

La rabejacite, $\text{Ca}(\text{UO}_2)_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, nouveau sulfate d'uranyle et de calcium des gîtes du Lodévois, Hérault, France

MICHEL DELIENS* et PAUL PIRET**

* Section de Minéralogie et Pétrographie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique,
29 rue Vautier, B-1040 Bruxelles, Belgique

** Laboratoire de Chimie physique et de Cristallographie de l'Université, 1 place Louis Pasteur,
B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

Rabejacite, $\text{Ca}(\text{UO}_2)_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, new uranyl and calcium sulphate from Lodève, Hérault, France

Abstract: Rabejacite occurs as flattened tablets (up to 0.1 mm), acicular crystals or rounded nodules (up to 0.3 mm). Bright to amber yellow and transparent to translucent with a vitreous luster. Light yellow fluorescence under short-wave and long-wave UV lights. Optically 2V (-) with $\alpha_{\text{calc.}} = 1.617$, $\beta = 1.710$, $\gamma = 1.758$, 2V (meas.) = 68°. Optical orientation, X = c, Y and Z in the plane of the tablets. System orthorhombic, $a = 8.73(1)$, $b = 17.09(2)$, $c = 15.72(2)$ Å, $Z = 4$, $D(\text{calc.}) = 4.31 \text{ g/cm}^3$, $D(\text{meas.}) \geq 4.10 \text{ g/cm}^3$. The strongest lines in the X-ray powder pattern are ($d(\text{Å}), I, hkl$) 7.90 (100) 002, 3.49 (80) 222 & 230, 3.38 (70) 231, 3.98 (40) 123, 4.17 (30) 201. The average of 20 electron-microprobe analyses gave: CaO 2.78%, UO_3 76.62%, SO_3 10.43%, H_2O (by chromatography) 10.18%. Empirical formula $\text{Ca}_{0.76}(\text{UO}_2)_{4.15}(\text{SO}_4)_{2.02}(\text{OH})_{5.78} \cdot 5.86 \text{ H}_2\text{O}$ or ideally $\text{Ca}(\text{UO}_2)_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Rabejacite was found in two deposits of the Permian basin of Lodève: in the red Saxonian pelites from Rabejac (7 km S-SE from Lodève) and in the gray Autunian from Mas d'Alary Village (3 km S-SE from Lodève). The mineral appears in the alteration zone and forms mixed crusts together with gypsum. The name is for the locality of the first discovery.

Key-words: new mineral, rabejacite, uranyl sulphate, Lodève, France.

Introduction

La rabejacite est un nouveau sulfate d'uranyle et de calcium provenant de la zone d'oxydation des gîtes d'uranium du Lodévois, exploités par la division minière de l'Hérault de la Cogema. Les échantillons renfermant le minéral ont été récoltés par Alain Caubel dans la fosse septentrionale de Rabejac et dans la carrière du Mas d'Alary Village. Le minéral est donc indifféremment associé aux minéralisations du Saxonien (Rabejac) et de l'Autunien (Mas d'Alary). La géologie et la métallogénie du bassin sédimentaire de Lodève ont été décrites en détail par Mathis *et al.*, 1990.

La rabejacite est le quatrième nouveau minéral trouvé dans ce district minier; elle succède chronologiquement à la métalodévite $\text{Zn}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (Agrinier *et al.*, 1972),

la fontanite $\text{Ca}(\text{UO}_2)_3(\text{CO}_3)_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Deliens & Piret, 1992) et la seelite $\text{Mg}[\text{UO}_2(\text{AsO}_3)_x(\text{AsO}_4)_{1-x}]_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Bariand *et al.*, 1993).

Il s'agit de la première occurrence naturelle d'un sulfate d'uranyle et de calcium appartenant à un groupe chimique comprenant l'uranopilite $(\text{UO}_2)_6\text{SO}_4(\text{OH})_{10} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, la zippéite $\text{K}_4(\text{UO}_2)_6(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, la cobalt-zippéite (Co_2), la magnésium-zippéite (Mg_2), la nickel-zippéite (Ni_2), la sodium-zippéite (Na_4), la zinc-zippéite (Zn_2) et la johannite $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Trois autres minéraux secondaires d'uranium renferment également l'anion $(\text{SO}_4)^{2-}$ dans leur structure: la coconinoïte $\text{Fe}_2^{3+}\text{Al}_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$, la schröckingerite $\text{NaCa}_3(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3(\text{SO}_4)\text{F} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ et la xiangjiangite $(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})(\text{UO}_2)_4(\text{PO}_4)_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 22\text{H}_2\text{O}$.

Les gîtes de Rabejac et du Mas d'Alary Village

Le gîte de Rabejac est situé à 7 km au S-SE de Lodève. Bien que de dimensions réduites, les carrières exploitées à cet endroit entre 1989 et 1992 renfermaient de fortes concentrations de pechblende massive. L'uranium s'y trouvait concentré à l'intersection des fractures affectant les pélites du Saxonien rouge ou imprégnait les couches au voisinage des failles. L'association minérale secondaire résultant de l'altération de la pechblende et des sulfures de cuivre y était particulièrement abondante et diversifiée. Outre les espèces uranifères communes dans toutes les mines du Lodévois (autunite, uranophane, rutherfordine, zeunérite, etc...), on a trouvé à Rabejac une association peu courante de molybdates d'uranyle comprenant la calcumolite, l'umohoïte et l'iriginite (Deliens, 1992) ainsi que deux espèces minérales nouvelles citées dans l'introduction: la fontanite et la seelite.

La carrière du Mas d'Alary Village est exploitée à environ 3 km au S-SE de Lodève et entaille l'Autunien gris de la bordure septentrionale du bassin permien. Une grande structure faillée est-ouest y met en contact le soubassement cambrien surmonté du conglomérat de base de l'Autunien, au nord, avec les couches de l'Autunien gris au sud. L'uranium est exploité dans ces couches grises mais aussi dans le conglomérat, associé à des produits bitumineux. La minéralisation primaire est constituée de pechblende, de sulfures tels que la marcasite et de sulfosels tels que la tennantite et la bournonite. Les accidents tectoniques sont le siège d'une altération profonde où s'est développée une abondante minéralisation secondaire. Le gîte renferme notamment de la zellerite, $\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Une description complète des associations minérales secondaires d'uranium est fournie par Deliens *et al.* (1992).

Description macroscopique

La rabejacite forme des croûtes jaunes microcristallines à pulvérulentes à la surface d'échantillons de pétilite fortement imprégnée de pechblende. Elle colmate également des fissures ou des géodes de la roche. Les encroûtements sont constitués d'un enchevêtrement de cristaux aciculaires ou tabulaires jaune vif à jaune ambre et transparents ou translucides. L'éclat est vitreux. C'est la présentation courante à Rabejac. Au Mas

d'Alary Village, les nodules isolés saupoudrant la surface des échantillons sont plus fréquents. Ces nodules naissent de la juxtaposition de tablettes en éventail ou disposées comme des pétales de rose. Quelle que soit la présentation, la dimension des cristaux individuels ne dépasse jamais 0,1 mm tandis que les nodules atteignent au maximum quelques mm de diamètre (Fig. 1 et 2).

La rabejacite est toujours associée à des plages de gypse microcristallin blanc ou constitue des encroûtements mixtes avec ce minéral. L'association comporte également des enduits pulvérulents orangés de gummites indifférenciées.

Morphologie et propriétés physiques

Sous le microscope optique, la rabejacite se présente en cristaux tabulaires, parfois allongés et en paillettes aplaties sur {001}. On ne distingue aucun clivage. La dureté Mohs est voisine de 3 et la densité mesurée dans la solution de Clérical est un peu supérieure à 4,1, les cristaux s'enfonçant très lentement dans le liquide (densité calculée = 4,31). La rabejacite est légèrement fluorescente en jaune pâle aux UV de courtes et de grandes longueurs d'onde.

Optiquement biaxe négative avec α (calculé) = 1,617, β = 1,710(2) et γ = 1,758(2). L'angle 2V mesuré par la méthode de Kamb (1958) vaut 68(2)°. Il existe un fort pléochroïsme jaune très pâle (β) à jaune soufre (γ) et une faible dispersion $r > v$. orientation optique: X = c et Y et Z dans le plan des plaquettes (001).

Diffraction des rayons X

Les clichés de Weissenberg montrent que la rabejacite est orthorhombique avec un réseau P. La petitesse et la mauvaise qualité des cristaux ne permettent pas la détermination du groupe spatial et a fortiori de la structure. Les paramètres de la maille ont été déterminés à l'aide de clichés de rotation et de Weissenberg et affinés par moindres carrés à partir du diagramme de poudre: $a = 8,73(1)$, $b = 17,09(2)$, $c = 15,72(2)$ Å, $V = 2345(5)$ Å³ et $Z = 4$. Le diagramme de poudre, mentionné au Tableau 1, ne révèle qu'un nombre réduit de réflexions et ne s'étoffe pas quand le temps d'exposition aux rayons X est augmenté. Le spectre ne présente aucune analogie avec celui d'autres minéraux et notamment pas avec ceux de sulfates hydratés d'uranyle connus tels que zippéite, uranopilite et johannite.

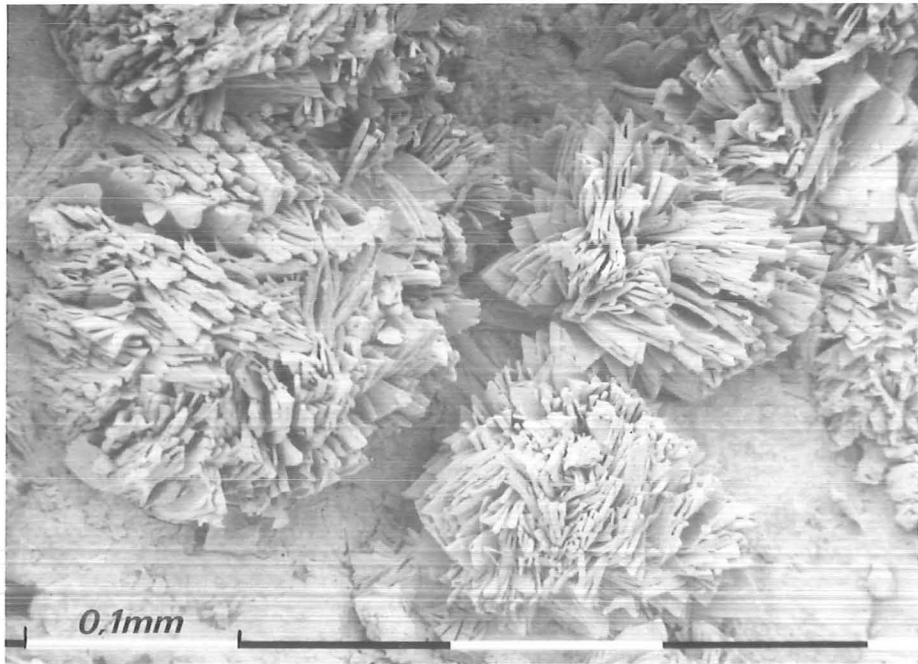


Fig. 1. Nodules de rabejacite constitués de plaquettes juxtaposées provenant du Mas d'Alary Village. (Photographie au microscope électronique à balayage).

Fig. 1. Nodules of rabejacite formed by the juxtaposition of flattened crystals from Mas d'Alary Village. (Scanning electron microscope photograph).

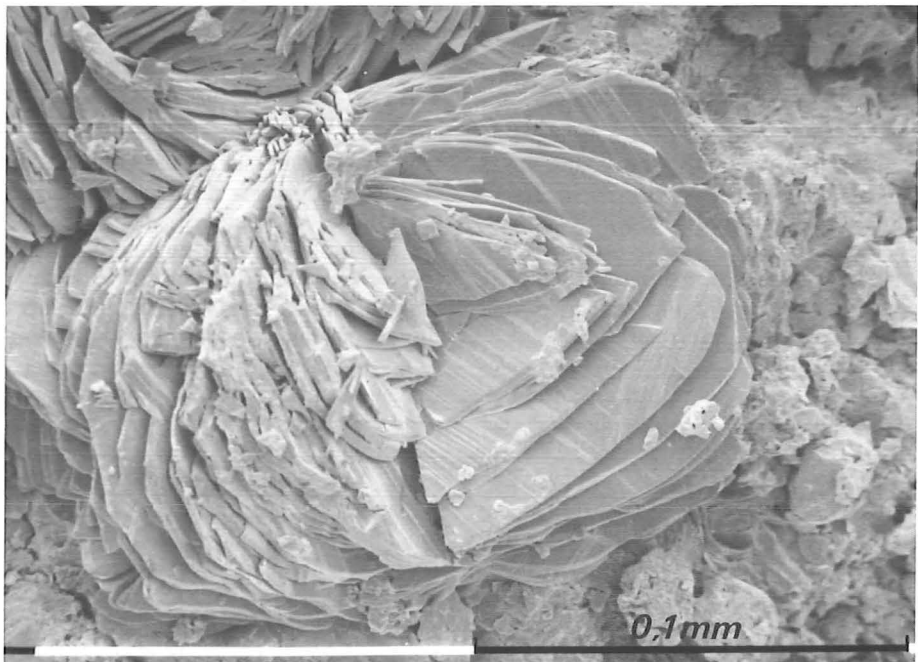


Fig. 2. Nodule de rabejacite dont les plaquettes sont disposées en pétales de rose. (Photographie au microscope électronique à balayage).

Fig. 2. Isolated nodule of rabejacite in which the crystals are arranged like the petals of a rose. (Scanning electron microscope photograph).

Tableau 1. Diagramme de poudre de la rabejacite. – Chambre Debye-Scherrer de 114,6 mm. Radiation Cu K_{α} . Les valeurs de d sont exprimées en Å. b = raie large. Table 1. X-ray powder pattern of rabejacite. – 114.6 mm Debye-Scherrer camera, Cu K_{α} radiation. d in Å. b = broad line.

hkl	$d_{\text{calc.}}$	$d_{\text{meas.}}$	I/I_0
020	8,55	8,55	10
002	7,85	7,90	100
201	4,21	4,17	30
123	3,97	3,98	40
222	3,48	3,49	80
230	3,46		
231	3,38	3,38	70
060	2,848	2,844	30b
242	2,846		
062	2,678	2,679	8b
401	2,162	2,163	15
270	2,131	2,127	15
290	1,741	1,743	10

Tableau 2. Composition chimique de la rabejacite. – 1. Pourcentages expérimentaux moyens. 2. Valeurs extrêmes sur 20 mesures. 3. Somme des oxydes ramenée à 100 % 10.18 % d'eau par chromatographie. 4. Proportions moléculaires pour 28 oxygènes. 5. Pourcentages théoriques pour $\text{Ca}(\text{UO}_2)_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Table 2. Chemical composition of rabejacite. – 1. Mean experimental percentages. 2. Extreme percentages on 20 measurements. 3. Weight percentages normalized to 100 %, including 10.18 % H_2O (by chromatography). 4. Mole numbers for 28 oxygens. 5. Theoretical percentages for $\text{Ca}(\text{UO}_2)_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

	1	2	3	4	5
CaO	2,89	2,66–3,36	2,76	0,76	3,68
UO ₃	80,12	78,25–81,17	76,63	4,15	75,14
SO ₃	10,91	10,40–11,17	10,43	2,02	10,52
H ₂ O	10,18		10,18	8,75	10,65
	104,10		100,00		

Composition chimique

L'analyse chimique quantitative a été réalisée à la microsonde électronique Camebax (analyste: J. Wautier) du Centre d'analyse par microsonde pour les Sciences de la terre de l'Université de Louvain. On a utilisé comme étalons une wollastonite pour le calcium, une barite pour le soufre et UO_2 synthétique. La surface balayée par la faisceau d'électrons représente 25 micromètres carrés, sous une tension de 15 kV et un ampérage de 20 nA; le programme de correction ZAF, fourni par le constructeur, a été appliqué. Les pourcentages d'oxydes sont surévalués à cause de la déshydratation provenant de l'échauffement dû au rayonnement X. Leur somme a donc été ramenée à 100 %, diminués de la quantité d'eau déterminée par chromatographie sur 0,8 mg de matière (appareil CHN, analyste: P. Van Ransbeke).

Les résultats de l'analyse sont rassemblés dans le Tableau 2. Les pourcentages correspondent à la moyenne de 20 mesures effectuées sur quatre grains. La formule empirique basée sur 28 oxygènes est la suivante:

$\text{Ca}_{0,76}(\text{UO}_2)_{4,15}(\text{SO}_4)_{2,02}(\text{OH})_{5,78} \cdot 5,86\text{H}_2\text{O}$, soit d'une manière simplifiée: $\text{Ca}(\text{UO}_2)_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. On remarque un déficit en calcium; la valeur maximale obtenue pour ce cation dans les 20 analyses correspond à 0,88 Ca dans la formule empirique. Un déficit de ce genre se retrouve dans plusieurs sulfates d'uranyle du groupe de la zippeite (Fron del *et al.*, 1976).

L'indice de compatibilité (Mandarino, 1981), calculé avec la valeur 0,134 pour la constante de Gladstone-Dale pour UO_3 (Piret & Deliens, 1989) et établi à partir des pourcentages théoriques (colonne 5 du Tableau 2), de l'indice de réfraction moyen 1,695 et de la densité calculée 4,31, vaut 0,012 (catégorie supérieure).

Distinction de l'espèce

La rabejacite est un des nombreux minéraux secondaires d'uranium de couleur jaune qui se présentent en enduits sur les surfaces de stratification et dans les diaclases des roches de la zone d'altération des gîtes uranifères. Comme la plupart des sulfates d'uranium (uranopilite, zippeite), la rabejacite constitue des encroûtements pulvérulents où l'on ne peut distinguer aucune forme cristalline sans recourir à une examen sous fort grossissement. Les autres minéraux jaunes d'uranium du Lodévois appartiennent principalement au groupe des «micas uranifères» (autunite, uranospinite, saléeite, novacékite) et se distinguent par leur présentation en paillettes. L'uranophane, également fréquente, constitue des croûtes fibreuses duvetées ou se présente en nodules fibroradiés. Ces critères de reconnaissance s'estompent dès que la granulométrie de l'enduit devient trop fine. Le seul critère valable pour la diagnose de la rabejacite est l'observation de son diagramme de diffraction X qui ne peut être confondu avec celui d'aucune autre espèce.

Conservation et nomenclature

Les échantillons types de rabejacite sont enregistrés sous les numéros RC 4410 (minéral de Rabejac) et RC 4409 (minéral du Mas d'Alary Village) dans la collection minéralogique de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique à Bruxelles. La description et le nom ont été approuvés en janvier 1993 par la Commission des nouveaux minéraux et noms de minéraux de l'Association internationale de Minéralogie.

Le nom se rapporte à la carrière de Rabejac (Lodève) dans laquelle trois nouvelles espèces minérales ont été découvertes.

Références

- Agrinier, H., Chantret, F., Geffroy, J., Héry, B., Bachet, B., Vachey, H. (1972): Une nouvelle espèce minérale: la méta-lodévite (arséniat hydraté d'uranium et de zinc). *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, **95**, 360–364.
- Bariand, P., Bachet, B., Brassy, C., Medenbach, O., Deliens, M., Piret, P. (1993): Seelite: a new uraniferous mineral from the deposits of Talmessi (Central Iran) and Rabejac (Hérault, France). *Mineral. Rec.*, in press.
- Deliens, M. (1992): Etude comparative des calcumolites de Rabejac (Lodève, Hérault, France) et de l'Union soviétique. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, **115**, 91–97.
- Deliens, M., Henriot, H., Mathis, V., Caubel, A. (1992): Minéraux des gisements d'uranium du Lodévois. Cahier spécial de l'Association française de Micro-minéralogie, 61 pp.
- Deliens, M. & Piret, P. (1992): La fontanite, carbonate hydraté d'uranyle et de calcium, nouvelle espèce minérale de Rabejac, Hérault, France. *Eur. J. Mineral.*, **4**, 1271–1274.
- Frondel, C., Ito, J., Honea, R.M., Weeks, A.M. (1976): Mineralogy of the zippeite group. *Can. Mineral.*, **14**, 429–436.
- Kamb, B. (1958): Isogyres in interference figures. *Amer. Mineral.*, **43**, 1029–1067.
- Mandarino, J.A. (1981): The Gladstone-Dale relationship: part IV. The compatibility concept and its application. *Can. Mineral.*, **19**, 441–450.
- Mathis, V., Robert, J.-P., Saint-Martin, J. (1990): Géologie et métallogénie des gisements d'uranium du bassin permien de Lodève (sud du Massif central français). *Chron. Rech. min.*, **499**, 31–40.
- Piret, P. & Deliens, M. (1989): The Gladstone-Dale constant $k(\text{UO}_3)$ for uranyl phosphates and arsenates. *Can. Mineral.*, **27**, 533–534.

Received 2 February 1993

Accepted 19 April 1993

This is a reprint of

European Journal of Mineralogy

Published by the Deutsche Mineralogische Gesellschaft, Società Italiana di Mineralogia e Petrologia, Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, in cooperation with the European Mineralogical Union.

The European Journal of Mineralogy (EJM) was founded jointly by these societies as a merger of the three well established journals "Bulletin de Minéralogie", "Fortschritte der Mineralogie" and "Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia". It started 1989.

Chief Editors:

W. V. MARESCH, Institut für Mineralogie, Universität Münster, Corrensstraße 24, D-4400 Münster, F.R.G.

C. CHOPIN, Laboratoire de Géologie, Ecole Normale Supérieure, 24, rue Lhomond, F-75005 Paris, France

F. P. SASSI, Dipartimento di Mineralogia e Petrologia, Università di Padova, Corso Garibaldi, 37, I-35137 Padova, Italy

Managing Editor:

C. WILLAIME, Université de Rennes, Institut de Géologie, F-35042 Rennes Cedex, France

Associate Editors:

T. ARMBRUSTER, Bern/CH; E. A. J. BURKE, Amsterdam/NL; M. A. CARPENTER, Cambridge/GB; D. B. DINGWELL, Bayreuth/F.R.G.; J. C. DOUKHAN, Villeneuve d'Ascq/France; M. ENGI, Bern/CH; A. M. FRANSOLET, Liège/Belgium; B. HANSEN, Göttingen/F.R.G.; F. INNOCENTI, Pisa/Italy; A. MATTHEWS, Jerusalem/Israel; M. MELLINI, Siena/Italy; G. MÜLLER, Würzburg/F.R.G.; J. SCHOTT, Toulouse/France; B. W. D. YARDLEY, Leeds/GB.

Aims and scopes

EJM was founded to reach a large audience on an international scale and also for achieving closer cooperation of European countries in the publication of scientific papers. The founding societies have set themselves the task of publishing a European journal of mineralogy of the highest standard open to all scientists doing mineralogical research in the widest sense of the term all over the world. Contributions will therefore be published primarily in English but articles in French, German and Italian will also be accepted.

EJM publishes original papers, review articles and short notes on all mineralogical fields like mineralogy, crystallography, petrology, geochemistry, ore deposits, including applied and technical mineralogy as well as related fields.

The altogether 324 papers published from 1989 to 1992 are related to mineral physics (17%), experimental petrology (14%), crystal chemistry (19%), petrology (22%), geochemistry (15%), systematic mineralogy (10%) and applied mineralogy (3%).

EJM also publishes thematic issues that may be ordered separately.

Ordering information

EJM is published bimonthly, one volume per year. Subscription rate for Volume 4/1992 and Volume 5/1993, each about 1.400 pages, DM 440,—/US-\$ 300.— plus postage.

Personal members of any society of the European Mineralogical Union may receive the European Journal of Mineralogy at a special rate through their society.

European Journal of Mineralogy

Thematic issues

Experimental Mineralogy, Petrology and Geochemistry

103 papers were presented at the 2nd International Symposium on Experimental Mineralogy, Petrology and Geochemistry, Bochum, April 7-9, 1988. A selection was published as Vol. 1 (1989) No. 2. 152 pages, DM 68,—

Metamorphism under Extreme Conditions

A collection of 8 papers from the Symposium "Metamorphism under Extreme Conditions", held during the 28th International Geological Congress in Washington. 175 pages. In Vol. 3 (1991) No. 2. 260 pages, DM 88,—

Applied Mineralogy

Some of the invited lectures presented at the Annual Congress of the Società Italiana di Mineralogia e Petrologia, Padova, Dec 11-13, 1989. 72 pages. In Vol. 3 (1991) No. 4. 102 pages, DM 68,—

Fluid Inclusions

Proceedings of the 11th European Symposium on Fluid Inclusion Research (ECROFI XI), Florence, April 10-12, 1991. Vol. 4 (1992) No. 5. 344 pages, DM 116,—

Papers to be published in 1993:

Crystallography, crystal chemistry

M. F. BRIGATTI, S. CONTINI, S. CAPEDRI, L. POPPI. — Crystal chemistry and cation ordering in pseudobrookite and armalcolite from Spanish lamproites.

E. A. FERROW, S. HOVMÖLLER. — Crystallographic image processing (CIP) and high resolution transmission electron microscopy (HRTEM) studies of a 2:1 type modulated layer silicate.

J. L. ROBERT, J. M. BENY, G. DELLA VENTURA, M. HARDY. — Fluorine in micas: crystal-chemical control of the OH-F distribution between trioctahedral and dioctahedral sites.

Geochemistry

D. B. DINGWELL, R. KNOCHÉ, S. L. WEBB. — The effect of P_2O_5 on the viscosity of haplogranitic liquid.

D. SAVAGE, M. R. CAVE, D. HAIGH, A. E. MIŁODOWSKI, M. E. YOUNG. — The reaction kinetics of laumontite under hydrothermal conditions.

Mineralogy

L. ACKERMANN, K. LANGER, M. RIEDER. — Germanium muscovite with excess hydroxyl

water, $KAl_2[Ge_{3-x}Al_{1+x}O_{10-x}(OH)_x(OH)_2]$ and the question of excess OH in natural muscovites.

R. DOBBE. — Bismuth tellurides (joseite-B, bismuthian tsumoite) in a Pb-Zn deposit from Tunaberg, Sweden.

A. M. HOFMEISTER. — IR reflectance spectra of natural ilmenite: comparison with isostructural compounds and calculation of thermodynamic properties.

Petrology

M. CATHELINEAU, M. C. BOIRON, S. ESSARRAJ, J. DUBESSY, M. LESPINASSE, B. POTY. — Fluid pressure variations in relation to multistage deformation and uplift: a fluid inclusion study of Au quartz veins.

M. TRIBAUDINO, E. BRUNO. — The effect of Al on enstatite solubility in CMAS clinopyroxenes. 1. Experimental results in the clinopyroxene-orthopyroxene two-phase field at $P = 18$ kbar.

Q. WANG, A. ISHIWATARI, Z. ZHAO, T. HIRAJIMA, N. HIRAMATSU, M. ENAMI, M. ZHAI, J. LI, B. CONG. — Coesite-bearing granulite retrograded from eclogite in Weihai, Eastern China.