

LA MINYULITE DE RICHELLE, BELGIQUE (*)

par A. M. FRANSOLET (**), J. JEDWAB (***), et
R. VAN TASSEL (****)

(3 planches et 1 fig. dans le texte)

RÉSUMÉ

La minyulite se présente en cristaux aciculaires, incolores, soyeux, groupés en rosettes jusqu'à 8 mm de diamètre, dans des géodes d'une roche bréchique siliceuse. Elle est associée à la fluellite, la phosphosidérite, le gypse et le quartz. Les données optiques sont $n_p = 1,534$, $n_m = 1,537$, $n_g = 1,541$, $2V_{\text{calc}} = + 82^\circ$; orientation optique : $a = Y$, $b = Z$, $c = X$.

Les paramètres sont $a = 9,329 \text{ \AA}$, $b = 9,732$, $c = 5,518$, d'après le radiogramme de poudre. L'analyse à la microsonde indique la présence de K, Al et P.

ABSTRACT

Minyulite occurs as colourless, silky needles, forming rosettes up to 8 mm across, in vugs of a siliceous brecciated rock. Associated minerals are quartz, fluellite, phosphosiderite and gypsum. Optical data are : $\alpha = 1,534$, $\beta = 1,537$, $\gamma = 1,541$, $2V_{\text{calc}} = + 82^\circ$; optical orientation : $a = Y$, $b = Z$, $c = X$.

Parameters are $a = 9,329 \text{ \AA}$, $b = 9,732$, $c = 5,518$ according to the X-ray powder pattern. Microprobe analysis shows the presence of K, Al, and P.

INTRODUCTION

La minyulite $\text{KAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{F}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ fut découverte, en 1933, à Minyulo Well, Dandaragan, en Australie occidentale, par E. S. SIMPSON et C. R. LEMESURIER. Une autre occurrence fut signalée à Noarlunga, au sud d'Adélaïde, en Australie méridionale, en 1943, par L. J. SPENCER et al. Dans ces deux gîtes, la minyulite se présente dans des dépôts phosphatés où elle est associée à l'apatite, la dufrénite et la wavellite. Les cristaux de minyulite y ont, dans le premier gîte, 2 à 5 mm et dans le second, 1 mm de longueur.

Une occurrence du minéral fut signalée en Belgique, en 1960, par l'un de nous (R. V. T.), à Blaton, Hainaut. La minyulite s'y présente en fines aiguilles, de 60 à

(*) Communication présentée le 7 mai 1974, manuscrit déposé le 20 juin 1974.

(**) Laboratoire de Minéralogie, Université de Liège, 7, place du Vingt-Août, B-4000 Liège.

(***) Laboratoire de Géochimie, Université libre de Bruxelles, 50, avenue F. D.-Roosevelt, B-1050 Bruxelles.

(****) Laboratoire de Minéralogie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 31, rue Vautier, B-1040 Bruxelles.

300 μ de long, parfois rassemblées en touffes fibroradiées de 0,2 à 0,5 mm de diamètre ou en rosettes fibroradiées de 1 à 2 mm, maximum 3 mm. Le minéral est associé à des phosphates de fer et à la jarosite sur des diaclases et des joints de stratification dans les schistes et phtanites viséens. Les phosphates reconnus dans le gîte sont l'apatite, l'allophane-évanosite, la destinézite, la crandallite et des phosphates de fer (cacoxénite, strengite, phosphosidérite, beraunite, strunzite).

La minyulite fut repérée, en échantillons vraiment spectaculaires (rosettes fibroradiées de 10 à 15 cm de diamètre), en 1973, par F. H. FORESTIER, B. LASNIER et J. l'HELGOUACH, sur des microquartzites très graphiteux (phtanites) d'âge landoverien, près de Pannecé, dans le département de la Loire-Atlantique, France. Des bancs riches en nodules de pyrite et de pyrrhotite montrent de remarquables cristallisations en phosphates (minyulite, wavellite, variscite, crandallite) tapissant, avec du quartz blanc, les diaclases et les multiples fissures des roches.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

La minyulite se rencontre, à Richelle, dans les cavités d'une roche bréchique siliceuse, noire, microcristalline, très dure (A. M. FRANSOLET, J. JEDWAB et R. VAN TASSEL, 1974a). Elle est souvent associée à la fluellite, le gypse et la phosphosidérite (A. M. FRANSOLET, J. JEDWAB et R. VAN TASSEL, 1974b). Elle s'implante en général sur de petits cristaux idiomorphes de quartz qui tapissent les géodes, parfois sur le gypse ou la phosphosidérite, ou plus rarement directement sur la roche. Elle se présente le plus souvent sous forme d'agrégats soyeux finement fibreux, disposé en touffes de l'ordre du mm ou en rosettes de 1 $\frac{1}{2}$ à 5 mm, maximum de 8 mm de diamètre (Pl. I, fig. 1). Elle forme aussi une fine couche apparemment amorphe de teinte ivoire ou opaline. Elle est généralement incolore et transparente; elle peut être blanc neige, crème verdâtre ou brunâtre. Dans ce dernier cas, elle est colorée par la richellite, qui agglutine les aiguilles de minyulite. L'examen au microscope électronique montre, d'une manière précise, la morphologie détaillée de certaines touffes et aiguilles. On observe des cristaux individuels aciculaires, avec une longueur de l'ordre du mm et une largeur de quelques dizaines de microns, les plus gros individus allongés atteignant 2 mm de long et 80 microns de large. Les cristaux forment des prismes, terminés par le pinacoïde (fig. 2 et 4, pl. I). Les troncatures de la pyramide ou du dôme, soupçonnées à la loupe binoculaire et observées au microscope optique, sont clairement mises en évidence par l'examen au microscope électronique à balayage (Pl. I, fig. 3). Ce dernier instrument permet de plus d'observer l'interpénétration d'individus subparallèles qui peuvent donner l'impression que certains cristaux sont striés ou cannelés. (Pl. I, fig. 2 et 4). Les individus simples présentent toujours des faces planes et lisses.

COMPOSITION CHIMIQUE

La présence des éléments majeurs suivants a été déterminée dans la minyulite par la microsonde électronique attachée au microscope électronique : K, Al et P. L'absence des éléments suivants a été vérifiée : Fe, Ca, S, Zn, Si, Cu et Pb. Le fluor ne peut être décelé par la technique utilisée. La planche II montre des enregistrements partiels des spectres élémentaires de la minyulite et du gypse associé, ainsi que des cartes de distributions élémentaires.

PLANCHE I

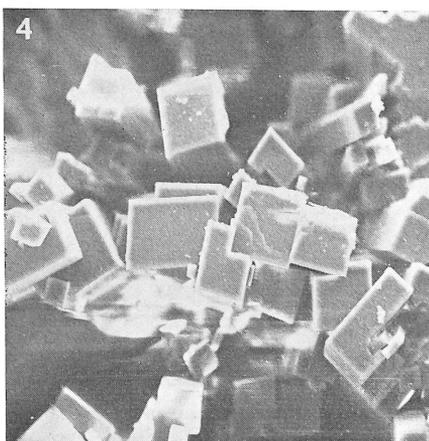
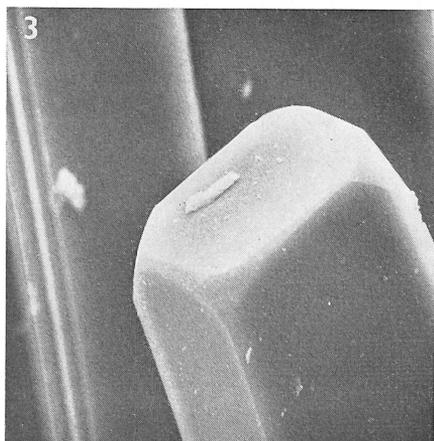
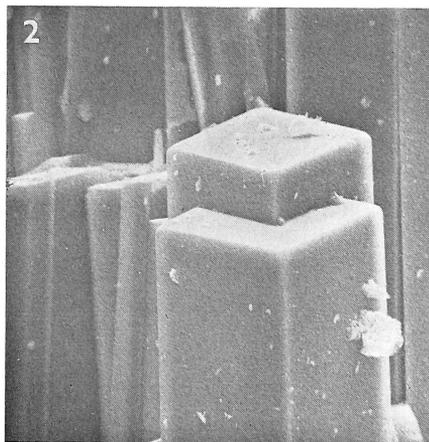
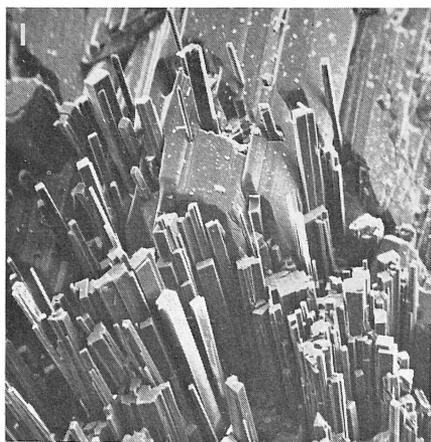


PLANCHE I

- Fig. 1 : Vue d'ensemble d'un groupe de fibres de minyulite associé à du gypse (partie supérieure droite). Micr. élect., mode secondaire. Coté de la photo = 1,34 mm.
- Fig. 2 : Deux individus primatiques parallèles. Faces de prisme et de pinocoïde planes et non striées. À l'extrême droite, pseudostriation due à des individus sub-parallèles. Les surcroissances blanches sont dues à des poussières. Micr. élect., mode secondaire. Côté de la photo = 140 microns.
- Fig. 3 : Extrémité d'un prisme montrant des troncutures de pyramide et de dôme. Micr. élect., mode secondaire. Côté de la photo = 73 microns.
- Fig. 4 : Groupe de prismes vus par l'extrémité. L'interpénétration et le subparallélisme des individus sont bien visibles, ainsi que la section rhombe, pseudocarrée. Au centre, prisme cassé avec surface irrégulière. Micr. élect., mode secondaire. Côté de la photo : 350 microns.

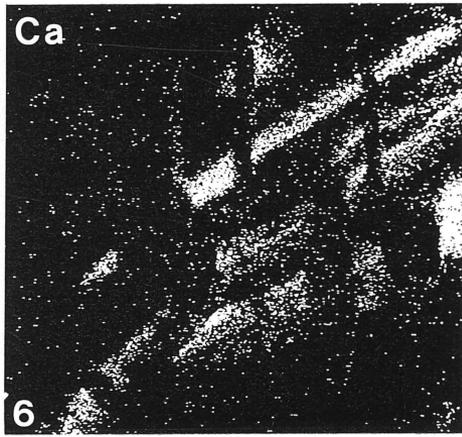
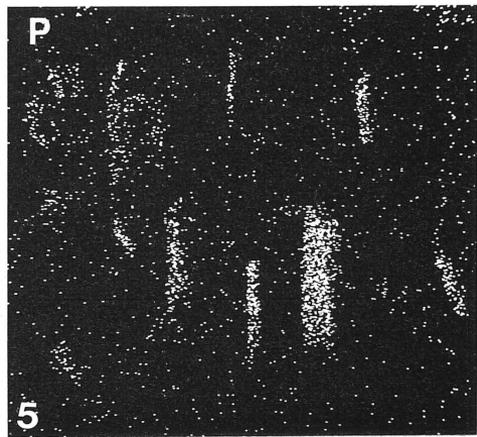
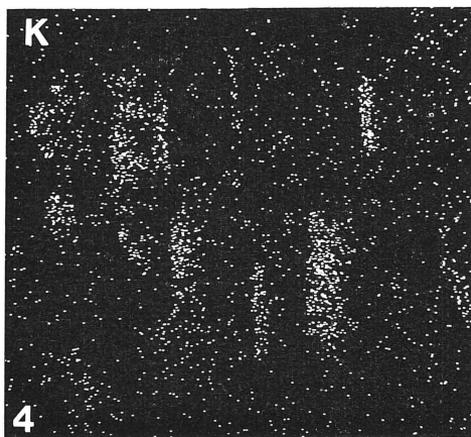
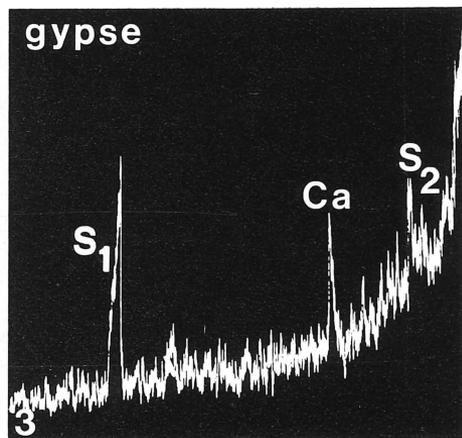
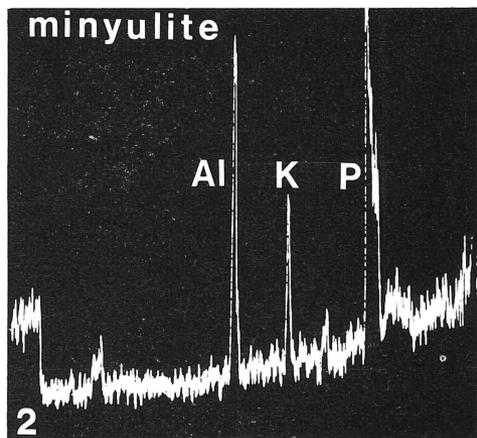
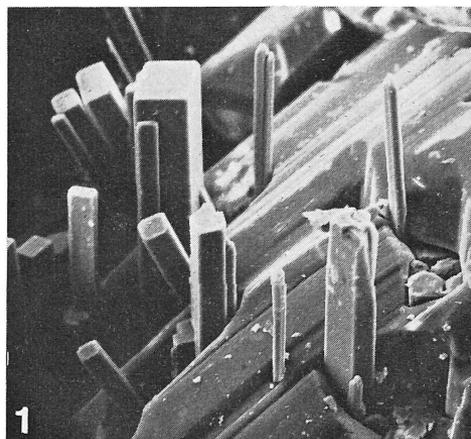


TABLEAU I

Dépouillement du diffractogramme de poudre de la minyulite

Richelle (Ce travail) (*)				Noarlunga (SPENCER <i>et al.</i> 1943) (**)	Pannecé (FORESTIER <i>et al.</i> , 1973) (***)	Blaton (VAN TASSEL, 1960) (****)			
I/I ₀	d _{obs} (Å)	hkl	d _{calc} (Å)	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
75	6.712	110	6.734	6.8	m	6.75	30	6.8	m
100	5.511	001	5.518	5.6	TF	5.53	100	5.6	TF
						5.13	4		
5	4.867	020	4.866	4.8	f	4.88	5		
10	4.671	200	4.664			4.67	4		
						4.39	6		
5	4.270	111	4.268			4.27	5		
15	4.211	210	4.206	4.19	f	4.21	6	4.17	tf
35	3.651	021	3.650	3.72	m	3.65	7	3.66	m
10	3.565	201	3.562			3.56	22		
75	3.400	121	3.399			3.40	47		
100	3.349	211	3.345	3.37	TF	3.35	62	3.35	TF
70	3.067	130	3.064	3.04	f	3.07	33	3.08	m
50	2.966	310	2.962	2.94	f	2.96	21	3.00	f
20	2.877	221	2.874	2.85	tf	2.88	10		
15	2.760	002	2.759			2.76	15		
40	2.680	131	2.679	2.69	m	2.68	30	2.69	m
10	2.666	230	2.663						
45	2.612	311	2.610			2.61	28	2.63	m
15	2.555	112	2.553	2.59	m	2.55	9		

PLANCHE II

Fig. 1 : Groupe de cristaux de minyulite associé à du gypse (à droite). Micr. électr., mode secondaire. Côté de la photo = 500 microns.

Fig. 2 : Microsonde électronique. Spectre élémentaire de minyulite. Cristal de mica; domaine couvert : 35° à 130° θ .
 Al = K_{α} (1^{er} ordre) — 24°78 θ
 K = K_{α} (2^e ordre) — 22°06 θ
 P = K_{α} (1^{er} ordre) — 18°02 θ

Fig. 3 : Microsonde électronique. Spectre élémentaire de gypse. Cristal de mica; domaine ouvert : 35° à 130° θ .
 S₁ = K_{α} (2^e ordre) — 32°64 θ
 Ca = K_{α} (2^e ordre) — 19°70 θ
 S₂ = K_{α} (1^{er} ordre) — 15°66 θ

Fig. 4, 5 et 6 : Microsonde électrique. Cartes de distribution de K, P et Ca dans la minyulite et le gypse.

TABLEAU I (suite)

Richelle (Ce travail) (*)			Noarlunga (SPENCER <i>et al.</i> , 1943) (**)	Pannecé (FORESTEIR <i>et al.</i> , 1973) (***)	Blaton (VAN TASSEL, 1960) (****)				
I/I ₀	d _{obs} (Å)	hkl	d _{calc} (Å)	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
10	2.434	040	2.433	2.43	m	2.44	8		
15	2.400	{ 231 022	2.398			2.40	8		
			2.400						
10	2.354	140	2.354			2.36	7		
10	2.324	122	2.324			2.32	7		
5	2.305	212	2.307						
40	2.268	410	2.268	2.25	m	2.27	22	2.28	f
5	2.226	041	2.226			2.22	2		
10	2.166	141	2.165			2.17	3		
50	2.136	222	2.134	2.12	m	2.13	28	2.142	m
20	2.104	032	2.102			2.10	10		
10	2.080	331	2.079			2.08	5		
5	2.050	132	2.050			2.05	1		
10	2.018	312	2.019	2.01	f	2.02	6	2.027	tf
10	2.008	241	2.009						
5	1.963	421	1.965						
15	1.916	232	1.916	1.91	f	1.91	6	1.917	f
5	1.901	322	1.900						
10	1.893	430	1.894			1.89	2		
10	1.811	341	1.810	1.81	f	1.81	3	1.807	tf
10	1.801	151	1.801						
5	1.791	142	1.791						
10	1.774	113	1.774			1.77	8		
5	1.753	412	1.752						
5	1.742	520	1.742	1.74	f	1.74	3		
10	1.693	123	1.692	1.69	m	1.69	7	1.689	f
20	1.684	440	1.684			1.68	12		
(?) 5	1.668	422	1.672						
10	1.662	521	1.661			1.66	2		
10	1.611	441	1.610	1.61	f	1.61	8	1.615	tf
5	1.581	351	1.581						
10	1.568	152	1.568	1.57	m	1.57	4	1.569	tf
10	1.556	{ 061 600	1.556			1.56	3		
			1.555						
				+ 29raies		+ 5 raies		+ 2 raies	

(1) Diffractomètre PHILIPS Cu/Ni

(2) Caméra 6 cm diamètre Cu/Ni

(3) Diffractomètre SIEMENS Cu/Ni

(4) Caméra 5,7 cm diamètre Co/Fe

TF = très fort — F = fort — m = moyen — f = faible — tf = très faible

ÉTUDE CRISTALLOGRAPHIQUE

Après une identification roentgenographique préliminaire sur film d'une prise très petite, une quantité plus grande de matière a été prélevée afin d'enregistrer un diffractogramme de poudre. La seule impureté est le gypse, éliminé par une série de lavages à l'eau bouillante. Après un premier enregistrement, la substance a été mélangée avec de l'oxalate ammonique, utilisé comme standard interne. Le dépouillement du diffractogramme corrigé est reproduit au tableau I, où sont reprises les données antérieures.

L'indigage et le calcul des paramètres de la maille orthorhombique sont effectués sur ordinateur à l'aide du programme FORTRAN de COX (1967), tenant également compte des conditions d'extinction imposées par le groupe spatial $C_{2v}^1 = Pmm2$ (SPENCER et al., 1943). On obtient ainsi les valeurs consignées dans le tableau II.

Une mesure du paramètre parallèle à l'axe des fibres, réalisée par la méthode du cristal tournant, a fourni une valeur de $5.525 \pm 0.005 \text{ \AA}$. Ceci permet de confirmer l'orientation du paramètre *c*, déjà observée par BANNISTER (in SPENCER et al., 1943).

Tous ces caractères cristallographiques sont très semblables à ceux obtenus antérieurement pour la minyulite de Noarlunga, Australie, comme le montre le tableau II.

TABLEAU II

Paramètres cristallographiques de la minyulite

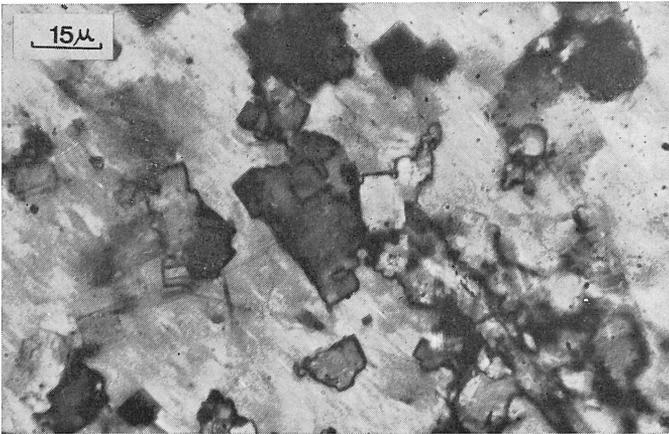
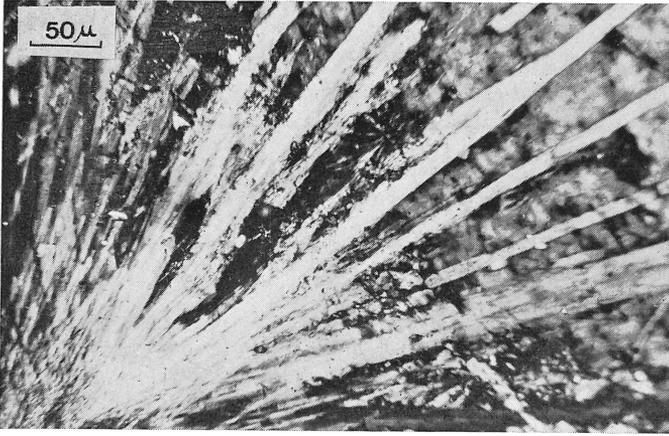
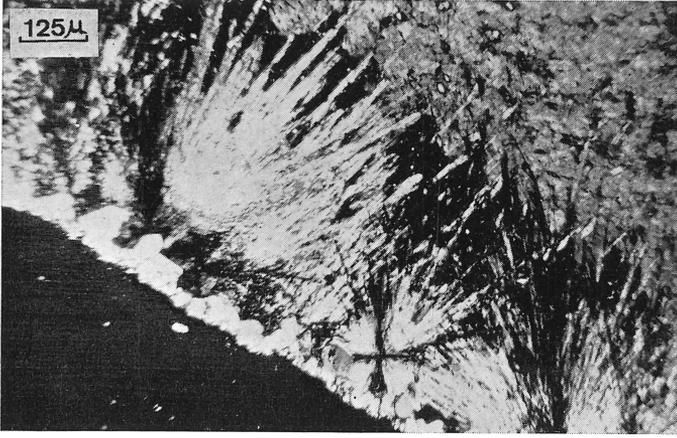
	Richelle (ce travail)	Noarlunga (SPENCER <i>et al.</i> , 1943)
a (Å)	$9,329 \pm 0,003$	$9,35 \pm 0,02$
b	$9,732 \pm 0,003$	$9,74 \pm 0,02$
c	$5,518 \pm 0,002$	$5,52 \pm 0,02$
V (Å ³)	$500,9 \pm 0,5$	502,7
a : b : c	0,959 : 1 : 0,567	0,960 : 1 : 0,567

CARACTÈRES OPTIQUES

En lame mince, la minyulite apparaît en rosettes très finement aciculaires, s'échappant souvent en touffes à partir d'un liseré de quartz en cristaux idiomorphes, soulignant le contact entre les veinules et la roche. Les aiguilles du minéral baignent dans de grandes plages de gypse (planche III, fig. 1).

Le minéral est transparent et présente une réfraction égale ou supérieure à celle du gypse. Par rapport à un clivage fin, parallèle aux fibres (planche III, fig. 2), l'extinction est droite et l'allongement négatif. La biréfringence est basse, inférieure à celle du quartz.

La planche III, fig. 3 montre des sections presque carrées, à peu près perpendiculaires à l'axe des fibres. Leurs indices sont inférieurs à ceux du gypse qui les enserre. Les angles au sommet des sections mesurent en moyenne 86° , valeur qui s'accorde bien avec l'angle calculé compris entre $(\bar{1}10)$ et (110) . La position des extinctions dans ces sections repérées à l'aide de la lame de *Nakamura*, montre qu'elles coïncident avec les bissectrices de ces angles.



De ces observations, on obtient l'orientation de l'indicatrice (figure 1) Z est parallèle à b , Y à a et X à c . Par conséquent, le plan des axes optiques est parallèle à (100). Ces observations confirment encore celles de SPENCER et al (1943).

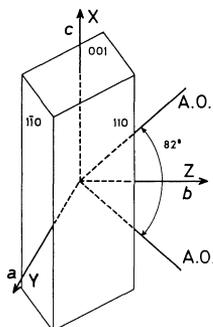


Fig. 1

L'analyse des propriétés optiques de la minyulite, faite sur frottis, donne, pour la longueur d'onde Na , les résultats consignés au tableau III.

TABLEAU III

Caractères optiques de la minyulite

	Richelle (Ce travail)	Dandaragan (SIMPSON <i>et al.</i> , 1933)	Noarlunga (SPENCER <i>et al.</i> , 1943)	Blaton (VAN TASSEL, 1960)
N_g	$1,541 \pm 0,001$	1,538	1,530	1,537
N_m	$1,537 \pm 0,001$	1,534	—	—
N_p	$1,534 \pm 0,001$	1,531	1,525	1,531
$2 V_{\text{calc}}$	$+ 82^\circ$	$+ 82^\circ$	—	—
$N_g - N_p$	0,007	0,007	0,005	0,006

Les indices de réfraction de la minyulite de Richelle, comparés à ceux de SPENCER *et al.* (1943) dans le tableau III, semblent attester une faible teneur en fluor. En effet,

PLANCHE III

Fig. 1 : Touffes fibroradiées de minyulite, croissant sur un liseré de cristaux de quartz et baignant dans une plage de gypse. Lumière polarisée analysée.

Fig. 2 : Détail des aiguilles de minyulite. L'extinction est droite et l'allongement négatif sur l'axe des fibres, suivant lequel s'oriente le paramètre c de la maille. Lumière polarisée analysée.

Fig. 3 : Sections presque carrées, transversales à l'axe des fibres de minyulite dispersée dans le gypse. Lumière polarisée analysée.

l'indice moyen de 1.537 est relativement proche de 1.534, valeur obtenue par SIMPSON *et al.* (1933). Cette dernière correspond à une teneur d'environ 1,5 % en F, pourcentage assez bas si on observe que pour un rapport OH : F = 1 : 1, la teneur théorique en F atteint 2,55 %.

CONCLUSION

La minyulite de Richelle est comparable, quant à ses propriétés générales, à celles des autres occurrences connues. Toutefois, son indice de réfraction moyen indiquerait une teneur en fluor plus faible que dans celle de Noarlunga, Australie. La présence du fluor abondant dans le gisement de Richelle expliquerait vraisemblablement l'association quasi constante de fluellite et de minyulite dans la brèche noire. Jusqu'à présent, la minyulite est le seul phosphate riche en potassium observé dans ce gisement. Il est important de noter que, tout comme à Blaton et à Pannecé, la minyulite de Richelle est en relation étroite avec des roches phtanitiques.

BIBLIOGRAPHIE

- COX, A. A., 1967. — A program for least squares refinement of unit cell dimensions. *Cryst. Lab., Dept. Phys., Univ. London.*
- FORESTIER, F. H., LASNIER, B. & L'HELGOUACH, J., 1973. — Découverte de minyulite en échantillons spectaculaires, de wavellite et de variscite dans les phtanites siluriens près de Pannecé (Loire-Atlantique). *Bull. Soc. franç. Miner. Crist.*, **96**, 67-71.
- FRANSOLET, A. M., JEDWAB, J. & VAN TASSEL, R., 1973a. — Inventaire minéralogique de Richelle, Belgique. *Ann. Soc. géol. Belg.* **97**, 23-26.
- FRANSOLET, A. M., JEDWAB, J. & VAN TASSEL, R., 1973b. — La fluellite de Richelle près de Visé, Belgique. *Ann. Soc. géol. Belg.* **97**, 27-38.
- LASNIER, B., MASSE, R. & VAN TASSEL, R., 1974. — Crandallite *in* Minéralogie de la France. *Bull. Soc. fr. Miner. Crist.* (Sous presse).
- SIMPSON, E. S. & LE MESURIER, C. R., 1933. — Minyulite, a new phosphate mineral from Dandaragan, W. A. *Journ. Roy. Soc. West. Austr.*, **19**, for 1932-33, 13-16.
- SPENCER, L. J., BANNISTER, F. A., HEY, M. H. & BENNET, H., 1943. — Minyulite (Hydrous K-Al fluophosphate) from South Australia. *Miner. Mag.*, **26**, 309-314.
- VAN TASSEL, R., 1960. — Notes minéralogiques. XII. La minyulite de Blaton, Hainaut. *Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg.*, **36**, n° 50, 4 pp.