

La mélonjosephite $\text{CaFe}^{2+}\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})$, une nouvelle espèce minérale

par ANDRÉ-MATHIEU FRANSOLET,

Institut de minéralogie, Université de Liège (1).

Résumé. — La mélonjosephite se présente en masses très finement fibreuses, de couleur vert foncé. Orthorhombique avec $a = 9,548 \text{ \AA}$; $b = 10,847 \text{ \AA}$ et $c = 6,380 \text{ \AA}$; $Z = 4$, $d_{\text{calc.}} = 3,61$; $d_{\text{mes.}} = 3,65$; les raies les plus intenses du diffractogramme de poudre sont : 5,42 (90), 3,185 (30), 3,049 (100), 2,912 (40), 2,710 (90), 2,624 (60), 2,383 (30), 2,187 (35) \AA . Il existe un clivage (?) transversal imparfait. Dureté inférieure à 5. Biaxe négatif; $n_p = 1,720$, $n_m = 1,770$ et $n_g = 1,800$, $2V : 80-85^\circ$; dispersion forte. X (n_x) = c et Z (n_z) = b ; pléochroïque : X brun foncé, presque opaque, Y brun verdâtre, Z jaune or à légèrement verdâtre. Le minéral est facilement dissout par HCl. Analyse chimique : $\text{P}_2\text{O}_5 = 39,96$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 21,81$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,17$; $\text{FeO} = 17,39$; $\text{MgO} = 1,18$; $\text{MnO} = 0,44$; $\text{CaO} = 14,99$, $\text{Na}_2\text{O} = 0,48$; $\text{Li}_2\text{O} = 0,07$; $\text{H}_2\text{O}^+ = 2,50$, insol. 0,97 (total = 99,96 %) correspondant à $\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})$. Le spectre infrarouge est donné et brièvement discuté. Le minéral est à rapprocher de la dufrénite ou de la rockbridgite. Nommée en l'honneur de J. Mélon. Les échantillons types sont déposés au Musée de l'Institut de Minéralogie, Université de Liège (Belgique).

Melonjosephite $\text{CaFe}^{2+}\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})$, a new mineral.

Abstract. — Melonjosephite occurs in very delicately fibrous masses, dark green, nearly black with a brilliant luster, a little resinous. Brittle, it breaks into splinters along a longitudinal cleavage. Orthorhombic with $a = 9.548$, $b = 10.847$ and $c = 6.380 \text{ \AA}$; $Z = 4$; $d_{\text{calc.}} = 3.61$; $d_{\text{mes.}} = 3.65$; the strongest X-ray lines of the powder diffractogram are : 5.42 (90), 3.185 (30), 3.049 (100), 2.912 (40), 2.710 (90), 2.624 (60), 2.383 (30); 2.187 (35) \AA . There is transversal imperfect cleavage (?). Hardness less than 5. Biaxial (—); $\alpha = 1.720$, $\beta = 1.770$ and $\gamma = 1.800$, $2V : 80-85^\circ$; strong dispersion : $X = c$ and $Z = b$; pleochroic : X deep brown, nearly opaque, Y greenish brown, Z yellow-gold, somewhat greenish. The mineral is readily dissolved by HCl. Chemical analysis $\text{P}_2\text{O}_5 = 39.96$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 21.81$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.17$; $\text{FeO} = 17.39$; $\text{MgO} = 1.18$; $\text{MnO} = 0.44$; $\text{CaO} = 14.99$, $\text{Na}_2\text{O} = 0.48$; $\text{Li}_2\text{O} = 0.07$; $\text{H}_2\text{O}^+ = 2.50$ insol. 0.97 (sum = 99.96 %) corresponding to $\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})$. The infrared spectra is given and briefly discussed. The mineral can be compared with dufrénite or rockbridgeite. Named in honour of J. Mélon. Specimens are deposited in the Museum of the Institute of Mineralogy, University of Liège (Belgium).

GISEMENT ET ÉTYMOLOGIE.

La lentille d'Angarf-Sud est certainement une des plus importantes du cortège des pegmatites granitiques précambriennes, injectées dans les migmatites, les micaschistes et les gneiss de la plaine des Zenaga, Anti-Atlas, Maroc. Longue de 100 m et puissante d'environ 25 m, cette pegmatite relativement bien zonée montrait, au contact ouest de la zone à feldspaths alcalins avec l'énorme noyau de quartz bien différencié, une poche riche en béryl qui fut exploitée vers 1950 (Bouladon *et al.*, 1950; Morin, 1952). En plus du grand intérêt économique qu'elle a suscité, la pegmatite d'An-

garf-Sud est encore caractérisée localement et ce, au voisinage de l'amas de béryl, par des concentrations assez importantes de phosphates, qui ont déjà fait l'objet de quelques études minéralogiques (Cech *et al.*, 1971, Fransolet, 1972).

La diversité de ces phosphates est remarquable et comprend des espèces lithiques, ferromagnésifères, calcifères et aluminifères.

La répartition des minéraux essentiels montre, dans les nodules actuellement à l'étude, une zonalité assez nette. Lors de l'examen détaillé des constituants de la zone enveloppant les noyaux de triphylite, la présence de la nouvelle espèce minérale a été observée. Il s'agit d'un phosphate hydraté, riche en calcium, en fer ferreux et ferrique.

(1) Place du 20 août, 9 B. 4000 Liège (Belgique).

Le nom de mélonjosephite (MĚ.LŎN.ZHŎ. ZĚFAIT d'après Hey, 1955) est proposé en l'honneur du Professeur Joseph Mélon, émérite de l'Institut de Minéralogie, Université de Liège, Belgique.

Ce nouveau minéral a été accepté 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, à son tour, l'a approuvé par 20 voix contre 0, le nouveau nom étant retenu par 16 voix contre 4 (vote du 27-4-1973, n° 12, liste 1973).

ASPECT MACROSCOPIQUE ET PROPRIÉTÉS PHYSIQUES.

La mélonjosephite apparaît principalement dans la partie externe de la zone du phosphate vert grisâtre qui emballer les noyaux de triphylite magnésienne (Fransolet, 1972). Un diagramme de rayons X de ce phosphate vert donne des raies très proches de celles de la *hühnerkobelite* (Fisher, 1958). Seulement, cette espèce semble fort contestée à l'heure actuelle et les auteurs auraient tendance à l'inclure dans le groupe de l'alluaudite (Fisher, 1957; Huvelin *et al.*, 1972). C'est la raison pour laquelle ce phosphate est simplement dit du groupe de l'alluaudite et qu'une étude complète est en cours.

Lors d'un séjour d'étude au laboratoire du Dr O. Von Knorring (Dept. of Earth Sciences, Leeds), la mélonjosephite apparut la première fois sous le binoculaire et un diagramme de rayons X fut également examiné. Le minéral se remarquait par sa teinte vert foncé, sous forme de petites lentilles jalonnant le contact entre cette zone et l'aurole d'apatite gris rougeâtre, cryptogrenue. Plus fréquemment, elle prend l'allure d'îlots diffus dans la masse plus tenace du phosphate vert.

Macroscopiquement, le nouveau phosphate se présente en paquets de longues aiguilles, très fines, subrectilignes, à peine ployées et atteignant parfois près de 1 cm de long. Il peut arriver que ces fibres soient légèrement entrelacées. La couleur est d'un vert très sombre, presque noir. L'éclat est brillant, un peu résineux. Le minéral est très cassant et se débite, suivant une direction de clivage longitudinal, en esquilles fibreuses. Un broyage plus fin ($\pm 80-60 \mu$) provoque l'apparition de lamelles délicates qui montrent encore un clivage transversal imparfait. Il s'agit peut-être d'un plan de séparation. La poussière est vert sapin.

La fragilité du minéral a rendu difficile les essais de dureté qui paraît inférieure à 5.

Les mesures de densité effectuées à la balance de torsion Berman sur une dizaine de grains de taille différente mais très purs, fournissent pour la mélonjosephite une valeur de $3,65 \pm 0,02$.

PROPRIÉTÉS CRISTALLOGRAPHIQUES.

— Méthode de rotation et de Weissenberg.

A cause de la taille microscopique des monocristaux de mélonjosephite dont de menus fragments sont encore faits de deux ou trois fibrilles accolées, l'examen cristallographique classique est assez décevant. Une rotation suivant l'axe des fibres fournit, pour le paramètre parallèle à cette direction, une valeur de 6,37 Å. Les clichés de Weissenberg, obtenus à partir de monocristaux médiocres, laissent supposer une symétrie orthorhombique. La détermination du groupe spatial n'a pu être faite.

— Méthode des poudres.

Un diagramme de poudre a d'abord été obtenu par la méthode Straumanis dans une chambre Debye-Scherrer de 114,6 mm de diamètre. Aidé par les données fragmentaires de l'examen sur monocristaux et appliquant la méthode de Lipson (1949), une indexation de quelques raies a été faite.

Un diffractogramme a ensuite été enregistré sur un appareil Philips, en utilisant la raie $\text{CuK}\alpha$ filtrée au Ni, une vitesse de balayage du goniomètre de $1/2^\circ 2\theta$ par minute et un standard de NaCl pur. Le dépouillement de ce diffractogramme est reproduit au tableau I.

Après indexation approximative du film et en utilisant le programme de Cox (1967), l'attribution des différents plans (hkl) et le calcul des paramètres de la maille de la mélonjosephite ont été réalisés. La validité des résultats acquis renforce l'hypothèse d'une maille orthorhombique.

Les valeurs des paramètres ainsi obtenues, en posant l'orientation $b > a > c$ sont :

$$a = 9,548 \pm 0,004, \quad b = 10,847 \pm 0,004 \\ \text{et } c = 6,380 \pm 0,003 \text{ \AA}$$

Cela donne un rapport axial 0,880 : 1 : 0,588 et le volume de la maille vaut $(660 \pm 1) \text{ \AA}^3$.

Cette orientation, généralement admise dans le système orthorhombique, pourrait être éventuellement modifiée par les résultats de recherches ultérieures.

Il est remarquable de noter que, en considérant les valeurs calculées par l'ordinateur, b est relativement voisin de $c\sqrt{3}$, soit 11,050 Å, ce qui conduirait à envisager peut-être une maille pseudo-hexagonale pour la mélonjosephite.

PROPRIÉTÉS OPTIQUES.

Avant d'entreprendre la séparation de la mélonjosephite, une section mince a été taillée dans l'échantillon choisi pour sa richesse particulière. Sous le microscope, les concentrations du nouveau minéral ne contiennent que des grains de quartz.

TABLEAU I.

Dépouillement du diffractogramme de poudre de la mélonjosephite d'Angarf-Sud.

I/I ⁰	d _{obs.} (Å)	h k l	d _{calc.} (Å)	I/I ⁰	d _{obs.} (Å)	h k l	d _{calc.} (Å)
15	7,15	1 1 0	7,167	5	1,794	{ 0 5 2	1,794
10	6,37	0 0 1	6,381			{ 3 5 0	1,793
90	5,42	0 2 0	5,424	5	1,763	{ 1 5 2	1,763
		{ 1 1 1	4,766	15	1,711	{ 2 3 3	1,711
20	4,76	2 0 0	4,774			{ 1 6 1	1,711
15	4,70	1 2 0	4,716	5	1,690	{ 2 6 0	1,691
20	3,787	1 2 1	3,793			{ 4 3 2	1,690
25	3,597	2 1 1	3,605	5	1,679	{ 2 5 2	1,679
25	3,580	2 2 0	3,584	5	1,648	{ 1 4 3	1,648
15	3,380	1 3 0	3,382	5	1,632	{ 5 3 1	1,632
		{ 0 0 2	3,190	5	1,621	{ 5 1 2	1,620
30	3,185	3 0 0	3,183	10	1,594	{ 0 0 4	1,595
15	3,121	2 2 1	3,125	10	1,590	{ 3 3 3	1,589
100	3,049	3 1 0	3,054			{ 4 0 3	1,588
5	2,984	1 3 1	2,988	15	1,571	{ 4 1 3	1,571
40	2,912	1 1 2	2,915			{ 3 6 0	1,572
25	2,881	2 3 0	2,882	10	1,563	{ 3 5 2	1,563
		{ 0 2 2	2,750			{ 4 4 2	1,562
10	2,749	3 2 0	2,745	15	1,558	{ 1 1 4	1,557
90	2,710	0 4 0	2,712			{ 4 5 1	1,557
10	2,647	1 2 2	2,642	20	1,525	{ 4 2 3	1,524
60	2,624	2 3 1	2,627	10	1,521	{ 0 5 3	1,519
5	2,411	1 4 1	2,415	15	1,493	{ 5 3 2	1,493
30	2,383	2 2 2	2,383			{ 2 6 2	1,494
		{ 4 2 0	2,185	10	1,490	{ 1 7 1	1,487
35	2,187	4 1 1	2,190	10	1,441	{ 4 6 0	1,441
20	2,114	1 5 0	2,116	10	1,437	{ 2 7 1	1,436
10	2,064	3 4 0	2,064	5	1,434	{ 4 5 2	1,434
10	2,036	1 1 3	2,039			{ 5 5 0	1,433
10	2,007	1 5 1	2,008	5	1,414	{ 3 1 4	1,414
10	1,990	4 3 0	1,992	5	1,378	{ 0 6 3	1,378
30	1,974	2 5 0	1,975			{ 6 2 2	1,377
5	1,938	1 2 3	1,939	10	1,374	{ 5 2 3 (?)	1,376
10	1,909	5 0 0	1,910	10	1,372	—	—
10	1,896	2 4 2	1,896				

La dimension de ces agrégats bien individualisés, pratiquement purs, limités par une bordure où la mélonjosephite et le phosphate vert du groupe de l'alluaudite s'interpénètrent, peut atteindre environ 0,5 à 1 cm. Seuls, les petits nids de mélonjosephite sont intimement mélangés à ce phosphate et, parfois, avec des granules de barbosalite et probablement quelques plages de mitridatite.

Vu la forte coloration du minéral, soit en frottis, soit en lame mince, l'étude optique de la mélonjosephite est difficile.

A l'aide de liqueurs témoins, les indices de réfraction ont été mesurés pour la longueur d'onde du sodium. Ces mesures ont été faites sur des grains extrêmement petits, ce qui rendait impossible tout contrôle conoscopique. De plus, les clichés longitudinaux assez faciles ne permettent pas d'obtenir aisément des sections principales.

$$n_g = 1,800 \pm 0,010$$

$$n_m = 1,770 \pm 0,010$$

$$n_p = 1,720 \pm 0,005$$

Le pléochroïsme de la mélonjosephite est net et intense ; il s'observe bien en lame mince.

Z = jaune or, légèrement verdâtre,

Y = brun verdâtre,

X = brun foncé, légèrement verdâtre, parfois presque opaque.

La biréfringence est élevée mais toute mesure à l'aide d'un compensateur fut vaine car les teintes de polarisation sont nettement masquées par la couleur du minéral.

La biaxie est négative et le 2V est compris entre 80 et 85°. Le minéral est encore remarquable par sa forte dispersion.

En lame mince, toutes les sections parallèles à l'axe des fibres sont caractérisées par une direction longitudinale de clivage et parfois, par des fractures assez fines, transversales (fig. 1 et 2). De plus, elles montrent, par rapport à la première trace de clivage, un allongement négatif et une extinction droite. Les sections perpendiculaires aux

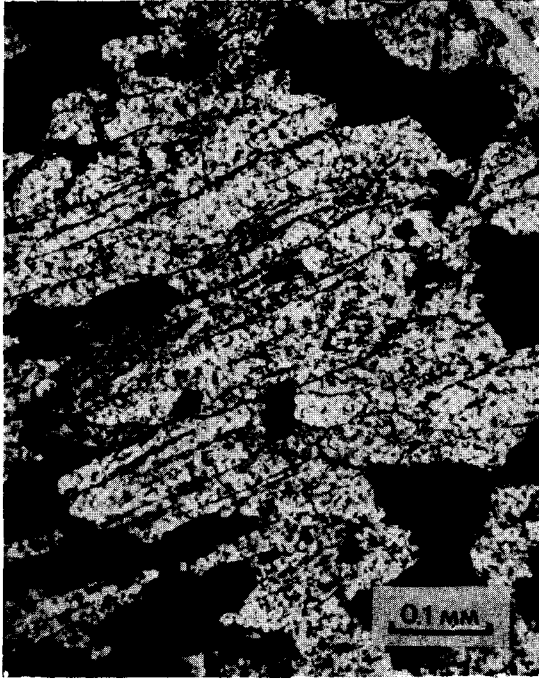


FIG. 1. — Aspect microscopique de sections parallèles aux fibres de la mélonjosephite. Zone [001]. La barbosalite apparaît en grains noirs. Lumière polarisée non analysée.

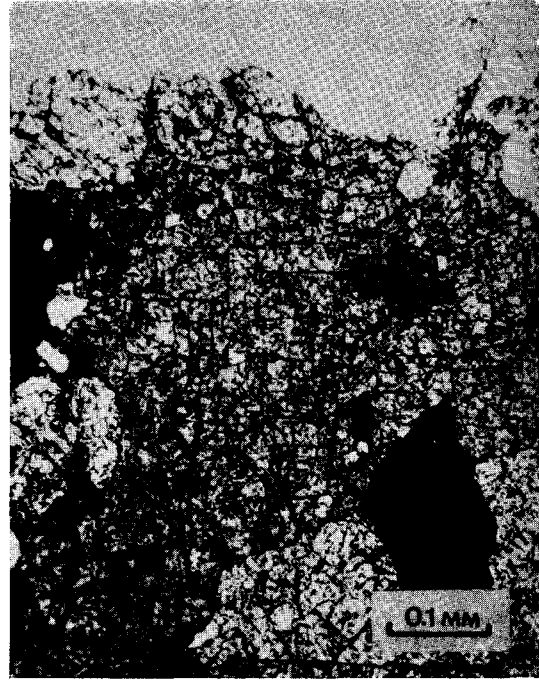


FIG. 3. — Aspect microscopique d'une section perpendiculaire à l'axe des fibres montrant trois plans de clivage. Lumière polarisée non analysée.

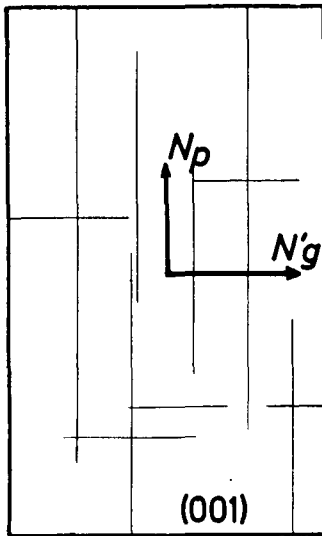


FIG. 2. — Schéma de l'orientation optique dans une section de la zone [001].

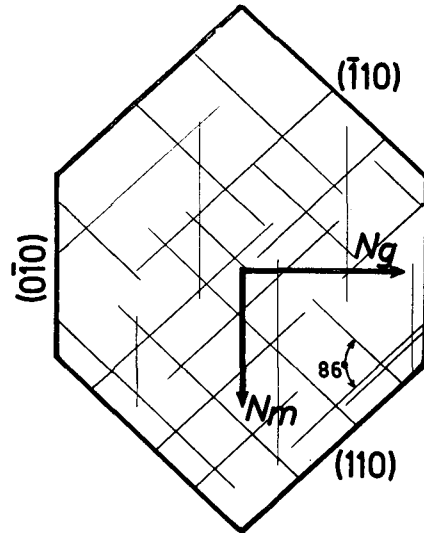


FIG. 4. — Schéma de l'orientation optique dans une section (001), perpendiculaire à n_p .

fibres montrent trois plans de clivage (fig. 3 et 4). Le plan des axes optiques se place suivant la diagonale de deux clivages qui font entre eux un angle de $94^\circ \pm 2^\circ$. Cette mesure a été faite à la platine de Fédorov. Ces deux clivages assez réguliers pourraient correspondre aux faces (110) et ($\bar{1}10$) dont l'angle entre les normales est calculé à $97^\circ 20'$. La troisième trace de clivage, suivant laquelle se place Y (n_m) serait alors celle du clivage (010) beaucoup plus irrégulier et interrompu.

Cette position de l'indicatrice où le plan des axes optiques est parallèle à (100) et X (n_p) coïncide avec c renforce également l'hypothèse d'une symétrie orthorhombique.

ANALYSE CHIMIQUE.

La purification a été facilitée par l'aspect fibreux, l'éclat brillant et la couleur vert sombre du minéral.

TABLEAU II.

Analyse chimique de la mélonjosephite d'Angarf-Sud.

	1	2	3	4	5
P_2O_5	39,96 ± 0,02	40,37	39,47	0,284	8,04
Fe_3O_2	21,81 ± 0,05	22,03	22,26	0,138	3,91
Al_2O_3	0,17 ± 0,02	0,17		0,002	0,06
FeO	17,39 ± 0,10	17,57	20,03	0,245	3,47
MnO	0,44 ± 0,02	0,44		0,006	0,09
MgO	1,18 ± 0,01	1,19		0,030	0,43
CaO	14,99 ± 0,02	15,14	15,63	0,270	3,83
Na_2O	0,48 ± 0,01	0,49		0,008	0,22
Li_2O	0,07 ± 0,01	0,07		0,002	0,06
H_2O^+	2,50 ± 0,02	2,53	2,51	0,140	3,96
Insol.....	0,97 ± 0,05				
Total.....	99,96	100,00	100,00		

Colonne 1 : Analyse chimique (analystes : Speetjens J.-M. et Fransolet A.-M.).

— 2 : Analyse ramenée au total de 100 %.

— 3 : Composition théorique $\text{CaFe}^{2+}\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})$.

— 4 : Rapports moléculaires.

— 5 : Nombre de cations dans une unité formulaire (calculé sur la base de 36 oxygènes).

Un triage à la pince d'un échantillon assez riche broyé entre 1 et 0,5 mm a permis de sélectionner 3 g de matière pure, nécessaire à l'ensemble des analyses.

L'analyse spectrographique révèle l'abondance de Fe, Ca et P. Mg, Na, Si et Mn se situent entre 1 et 5 %. Li et Al sont présents. Des traces de Pb et de Mo, ainsi que de faibles traces de Ni, Zn, Ag, W et Cr sont repérées.

L'analyse chimique a été effectuée sur 2 g de matière. La mélonjosephite est facilement soluble dans HCl (6 N) chaud. Après l'attaque, l'insoluble, pesé et identifié par diffraction des rayons X, ne comporte que du quartz.

La spectrophotométrie a été utilisée pour les éléments suivants :

- le *phosphore*, sous forme de complexe phosphovanadomolybdate (Quinlan *et al.*, 1955) ;
- le *fer ferreux*, à l'orthophénantroline, et le *fer total*, après ajout d'hydroquinone ;
- le *manganèse*, après oxydation par le periodate de potassium ;
- l'*aluminium*, après extraction de l'hydroxy-

quinoléate dans le chloroforme (Claassen *et al.*, 1954).

Le *calcium* et le *magnésium* ont été dosés par absorption atomique ; le *lithium* et le *sodium*, par photométrie de flamme. La teneur en *eau* a été établie par la méthode de Penfield.

Chaque dosage a été répété trois fois. Les méthodes analytiques utilisées pour le phosphore, le calcium, le manganèse, le magnésium, le sodium et l'aluminium ont été préalablement testées sur l'échantillon n° 120 a (phosphate rock) du National Bureau of Standards.

Les résultats de l'analyse chimique sont exposés dans le tableau II, colonne 1.

ANALYSE PAR SPECTROSCOPIE INFRAROUGE.

Le spectre infrarouge de la mélonjosephite a été enregistré sur un spectrophotomètre Beckman IR 12 dans le domaine de 4 000 à 200 cm^{-1} , les pastilles contenant 3 mg de minéral dilué dans 600 mg de KI. Ce spectre est reproduit à la figure 5.

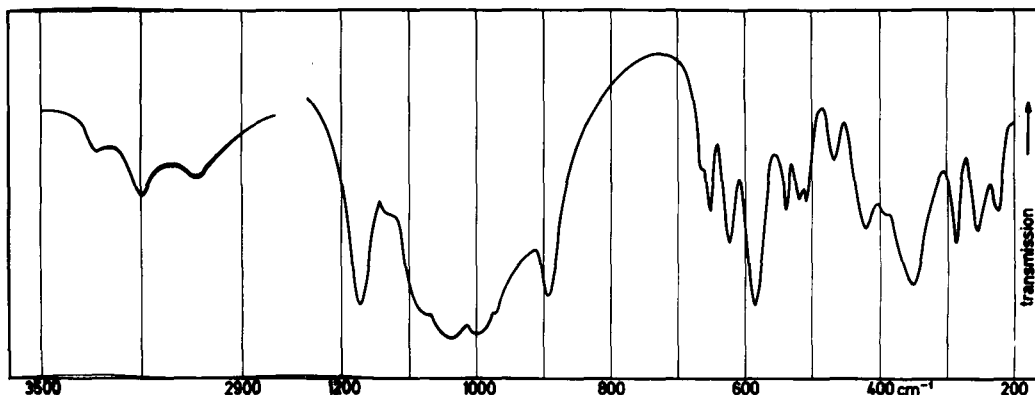


FIG. 5. — Spectre infrarouge de la mélonjosephite.

La liste des bandes d'absorption est donnée au tableau III avec le résumé des attributions que l'on peut faire.

TABLEAU III.

Liste des fréquences des bandes d'absorption.

223 cm^{-1}	} Vibrations des modes « externes »
254	
288	
350	
390	
420	
467	} + vibrations de déformation symétrique du tétraèdre PO_4 (essentiellement) — mode ν_2
509	} Vibrations de déformation antisymétrique du tétraèdre PO_4 (essentiellement) — mode ν_4
519	
539	
584	
624	
651	
663	
894	} Vibrations de valence du tétraèdre PO_4 — modes ν_3 et ν_1 — et vibrations de déformation du groupe OH
971	
1 000	
1 037	
1 070	
1 134	
1 172	
3 035	} Vibrations de valence du groupe OH
3 195	
3 330	

L'observation du spectre infrarouge de la mélonjosephite montre divers domaines d'absorption plus ou moins distincts.

Domaine de 2 900 à 3 400 cm^{-1} .

Trois bandes larges apparaissent respectivement à 3 035, 3 195 et 3 330 cm^{-1} . C'est le domaine des vibrations de valence du groupe OH. Ces fréquences très basses montrent l'absence d'ions OH libres et indiquent que ces OH sont reliés entre eux par des ponts hydrogène de longueur différente.

Domaine de 850 à 1 200 cm^{-1} .

Ce domaine est remarquable par sa largeur et son intensité. Ces bandes d'absorption sont essentiellement les vibrations de valence du groupe PO_4 (mode ν_3). Il est difficile de distinguer la bande attribuable aux vibrations symétriques de valence du tétraèdre PO_4 (mode ν_1). Il est aussi probable que la vibration de déformation OH ait une fréquence assez élevée, confondue dans cette région du spectre, compte tenu du fait que les fréquences de vibration de valence OH sont apparues entre 3 000 et 3 350 cm^{-1} (Tarte, 1958).

Domaine de 500 à 700 cm^{-1} .

Les bandes d'absorption sont nombreuses, assez intenses et fines. Essentiellement, il s'agit des vibrations de déformation des tétraèdres PO_4 (mode antisymétrique ν_4). L'existence de nombreuses fréquences, observées dans le domaine des vibrations de valence et aussi dans le domaine des vibrations de déformation, semble confirmer un état de déformation notable des tétraèdres PO_4 dans la mélonjosephite. Il est aussi important de tenir compte de l'influence cationique car ce domaine n'est pas très détaché des fréquences externes.

Domaine de 200 à 500 cm^{-1} .

Ce domaine spectral où les bandes apparaissent nombreuses et avec des intensités moyenne à forte est relativement complexe. C'est la région des vibrations externes où le rôle des cations est prépondérant.

De plus, il ne faut pas écarter l'éventualité de fréquences « mixtes » décrites par Paques (1972), déjà présentes dans des composés plus simples du type triphylite. Comme les groupements PO_4 sont déformés, le mode de vibration de déformation symétrique ν_2 du tétraèdre PO_4 devient actif en infrarouge et il est possible que les fréquences à 420 et 467 cm^{-1} correspondent notamment à ce mode vibrationnel.

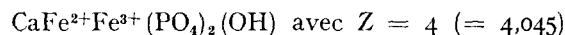
En résumé, les données à tirer de l'analyse par spectroscopie infrarouge sont les suivantes. L'allure du spectre dans la région des vibrations de valence des groupes PO_4 permet de classer la mélonjosephite parmi les orthophosphates. La symétrie des tétraèdres PO_4 est considérablement abaissée vu le grand nombre de fréquences ν_3 et ν_4 du groupe PO_4 . Cette analyse montre encore que la mélonjosephite ne contient pas de molécules H_2O mais uniquement des groupes OH avec des ponts hydrogène.

INTERPRÉTATION CRISTALLOCHIMIQUE.

Une interprétation des données chimiques et cristallographiques peut être avancée en vue d'établir une formule structurale. La colonne 4 du tableau II permet de fixer une formule chimique idéale :



ou



et une densité calculée de $3,61 \pm 0,05$, la densité mesurée étant de $3,65 \pm 0,02$.

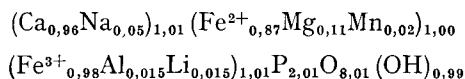
Le poids formulaire contenu dans la maille élémentaire étant de 1 453, on en déduit le nombre de cations, donné dans la colonne 5 du tableau II et établi pour un total de 36 oxygènes.

La manière de regrouper les cations, exposée dans le tableau ci-après, reste quelque peu arbitraire car l'ignorance du groupe spatial empêche de contrôler la compatibilité entre le groupe d'atomes et le nombre de positions équivalentes possibles.

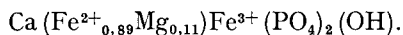
intense (Allen and Hush, 1967). Seulement, vu la complexité du phénomène électronique dans ce genre de groupements, on ne peut prévoir la direction de ces « groupements h » à l'aide de la seule connaissance des directions d'absorption (Moore, 1970).

Ca....	3,83	Fe ²⁺ .	3,47	Fe ³⁺ .	3,91	P....	8,04	OH...	3,96	O....	32,04
Na....	0,22	Mg...	0,43	Al...	0,06						
		Mn..	0,09	Li....	0,06						
Total..	4,05		3,99		4,03		8,04		3,96		32,04
	(= 4)		(= 4)		(= 4)		(= 8)		(= 4)		(= 32)

On arrive ainsi, avec $Z = 4$, à :

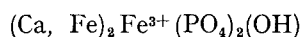


En négligeant les éléments mineurs et en simplifiant la formule précédente, on aboutit à :



COMPARAISON AVEC D'AUTRES PHOSPHATES.

Comme la mélonjosephite présente un diagramme de rayons X difficilement comparable à celui d'un terme isostructural, une autre façon d'exprimer les données chimiques serait d'écrire, en regroupant les cations bivalents, la formule suivante :



L'intérêt est d'y trouver un phosphate qui rappellerait la xanthoxénite $\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$. On serait ainsi tenté de classer le nouveau minéral avec d'autres phosphates repris par Frondel (1949 *b*) tels que borickite, calcioferrite, mitridatire, richellite et autres...

Cette manière d'envisager la formule chimique n'est guère satisfaisante. Sans tenir compte du nombre variable des molécules H_2O contenues dans ces phosphates, on range la mélonjosephite parmi des phosphates basiques de fer ferrique, sans insister sur la teneur en fer ferreux, alors qu'elle présente des propriétés communes à beaucoup de phosphates basiques à la fois ferreux et ferrique tels ceux examinés par Moore (1970), c'est-à-dire couleur vert noir et pléochroïsme extrême.

Moore (1970) a montré, en étudiant notamment la dufrénite, la beraunite et la rockbridgite, parmi les phosphates basiques ferreux et ferriques, que leur structure comportait systématiquement des groupements de trois octaèdres avec une face commune. Il les appelle « groupements h ». Ce type de configuration des octaèdres FeO_6 facilite les échanges électroniques entre Fe^{2+} et Fe^{3+} et le transfert de charges provoque le pléochroïsme

Le pléochroïsme intense de la mélonjosephite qui est riche en fer ferreux et ferrique, pourrait être dû à la présence de « groupements h » d'octaèdres FeO_6 dans la structure de ce phosphate.

Dans le cas des trois phosphates étudiés, Moore (1970) constate une absorption intense si la direction de polarisation est perpendiculaire à l'axe des fibres. D'après Frondel (1949 *a*), la direction de forte absorption dans la dufrénite, la rockbridgite et la beraunite se place suivant n_p , contrairement au cas présent. En effet, dans la mélonjosephite, n_p présente une absorption intense, vert foncé à brunâtre qui rend presque opaques même de petits grains et cet indice se place suivant l'axe des fibres (fig. 2), n_p étant parallèle à b , avec une couleur jaune or, légèrement verdâtre à jaune un peu orangé.

Toujours d'après Moore (1970), l'axe des fibres est caractérisé par une période de 5,13 Å commune à beaucoup de phosphates basiques ferreux et ferriques.

Ce paramètre est égal à la somme d'une arête d'un tétraèdre PO_4 et d'une arête d'un octaèdre faisant partie d'un « groupement h ».

Cette valeur paramétrique est celle de b chez la dufrénite et la beraunite monocliniques et celle de c , chez la rockbridgite orthorhombique.

Dans la mélonjosephite, une rotation autour de l'axe de fibres a fourni 6,37 Å, ce qui est devenu, après étude du diffractogramme, 6,380 Å pour le paramètre c . Si on considère b , direction suivant laquelle l'absorption est moindre, on constate que la valeur calculée (10,847 Å) est le double de 5,42 Å encore différente, mais plus proche de 5,13 Å.

On note d'abord que, parmi les phosphates étudiés par Moore (1970), seule la dufrénite contient des ions Ca^{2+} . Pour ce minéral, le pourcentage maximum en CaO repris par Frondel (1949 *a*) est de 1,68 %. La mélonjosephite en contient 15,14 %. Ensuite, l'analyse infrarouge du nouveau phosphate indique, par le grand nombre de bandes d'absorption observables dans les domaines de vibrations de déformation et de valence des groupes PO_4 , un abaissement considérable de la symétrie de ces tétraèdres.

Ainsi, bien que rien ne soit évidemment connu sur la structure de la mélonjosephite, la différence entre la valeur 5,42 Å (1/2 *b*) et celle proposée par Moore (1970) pourrait peut-être s'expliquer par un nombre plus important de cations Ca²⁺, plus gros que Fe²⁺ ou Fe³⁺, et aussi par la déformation des tétraèdres PO₄.

Donc, la mélonjosephite CaFe²⁺Fe³⁺(PO₄)₂(OH) semblerait avoir sa place dans le groupe des phosphates basiques ferreux et ferriques mais il est trop hasardeux à l'heure actuelle de penser que l'analogie structurale avec la dufrénite ou la rockbridgite est étroite.

CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS TYPES.

L'échantillon type et les sections minces qui ont servi à la présente étude sont déposés dans la collection du Musée de l'Institut de Minéralogie de l'Université de Liège sous le numéro 18.587. Nous possédons une dizaine de fragments de nodules de phosphates contenant la mélonjosephite bien visible macroscopiquement.

REMERCIEMENTS.

Cette recherche doit énormément à l'aide financière du Ministère de l'Éducation nationale de Belgique et à l'obligeance du Service Géologique et du S. E. G. M. de Rabat qui m'ont permis de réaliser une campagne de prospection dans la plaine des Zenaga.

J'exprime mes vifs remerciements au Dr O. Von Knorring de Leeds, à M. F. Permingeat de Toulouse, M. le Professeur J. Moreau de Louvain, MM. les Professeurs J. Toussaint et P. Tarte de Liège pour leurs précieux conseils. Je remercie M. R. Sobry de l'Institut de Cristallographie pour les calculs à l'ordinateur et M. M. Vermeire pour les travaux sur les monocristaux.

Je tiens encore à remercier MM. C. Guillemin, P. Sainfeld et R. Pierrot du B. R. G. M. qui m'ont aimablement transmis un lot de phosphates provenant des pegmatites de Tazenakht.

Manuscrit reçu le 22 janvier 1973.

Accepté pour la publication le 9 juillet 1973.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN, G. G. and HUSH, N. S. (1967). — *Prog. Inorg. Chem.*, 8, 357-386.
- BOULADON, J. *et al.* (1950). — *Notes et Mém. Serv. des Mines et Carte Géol., Rabat*, 76, 207-235.
- CECH, F. *et al.* (1972). — *Notes Serv. Géol. Maroc, Rabat*, 32 (sous presse).
- CLAASSEN, A. *et al.* (1954). — *Anal. chim. Acta, Pays-Bas*, 10, 373.
- COX, A. A. (1967). — A programm for Least-Squares Refinement of Unit Cell Dimensions. The City University London, Depart. of Physics, Crystallography laboratory.
- FISHER, D. J. (1957). — *Amer. Mineralogist*, 42, 661.
- FISHER, D. J. (1958). — *Amer. Mineralogist*, 43, 181.
- FRANSOLET, A. M. (1972). — *Notes Serv. Géol. Maroc, Rabat* (sous presse).
- FRONDEL, C. (1949 a). — *Amer. Mineralogist*, 34, 513.
- FRONDEL, C. (1949 b). — *Amer. Mineralogist*, 34, 692.
- HEY, M. H. (1955). — Chemical index of minerals, British Museum, London.
- HUVELIN, P. *et al.* (1972). — *Notes Serv. Géol. Maroc, Rabat*, 32 (sous presse).
- LIPSON, H. (1949). — *Acta Crystallogr. Danem.*, 2, 43.
- MOORE, P. B. (1970). — *Amer. Mineralogist*, 55, 135.
- MORIN, Ph. (1952). — *XIX^e Congrès Géol. Intern. Alger, monogr. régionales, 3^e série, n° 1, 113.*
- PAQUES, M. I. (1972). — Corrélations entre le type structural et le spectre vibrationnel des composés ABXO₄. Thèse de doctorat inédite. Univ. de Liège, Belgique.
- QUINLAN, K. P. *et al.* (1955). — *Anal. Chem. U. S. A.*, 27, n° 10, 1626.
- TARTE, P. (1958). — *Spectrochim. Acta G. B.*, 13, 107.