

LA HAYNESITE, SÉLÉNITE HYDRATÉ D'URANYLE,  
NOUVELLE ESPÈCE MINÉRALE DE LA MINE REPETE,  
COMTÉ DE SAN JUAN, UTAH

MICHEL DELIENS

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

PAUL PIRET

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

SOMMAIRE

La haynesite, nouvelle espèce minérale, se présente en tablettes millimétriques et en rosettes jaune ambre, transparentes à translucides. Optiquement biaxe négative,  $2V_{\text{mes}} = 45^\circ$ ,  $\alpha = 1,618$ ,  $\beta = 1,738$  et  $\gamma = 1,765$ . Orientation optique :  $X = a$ ,  $Y = b$  et  $Z = c$ . Système orthorhombique. Groupe spatial  $Pnc2$  ou  $Pncm$ ,  $a = 8,025$ ,  $b = 17,43$ ,  $c = 6,935$  Å,  $Z = 2$ ,  $D_{\text{calc}} = 4,07$  et  $D_{\text{mes}} = 4,1$ . Raies principales du diagramme de poudre [ $d(\text{Å})$ , (1),  $hkl$ ]: 8.01(100)100, 4.01(70)200, 3.468(60)002, 3.119(70)051 et 2.912(80)151. L'analyse chimique à la microsonde électronique a donné :  $\text{UO}_3$  71,81%,  $\text{SeO}_2$  17,91%,  $\text{H}_2\text{O}$  (par chromatographie) 8,56%, total 98,28%. Formule:  $(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_2(\text{SeO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . La haynesite provient de la mine Repete, au sud de Blanding, comté de San Juan, Utah. Elle est associée à l'andersonite, la boltwoodite, le gypse et la calcite en encroûtements sur des argilites et des grès du Jurassique supérieur. Le nom est en l'honneur du géologue américain Patrick Haynes, qui a découvert la nouvelle espèce.

**Mots-clés:** haynesite, nouvelle espèce minérale, sélénite, uranium, Utah.

ABSTRACT

Haynesite, a new mineral species, occurs as amber yellow, transparent to translucent, millimetric tablets and rosettes. Optically biaxial negative,  $2V_{\text{meas}} = 45^\circ$ ,  $\alpha = 1.618$ ,  $\beta = 1.738$  and  $\gamma = 1.765$ . Orthorhombic, space group  $Pnc2$  or  $Pncm$ ,  $a = 8.025$ ,  $b = 17.43$ ,  $c = 6.935$  Å,  $Z = 2$ ,  $D_{\text{calc}} = 4.07$  and  $D_{\text{meas}} = 4.1$  g/cm<sup>3</sup>. The strongest lines in the X-ray powder pattern [ $d(\text{Å})$ , (1),  $hkl$ ] are: 8.01(100)100, 4.01(70)200, 3.468(60)002, 3.119(70)051 and 2.912(80)151. An analysis obtained with an electron microprobe gave:  $\text{UO}_2$  71.81%,  $\text{SeO}_2$  17.91%,  $\text{H}_2\text{O}$  (by chromatography) 8.56%, total 98.28%. The formula is  $(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_2(\text{SeO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Haynesite was found in the Repete mine, south of Blanding, San Juan County, Utah. It is associated with andersonite, boltwoodite, gypsum and calcite as crusts on mudstones

and sandstones of Upper Jurassic age. The name honors Patrick Haynes, who discovered the new species.

**Keywords:** haynesite, new mineral species, selenite, uranium, Utah.

INTRODUCTION

La nouvelle espèce minérale a été récoltée par un géologue américain, Patrick Haynes, à qui elle a été dédiée par les auteurs. La haynesite fait partie des minéralisations secondaires d'uranium de la mine Repete, située à une vingtaine de km au sud de Blanding (comté de San Juan, Utah). La mine est localisée dans les argilites et les grès uranifères de Brushy, appartenant à la Formation de Morrison (Jurassique supérieur). Le gîte uranifère a été découvert par James Menlove en 1954. L'exploitation de l'uranium par la Even Odds Inc. a débuté peu après. Jusqu'en 1967, la production se montait à 27.000 tonnes de minerai d'uranium à 0,25%. Plusieurs exploitants se sont ensuite succédés sur le gîte et notamment l'Energry Fuel Nuclear (1978 à 1987), qui est à l'origine du nom actuel de la concession: la mine Repete. En juin 1987, la production totale cumulée avait atteint 52.600 tonnes métriques de minerai contenant 92.500 kg d' $\text{U}_3\text{O}_8$ .

MORPHOLOGIE ET ASSOCIATIONS

La haynesite se présente en tablettes millimétriques transparentes à translucides, allongées suivant [001] et aplaties sur (100), plan qui correspond aussi à un clivage aisé. Le clivage (010) est moins facile. Le minéral se développe également sous forme de prismes aciculaires associés en faisceaux ou en rosettes atteignant 3 mm de

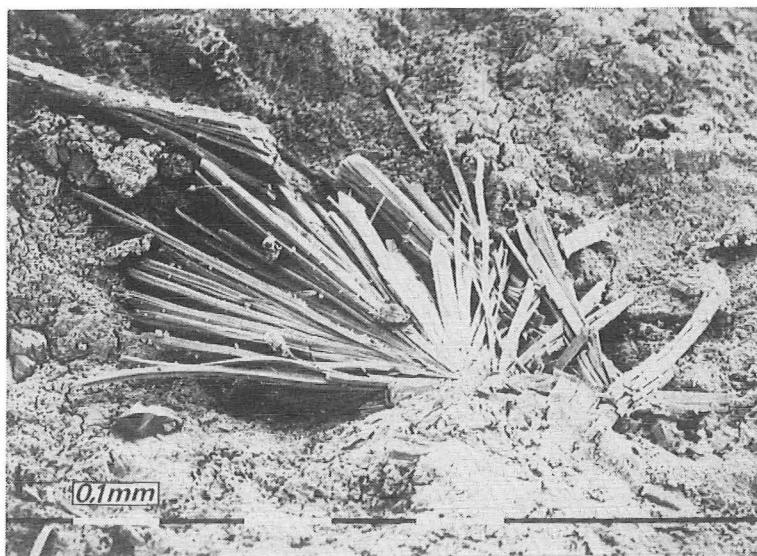


FIG. 1. Tablettes fasciculées de haynesite. Photographie au microscope électronique à balayage.

diamètre (Fig. 1). La couleur est jaune légèrement ambre, et l'éclat, vitreux. La dureté Mohs est faible (1,5 à 2), et la densité mesurée dans les liquides denses (solution de Clérici) est proche de 4,1.

La haynesite constitue des croûtes cristallines à la surface de plaquettes friables d'argilite beige. On la trouve associée à l'andersonite,  $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , en amas colloïdaux de couleur vert jaunâtre fluorescente, à des globules jaune vif de boltwoodite,  $\text{HK}(\text{UO}_2)\text{SiO}_4 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ , à des lamelles de gypse et à des prismes de barite. Elle est aussi intimement liée à des placages de calcite. L'ensemble de ces minéraux accompagnateurs ont des dimensions submillimétriques, sauf l'andersonite, dont les plages atteignent le cm.

#### PROPRIÉTÉS OPTIQUES

Observées sous le microscope, les tablettes de haynesite sont soit jaune vif et non pléochroïques (sections  $\gamma - \beta$ ), ce qui est le cas le plus courant, soit fortement pléochroïques jaune vif à jaune très pâle (sections  $\gamma - \alpha$ );  $\alpha$  est égal à 1,618(2),  $\beta$  à 1,738(3) et  $\gamma$  à 1,765(5). Le minéral est biaxe négatif avec  $2V$ , mesuré par la méthode de Tobi, proche de  $45^\circ$  ( $2V$  calculé =  $48^\circ$ ). Aucune dispersion n'est observable. Orientation optique:  $X = a$ ,  $Y = b$ , et  $Z = c$ .

#### DIFFRACTION DES RAYONS X

Le diagramme de poudre (Tableau 1) a été indexé

en tenant compte des intensités diffractées évaluées sur les clichés de Weissenberg  $hk0$  à  $hk3$ . Il n'est comparable à celui d'aucun autre minéral figurant dans le fichier du JCPDS.

Les paramètres de la maille ont été mesurés sur des clichés de rotation et de Weissenberg. Ils ont été affinés par moindres carrés à partir de 20 réflexions du diagramme de poudre. La symétrie est orthorhombique. Les seules conditions de présence des réflexions sont  $k + l = 2n$  pour  $0kl$  et  $l = 2n$  pour  $h0l$ . Les groupes spatiaux correspondants sont  $Pnc2$  (n° 30) et  $Pncm$  (équivalent de  $Pmna$ , n° 53). Les paramètres valent:  $a$  8,025(5),  $b$  17,43(1),  $c$  6,935(3) Å,  $V$  970(1) Å<sup>3</sup>, La densité calculée pour  $Z = 2$  vaut 4,07.

Ces données montrent que la haynesite a probablement une structure proche de celle de la guilleminite (Pierrot *et al.* 1965) dont les paramètres sont:  $a = 7,25$ ,  $b = 16,84$ ,  $c = 7,08$  Å, avec  $Pncm$  ou  $Pnc2$  comme groupe spatial et  $Z = 2$ .

#### COMPOSITION CHIMIQUE

L'analyse chimique quantitative a été réalisée à la microsonde électronique pour l'uranium, le sélénium et le calcium (appareil Camebax du Laboratoire de Minéralogie de l'Université Paul Sabatier à Toulouse, France). Les étalons utilisés sont l'uranium et le sélénium métalliques et la calcite.

L'hydrogène et le carbone ont été dosés par chromatographie gazeuse à l'appareil CHN (car-

TABLEAU 1. SPECTRE DE POUVRE DE LA HAYNESITE

hkl	$d_{calc}$	$d_{obs}$	$I_{est}$
020	8.72	8.72	25
100	8.03	8.01	100
110	7.29	7.31	5
011	6.44	6.44	3
120	5.90	5.93	30
031	4.45	4.45	20
200	4.01	4.01	70
210	3.91	3.91	30
220	3.64	3.67	3
002	3.468	3.468	60
102	3.183	3.186	50
051	3.115	3.119	70
122	2.990	2.989	5
151	2.904	2.912	80
241	2.716	2.687	5
300	2.675	2.687	5
202	2.623	2.625	5
161	2.541	2.546	5
251	2.460	2.471	40
013	2.292	2.295	3
080	2.179	2.189	5
180	2.103	2.108	8
351	2.029	2.035	10
400	2.006	2.006	5
053	1.927	1.926	20
153	1.873	1.870	20
082	1.845	1.836	5
441	1.763	1.765	3
0.10.0	1.743	1.738	25B
004	1.734	1.734	25B
1.10.0	1.703	1.697	10
500	1.605	1.603	8
2.10.0	1.599	1.563	8
353	1.563	1.528	10
1.10.2	1.529	1.528	10

Rayonnement  $CuK\alpha$ . Les valeurs de  $d$  sont exprimées en Å.  
Chambre Debye-Scherrer de 114,6 mm. B: bande large.

TABLEAU 2. COMPOSITION CHIMIQUE DE LA HAYNESITE

	1	2	3	4
UO <sub>3</sub>	70,60	71,81	3,03	72,22
SeO <sub>2</sub>	17,61	17,91	1,95	18,68
CaO	0,85			
H <sub>2</sub> O	8,56	8,56	5,75	9,10
Total		98,28		100,00

1. Pourcentages expérimentaux moyens. 2. Pourcentages moyens après correction pour la calcite (0,85% CaO = 1,51% CaCO<sub>3</sub>). 3. Proportions moléculaires pour 13 atomes d'oxygène dans la partie anhydre.  
4. Pourcentages théoriques pour la formule idéale.

assez de matériel disponible pour utiliser des cristaux de bonne qualité pour les analyses par chromatographie.

Dans l'hypothèse soulevée par quelques membres de la commission des nouveaux minéraux et noms de minéraux de l'IMA, suivant laquelle le calcium pourrait faire partie de la structure de la haynesite sous forme de substitution dans le site (H<sub>3</sub>O), les pourcentages appréciables et variables de CO<sub>2</sub> ne pourraient être expliqués.

Pour l'établissement de la formule chimique de la haynesite, on n'a donc pris en considération que les pourcentages de UO<sub>3</sub>, SeO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O (Tableau 2). Elle correspond à 3,03 UO<sub>3</sub>•1,95 SeO<sub>2</sub>•5,75 H<sub>2</sub>O, soit, d'une manière idéale, (UO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>(SeO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>•5H<sub>2</sub>O ou encore, exprimée par analogie avec la guilleminite: (H<sub>3</sub>O)<sub>2</sub>(UO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>(OH)<sub>4</sub>(SeO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>•H<sub>2</sub>O.

#### DISTINCTION

La haynesite est le cinquième sélénite d'uranium découvert à ce jour. Les quatre précédents proviennent du gîte d'uranium de Musonoi au Shaba méridional (Zaïre): la guilleminite Ba(UO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>(OH)<sub>4</sub>(SeO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>•3H<sub>2</sub>O (Pierrot *et al.* 1965), la demesmaekerite, Pb<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>(UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>(SeO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>•2H<sub>2</sub>O (Cesbron *et al.* 1965), la derriksite Cu<sub>4</sub>(UO<sub>2</sub>)(OH)<sub>6</sub>(SeO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Cesbron *et al.* 1971) et la marthozite, Cu(UO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>(SeO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>•7H<sub>2</sub>O (Cesbron *et al.* 1969).

La haynesite a une présentation assez semblable à celle de la guilleminite, mais la couleur de celle-ci est jaune serin tandis que la haynesite est ambre. Les autres sélénites renferment du cuivre, qui leur confère une couleur verte: vert jaunâtre pour la marthozite, olive à vert bouteille pour la demesmaekerite, et vert foncé pour la derriksite. Aucun de ces minéraux n'a été trouvé associé à la haynesite de la mine Repete.

bone-hydrogène-azote). Les pourcentages en poids des oxydes résultent de la moyenne de 12 analyses sur plusieurs tablettes. La reproductibilité des mesures est bonne pour UO<sub>3</sub> et SeO<sub>2</sub>, tandis que les valeurs pour CaO fluctuent considérablement d'une mesure à l'autre: UO<sub>3</sub> de 68,97 à 73,17%, SeO<sub>2</sub> de 16,40 à 19,01%, et CaO de 0,14 à 1,89%. Les mesures par chromatographie (4 analyses) montrent des variations de teneur en hydrogène allant de 0,935 à 0,97% (soit de 8,41 à 8,73% d'eau), ce qui est très satisfaisant comme écarts pour cette méthode. Le carbone par contre fluctue de 0,35 à 1,09% (soit 1,3 à 4,0% de CO<sub>2</sub>). La calcite étant très étroitement associée à la haynesite sur les échantillons, c'est ce premier minéral qui est responsable des teneurs variables en Ca (microsonde) et en C (CHN). Cette hypothèse est renforcée par le fait que la calcite (calculée à partir de C) peut être beaucoup plus abondante dans la prise d'analyse CHN que dans la prise pour la microsonde (calcite calculée à partir de CaO). En effet, l'analyse par chromatographie nécessite environ 5 mg de matière, impliquant le tri d'une quantité importante de poudre impure finement divisée. La prise microsonde, par contre, peut être limitée à quelques plages peu étendues et dès lors plus homogènes. Il n'y avait malheureusement pas

## CONSERVATION

L'échantillon holotype de haynesite est enregistré sous le n° R.C. 3922 dans la collection minéralogique de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique à Bruxelles. La description et le nom ont été approuvés par la Commission des nouveaux minéraux et noms de minéraux de l'Association internationale de Minéralogie (IMA).

## REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur gratitude au Dr. F. Fontan (Université Paul Sabatier à Toulouse), qui a réalisé les analyses à la microsonde électronique, ainsi qu'à leurs collègues P. Van Ransbeke (analyse CHN) et J. Cillis (photographie au microscope électronique à balayage).

## RÉFÉRENCES

CESBRON, F., BACHET, B. et OOSTERBOSCH, R. (1965):

La demesmaeckerite, sélénite hydraté d'uranium, cuivre et plomb. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.* **88**, 422-425.

\_\_\_\_\_, OOSTERBOSCH, R. et PIERROT, R. (1969): Une nouvelle espèce minérale: la marthozite. Uranyl-sélénite de cuivre hydraté. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.* **92**, 278-283.

\_\_\_\_\_, PIERROT, R. et VERBEEK, T. (1971): La derriksite,  $\text{Cu}_4(\text{UO}_2)(\text{SeO}_3)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , une nouvelle espèce minérale. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.* **94**, 534-537.

PIERROT, R., TOUSSAINT, J. et VERBEEK, T. (1965): La guilleminite, une nouvelle espèce minérale. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.* **88**, 132-135.

*Reçu le 20 novembre, 1990, version révisée acceptée le 23 janvier, 1991.*