

La rodalquilarite, chlorotellurite de fer, une nouvelle espèce minérale

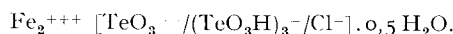
PAR J. SIERRA LOPEZ ET G. LEAL,
Empresa Nacional Adaro, Madrid,

R. PIERROT ET Y. LAURENT,
Centre scientifique et technique du B. R. G. M., Orléans,

J. PROTAS ET Y. DUSAUSOY,
Laboratoire de Minéralogie et Cristallographie, Université de Nancy.

Résumé. — La rodalquilarite se présente en petits cristaux ($< 1/10$ mm) et en croûtes vert émeraude. Triclinique $a = 8,89$, $b = 5,08$, $c = 6,63$ Å. Raies intenses du diagramme de poudre 4,24 FFF ($0\bar{1}1$) 2,62 FF (310) 3,31 F ($\bar{1}11$) 2,85 mF ($\bar{3}01$) 2,97 m (210).

Biaxe négatif : $2V = 38^\circ \pm 5^\circ$ — $n'_p \simeq n'_g \simeq 2,2$ — P. R. à 525 nm 14 à 15 % ; dureté 2-3 ; $d_{mes.} = 5,10$; $d_c = 5,23$; l'analyse quantitative sur 61 et 73 mg fournit les résultats suivants : $TeO_2 = 72,85-73,15$; $Fe_2O_3 = 18,45-18,65$; Cl = 4,80-4,60 ; $H_2O = 4,50-4,25$; insoluble = 0,35-0,25. Total : 100,95 et 100,90 ; elle conduit à la formule :

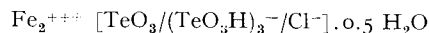


Ce nouveau minéral provient de Rodalquilar, province d'Almeria (Espagne) ; il est associé à la jarosite et à l'or natif. Les échantillons types sont conservés à l'École nationale supérieure des Mines de Paris.

La rodalquilarite a été approuvée avant publication par la Commission des Nouveaux Minéraux et Noms de Minéraux de l'I. M. A.

Abstract. — Rodalquilarite occurs in small emerald-green crystals ($< 1/10$ mm) and crusts. Triclinic $a = 8.89$, $b = 5.08$, $c = 6.63$ Å. The d. spacings (Å) corresponding to the strongest X-ray lines are : 4.24 vvs ($0\bar{1}1$), 2.62 vs (310), 3.31 s ($\bar{1}11$), 2.85 ms ($\bar{3}01$) and 2.97 m (210).

Optically biaxial negative : $2V = 38^\circ \pm 5^\circ$; — $n'_p \simeq n'_m \simeq 2,2$ — reflectivity at 525 nm is 14 à 15 % ; hardness 2-3 ; specific gravity measured 5.10, calc. 5.23. Analysis on 61 and 73 mg gave : TeO_2 72.85-73.15 ; Fe_2O_3 18.45-18.65 ; Cl 4.80-4.60 ; H_2O 5.40-4.25 ; insol. 0.35-0.25. Sum 100.95, 100.90 and the formula is



This new mineral was found at Rodalquilar deposit, Almeria province (Spain) associated with jarosite and native gold. The type material is preserved at the École des Mines, Paris. The mineral was approved before publication by the Commission on New Minerals and Mineral Names of the I. M. A.

INTRODUCTION.

Au cours d'une étude générale du gisement de Rodalquilar (Espagne) réalisée par J. Sierra Lopez en 1965 pour l'Empresa Nacional Adaro de Madrid, un certain nombre d'études, miné-

ralogiques en particulier, ont été effectuées au Centre scientifique et technique du B. R. G. M. à Orléans.

Parmi les minéraux récoltés par J. Sierra Lopez, un chlorotellurite de fer, ne correspondant à aucun minéral connu a été étudié, et

nous proposons le nom de rodalquilarite, du nom du gisement type : Rodalquilar.

La réalité d'une nouvelle espèce minérale a pu être établie en particulier grâce à l'obligeance du D^r A. Mandarino (Royal Ontario Museum, Canada) qui a bien voulu nous confier, pour comparaison, un grand nombre de tellurites qu'il avait précédemment étudiés. Le D^r Richard V. Gaines (Mexico) nous a également fait part de ses travaux sur les minéraux de tellure et a eu l'amabilité de nous communiquer, entre autres, quelques-uns des produits de synthèse qu'il réalise actuellement ; l'un d'eux s'est révélé identique à la rodalquilarite. Nous tenons à

remercier bien vivement les D^{rs} Mandarino et Gaines de leur amabilité.

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 (n^o 40, liste 1967).

Propriétés cristallographiques.

La rodalquilarite est triclinique ; les paramètres de la maille élémentaire ont été déterminés à la chambre de précession de Buerger.

TABLEAU I.

Diagramme de poudre de la rodalquilarite.

Debye-Scherrer, chambre de 240 mm de circonférence, radiation CuK α et Seeman-Bohlin par transmission, chambre de 180 mm de circonférence, radiation CuK α , $\lambda K\alpha_1 = 1,54051$ Å. Légende des intensités : FFF, très très forte ; FF, très forte ; F, forte ; mF, moyenne forte ; m, moyenne ; mf, moyenne faible ; f, faible ; ff, très faible ; fff, très très faible ; < fff, à peine visible.

RODALQUILARITE				PRODUIT ARTIFICIEL DE R. V. GAINES (1)	
$d_{mes.}$	I	$d_{calc.}$	$h k l$	$d_{mes.}$	I
8,4	ff	8,402	1 0 0	8,5	ff
4,24	FFF	4,232	0 $\bar{1}$ 1	4,23	FFF
3,99	< fff	3,995	$\bar{2}$ 0 1	3,99	fff
3,59	ff	3,585	$\bar{2}$ $\bar{1}$ 1	3,57	f
3,46	f	3,461	2 1 0	3,47	f
3,31	F	3,316	$\bar{1}$ 1 1	3,30	F
3,17	f (large)	3,207	$\bar{1}$ 0 2	3,17	f (large)
		3,130	2 0 1		
2,97	m	2,969	2 1 0	2,98	mf
2,85	mF	2,844-2,845	$\bar{3}$ 0 1- $\bar{2}$ 1 2	2,84	mF
2,70	ff	2,705	1 0 2	2,70	ff
2,62	FF	2,610	3 1 0	2,62	FF
2,51	< fff	2,508	$\bar{1}$ 2 $\bar{1}$	—	—
2,45	ff	2,451	1 2 0	2,44	ff
2,38	fff	2,379	$\bar{2}$ $\bar{2}$ 1	2,38	fff
2,26	fff	2,269	1 1 2	2,26	fff
2,17	F	2,178-2,167	$\bar{2}$ $\bar{2}$ 1 $\bar{4}$ 0 1	2,17	mF
2,12	ff	2,129-2,119	$\bar{2}$ $\bar{1}$ 3- $\bar{3}$ $\bar{2}$ 1	2,12	ff
2,08	fff	2,080	0 0 3	2,09	fff
2,05	f	2,049	0 $\bar{1}$ 3	2,06	f
1,917	f			1,920	f
1,873	mf			1,874	mf
1,846	f			1,844	ff
1,799	ff			1,801	ff
1,751	mf			1,754	f
1,707	fff			1,707	fff
1,679	fff			1,677	fff
1,657	fff			1,654	< fff
1,565	fff			1,563	fff

(1) Le diagramme du produit artificiel est publié avec l'aimable autorisation de R. V. Gaines.

Le cristal a été orienté en premier réglage de manière que son plan de clivage soit parallèle au plan du film. Nous avons alors cherché une rangée directe faisant un angle proche de 90° avec ce plan de clivage. Cette rangée, désignée par \vec{C} , a été choisie comme étant celle restant constamment perpendiculaire au plan du film dans le mouvement de précession.

Le changement de repère de composantes $\vec{a}' = -\vec{b}$, $\vec{b}' = \vec{a} - \vec{b}$, $\vec{c}' = \vec{a} + 2\vec{b} + \vec{c}$ appliqué au réseau direct déduit des valeurs précédentes du réseau réciproque a permis d'obtenir la maille directe la plus compacte possible qui possède les caractères suivants :

$$a=8,89 \text{ \AA} \quad b=5,08 \text{ \AA} \quad c=6,63 \text{ \AA} \quad V=275,9 \text{ \AA}^3$$

$$\alpha=103^\circ 10' \quad \beta=107^\circ 5' \quad \gamma=77^\circ 52'$$

les valeurs de d_{hkl} calculées à partir de ces paramètres sont en bon accord avec les d mesurés sur le diagramme de poudre de la rodalquilarite (tableau I).

Propriétés physiques.

La rodalquilarite se présente en très petits cristaux, souvent inférieurs au 1/10 de mm, dans des géodes de quartz et généralement dans des zones riches en or natif et en jarosite. Ils sont très rarement individualisés et ont tendance à former des croûtes cristallines tapissant les géodes.

Ils sont trapus, très brillants, à éclat très gras, de couleur vive, vert d'herbe à vert émeraude, correspondant aux verts 30 D₈ à 30 E₈ à 19 C₈ du Reinhold Color Atlas ou au jaune 302 et au vert 346 du Code Seguy. La rodalquilarite possède un assez bon clivage, mais, très fragile, elle se résoud à l'écrasement en une poussière de couleur vert-jaune, facile à agglomérer.

La dureté est faible, comprise entre 2 et 3. La densité, mesurée par immersion est comprise entre les extrêmes suivants : 5,05 et 5,15 ; la moyenne des différentes mesures donne $d_{mes} = 5,10 \pm 0,05$, en accord acceptable avec la densité calculée $d_x = 5,23$ (pour $Z = 1$). De même, les valeurs trouvées pour le produit artificiel sont comprises entre 4,95 et 5,05. Le minéral n'est pas fluorescent dans l'ultraviolet.

Propriétés optiques.

En lumière transmise, la rodalquilarite est vert clair sans pleochroïsme apparent, et forte-

ment réfringente. Sur le plan de clivage orienté préférentiellement sur frottis, les figures de lumière convergente sont fugitives et difficilement interprétables. Les mesures à la platine de Fedorov semblent montrer que le plan des axes optiques est voisin du plan de clivage. Des fragments différemment orientés ont permis une mesure approximative de $2V = 38 \pm 5^\circ$ avec signe optique négatif. Les indices de réfraction n'_p et n'_o du plan de clivage sont de l'ordre de 2,1 à 2,2 et sont, tous les deux, compris entre ces valeurs. Les courbes de pouvoir réflecteur établies à partir de mesures sur ce plan de clivage se chevauchent pour les deux directions perpendiculaires. Le pouvoir réflecteur moyen mesuré à 525 nm est de 14 à 15 %. L'indice calculé à partir de ces valeurs, est $n = 2,19$ et, à partir de la densité et des énergies de réfraction (loi de Gladstone et Dale) $n = 2,18$; ces valeurs sont en accord avec les mesures directes d'indice.

Propriétés chimiques.

L'analyse microchimique qualitative a mis en évidence Te, Fe et Cl ; l'analyse qualitative, réalisée à la microsonde électronique a montré également la présence de Te, Fe et Cl, à l'exclusion d'autres éléments de poids atomique supérieur à 11.

L'analyse quantitative à la microsonde électronique a été effectuée en utilisant des étalons métalliques pour Te et Fe, le chlore étant dosé en utilisant la phosgénite comme témoin.

L'analyse microchimique quantitative a été réalisée d'une part sur 61 mg de rodalquilarite et d'autre part sur 73 mg du produit artificiel synthétisé par R. V. Gaines.

MÉTHODE ANALYTIQUE.

La valence du tellure a été déterminée par le chlorhydrate de benzidine, par le diéthylthio-carbamate de sodium et par polarographie en milieu NH_4OH-NH_4Cl . Ces trois essais ont montré que le tellure se trouve à l'état tétravalent ; le dosage du tellure a été réalisé par électrolyse en milieu faiblement nitrique et par polarographie en milieu NH_4OH-NH_4Cl . Le fer est à l'état trivalent. Le chlore a été dosé par titrage avec le nitrate mercurique, en milieu faiblement nitrique et en présence de diphénylcarbazone dans une solution alcaline. L'eau a été dosée par la méthode de Penfield. Les résultats analytiques sont consignés dans le tableau II.

TABLEAU II.

Analyses de rodalquilarite.

	1	2	3	4	5
TeO ₂	71,1 ± 1	72,85	3,95	73,15	3,92
Fe ₂ O ₃	17,3 ± 1	18,45	1,00	18,65	1,00
Cl.....	2,3 ± ?	4,80	1,17	4,60	1,11
H ₂ O.....	---	4,50	2,16	4,25	2,02
Insoluble.....	---	0,35	---	0,25	---
Totaux.....	---	100,95		100,90	
- O = Cl ₂	---	1,08		1,02	
Totaux.....	---	99,87		99,88	

- 1) Analyse d'un cristal à la microsonde électronique : Service Analyse physique, B. R. G. M., R. Giraud.
 2) Analyse de 61 mg de rodalquilarite : Service Analyse chimique B. R. G. M., J. Fritsche.
 4) Analyse de 73 mg de matériel artificiel synthétisé par R. V. Gaines, Service Analyse chimique, B. R. G. M., J. Fritsche.
 3 et 5) Rapports moléculaires des analyses 2 et 4 respectivement.

La rodalquilarite est un chloro-tellurite acide de fer de formule $\text{Fe}_2^{+++} [\text{TeO}_3^{--} / (\text{TeO}_3\text{H})_3^- / \text{Cl}^-]$, $0,5\text{H}_2\text{O}$. Cependant si le rapport $\text{Te}/\text{Fe} = 4$ est bien établi, les rapports concernant Cl et H₂O sont plus délicats à définir. L'étude de la structure actuellement en cours permettra de préciser la formule avec plus de certitude (1).

Comportement thermique.

Des analyses thermopondérales ont été réalisées à la fois sur la rodalquilarite et sur le produit artificiel. Les deux courbes (fig. 1 et 2) sont exactement semblables, compte tenu des prises

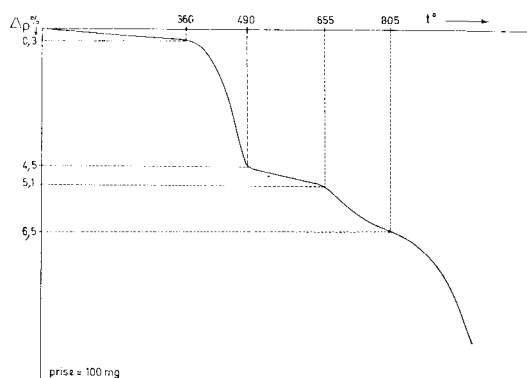


FIG. 1. — Courbe d'analyse thermopondérale de rodalquilarite artificielle.

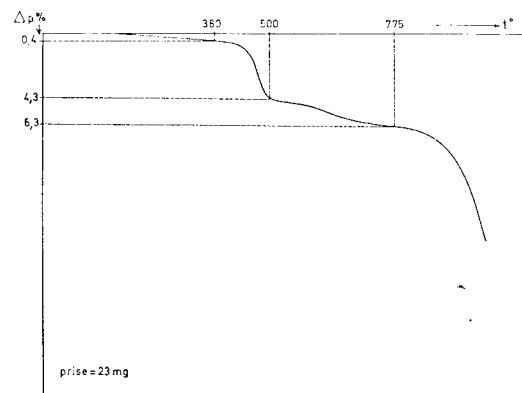
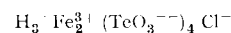


FIG. 2. — Courbe d'analyse thermopondérale de rodalquilarite naturelle.

(1) Ce manuscrit étant sous presse, l'étude de la structure a pu être terminée et a donné lieu à une thèse de 3^e cycle soutenue à l'Université de Nancy et à une note aux comptes rendus de l'Académie des sciences (*sous presse*).

La formule établie par cette étude s'écrit :



et diffère de celle admise ci-dessus par l'absence de $0,5\text{H}_2\text{O}$ la densité calculée pour cette nouvelle formule est $d_x = 5,14$, en meilleur accord que celle calculée pour la formule précédente.

initiales (100 mg pour le produit artificiel et 23 mg pour le minéral naturel).

La perte en poids débute vers 360°-380° pour se terminer vers 500° et les pourcentages d'H₂O obtenus par cette méthode (4,5 et 4,3 %) sont identiques à ceux trouvés par voie chimique, (4,25 et 4,50 %). En outre, il apparaît que l'eau est fortement liée dans le minéral.

La courbe d'analyse thermique différentielle (minéral naturel fig. 3) montre qu'à partir de 500°, les transformations subies sont complexes et par conséquent difficilement interprétables, décomposition, fusion, etc...

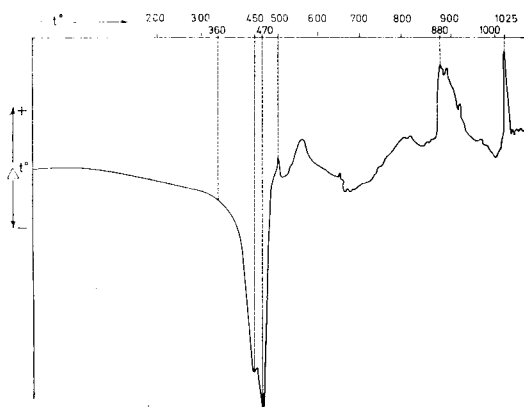


FIG. 3. — Courbe d'analyse thermique différentielle de rodalquilarite artificielle.

Synthèse.

La synthèse de la rodalquilarite a été réalisée par R. V. Gaines qui publiera ultérieurement les résultats de ses travaux sur les tellurites de fer.

Gisements et associations.

La rodalquilarite a été découverte dans la zone d'oxydation du filon 340, dans le champ aurifère de Rodalquilar, province d'Almeria (Espagne). Les roches encaissantes sont des andésites et des dacites, appartenant à un complexe volcanique tertiaire postorogénique.

La paragenèse peut se résumer ainsi :

- quartz, alunite et pyrite en cubes (métasomatique) ;
- silice colloïdale avec : or natif, jarosite, alunite et plus rarement pyrite et chalcosine ;
- quartz, kaolinite et alunite stérile ;
- alunite et quartz ;
- hématite légèrement aurifère.

La rodalquilarite apparaît dans les zones supérieures, de 5 à 20 m de profondeur dans les fissures avec alunite et quartz, dans des zones bréchoïdes lenticulaires. Elle est associée à de la jarosite, de l'or natif et de l'emmonsite beaucoup plus rare. C'est très probablement un minéral d'altération météorique des tellurures d'or.

COMPARAISON AVEC LES TELLURITES CONNUS

La nomenclature minéralogique est relativement pauvre en tellurites, environ une quinzaine de minéraux seulement ont été décrits, et parmi ceux-ci, six sont des tellurites de fer. Ils sont en général bien connus (diagramme de poudre en particulier).

Ferrotellurite Fe (TeO₄) ? (Genth, 1877). — La description est très incomplète ; l'analyse a été effectuée sur un mélange : Fe : 41,01 ; Te : 4,06 ; S : 41,37. Actuellement la ferrotellurite est considérée comme de la tellurite impure (Hey, 1962).

Emmonsite Fe(FeO₃)₃.2H₂O (Hillebrand, 1885). La description a été complétée par Frondel et Pough (1944).

Blakeite. — Tellurite de fer anhydre (Frondel et Pough, 1944).

Mackayite Fe₂(TeO₃)₃.H₂O. — (Frondel et Pough, 1944.)

Sans nom. — Tellurite de fer (Frondel et Pough, 1944). Le diagramme de rayon X a été publié.

Sans nom. — Tellurite de fer (Mandarino et Williams, 1961). — Amorphe aux rayons X.

La diagramme de poudre de la rodalquilarite se distingue nettement de celui des tellurites ci-dessus dont il diffère en outre par sa composition chimique comportant en particulier du chlore.

CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS TYPES.

Les échantillons types ayant servi à la présente étude sont conservés dans la collection de Minéralogie de l'École nationale supérieure des Mines de Paris. Nous ne possédons actuellement que quelques milligrammes de cette nouvelle espèce, répartis sur environ dix échantillons macroscopiques ainsi qu'un concentré de roche broyée, riche en jarosite et or natif et contenant de la rodalquilarite.

Manuscrit reçu le 20 septembre 1967.

BIBLIOGRAPHIE

- A. S. T. M. (1962). — *X ray powder data File*.
 DANA'S SYSTEM OF MINERALOGY (1957). — 7e ed.,
 2, New-York, Wiley.
- FLEISCHER, M. (1966). — Index of new minerals
 names, discredited minerals, and changes
 of mineralogical nomenclature in volume
 1-50 (1916-1965) of the American Mine-
 ralogist. — *Amer. Mineralogist*, 51, 1248.
- FRONDEL, C. et POUGH, F. H. (1944). — *Amer.*
Mineralogist, 29, 211.
- GUILLEMIN, C., PERMINGEAT, F. et PIERROT, R.
 (1949-1964). — Revue des espèces mi-
 nérales nouvelles. *Bull. Soc. fr. Minéral.*
Cristallogr.
- HEY, M. H. (1955). — *Chemical Index of Minerals*,
 2^e éd., Londres, British Museum.
- HEY, M. H. (1963). — *Appendix to chemical index*
of minerals.
- MANDARINO, J. A. et WILLIAMS, S. J. (1961). —
Science, 133, n^o 3469, 2017.
- PIERROT, R. (1966-1967). — *Bull. Soc. fr. Mi-
 néral. Cristallogr.*
- SEGUY, E. (1963). — *Code Universel des couleurs*.
 Paris, Dunod.
- SINDEEVA, N. D. (1964). — *Mineralogy and type de-
 posits of selenium and tellurium*. Londres,
 Interscience Publisher.
- STRUNZ, H. (1957). — *Mineralogische Tabellen*.
Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig,
 Geest und Portig.