

La fontanite, carbonate hydraté d'uranyle et de calcium, nouvelle espèce minérale de Rabejac, Hérault, France

MICHEL DELIENS¹⁾ and PAUL PIRET²⁾

¹⁾ Section de Minéralogie et Pétrographie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique,
29 rue Vautier, B-1040 Bruxelles, Belgique

²⁾ Laboratoire de Chimie physique et de Cristallographie de l'Université,
1 place Louis Pasteur, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

Fontanite, hydrated uranyle and calcium carbonate, a new mineral species from Rabejac, Hérault, France

Abstract : Fontanite from Rabejac occurs as elongated rectangular lath-shaped crystals. Bright yellow and transparent with a vitreous luster. Light green fluorescence under long-wave UV light. Optically 2V(-) with $\alpha = 1.603$ (calc.), $\beta = 1.690$; $\gamma = 1.710$, $2V(\text{meas.}) = 49^\circ$. Optical orientation: $X = b$, $Y = a$ and $Z = c$. System orthorhombic, space group Pmm , $Pmn2_1$ or $P2_1nm$, $a = 15.337(3)$, $b = 17.051(3)$, $c = 6.931(2)\text{\AA}$, $Z = 4$, $d_{\text{calc.}} = 4.19 \text{ g/cm}^3$ and $d_{\text{meas.}} = 4.10 \text{ g/cm}^3$. The strongest lines in the X-ray powder pattern are $[d(\text{\AA}), I, hkl]$ 8.55(100) 020, 6.94(50) 210, 4.11(60) 301, 3.723(60) 321, 3.460(50) 002 and 2.772(70) 511. The average of four electron-microprobe analyses gave: CaO 4.15%, UO_3 76.14%, CO_2 (by chromatography) 14.80% and H_2O (by difference) 4.91%. Empirical formula $\text{Ca}_{0.85}(\text{UO}_2)_{3.08}(\text{CO}_3)_{3.89} \cdot 3.15\text{H}_2\text{O}$ or ideally $\text{Ca}(\text{UO}_2)_3(\text{CO}_3)_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Fontanite was found in the uranium deposit of Rabejac (7 km SSE of Lodève, Hérault, France) excavated in the Saxonian pelitic rocks of the Permian basin of Lodève. The mineral appears in the alteration zone together with billietite and uranophane. The name honours Dr. François Fontan, mineralogist at the University of Toulouse.

Key-words : new mineral, fontanite, uranyl carbonate, Lodève, France.

Le bassin permien de Lodève

La géologie et la métallogénie du bassin permien de Lodève, situé au sud du Massif Central, ont fait l'objet d'une étude détaillée (Mathis *et al.*, 1990). Le bassin constitue une unité de 25 × 10 km, orientée est-ouest, limitée au nord et au nord-est par les causses du Larzac et à l'ouest par la Montagne Noire ; les couches s'ennoient au sud sous la plaine du Languedoc. Le Permien, atteignant une épaisseur d'environ 2500 mètres, repose sur un socle cambrien et plonge de 15° vers le sud. La série inférieure autunienne est constituée de shales et de silts, gris à la base, gris et rouges alternés dans la partie médiane et rouges vers le sommet. On y trouve de nombreux niveaux intercalaires riches en matière organique (débris de végétaux supérieurs, algues, plancton) ainsi que des couches de cinérite blanche. L'Autunien est surmonté de pélites rouges saxoniennes.

Le bassin de Lodève est remarquable par sa richesse en uranium. Le potentiel global est de 18.500 tonnes d'uranium métal (teneur moyenne des roches minéralisées: 2,4‰). La mine et les carrières en exploitation assurent un tiers de la production française, soit un huitième des besoins nationaux (Mathis *et al.*, 1990).

La minéralisation uranifère se présente en laminaires, en amas et en horizons stratiformes, en relation avec une tectonique cassante et des horizons bitumineux. Un volcanisme acide, contemporain de la sédimentation, serait à l'origine de l'essentiel de la minéralisation. La remobilisation et la concentration au cours de phases tectoniques postérieures, au Jurassique et au Crétacé, se sont accompagnées d'une activité hydrothermale. L'uranium s'est préférentiellement concentré le long de failles et surtout à leurs intersections, injectées de bitume et de sulfures.

La minéralisation primaire se compose de pech-

blende, de carburane (bitume uranifère) et de cofinite. L'altération supergène, facilitée par la fracturation des couches, a engendré une grande variété de minéraux secondaires d'uranium dans lesquels cet élément est associé aux cations libérés par la destruction des sulfures et des minéraux de la gangue.

Le gîte de Rabejac

Les carrières formant le gîte de Rabejac sont situées à 7 km au S-SE de Lodève, dans le département de l'Hérault. Contrairement aux autres mines d'uranium du Lodévois, creusées dans l'Autunien, Rabejac représente la seule exploitation dans le Saxonien. Les pélites rouges de Rabejac sont parcourues par un système de filons minces avec localement des amas métriques de pechblende massive, soit à l'intersection des fractures, soit dans les horizons mêmes, au voisinage des failles.

La zone d'oxydation de Rabejac est caractérisée par la variété de minéraux secondaires d'uranium et de cuivre qui ont été reconnus. Outre les oxydes, les silicates et les arséniates d'uranium généralement présents dans les gisements du Lodévois, on a trouvé à Rabejac une série de molybdates d'uranium [umohoïte $\text{UO}_2\text{MoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, calcurmolite $\text{Ca}(\text{UO}_2)_3(\text{MoO}_4)_3(\text{OH}) \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ et iriginite $\text{U}(\text{MoO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$], ainsi que deux espèces minérales nouvelles. La première est un carbonate de calcium et d'uranium, la fontanite, décrit dans cette note ; la seconde est un arséniate de magnésium et d'uranium, découvert si-

multanément dans le gîte de Talmessi en Iran et soumis à l'approbation de la commission des nouveaux minéraux et noms de minéraux de l'I.M.A.

Description macroscopique et associations

La fontanite se présente en amas étoilés de lattes transparentes jaune vif à éclat vitreux (Fig. 1). Les agrégats atteignent 4 mm de diamètre tandis que les plaquettes rectangulaires allongées qui les constituent mesurent au maximum $1,2 \times 0,15 \times 0,05$ mm. Les houppes de fontanite sont posées sur un enduit microcristallin rouge orangé de billietite $[\text{Ba}(\text{UO}_2)_6\text{O}_4(\text{OH})_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, tapissant elle-même des échantillons de pétilite rose. L'association comporte également des enduits mamelonnés et fibreux jaune verdâtre d'uranophane $[(\text{H}_3\text{O})_2\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$.

La fontanite n'a été reconnue jusqu'à présent que sur trois échantillons et une partie appréciable du matériel a été utilisée pour les analyses.

Morphologie et propriétés physiques

Les cristaux de fontanite sont allongés suivant c et aplatis sur (010). Les formes $\{100\}$ et $\{010\}$ sont présentes. Le clivage $\{010\}$ débite les lattes en plaquettes. Les clivages $\{001\}$ (visibles sur la Fig. 1) et $\{100\}$ sont assez bons. La dureté Mohs est voisine de 3. Par écrasement, la fontanite se réduit en une poudre blanchâtre. Les cristaux s'enfoncent lentement dans la solution de Clérici ; la densité est donc légèrement supérieure à 4,10.



Fig. 1. Groupe de tablettes rectangulaires allongées de fontanite sur fond de billietite apparaissant en globules polycristallins.

Group of elongated rectangular lath-shaped of fontanite crystals on a crust of poly-crystalline globules of billietite.

La fontanite est optiquement biaxe négative, avec α (calculé) = 1,603, β = 1,690(2) et γ = 1,710(3). L'angle $2V$ mesuré par la méthode de Tobi vaut $49(2)^\circ$. Le minéral ne présente aucun pléochroïsme et la dispersion ($r < v$) est faible. Son orientation optique est : $X = b$, $Y = a$, et $Z = c$. La fontanite émet une légère fluorescence jaune verdâtre aux UV de grandes longueurs d'onde.

Diffraction des rayons X

Les clichés de monocristaux montrent que la symétrie est orthorhombique. La seule condition de présence des réflexions est $h + l = 2n$ pour $h0l$. Les groupes spatiaux possibles sont donc $Pmnm$ (équivalent de $Pmnm$, n° 59), $Pmn2_1$ (n° 31) ou son équivalent $P2_1nm$.

Les paramètres de la maille, déterminés grâce aux clichés de rotation autour de c et de Weissenberg $hk0$, affinés par moindres carrés à partir du diagramme de poudre, sont : $a = 15,337(3)$, $b = 17,051(3)$, $c = 6,931(2)$ Å et $V = 1812,5(7)$ Å³. La densité calculée pour $Z = 4$ vaut 4,19.

Le radiogramme de poudre (Tableau 1) a été indexé en se basant sur les intensités diffractées évaluées sur les clichés de Weissenberg $hk0$ à $hk3$. Il présente des analogies avec celui de l'urancalcrite $\text{Ca}(\text{UO}_2)_3\text{CO}_3(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Deliens et Piret, 1984) dues aux valeurs très proches des paramètres a (15,42 Å) et c (6,97 Å), tandis que b est assez différent (16,08 Å).

La qualité médiocre des cristaux de fontanite récoltés jusqu'à présent ne permet pas d'envisager la détermination de la structure cristalline.

Composition chimique

L'analyse chimique quantitative sur quatre tablettes de fontanite a été réalisée à la microsonde Cameca à dispersion de longueurs d'onde de l'Université Paul-Sabatier de Toulouse avec comme étalons: une andradite pour le calcium et UO_2 pour l'uranium [tension de 15 kV, balayage sur un carré de 5 μm de côté, programme de correction PAP]. Les échantillons ont été déplacés sous le faisceau électronique afin de limiter les dégâts chimiques constatés lors des mesures sur des minéraux hydratés (Autefage et Fontan, 1985). CO_2 a été déterminé par chromatographie (appareil CHN, analyste P. Van Ransbeke) sur une prise de 0,283 mg. L'eau a été calculée par différence. En effet, la quantité d'eau déduite de la seule

Tableau 1. Diagramme de poudre de la fontanite
X-ray powder pattern of fontanite.

<i>hkl</i>	<i>d</i> _{calc.}	<i>d</i> _{meas.}	I/10
020	8.52	8.55	100
210	6.99	6.94	50
130	5.33	5.32	10
211	4.92	4.93	8
040	4.26	4.29	10
301	4.11	4.11	60
321	3.705	3.723	60
002	3.466	3.460	50
022	3.210	3.211	40
212	3.105	3.110	15
511	2.768	2.772	70
521	2.664	2.652	5
441	2.636		
531	2.515	2.515	20
271	2.201	2.214	3
303	2.105	2.113	20
323	2.044	2.040	20
810	1.905	1.905	8
513	1.835	1.836	15

Chambre Debye-Scherrer de 114,6 mm. Radiation $\text{CuK}\alpha$. Les valeurs de d sont exprimées en Å.
114.6 mm Debye-Scherrer camera. d in Å. ,CuK α radiation.

mesure chromatographique de l'hydrogène était entachée d'une erreur trop importante par suite du volume réduit de matière disponible pour l'analyse. Les résultats analytiques sont rassemblés dans le Tableau 2. La formule empirique basée sur 21 oxygènes est la suivante: $\text{Ca}_{0,85}(\text{UO}_2)_{3,08}(\text{CO}_3)_{3,89} \cdot 3,15\text{H}_2\text{O}$, soit d'une manière simplifiée: $\text{Ca}(\text{UO}_2)_3(\text{CO}_3)_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

La fontanite réagit à froid avec très forte effervescence à l'acide chlorhydrique dilué.

Indice de compatibilité

L'indice de compatibilité (Mandarino, 1981), calculé à partir de la formule idéale $\text{Ca}(\text{UO}_2)_3(\text{CO}_3)_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, d'un indice de réfraction moyen de 1,668 et de la densité calculée 4,19, appartient à la catégorie supérieure : $1 - K_p/K_c = 0,009$. Le calcul a été effectué en attribuant la valeur 0,134 à la constante de Gladstone-Dale pour UO_3 (Piret et Deliens, 1989).

Tableau 2. Composition chimique de la fontanite.
Chemical composition of fontanite

	1	2	3	4
CaO	4,15	4,02-4,41	0,86	4,90
UO ₃	76,14	72,28-78,00	3,08	75,00
CO ₂	14,80		3,89	15,38
[H ₂ O]	4,91		3,14	4,72
	100,00			100,00

1. Pourcentages expérimentaux moyens (eau par différence)
2. Pourcentages extrêmes sur 4 mesures
3. Proportions moléculaires pour 21 oxygènes
4. Pourcentages théoriques pour la formule Ca(UO₂)₃(CO₃)₄.3H₂O
1. Mean experimental weight percentages (water by difference)
2. Extreme percentages on 4 measurements
3. Mole number for 21 oxygens
4. Theoretical percentages for the formula Ca(UO₂)₃(CO₃)₄.3H₂O

Distinction de l'espèce

La fontanite de Rabejac ressemble à certains faciès d'uranophane et plus particulièrement d'uranophane-beta. Sa forte réaction à froid à HCl lève néanmoins immédiatement l'indétermination. Les autres carbonates d'uranium des gîtes du Lodévois ont une allure très différente de celle de la fontanite, que ce soit la rutherfordine en globules formés de lamelles crêtées jaune beige, la liebigite en prismes millimétriques arrondis jaune verdâtre, la bayleyite en efflorescences jaunes ou en croûtes orange et la znucalite, Zn₁₂(UO₂)Ca(CO₃)₃(OH)₂₂.4H₂O (Ondruš *et al.*, 1990), tout récemment signalée à Lodève (P.J. Chiappero, comm. pers.), en amas poudreux blanchâtres. Ces deux derniers minéraux proviennent d'autres gîtes que Rabejac.

La fontanite montre en revanche quelques analogies avec l'urancalcarite de Shinkolobwe, Shaba, Zaïre (Deliens et Piret, 1984). Ce carbonate de formule Ca(UO₂)₃CO₃(OH)₆.3H₂O se présente aussi en touffes d'aiguilles jaunes mais son rapport U:CO₃ est 3:1, alors qu'il est 4:3 dans la fontanite. Comme il a été signalé dans le chapitre

sur la diffraction, les diagrammes X des deux minéraux sont également apparentés, bien que les valeurs différentes des paramètres *b* permettent de ne pas les confondre lors de la diagnose par diffraction des rayons X.

Conservation et nomenclature

L'échantillon holotype de fontanite est enregistré sous le n° RC 4216 dans la collection minéralogique de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique à Bruxelles. La description et le nom ont été approuvés en novembre 1991 par la Commission des nouveaux minéraux et des noms de minéraux de l'Association internationale de Minéralogie (I.M.A.).

Le nom est en l'honneur de François Fontan, minéralogiste à l'Université Paul-Sabatier à Toulouse. Elève du Professeur Permingeat, il s'est spécialisé dans l'étude des phosphates. Il a décrit plusieurs associations minérales dans les Pyrénées et dans des pegmatites africaines. Il a notamment participé à la description de la mantienneite découverte à Anloua, au Cameroun.

Références

- Autefage, F. & Fontan, F. (1985) : Comportement de minéraux hydratés au cours de leur analyse à la microsonde électronique. *Bull. Minéral.*, **108**, 293-304.
- Deliens, M. & Piret, P. (1984) : L'urancalcarite Ca(UO₂)₃CO₃(OH)₆.3H₂O, nouveau minéral de Shinkolobwe, Shaba, Zaïre. *Bull. Minéral.*, **107**, 21-24.
- 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.
- Ondruš, O., Veselovsky, F. & Rybka, R. (1990) : Znucalite, Zn₁₂(UO₂)Ca(CO₃)₃(OH)₂₂.4H₂O, a new mineral from Přebram, Czechoslovakia. *N. Jb. Mineral. Mh.*, 393-400.
- Piret, P. & Deliens, M. (1989) : The Gladstone-Dale constant *k*(UO₃) for uranyl phosphates and arsenates. *Can. Mineral.*, **27**, 533-534.

Received 30 December 1991

Accepted 23 April 1992