

La despujolsite, une nouvelle espèce minérale

PAR C. GAUDEFROY,

Division de la Géologie du Maroc, Rabat.

M.-M. GRANGER,

Laboratoire de Cristallographie du C. N. R. S., Bellevue, Hauts-de-Seine.

F. PERMINGEAT,

Laboratoire de Minéralogie et Cristallographie de la Faculté des Sciences de Toulouse, associé au C. N. R. S.

J. PROTAS,

Laboratoire de Minéralogie et Cristallographie de la Faculté des Sciences de Nancy.

Résumé. — La despujolsite $\text{Ca}_3\text{Mn}^{4+} [(\text{SO}_4)_2/(\text{OH})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, nouvelle espèce minérale provenant de Tachgagalt (Maroc) est hexagonale $\text{P}\bar{6}2c$. $a = 8,56 \pm 0,02$, $c = 10,76 \pm 0,04$ Å, $Z = 2$, $d_{mes.} = 2,46 \pm 0,02$. Uniaxe positif, $n_\omega = 1,656$, $n_\varepsilon = 1,682 \pm 0,002$. La composition chimique a été établie semi-quantitativement à l'aide d'une microsonde électronique, puis précisée par l'étude de la structure déterminée au moyen des rayons X. Le manganèse situé sur l'axe 6_3 est entouré par un octaèdre d'ions $(\text{OH})^-$. Le calcium est coordonné par quatre $(\text{OH})^-$, deux molécules d'eau et deux atomes d'oxygène provenant des tétraèdres $(\text{SO}_4)^{2-}$ situés sur l'axe ternaire. Le motif composé des polyèdres entourant le calcium et le manganèse est comparable à celui de la jouravskite. Les auteurs comparent la despujolsite à un minéral isomorphe : la schaurteite $\text{Ca}_3\text{Ge}^{4+} [(\text{SO}_4)_2/(\text{OH})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ et discutent la formule chimique à l'aide de la densité et des indices de réfraction. La despujolsite est associée à divers minéraux de manganèse : braunite, hausmannite, marokite, gaufroyite, jouravskite, etc... Le nom est proposé en l'honneur de P. Despujols, fondateur du Service de la carte géologique du Maroc.

Abstract. — The new mineral, despujolsite, from Tachgagalt (Morocco) $\text{Ca}_3\text{Mn}^{4+} [(\text{SO}_4)_2/(\text{OH})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ is hexagonal $\text{P}\bar{6}2c$, $a = 8.56 \pm 0.02$, $c = 10.76 \pm 0.04$ Å, $Z = 2$. $d_m = 2.46 \pm 0.02$. Uniaxial (+), $n_\omega = 1.656$, $n_\varepsilon = 1.682 \pm 0.002$. Color lemon-yellow. Chemical composition has been established both by electron microprobe analysis and X-ray structure analysis. Manganese atoms which are along the 6_3 axis are surrounded by six $(\text{OH})^-$ ions and calcium atoms by four $(\text{OH})^-$ ions, four water molecules and two oxygen atoms belonging to the $(\text{SO}_4)^{2-}$ tetraedra. Calcium and manganese polyhedra are comparable to those of jouravskite. Despujolsite is compared with the isomorphous mineral schaurteite $\text{Ca}_3\text{Ge}^{4+} [(\text{SO}_4)_2/(\text{OH})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ and the chemical formula discussed in relation to the density and optical properties. The name is proposed in honor of P. Despujols, the founder of the Service de la carte géologique du Maroc.

I. — HISTORIQUE ET ÉTYMOLOGIE.

Le minéral a été observé pour la première fois en 1962, dans des échantillons du minerai de manganèse de Tachgagalt (Anti-Atlas, Maroc), contenant les nouveaux minéraux récemment décrits : marokite, gaufroyite et jouravskite.

Nous proposons de le désigner par le nouveau nom de despujolsite (prononcer DĚ.PŪ.ZHOL.SI.TĚ) (1) en hommage à Pierre Despujols, fondateur du Service de la carte géolo-

(1) La prononciation est ici transcrite d'après le système adopté par M. H. Hey (1962, p. 659).

gique du Maroc, pays où il a dirigé, de 1920 à 1940, le Service des Mines et donné une impulsion exceptionnelle aux recherches géologiques et minières (1). 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 accepté par 17 voix contre 1 (vote du 18 décembre 1967).

2. — CARACTÈRES MACROSCOPIQUES.

La despujolsite se présente en agrégats de grains jaune citron translucides à presque transparents, possédant un éclat vitreux assez vif sur cassure fraîche et remplissant de petites cavités entre les faisceaux de prismes de gaudefroyite. Les grains ont généralement quelques dixièmes de millimètre de diamètre et les agrégats très dispersés et rares, ne dépassent guère 5 mm de plus grande dimension. Des cristaux en prismes hexagonaux ont tendance à s'individualiser.

Il est difficile de distinguer, macroscopiquement, les agrégats de despujolsite de ceux de jouravskite, cependant leur couleur est d'un jaune plus franc, sans les nuances verdâtres ou orangées de la jouravskite, et leur éclat est plus vif.

3. — CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES.

a) Formes cristallines.

On observe parfois des cristaux de despujolsite, en prismes hexagonaux, mono ou même bipyramidés, atteignant 0,5 mm de longueur. L'un d'eux a été mesuré : il comporte (fig. 1) les faces prismatiques m (1010) bien développées, une pyramide b^2 (1012) et une petite face terminale correspondant à la base p (0001). L'angle formé par p et b^2 , égal à $36^{\circ}10' \pm 2'$, permet de calculer $c/a = 1,266 \pm 0,004$.

(1) On trouvera une liste des publications scientifiques et techniques de P. Despujols dans la « Bibliographie analytique des Sciences de la Terre, Maroc et régions limitrophes » de Ph. Morin (*Notes mém. Serv. Géol. Maroc*, Rabat, n° 182, 1965). Cependant nous rappellerons ici ses deux notes de caractère historique : « Historique des recherches géologiques au Maroc, des origines à 1930 » et « Historique des recherches minières au Maroc, des origines à 1930 » publiées à Rabat dans la collection « Notes et Mémoires du Service des Mines et de la carte géologique du Maroc » (respectivement n° 25 en 1933 et n° 37 en 1936).

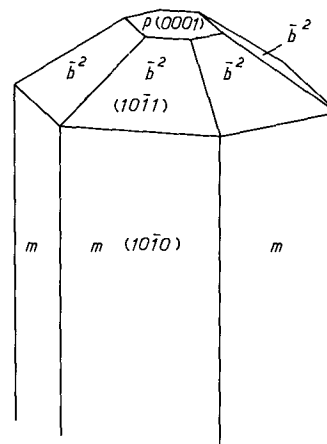


FIG. 1. — Cristal de despujolsite de Tachgagalt.

Erratum : Au lieu de (1011), lire (1012).

b) Radiocristallographie.

Des diagrammes de Weissenberg ont confirmé la symétrie hexagonale et indiqué comme groupes spatiaux possibles : $P6_3mc$, $P6_3/mmc$ ou $P6_2c$. L'étude de la structure a permis de choisir le groupe $P6_2c$ (à noter que cette symétrie est très rare ; cf. bénitoïte).

Les paramètres de la maille hexagonale ont les valeurs suivantes :

$$a = 8,56 \pm 0,02 \text{ \AA} \quad c = 10,76 \pm 0,04 \text{ \AA} \\ c/a = 1,257 \pm 0,007 \quad V = 683 \pm 6 \text{ \AA}^3$$

en bon accord avec le rapport $c/a = 1,266 \pm 0,004$ trouvé par les mesures goniométriques.

Le diagramme de poudre de la despujolsite, donné dans le tableau 1, avec les caractéristiques des plans de réflexion, est très voisin de celui de la schaurteite de Tsumeb, hexagonale avec $a = 8,525$, $c = 10,80 \text{ \AA}$ (Strunz, H., Tennyson, Ch., 1967). Il est très différent du diagramme de la jouravskite.

4. — CARACTÈRES PHYSIQUES.

La despujolsite cassante, fragile, présente une cassure conchoïdale, qui ne fait pas apparaître de clivage. Sa dureté est faible, de l'ordre de 2 1/2. Sa densité mesurée par immersion dans des mélanges de bromoforme et d'alcool éthylique, est $d_{mes.} = 2,46 \pm 0,02$.

TABLEAU I.

Diagramme de poudre de la despujolsite de Tachgagalt.

Méthode Debye-Scherrer; radiation $\text{CuK}\alpha$ filtrée; chambre de 240 mm. Intensité I : 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; d en Å, d calculé avec $a = 8,56$, $b = 10,76$ Å. Le diagramme de la schaurteite de Tsunob (Strunz, H et Tennyson, Ch. (1967) est reproduit ici pour comparaison.

DESPUJOLSITE				SCHAURTEITE	
I	$d_{mes.}$	$d_{calc.}$	hkl	I	d
F	7,40	7,41	1 0.0	5	7,40
f	6,08	6,10	1 0.1	3	6,11
—	—	5,38	0 0.2	0,5	5,42
FF	4,26	4,28	1 1.0	7	4,26
fff	3,69	3,70	2 0.0	1	3,69
mF	3,49	3,50	2 0.1	5	3,49
FFF	3,34	3,35	1 1.2	10	3,34
ff	3,22	3,23	1 0.3	1	3,24
fff	2,69	2,71	1 2.1	3	2,702
F	2,570	2,578	2 0.3	5	2,579
—	—	2,529	1 0.4	1	2,538
f	2,470	2,485	1 2.2	4	2,480
fff	2,398	2,408	3 0.1	1	2,401
mF	2,235	2,246	3 0.2	5	2,239
mF	2,198	2,177	1 2.3	5	2,205
—	—	—	2 0.4	2	2,179
FF	2,129	2,140	2 2.0	6	2,129
f	2,066	2,067	1 0.5	5	2,071
F	2,025	{ 2,035	{ 3 0.3	5	2,032
		{ 2,019	{ 3 1.1		
fff	1,983				
fff	1,944				
fff	1,906				
fff	1,860				
ff	1,816				
fff	1,746				
ff	1,702				
mF	1,669				
f	1,541				
fff	1,449				
fff	1,418				
fff	1,374				

5. — CARACTÈRES OPTIQUES.

En plaques minces la despujolsite est jaune citron. Elle montre un pléochroïsme faible, sa couleur étant un peu plus pâle suivant n_{ω} que suivant n_{ε} . Entre nicols croisés, les teintes de

polarisation sont quelque peu anormales (jaune verdâtre) dans le 1^{er} ordre puis normales, contrairement à la jouravskite dont les teintes restent très anormales dans tous les ordres. La despujolsite est uniaxe positive avec $n_{\omega} = 1,656$, $n_{\varepsilon} = 1,682 \pm 0,002$.

6. — CARACTÈRES CHIMIQUES.

a) Essais qualitatifs.

Une étude qualitative de la constitution chimique, effectuée à l'aide de la microsonde électronique, n'a décelé que Ca, Mn et S comme éléments de numéro atomique supérieur à 11.

Dans l'acide chlorhydrique, la despujolsite se dissout très lentement, sans effervescence, mais avec un dégagement net de chlore, tandis que la jouravskite s'attaque rapidement, avec une vive effervescence et un dégagement rapide de chlore qui se dissipe peu à peu. Dans l'acide nitrique 1/7, un grain de despujolsite brunît lentement, puis noircit, sans aucun dégagement gazeux perceptible; par comparaison, la jouravskite donne une effervescence assez vive, qui se ralentit puis s'arrête tandis que le grain noircit par suite d'un dépôt de bioxyde de manganèse. Enfin la despujolsite ne paraît pas être attaquée par l'acide acétique à froid. De ces essais on peut conclure : 1) que la despujolsite ne contient pas de CO_2 contrairement à la jouravskite; 2) que le manganèse est à une valence supérieure à 2, et probablement égale à 4 comme dans la jouravskite.

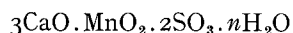
b) Essais quantitatifs.

Étant donné la très petite quantité de despujolsite dont nous disposons, nous n'avons pas entrepris d'analyse chimique quantitative.

Cependant des essais à la microsonde électronique ont donné pour les rapports atomiques les valeurs suivantes : Ca : Mn = 3,10 par comparaison avec un étalon de marokite CaMn_2O_4 ; S : Mn = 2,15 par comparaison avec des étalons de blende et de manganèse métal. On obtient ainsi, en arrondissant, les rapports atomiques : Ca : Mn : S = 3 : 2 : 1.

En outre, en exprimant les oxydes CaO , MnO_2 et SO_3 , il subsiste un déficit de l'ordre de 15 % qui correspondrait à un nombre de molécules d'eau voisin de 5. Cependant, comme la despujolsite fond très facilement sous le faisceau électronique, dans le vide de la microsonde, les

analyses ne peuvent pas être considérées comme très sûres et la formule brute :



à laquelle elles conduisent doit être vérifiée et précisée.

7. — ÉTABLISSEMENT DE LA FORMULE CHIMIQUE.

A défaut d'analyse chimique complète, la formule de la despujolsite a pu être établie par l'étude de la structure, puis contrôlée par comparaison avec la schaurteite ainsi que par le calcul de la densité et de l'indice de réfraction.

a) Structure et formule chimique.

a) 1. Enregistrement et préparation des données.

Le monocristal ayant servi à l'étude goniométrique, a été utilisé pour la détermination de la structure au moyen des rayons X. Le réseau réciproque a été enregistré avec le rayonnement $K\alpha$ du molybdène sur des clichés de Weissenberg de strates normales à l'axe c . Les intensités des taches de diffraction ont été mesurées par la méthode des films multiples à l'aide d'une échelle d'intensités connues, nor-

a) 2. Détermination de la structure (1).

L'étude de la fonction de Patterson de symétrie $P6/mmm$ a permis de déterminer les coordonnées approximatives des atomes de calcium, de manganèse et de soufre et de préciser en outre le groupe de symétrie grâce à l'existence de vecteurs interatomiques compatibles seulement avec le groupe $P63c$.

Une première hypothèse de structure comportant les trois atomes les plus lourds a fourni une liste de facteurs de structure utilisée ensuite pour des calculs de sections de densité électronique normalement à l'axe c comprises entre $z = 1/4$ et $z = 3/4$, ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1/2$). Quatre atomes d'oxygène ont pu être localisés au cours de l'examen des séries de Fourier- Bragg et des séries de Fourier-différence. Ce motif à sept atomes a été affiné par la méthode des moindres carrés sur les 722 réflexions indépendantes mesurées dans l'espace réciproque. En affectant à chaque atome un facteur d'agitation thermique isotrope, le facteur résiduel s'est abaissé à $R = 0,162$ (2). On a vérifié à l'aide de sections de la densité électronique « différence » qu'aucun atome non placé ne subsiste dans la maille. Les valeurs définitives des paramètres atomiques et de leurs déviations standards figurent dans le tableau 2.

TABLEAU II.

Coordonnées définitives des atomes indépendants et leurs déviations standards.

		x	$10^5 \sigma(x)$	y	$10^5 \sigma(y)$	z	$10^5 \sigma(z)$	B	$10^3 \sigma(B)$
Mn	(2 a)	0	—	0	—	0	—	0,641	19
Ca	(6 h)	0,30222	28	0,14553	35	0,25000	—	0,879	16
S	(4 f)	0,66667	—	0,33333	—	0,02513	24	0,890	31
O _I	(4 f)	0,66667	—	0,33333	—	0,11152	169	2,021	333
(H ₂ O) _{II}	(6 h)	0,49811	260	—0,01992	218	0,25000	—	2,279	320
(HO) _{III}	(12 i)	0,10255	127	0,20292	144	0,11114	49	1,160	75
O _{IV}	(12 i)	0,47747	154	0,25376	92	0,06805	55	1,363	85

malisées relativement, puis corrigées des facteurs de Lorentz et de polarisation. Les réflexions $h_0 l$ d'une strate obtenue à l'aide d'une chambre de précession ont permis de déterminer une valeur approchée des facteurs de mise à l'échelle relative entre strates. Les phénomènes d'absorption ont été négligés. A partir de ces données, on a pu réaliser des sections de la fonction de Patterson, normales à l'axe c ($0 \leq z \leq 1/2$), espacées de $2,5/100$ de maille.

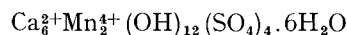
a) 3. Description de la structure.

La figure 2 montre la projection de la structure sur le plan xOy . La composition atomique

(1) Une étude détaillée sur la recherche et la description de la structure de la despujolsite sera publiée ultérieurement par M. M. Granger et J. Protas.

(2) La liste des facteurs de structure est à la disposition des personnes intéressées sur simple demande au Laboratoire de Minéralogie et Cristallographie, Faculté des sciences, 94 avenue de Lattre de Tassigny, 54-Nancy (M.-et-M.).

de la maille élémentaire déduite de l'étude structurale est donc :



Les atomes de manganèse, situés sur l'axe sénnaire 6_3 , sont placés au centre d'un octaèdre dont les sommets sont vraisemblablement occupés par des ions $(\text{OH})^-$ composant des files $[\text{Mn}(\text{OH})_6]^{2-}$ le long de cette direction.

ravskite). Dans le polyèdre de coordination du calcium, les huit liaisons Ca-O s'échelonnent entre 2,36 et 2,68 Å (de 2,41 à 2,54 Å dans la jouravskite).

Cette structure est donc semblable à celle de la jouravskite, avec laquelle elle présente de nombreuses analogies en ce qui concerne l'entourage du manganèse et la coordination du calcium. Mais dans la despujolsite, la couche d'eau séparant le calcium et les ions $(\text{SO}_4)^{2-}$ a disparu ;

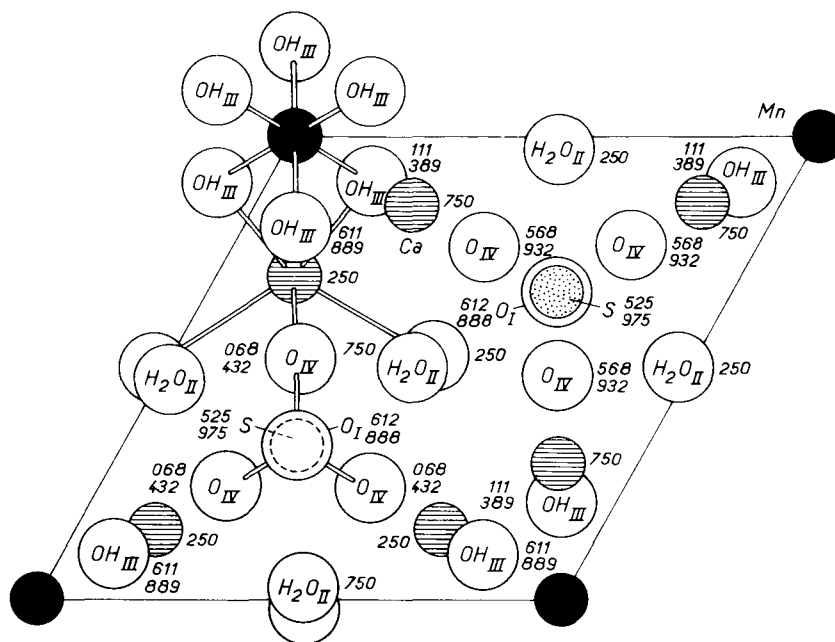


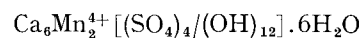
FIG. 2. — Projection de la structure de la despujolsite sur le plan xOy . L'axe Oy est horizontal. En noir, atomes de Mn ; en hachuré, atomes de Ca ; en pointillé, atomes de S ; en blanc, atomes d'oxygène, groupements OH et H_2O .

Les atomes de calcium sont situés dans un polyèdre de coordination à huit sommets, dont quatre sont des groupements $(\text{OH})^-$ provenant de deux octaèdres $[\text{Mn}(\text{OH})_6]^{2-}$, deux sont des molécules d'eau situées dans le miroir m normal à c , et deux sont des atomes d'oxygène formant les sommets de deux groupements $(\text{SO}_4)^{2-}$ situés sur l'axe ternaire.

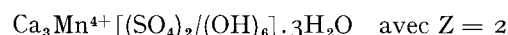
Les distances interatomiques mesurées sont comparables à celles rencontrées dans la jouravskite (Couffon, M. M., et Protas, J., 1966 ; Granger-Couffon, M. M., 1966). Pour l'ion $(\text{SO}_4)^{2-}$, les longueurs des liaisons S-O sont respectivement 1,47 et 1,48 Å (1,41 et 1,55 dans la jouravskite). Le manganèse est situé à 1,92 Å des ions $(\text{OH})^-$ qui l'entourent (1,86 et 1,88 dans la jou-

le volume de la maille a diminué, par contraction du paramètre a et des liaisons $(\text{SO}_4)\text{-Ca}$ se sont formées.

La structure conduit donc à la formule structurale :



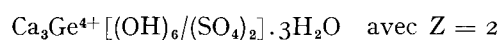
soit :



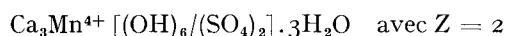
b) Despujolsite et schaurteite.

Les diagrammes de poudre des deux minéraux sont si voisins (tabl. 1) que leurs structures doivent présenter une étroite similitude. Celle-ci

se retrouve dans les dimensions presque identiques des mailles élémentaires (cf. parag. 3 b). En conséquence elle ne peut que se refléter dans les contenus de ces mailles c'est-à-dire dans les formules chimiques. H. Strunz et Ch. Tennyson (1967) ont établi pour la schaurteite la formule :



Or celle donnée précédemment pour la despujolsite peut s'écrire :



La parfaite concordance de ces deux formules constitue un excellent contrôle de celle de la despujolsite.

On remarque que Mn^{4+} occupe dans la despujolsite les positions de Ge^{4+} dans la schaurteite. Les rayons ioniques de ces deux éléments à l'état tétravalent sont voisins (respectivement 0,60 et 0,53) ; la substitution de l'un par l'autre peut donc se faire sans distorsion importante du réseau.

A notre connaissance, le remplacement mutuel de Mn et de Ge n'a jamais été signalé dans les minéraux. La despujolsite ne contient pas de germanium ; cependant l'existence de termes intermédiaires entre la despujolsite et la schaurteite apparaît comme théoriquement possible. De même, si du germanium s'était trouvé présent lors de la formation du gisement de Tachgagalt, il aurait pu se développer des despujolsites germanifères et peut être même des jouravskites germanifères. Mais de telles considérations sont déjà du domaine de la géochimie et nous entraîneraient trop loin de notre sujet.

c) Contrôle de la formule par la densité et par les indices de réfraction.

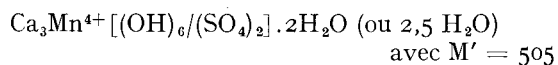
La formule de la despujolsite correspond à une masse formulaire $M = 523$. Avec $Z = 2$ et $V = 683 \pm 6 \text{ \AA}^3$, on calcule la densité

$$d_x = 2,54 \pm 0,02$$

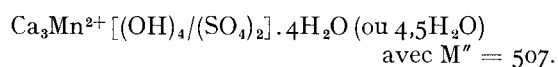
Cette densité calculée est un peu supérieure à la densité mesurée $d_{mes.} = 2,46 \pm 0,02$. On sait que les erreurs sur celle-ci sont généralement par défaut ; la différence constatée peut donc être acceptée.

Voyons cependant s'il n'est pas possible de serrer de plus près cette évaluation. Les écarts Δd sur la densité sont liés aux écarts ΔM sur la masse formulaire, en supposant le volume de la maille bien connu, par la relation : $\Delta M = 200 \Delta d$.

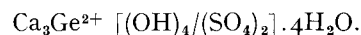
L'écart sur les densités mesurée et calculée correspond à une diminution de la masse formulaire : $\Delta M = -0,08 \times 200 = -16$ c'est-à-dire à environ une molécule d'eau ou un atome d'oxygène. Ceci rendrait possible les formules :



ou encore en supposant le manganèse divalent,



On remarque que cette formule est identique à celle qui est admise pour la fleischerite :



D'un autre côté, la loi de Gladstone et Dale permet de calculer un indice de réfraction « moyen » n , à partir de la densité d et de « l'énergie de réfraction » K des oxydes constituant la formule brute du minéral.

$$n = Kd + 1.$$

E. S. Larsen et H. Berman (1934) donnent les valeurs des énergies de réfraction pour les oxydes les plus courants. On peut calculer l'énergie de réfraction de MnO_2 à partir de la jouravskite ce qui donne $K = 0,356$ (en prenant 0,340 pour H_2O). On obtient alors pour la despujolsite :

- $n = 1,622$ en admettant la formule avec Mn^{4+} et $2\text{H}_2\text{O}$ qui correspond à une densité $d = 2,46$;
- $n = 1,565$ en admettant la formule avec Mn^{2+} et $3\text{H}_2\text{O}$ qui correspond à une densité $d = 2,46$;
- $n = 1,657$ en admettant la formule établie par l'étude de la structure avec Mn^{4+} et $3\text{H}_2\text{O}$ qui correspond à une densité $d = 2,54$.

Si l'on compare ces valeurs avec l'indice moyen mesuré :

$$n = (2 n_w + n_z)/3 = 1,665$$

on voit que :

- l'indice calculé avec du manganèse divalent est nettement trop faible, ce qui confirme la valence 4.
- si l'on admet que le manganèse est tétravalent, la variation d'indice est liée à celle de la masse formulaire par la relation approximative :

$$\Delta n \simeq 1,5 (n - 1) \Delta d/d \simeq 0,002 \Delta M.$$

Une diminution de masse formulaire ou, ce

qui revient au même, de densité, correspond à une diminution de l'indice de réfraction calculé. En prenant la plus forte valeur possible de la densité, c'est-à-dire la densité calculée $d_x = 2,54$, l'indice moyen calculé reste encore inférieur à l'indice moyen observé, mais la concordance est satisfaisante (1,657 pour 1,665).

De cette discussion, il ressort que les calculs de densité et d'indice de réfraction sont nettement en faveur de la formule établie par l'étude de la structure où le manganèse est trivalent et où il existe $3\text{H}_2\text{O}$.

8. — SYNTHÈSE.

Des essais de synthèse sont en cours. Ils permettront peut être de poursuivre sur le produit artificiel l'étude des propriétés physico-chimiques de ce minéral.

9. — CONDITIONS DE GISEMENT.

La despujolsite a été trouvée dans les haldes du filon 2 de Tachgagalt (Anti-Atlas, Maroc), qui a déjà fourni trois nouvelles espèces minérales : la marokite (Gaufrey *et al.*, 1963), la gaufreyite (Jouravsky *et al.*, 1964) et la jouravskite (Gaufrey *et al.*, 1965). Pour la description du gisement on se reportera aux deux premières des notes qui viennent d'être citées.

La despujolsite n'a encore été rencontrée qu'en remplissage de vides entre des cristaux de gaufreyite. Elle s'y trouve seule, sans calcite, alors que la jouravskite est très étroitement liée à ce minéral. Ceci amène à penser que si le mode de formation, à partir de fumeroles volcaniques imprégnant le filon de manganèse, lui-même d'origine volcanique, est le même que pour la jouravskite, la despujolsite n'a pu se former qu'en des endroits exempts de CO_2 . Cette condition a pu être réalisée là où la gaufreyite s'est elle-même emparée du CO_2 pour cristalliser. En outre en fin de dépôt le milieu est devenu oxydant permettant le passage du manganèse trivalent présent dans la gaufreyite au manganèse tétravalent de la despujolsite.

10. — RAPPORT AVEC LES AUTRES ESPÈCES MINÉRALES ET LES PRODUITS SYNTHÉTIQUES.

Nous n'avons trouvé dans la littérature aucun minéral ou produit synthétique correspondant à la despujolsite.

Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr., 1968.

Les relations avec la schaurteite, sulfate double de calcium et de germanium : quasi identité des diagrammes de poudre (tabl. 1), parallélisme rigoureux des compositions chimiques, etc... ont déjà été signalées (cf. parag. 7 b) et celles, moins étroites, avec la fleischerite ont été évoquées.

A l'œil nu la despujolsite et la jouravskite ayant une couleur jaune commune, sont difficiles à distinguer mais elles diffèrent par leurs autres propriétés. La jouravskite $\text{Ca}_3\text{Mn}^{4+}[(\text{OH})_6/\text{CO}_3/\text{SO}_4].12\text{H}_2\text{O}$ est également un sulfate double de calcium et de manganèse tétravalent, mais contenant aussi CO_3 . On a vu comment la structure de la despujolsite se relie à celle de la jouravskite. Les diagrammes de poudre des deux espèces sont très différents. On peut les distinguer aisément et rapidement : par les densités (1,95 pour la jouravskite), les indices de réfraction beaucoup plus faibles dans la jouravskite ($n_o = 1,556$), les teintes de polarisation entre nicols croisés, l'attaque à l'acide chlorhydrique concentré rapide avec vive effervescence pour la jouravskite, lente sans effervescence pour la despujolsite.

II. — CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS TYPES.

Les échantillons types constitués de petits morceaux (de quelques cm) de gaufreyite renfermant des mouches de despujolsite seront déposés à la collection de minéralogie de l'École nationale supérieure des Mines de Paris. Ces échantillons ne contiennent au total que quelques dizaines de milligrammes de despujolsite.

REMERCIEMENTS.

Nous adressons nos bien vifs remerciements à MM. M. Diouri, M. Saadi et J. Agard, respectivement Chef de la Division de la Géologie, Chef et ancien Chef du Service d'Études des gîtes minéraux du Maroc, qui ont mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour nous procurer les échantillons du minerai de Tachgagalt, n'hésitant pas à reprendre d'anciens travaux dans des conditions difficiles pour tenter de retrouver en place la paragenèse à minéraux rares. Nous remercions également M^{me} Y. Laurent, MM. R. Giraud, R. Pierrot et H. J. Schubnel du Bureau de Recherches géologiques et minières qui nous ont aidé à définir certaines propriétés du minerai.

Manuscrit reçu le 28 juillet 1967.

BIBLIOGRAPHIE

- COUFFON, M. M. et PROTAS, J. (1966). — *C. R. Acad. Sci., Fr.*, 262, 1037-39.
- GAUDEFROY, C., JOURAVSKY, G. et PERMINGEAT, F. (1963). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 86, 359-67.
- GAUDEFROY, C. et PERMINGEAT, F. (1965). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 88, 254-62.
- GRANGER-COUFFON, M. M. (1966). — *Thèse de doctorat de 3^e cycle, Fac. Sci. Paris.*
- GUILLEMIN, C., PERMINGEAT, F. et PIERROT, R. — (1964 à 1966). — *Revue des espèces minérales nouvelles. Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*
- HEY, M. H. (1962 et 1963). — *An index of mineral species and varieties arranged chemically et Appendix*, Londres, British Museum.
- JOURAVSKY, G. et PERMINGEAT, F. (1964). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 87, 216-29.
- LARSEN, E. S. et BERMAN, H. (1934). — *The microscopic determination of the nonopaque minerals*, 2nd ed., U. S. Geol. Survey. Bull. 848.
- STRUNZ, H. (1966). — *Mineralogische Tabellen*, 4^e ed., Leipzig, Akad. Verlag.
- STRUNZ, H. et TENNYSON, Ch. (1967). — *Schaurteit ein neues Germanium-Mineral von Tsumeb SW Afrika und seine Paragenese. Festschrift Dr. Werner T. Schaurte*, 33-47.