

BULLETIN  
DE LA  
SOCIÉTÉ FRANÇAISE  
DE  
MINÉRALOGIE

(ANCIENNE SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE),

Fondée le 21 Mars 1878,

RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET  
DU 2 FÉVRIER 1886.

---

TOME VINGT-SEPTIÈME.

---

PARIS,  
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR,  
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET C<sup>ie</sup>,  
15, rue des Saints-Pères, 15.  
MAISON A LIÈGE, RUE DES DOMINICAINS, 7.

—  
1904

de calcium précipité. La majeure partie de cette substance a été dissoute au bout de quelques mois. Puis on a fait passer le contenu du siphon sur un filtre et l'on a soumis la solution de bicarbonate de calcium à une évaporation très lente, à la température ordinaire et sous la pression atmosphérique.

En opérant ainsi, on a obtenu des cristaux d'aragonite ayant quelques millimètres de longueur. Ces cristaux sont vitreux, incolores, et présentent les faces  $p(001)$ ,  $m(110)$ ,  $g^1(010)$  et  $e^1(011)$ . La densité est égale à 2,9. Les propriétés optiques sont celles des cristaux naturels.

Lorsqu'on chauffe, pendant quelques minutes, cette aragonite artificielle, préalablement pulvérisée, avec une solution d'azotate de cobalt, elle prend une teinte rouge lilas tout à fait caractéristique. Cette réaction, découverte récemment par M. W. Meigen, permet, comme on sait, de distinguer l'aragonite de la calcite.

---

### **Produits de déshydratation de quelques phosphates et orientation du chlorure de baryum sur les minéraux du groupe de l'autunite (1);**

Par M. PAUL GAUBERT.

Beaucoup de corps hydratés, par suite d'une certaine élévation de température, perdent partiellement ou totalement leur eau, et il se produit des substances nouvelles moins hydratées que le corps primitif et orientées quelquefois sur ce dernier. Dans cette Note, je vais examiner quelques phosphates à ce point de vue.

---

(1) Communication faite à la séance d'avril 1904.

*Chalcopyllite* ( $\text{AsO}^4[\text{Cu.OH}]^2.\text{Cu}[\text{OH}]^2, 3\frac{1}{2}\text{H}^2\text{O}$ ). — La chalcopyllite se présente en lames aplaties suivant  $a^1(0001)$ , uniaxes et négatives. La mesure des indices de réfraction, non encore déterminés, faite avec le réfractomètre de M. Klein et avec une face naturelle  $a^1$ , m'a donné les résultats suivants :

$\omega$ .....	1,6323
$\varepsilon$ .....	1,5745
$\omega - \varepsilon$ .....	0,0578

Les cristaux de chalcopyllite, chauffés à une température supérieure à  $100^\circ$ , deviennent un peu plus pâles, conservent leur forme et leurs propriétés optiques, c'est-à-dire qu'ils restent uniaxes et négatifs, et cependant ils ont perdu une partie de leur eau [14,06 pour 100, d'après Church <sup>(1)</sup>]. La perte de cette dernière n'est mise en évidence par aucun caractère bien apparent, si l'on n'a pas à la fois sous les yeux les deux substances. Un examen plus attentif montre que, sur les cristaux un peu grands, la base  $a^1$  de ceux qui sont partiellement-déshydratés n'a pas une surface aussi plane que celle du minéral primitif, à tel point qu'il est impossible de faire aucune mesure avec un réfractomètre. Le nouveau corps, qui s'est ainsi produit, conserve ses propriétés et sa composition jusqu'au rouge sombre, température où il perd le reste de son eau (18,4 pour 100).

Au-dessous de  $100^\circ$ , la chalcopyllite perd déjà de l'eau, et cette perte, à une température assez basse, est probablement l'origine des résultats différents obtenus par Church et par Damour <sup>(2)</sup>.

Par analogie avec les noms donnés par M. Rinne <sup>(3)</sup>, j'ap-

(<sup>1</sup>) CHURCH, *J. Ch. Soc.*, t. XXIII, 1870, p. 168.

(<sup>2</sup>) DAMOUR, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XIII, 1845, p. 413 et HERMANN, *J. pr. Ch.*, t. XXXIII, p. 294

(<sup>3</sup>) F. RINNE, *Centralb. f. Min.*, 1901, p. 618.

pelle *métachalcophyllite* le minéral partiellement déshydraté ayant seulement l'eau de constitution.

*Autunite* ( $[PO^4]^{3-}[UO_2]^{2+}Ca, 8H_2O$ ). — Des Cloizeaux (1) a montré que l'autunite, en perdant une partie de son eau, devenait uniaxe un peu au-dessus de 100°. M. Rinne (2) a observé qu'avec des lames beaucoup plus minces que celles qui ont été employées par Des Cloizeaux, le minéral devenait uniaxe à une température plus basse. La transformation commence déjà à 50° et à 75°, les lames de clivage sont uniaxes ; entre 75° et 85°, il se produit de nouvelles lames biaxes dont le plan des axes optiques est parallèle aux clivages  $g^1(010)$  et  $h^1(100)$  de l'autunite. Dans ce produit de déshydratation, les axes sont beaucoup plus écartés que dans le minéral primitif. C'est à cette modification très stable, détruite seulement au rouge, que M. Rinne a donné le nom de *méta-autunite*. C'est toujours la bissectrice négative qui reste perpendiculaire à la lame.

*Uranocircite* ( $[PO^4]^{3-}[UO_2]^{2+}Ba, 8H_2O$ ). — L'uranocircite, qui est une autunite dans laquelle le calcium est remplacé par le baryum, se comporte d'une façon un peu différente. Elle est identique en apparence à l'autunite et même les deux minéraux ont été longtemps confondus. Les constantes cristallographiques de l'uranocircite n'ont pas été établies, mais il est probable qu'elle est isomorphe avec l'autunite ; aussi, pour faciliter la description, j'admets que le plan des axes de l'uranocircite a la même position que dans l'autunite et, par conséquent, qu'il est placé dans  $g^1(010)$ .

A la température ordinaire, le plan des axes optiques est

---

(1) DES CLOIZEAUX, *Manuel de Minéralogie*, t. II, p. 479. — Voir aussi BREZINA, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. III, 1878, p. 273. — R. BRAUNS, *Die optischen anomalien der Krystalle*, Leipzig, 1891, p. 63.

(2) RINNE, *Cent. f. Min.*, 1901, p. 618.

perpendiculaire à la lame de clivage et leur angle dans l'air est de  $15^{\circ}$  à  $20^{\circ}$  (1) autour d'une bissectrice négative, mais il peut être plus petit ou plus grand suivant les échantillons et même, dans la même lame de clivage, les variations sont assez grandes, soit par perte d'eau, soit par suite de groupements.

Les lamès de clivage, chauffées vers  $100^{\circ}$ , deviennent uniaxes et  $n_p$  conserve la même position, c'est-à-dire qu'il reste perpendiculaire à la base. D'après Church (2), il y a une perte d'eau correspondant à  $6^{\text{e}}$  d'eau.

Si l'on observe plusieurs lames portées à  $100^{\circ}$ , on remarque que toutes ne sont pas uniaxes. Il y en a qui présentent des bandes biréfringentes, parallèles aux deux clivages et, par conséquent, à angle droit. Si l'on étudie les plaques déshydratées avec le microscope, auquel on a adapté un dispositif pour chauffer les plaques, on observe que les diverses lames se trouvant sur la lame porte-objet (elles ont été chauffées dans la glycérine) ne sont pas uniaxes en même temps. En outre, alors que les unes restent uniaxes, après refroidissement, dans d'autres il y a production de bandes biréfringentes perpendiculaires à une bissectrice négative, et à axes très écartés. Le plan des axes est parallèle aux traces de clivage.

Si l'on chauffe vers  $150^{\circ}$ , aucune des lames ne reste biaxe, et il y a formation de deux séries de bandes à axes écartés, perpendiculaires à  $n_p$ , comme dans l'autunite. Ces lames sont plus ou moins croisées, aussi l'angle des axes optiques est variable sur certains points et il existe même des plages, peu étendues il est vrai, complètement uniaxes (fig. 1).

Si l'on élève la température à  $280^{\circ}$  en chauffant les lames du clivage dans la glycérine bouillante, contrairement à ce qui

---

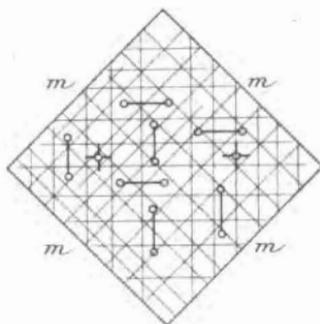
(1) DES CLOIZEAUX, *Manuel de Minéralogie*, t. II, 1893, p. 482.

(2) CHURCH, *Min. Magaz.*, t. I, p. 234.

se passe avec l'autunite, l'uranocircite redevient uniaxe. Alors elle a perdu toute son eau. Ce produit est stable.

L'uranocircite est un minéral difficile à se procurer en quantité suffisante pour faire des analyses. J'ai fait cepen-

Fig. 1.



dant quelques essais qui montrent qu'à chaque modification optique de la substance correspond une certaine perte d'eau. Church (1) a évalué à 6<sup>es</sup> d'eau la quantité qui se dégage à 100° et le reste au rouge.

Par analogie avec ce qui a lieu d'autunite, j'appelle *méta-uranocircite* le produit partiellement déshydraté biaxe.

Les produits successifs de la déshydratation de l'uranocircite peuvent donc se grouper les uns avec les autres, l'indice  $n_p$  restant toujours perpendiculaire à la base. La biréfringence des produits biaxes est faible.

Que ces divers corps se groupent entre eux, il n'y a rien d'étonnant, à cause de leur composition chimique; mais tous, et probablement aussi les minéraux du groupe de l'autunite, peuvent former des associations régulières avec un corps

---

(1) CHURCH, *loc. cit.*

qui n'a avec eux aucun rapport de composition chimique : c'est le chlorure de baryum.

*Groupement avec le chlorure de baryum.* — Ayant attaqué l'uranocircite déshydratée par l'acide chlorhydrique afin d'obtenir des figures de corrosion, j'ai observé la production de figures régulières ayant toutes la même orientation. Un examen plus attentif m'a montré que c'étaient de petits cristaux, ayant l'apparence de figures de corrosion, formés par du chlorure de baryum hydraté ( $\text{Ba Cl}^2, 2\text{H}^2\text{O}$ ).

Les cristaux de ce sel se groupent donc régulièrement avec ceux d'uranocircite déshydratée; j'ai répété la même expérience avec ce minéral intact et avec tous ses produits de déshydratation et j'ai constaté qu'on obtient toujours des résultats identiques.

Les cristaux de chlorure de baryum, obtenus par l'attaque avec l'acide chlorhydrique concentré, sont très petits; j'ai eu de meilleurs résultats avec les lames d'uranocircite qui étaient encore enduites de glycérine dans laquelle elles avaient été déshydratées. Ce liquide retarde l'attaque et les cristaux deviennent ainsi beaucoup plus gros. Ils atteignent parfois  $\frac{1}{2}$  de millimètre.

Une lame de clivage d'uranocircite, placée sur une lame de verre et sur laquelle on dépose une goutte d'une solution saturée de chlorure de baryum, provoque l'orientation des cristaux de ce dernier sel, dans le cas où la goutte liquide ne couvre pas complètement toute la lame de clivage.

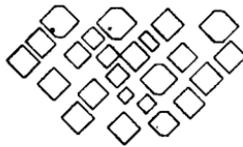
L'orientation se fait pour les cristaux se déposant sur les bords de la goutte. Les cristaux d'uranocircite qui sont beaucoup plus petits que la goutte n'orientent pas tous les cristaux de chlorure de baryum.

Les lames de clivage, attaquées par l'acide chlorhydrique, finissent par être complètement dissoutes, de telle sorte qu'il

ne reste que des cristaux de chlorure de baryum conservant leur orientation primitive, laissant parfois entre eux un petit espace (fig. 2). Si la cause de cette orientation n'avait pas été observée, il eût été bien difficile de la déterminer.

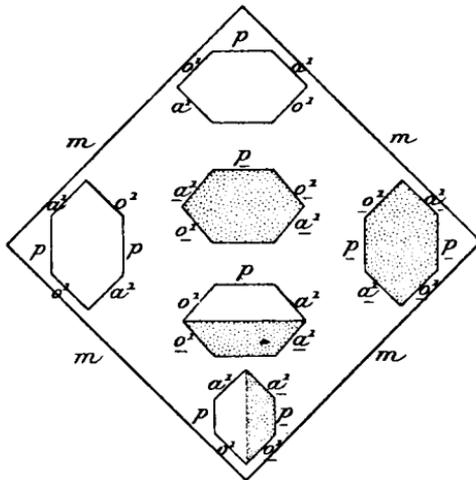
Les cristaux de chlorure de baryum s'orientent sur ceux

Fig. 2.



d'uranocircite, de façon que l'arête  $pg^1(001)(010)$  du sel coïncide avec un des clivages rectangulaires  $g^1(010)$  ou  $h^1(100)$

Fig. 3.



du minéral et que  $g^1(010)$  du premier soit accolé avec  $p(001)$  de l'uranocircite. Les cristaux de chlorure de baryum peuvent, par conséquent, prendre quatre positions différentes indiquées par la figure schématique (fig. 3). Ces cristaux sont

souvent maclés suivant  $p(001)$  et, par conséquent, le plan de macle coïncide avec un de ceux de l'uranocircite. Les cristaux de chlorure de baryum présentent aussi les macles suivant  $h^1(100)$ , mais je n'ai pas pu constater si, dans le cas où elle existait seule, il y avait coïncidence avec un élément déterminé des cristaux d'uranocircite.

Les cristaux de chlorure de baryum sont presque orthorhombiques et, avant les observations de M. Wyruboff (<sup>1</sup>), on leur avait attribué ce degré de symétrie. L'angle  $\beta$  est voisin de l'angle droit ( $91^{\circ}5'$ ).

Mais si l'on admet que l'uranocircite est monoclinique, à la suite de M. Brezina (<sup>2</sup>) et de R. Brauns (<sup>3</sup>), on a l'homologie suivante :

$p(001)$	· devient	$g^1(010)$ ,
$g^1(010)$	»	$p(001)$ ,
$m(110)$	»	$o^1(101)$ ,
$a^{\frac{1}{2}}(201)$	»	$m(110)$ ,
$h^1(100)$	reste	$h^1(100)$ .

Avec cette interprétation, les faces  $g^1(010)$  de l'uranocircite et du chlorure de baryum coïncident et l'arête  $pg^1(001)(010)$  du sel est parallèle soit avec la même arête du minéral, soit avec l'arête  $ph^1(001)(001)$  de ce dernier.

L'autunite fournit les mêmes résultats que l'uranocircite quant à l'orientation des cristaux déposés par une goutte d'une solution de chlorure de baryum.

Le produit de déshydratation, la métaautunite de Rinne, oriente aussi le chlorure de baryum et le groupement se fait comme avec l'uranocircite.

La chalcocite ( $[PO^4]^{2-}[UO_2]^{2+}Cu, 8H_2O$ ) fournit des résultats

(<sup>1</sup>) WYROUBOFF, ce *Bulletin*, t. IX, 1886, p. 262.

(<sup>2</sup>) BREZINA, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. III, 1879, p. 273.

(<sup>3</sup>) R. BRAUNS, *loc. cit.*, p. 64.

identiques. Le minéral intact et son produit de déshydratation, la métachalcolite (1) de Rinne, s'orientent avec le chlorure de baryum de la même manière qu'avec l'uranocircite. Ces observations confirment l'analogie des propriétés cristallographiques de la chalcolite avec celles de l'autunite et de l'uranocircite; etc.

Tous ces minéraux ont donc une grande facilité de se grouper avec leurs produits respectifs de déshydratation et avec le chlorure de baryum; ils peuvent se grouper aussi entre eux, comme l'ont observé dans quelques cas M. Phillips et M. Goldschmidt.

M. Goldschmidt (2) a décrit l'association régulière de la zeunérite avec la trogérite. La face  $p(001)$  ou  $g^1(010)$ , suivant qu'on considère les cristaux comme quadratiques ou monocliniques, de la trogérite coïncide avec la même face de la zeunérite.

W. Phillips (3) a aussi constaté le groupement régulier de l'autunite et de la chalcolite qui, comme on l'a vu plus haut, orientent le chlorure de baryum.

Tous les cas qui viennent d'être examinés sont des exemples de la règle énoncée par M. O. Mügge (4) : deux corps qui s'orientent avec un troisième peuvent former l'un avec l'autre des associations régulières.

Ces associations de l'autunite et de la chalcolite, de la zeunérite et de la trogérite, de l'uranocircite, de l'autunite avec le chlorure de baryum, etc., rentrent dans la catégorie de celles où le groupement est parallèle, d'après M. Wallerant (5). Je ferai remarquer que les cristaux de chlorure de ba-

---

(1) RINNE, *Cent. f. Min.*, 1901, p. 618.

(2) V. GOLDSCHMIDT, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXI, p. 474, 1899.

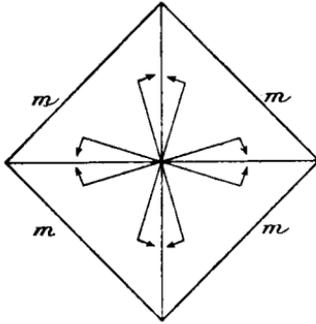
(3) W. PHILLIPS, d'après WALKER, *Am. J. of. Sc.*, t. VI, 1898, p. 41.

(4) O. MÜGGE, *Neues Jahrb. f. Min.*, Beil., Bd. XVI, 1902, p. 438.

(5) F. WALLERANT, ce *Bulletin*, t. XXV, 1902, p. 192.

ryum, se formant sur une lame de verre, reposent toujours sur la face d'aplatissement  $g^1(010)$ , par conséquent les forces agissant sur les molécules de ce corps pour les orienter sur les

Fig. 4.



lames de clivage des minéraux du groupe de l'autunite n'ont à faire tourner les molécules ou les lames cristallines que dans le plan de  $g^1$ , dans une des quatre directions indiquées par la figure 4.

En outre les cristaux de chlorure de baryum, indépendamment des macles suivant  $h^1$  et  $p$ , présentent aussi des associations suivant la face d'aplatissement  $g^1$ . Les deux premières macles sont produites dans le cas où la cristallisation est rapide, ou par action mécanique (O. Mügge); mais un examen attentif montre que l'association suivant la face  $g^1$  est souvent due à l'accolement de deux cristaux d'abord indépendants. J'ai montré que la macle suivant  $a^1$ , dans le nitrate de plomb, pouvait aussi se produire par la réunion de deux cristaux et j'ai attribué cette attraction aux actions capillaires. Il est évident que l'attraction s'accroîtra à mesure que les deux faces viendront de plus en plus en coïncidence et qu'elle sera maximum quand les directions cristallographiques égales se superposeront dans les deux cristaux.

Les cristaux de spinelle montrent fréquemment, du moins autant que de macles suivant  $a'$ , un plan de séparation indiquant bien que le cristal est composé de deux moitiés ayant la même orientation, moitiés qui ont dû être indépendantes au début.

Naturellement, on ne peut attribuer à ce mode de formation que la production de quelques macles et il peut aussi se faire que le groupement de deux espèces différentes soit parfois dû à une cause semblable; les lames de chlorure de baryum formées à la surface d'un liquide, au fond duquel se trouvent des lames de clivage d'autunite, ne s'orientent pas quand elles tombent au fond, c'est-à-dire quand elles viennent en contact avec l'autunite, mais elles sont dans ce cas trop épaisses et par conséquent trop lourdes pour être attirées. Cependant on peut voir parfois des lames minces, formées sur le contour de la goutte, flottant à moitié, tomber finalement sur la lame d'autunite et s'orienter sur cette dernière.

Un autre fait qui tend à mettre en évidence l'influence des actions capillaires pour l'orientation des cristaux d'espèce différente est celui qui a été mentionné plus haut : c'est qu'un cristal d'uranocircite, d'autunite, etc. ne s'accroît pas dans une solution saturée de chlorure de baryum, et, pour que l'orientation de ces derniers cristaux se produise, il faut mettre une goutte de liquide ne couvrant pas toute la surface de la face de clivage  $p(001)$  et encore le groupement régulier ne se produit surtout que pour les cristaux qui prennent naissance sur les bords de la goutte.

Les propriétés de l'autunite et de l'uranocircite, qui viennent d'être étudiées, permettent de distinguer très facilement les deux minéraux, alors même qu'on ne peut opérer que sur une très petite lamelle. Il suffit d'examiner les modifications des propriétés optiques sous l'influence de la chaleur, ou bien

d'attaquer la lame par une goutte d'acide chlorhydrique. Il se produit seulement avec l'uranocircite des cristaux de chlorure de baryum. L'acide azotique fournit aussi des résultats grâce à la production de cristaux cubo-octaèdres de nitrate de baryum obtenus avec l'uranocircite.

Les autres phosphates ne présentent pas tous des orientations semblables avec leurs produits de déshydratation.

La vivianite, l'érythrine et la cabrélite, chauffées dans la glycérine bouillante, perdent leur eau et donnent une substance transparente isotrope. Avec la vivianite on peut obtenir des lames anhydres assez étendues correspondant aux lames de clivage. Elles ne donnent pas de figures de corrosion, aussi il n'est pas possible de savoir si la nouvelle substance est cubique ou amorphe.

---

### Sur l'accroissement des cristaux de thymol;

PAR M. PAUL GAUBERT.

Quand une matière fondue cristallise, par suite du refroidissement, sur une lame de verre porte-objet, il se produit, suivant les substances étudiées, des faits différents. Tantôt un cristal unique prend naissance, tantôt il y a formation de plusieurs cristaux dont le nombre dépend de la substance considérée et de la température de refroidissement. Pour étudier l'accroissement du cristal formé par une matière fondue, j'ai cherché des substances donnant le moins de cristaux. Le thymol ( $C^{10}H^{14}O$ ) m'a fourni des résultats satisfaisants à ce point de vue.

Ce corps cristallise dans le système rhomboédrique, d'après