses.

quence, la landesite de Kobokobo correspond indubitablement au terme ferrifère de la landesite de Poland. Sa forme générale serait donc :



avec substitution partielle de Fe par Mn, Ca, Mg et des radicaux $[\text{PO}_4]$ par $[\text{SiO}_4]$.

B. — La barbosalite.

La barbosalite a été décelée au moyen de son spectre de diffraction et de ses propriétés optiques. Le tableau II donne le *diagramme de diffraction* du minéral de Kobokobo qui a été comparé au même minéral de Sapucaia, Brésil. Les deux spectres sont identiques sauf en ce qui concerne quelques raies de très faible intensité qui sont absentes dans le minéral de Kobokobo (voir tableau II).

Les *mesures optiques* du minéral de Kobokobo ont été résumées au tableau III. Au microscope, la barbosalite est nettement pléochroïque sur des sections approximativement perpendiculaires à la bissectrice aiguë et possède une couleur bleu-vert foncé sur les autres sections, ce qui la rend pratiquement opaque.

Les valeurs de N_x et de N_y sont très analogues à celles du minéral de Sapucaia tandis que la valeur de N_z est inférieure tout en ayant un pléochroïsme analogue à la barbosalite décrite par LINDBERG et PECORA (1955). Les mesures optiques indiquent aussi que la barbosalite de Kobokobo possède une extinction droite (ou quasi droite) alors que le minéral est considéré par les auteurs précédents comme monoclinique. Il faut cependant observer que les données concernant la barbosalite de Sapucaia ont été obtenues avec difficulté à cause de la grande finesse des grains, souvent opaques en lumière transmise.

L'analyse par fluorescence X montre une nette prédominance du Fe sur tous les autres cations. Le rapport pondéral Fe/Mn est voisin de 14-15. Le minéral renferme en outre un peu de Ca, de Si et des traces de Ba, Sr et K. Les résultats de la diffraction et des examens optiques confirment donc la présence de barbosalite à Kobokobo.

C. — Processus d'altération des phosphates.

La triphylite qui accompagne dans la zone mixte la barbosalite et accessoirement la landesite — (Fe) est caractérisée par les valeurs suivantes des indices de réfraction :

$$N_x = 1,685,$$

$$N_y = 1,686,$$

$$N_z = 1,691,$$

$$+ 2V \text{ faible passant à } U +.$$

TABLEAU II.

Diagramme de diffraction de la barbosalite et de la triplite.

Barbosalite				Triplite				
Kobokobo, Kivu, Congo		Sapucia, Brésil		Kailo, Maniema, Congo		Karasburg, SW Africain		hkl
d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀	
6,4	10 D	6,33	20	4,34	5	4,29	30	$\bar{2}11, \bar{2}02$
4,91	30	4,84	60	3,68	20	3,65	60	211
3,395	100	3,361	100	—	—	3,57	30	111
3,35	50	3,313	80	3,455	20	3,41	60	112
3,275	50	3,239	60	3,287	30	3,25	80	020, 301
3,195	25	3,160	60	3,066	100	3,02	90	$\bar{1}21$
2,97	10	—	—	—	—	2,96	20	121 ?
2,67	15 D	2,652	10	2,887	60	2,87	100	400, $\bar{2}13$
2,630	25	2,614	30	2,846	20	2,82	40	220, $\bar{4}02$
2,45	20 D	2,439	10	2,753	15	2,72	40	$\bar{4}11$
—	—	2,407	10	2,708	5	2,68	40	022
2,337	35	2,327	40	2,620	20	2,60	50	$\bar{2}22$
2,305	15	2,292	30	2,533	45	2,51	40	$\bar{3}21$
—	—	2,108	10	2,50	10 D	2,48	40	$\bar{2}04$
2,08	25 TD	2,080	20 D	—	—	2,38	20	$\bar{4}11, \bar{5}01$
2,03	10 TD	2,027	30	2,35	5 D	2,33	30	$\bar{4}13$
1,890	35	1,877	20	2,315	15	2,30	30	222, 321
1,84	5 D	1,828	10	2,23	5 D	2,22	40	$\bar{3}14$
—	—	1,797	10	—	—	2,18	30	—
—	—	1,776	5	2,16	10 D	2,15	40	—
—	—	1,757	10	2,124	20	2,10	50	—
1,75	5 D	1,746	5	2,036	25	2,02	40	—
—	—	1,726	5	1,995	5 D	1,991	20	—
—	—	1,708	5	—	—	1,969	20	—
1,69	10 D	1,681	30	—	20	1,931	30 D	—
1,668	15	1,658	30	1,925	—	1,907	40	—
1,62	30 TD	1,625	30	1,897	5	1,883	10	—
—	—	1,610	30	—	—	—	—	—
1,595	10	1,584	20	1,85	10 D	1,840	40	—
—	—	—	—	1,805	5 TD	1,817	50	—
—	—	—	—	—	—	1,795	50	—
—	—	—	—	1,776	10	1,766	20	—
—	—	—	—	1,758	15	1,752	60	—

D=raies diffuses.

TD=raies très diffuses.

TABLEAU III.

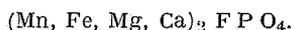
Données optiques de la landesite, de la barbosalite et de la triplite.

Minéraux	Données nouvelles (Congo)	Données de la littérature
LANDESITE	<p>LANDESITE — (Fe)</p> <p>Lamelles incurvées, pléochroïques. — 2V large, allongement.</p> <p>Nx=1,74 brun-rouge foncé Ny=1,752 brun-rouge clair Nz=1,76 jaune brunâtre Fe/Mn pondéral=12,8</p>	<p>LANDESITE — (Mn)</p> <p>— 2V large.</p> <p>Nx=1,720 brun foncé Ny=1,728 brun clair Nz=1,735 jaune Fe/Mn pondéral=0,42 (Poland)</p>
BARBOSALITE	<p>— 2V large. Extinction droite, allongement, cli- vages nets à parallèles Ny.</p> <p>Nx=1,77 bleu-vert foncé Ny≈1,785 bleu-vert foncé Nz=1,815 brun-olive foncé</p>	<p>Sections souvent opaques. 2V probablement large.</p> <p>Nx=1,77 bleu-vert foncé Ny≈1,79 bleu-vert foncé Nz=1,835 vert-olive foncé</p>
TRIPLITE	<p>Kaïlo</p> <p>Minéral incolore, sans clivages nets. — 2V large passant parfois à +2V</p> <p>Nx=1,668 Ny≈1,676 — 2V calc=84° env. Nz=1,686 Fe/Mn pondéral=1,04</p> <p>Kisanda</p> <p>Minéral incolore à jaunâtre, sans clivages nets. + 2V large. Nx=1,671 Ny=1,682 Nz=1,690 Fe/Mn pondéral=0,84</p>	<p>Minéral incolore. — 2V à +2V.</p> <p>Nx=1,65-1,69 Ny=1,66-1,70 Nz=1,67-1,71 Mn → Fe Triplite → Zwieselite</p>

D'après WINCHELL (1956), il s'agirait donc d'une triphylite contenant environ 60 % de LiFePO_4 . Le même rapport pondéral Fe-Mn (1,50) se retrouve uniquement dans le minéral probablement nouveau qui remplit la partie interne des géodes formées par la barbosalite et la landesite — (Fe). Comme la barbosalite et la landesite — (Fe) ont un rapport pondéral Fe/Mn très élevé, il faut donc admettre que l'altération de la triphylite aurait été accompagnée

par un départ de Mn et de Li. Ce dernier élément est seulement présent en trace dans la barbosalite et la landesite - (Fe) (spectrographie d'émission).

2. LA TRIPLITE DE KAÏLO ET DE KISANDA, MANIEMA, PROVINCE DU KIVU



La triplite a été décelée dans les pegmatites et filons de quartz stannifères des régions de Kaïlo et de Kisanda. Macroscopiquement, la triplite de couleur rose (Kaïlo) à brun clair (Kisanda) possède des clivages nets. Dans les deux cas, elle est altérée en un minéral noir, massif, qui est la métastrengite elle-même souvent entourée d'une croûte d'oxydes de Fe et de Mn. Produits d'altération et clivages sont très caractéristiques de la triplite qui ressemble parfois à l'orthose (Kaïlo) tout en ayant une densité supérieure. Comme ce minéral est aisément reconnaissable à l'œil nu, il serait intéressant de voir si la triplite ne pourrait pas être utilisée éventuellement comme un indicateur de minéralisation d'étain, tout au moins dans la région du Maniema.

Le *diagramme de diffraction* de la triplite de Kaïlo est indiqué au tableau II et a été comparé avec le même minéral de Karasbourg. SW Africain (ASTM). Le spectre obtenu sur le minéral de Kisanda est identique sauf de très légères différences dans les valeurs des « distances réticulaires » en relation avec la composition chimique.

Les *propriétés optiques* des deux minéraux sont résumées au tableau III.

La triplite de Kaïlo, malgré un rapport pondéral légèrement supérieur (1,04 contre 0,84) au minéral de Kisanda, possède des indices inférieurs à ce dernier (WINCHELL, 1956). Ce fait est en relation avec les teneurs plus élevées en Mg et en Ca du minéral de Kaïlo.

Du *point de vue géochimique*, outre le Mg et le Ca, le minéral de Kaïlo contient des proportions égales de Mn_2FPO_4 et de Fe_2FPO_4 et serait en fait un intermédiaire entre la triplite (Mn_2FPO_4) et la zwieselite (Fe_2FPO_4) (STRUNZ, 1966). Le minéral de Kisanda, plus riche en Mn (env. 55 % de Mn_2FPO_4), correspond à de la triplite. Ces deux minéraux renferment en outre du Ti (0,4 à 0,5 % de TiO_2), des traces de Zn et de Sr. Il est probable que le Ti est contenu dans des inclusions très fines indéterminables qui s'observent au microscope dans les deux minéraux.

Les deux triplites s'altèrent en *métastrengite noire, massive*, à cassure conchoïdale.

Les mesures effectuées sur des échantillons relativement purs de métastrengite noire, massive, montrent que le rapport pondéral Fe/Mn varie de 2 à 6 et que le minéral est encore assez riche en Mn. Il est cependant difficile de déterminer sous quelle forme se trouve le manganèse dans cette métastrengite noire assez typique et aussi fréquente dans les gisements pegmatitiques comme celui de Buranga (Rwanda), par exemple.

La métastrengite violette qui est aussi présente à Kailo et Kisanda a une composition chimique voisine de la formule théorique qui est $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ et le manganèse est seulement présent en teneurs négligeables. Par oxydation, la métastrengite noire donne soit des oxydes de Mn du type MnO_2 comme la pyrolusite et parfois aussi du cryptomélane.

A Kailo et Kisanda les produits d'oxydation de la métastrengite noire sont représentés par de la pyrolusite et par de la gœthite.

REFERENCES.

- ASTM, 1964, Index to the powder diffraction file.
- LINDBERG, M. L. and PECORA, W. T., 1955, Tavorite and barbosalite, two new phosphate minerals from Minaes Gerais, Brazil. (*Am. Min.* 40, pp. 952-967.)
- MOORE, P. B., 1964, Investigations of landesite. (*Ibid.*, 49, pp. 1122-1125.)
- PALACHE, C., BERMAN, H. and FRONDEL, C., 1967, Dana's system of Mineralogy, vol. II.
- 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, République du Congo. (*Min. Deposita*, 2, pp. 119-130.)
- STRUNZ, H., 1966, Mineralogische Tabellen. (*Akad. Verlagsges.*, Leipzig.)
- VAN WAMBEKE, L., 1958, Applications des rayons X à l'étude des minéralisations radioactives. II^e Conf. Int. sur l'Application de l'En. Atomique à des fins pacifiques. (*Rapp. P./106*, Genève, 2, pp. 768-777.)
- WINCHELL, A. N. and WINCHELL H., 1956, Elements of optical mineralogy. Pt. II: Description of Minerals. J. Wiley & Sons.