

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =  
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

**Band:** 70 (1990)

**Heft:** 2

**Artikel:** La Geminite, Cu<sub>2</sub>As<sub>2</sub>O<sub>7</sub> • 3H<sub>2</sub>O, un nouveau minéral de la mine de Cap Garonne, Var, France

**Autor:** Sarp, Halil / Perroud, Pierre

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-53621>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 27.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# La Geminite, $\text{Cu}_2\text{As}_2\text{O}_7 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ , un nouveau minéral de la mine de Cap Garonne, Var, France

par Halil Sarp<sup>1</sup> et Pierre Perroud<sup>2</sup>

## Abstract

Geminite, ideally  $\text{Cu}_2\text{As}_2\text{O}_7 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$  occurs on a specimen found at Cap Garonne (Var), France, with tennantite, covellite, chalcanthite, lavendulan, antlerite, brochantite, all of which occur in a quartz gangue. The crystals, light green to sea green in colour, are euhedral and intergrown. They are tabular on {001}, slightly elongated parallel to [100]. The forms present are {001}, {100}, {010}, {hk0}, {h̄k0}, {hk̄0} and {h̄k̄0}. All of the crystals are twinned by contact on (001), polysynthetic parallel to (001). The crystals are up to  $0.3 \times 0.06$  mm.

Streak very pale green, lustre vitreous, transparent. Mohs hardness 3 to 3.5. They are non-fluorescent, fracture irregular, brittle with one perfect cleavage on {001}. A chemical analysis was carried out by means of atomic absorption and  $\text{H}_2\text{O}$  by TGA: CuO 36.5; As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52.4; H<sub>2</sub>O 11.0, total 99.9 wt.%. The mineral is triclinic, with  $a = 6.395(3)$ ,  $b = 8.110(3)$ ,  $c = 15.732(9)$  Å,  $\alpha = 92.01(5)^\circ$ ,  $\beta = 93.87(5)^\circ$ ,  $\gamma = 95.02(4)^\circ$ ,  $V = 810.3(5)$  Å<sup>3</sup> and  $Z = 4$ . The density is 3.70(2) (meas.) and 3.71 g/cm<sup>3</sup> (calc.). The strongest lines in the X-ray diffraction pattern are [ $d$  in Å, (hkl), Ivis.]: 7.83, (002), 100; 3.925, (004), 60; 3.260, (023), 70; 3.107, (122), 40; 3.070, (201), 70; 2.825, (203), 40; 2.611, (220, 006), 50. Geminite is biaxial (+) with  $2V_{\text{meas.}} = 75(5)^\circ$ ,  $2V_{\text{calc.}} = 71^\circ$ ;  $\alpha = 1.656(2)$ ,  $\beta = 1.692(2)$ ,  $\gamma = 1.770(5)$  at 590 nm. Optical orientation:  $\alpha'$ : (001)  $\approx 90^\circ$ ,  $\beta'$ :  $a = 17\text{--}18.5^\circ$ ,  $\gamma'$ :  $b = 13^\circ$ . The name is from the Latin "gemini" meaning twins, because the mineral is extremely twinned.

**Keywords:** Geminite, Arseniates, new mineral, France.

## Introduction

L'échantillon contenant la geminite a été récolté par M. Iltis, de Rimbach, à la mine de Cap Garonne (Var). Ce minéral est associé à la tennantite, covellite, chalcanthite, lavendulan, antlérite, et brochantite, sur une gangue de quartz. La gîtologie et la minéralogie de cette mine ont été récemment étudiées par MARI et ROSTAN (1986).

Nous avons donné le nom de geminite en relation avec le mot latin «gemini» (jumeaux) du fait que le minéral est extrêmement maclé.

Ce nouveau minéral et son nom ont été approuvés, avant la publication, par la Commission des Nouveaux Minéraux et des Noms de Minéraux de l'Association Internationale de Minéralogie (I.M.A.). L'holotype est déposé au département de minéralogie du Muséum d'Histoire naturelle de Genève (No. 435/80).

## Propriétés physiques et optiques

Les cristaux de geminite sont transparents, de couleur vert clair à vert bleu avec un éclat vitreux et une poussière verte très claire. Ils ne sont pas fluorescents aux U.V. Ils ont une cassure irrégulière et une dureté de 3–3.5. Le clivage {001} est parfait. Les cristaux très abondants sont idiomorphes et enchevêtrés sur l'échantillon; ils atteignent une longueur de 0.3 mm et une épaisseur de 0.06 mm. Ils sont tabulaires sur {001}, légèrement allongés parallèlement à [100] (Fig. 1). Les formes observées sont {001}, {100}, {010}, {hk0}, {h̄k0}, {hk̄0}, {h̄k̄0}. Les cristaux sont tous extrêmement maclés par contact sur (001) et polysynthétiquement parallèles à (001). Le minéral est soluble dans HCl dilué. La geminite est optiquement biaxe (+) avec  $2V_{\text{mes.}} = 75(5)^\circ$ ,  $2V_{\text{calc.}} = 71^\circ$  et  $\alpha = 1.656(2)$ ,  $\beta = 1.692(2)$ ,  $\gamma = 1.770(5)$  à

<sup>1</sup> Département de Minéralogie du Muséum d'Histoire naturelle de Genève, 1, route de Malagnou, CH-1208 Genève.

<sup>2</sup> 4, rue des Battoirs, CH-1205 Genève.

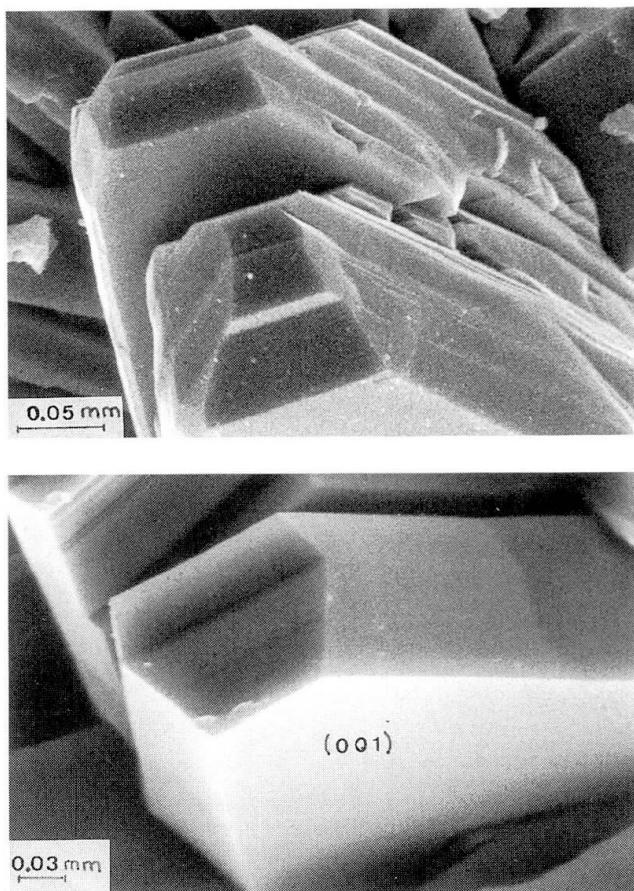


Fig. 1 En haut: un ensemble de cristaux de geminite. En bas: détail d'un cristal formé par trois individus. Photographie au microscope électronique à balayage du Muséum de Genève, par le Dr Jean Wuest.

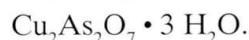
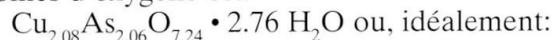
590 nm. La dispersion est faible, avec  $r > v$ . L'orientation optique est:  $\alpha': (001) \approx 90^\circ$ ,  $\beta': a = 17-18.5^\circ$ ,  $\gamma': b = 13^\circ$  (Fig. 2). Les angles phi et rho n'ont pas pu être obtenus à cause des lamelles maclées des cristaux qui sont très minces. Le pléochroïsme est très faible dans les cristaux épais:  $\alpha$  et  $\beta$  incolore,  $\gamma$  vert très clair à gris clair. La densité mesurée avec les liqueurs denses est  $3.70(2)$  g/cm $^3$ . La densité calculée est  $3.71$  g/cm $^3$ . Le calcul de la relation de Gladstone-Dale en utilisant les constantes de MANDARINO (1981) donne une compatibilité excellente avec  $1 - \frac{k_p}{k_c} = -0.035$ .

### Composition chimique

Comme le minéral était très abondant et pur sur deux échantillons, et qu'il n'y avait aucun problème de séparation des autres phases, nous en avons récolté, sous le binoculaire, 12.1 mg dont la pureté a été, contrôlée par des diagrammes de poudre. Ainsi, 6.6 mg ont été utilisés pour l'absorption atomique et 5.5 mg pour l'eau par ATG

(Mettler TAI) (Fig. 3). Entre 200 et 250 °C, le minéral est anhydre.

Les résultats analytiques sont: CuO 36.5, As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52.4, H<sub>2</sub>O 11.0, total = 99.9% poids. La formule empirique établie sur la base de 10 atomes d'oxygène est:



### Données radiocristallographiques

Le diagramme de poudre de la geminite a été obtenu avec les caméras de Guinier-Hägg et de

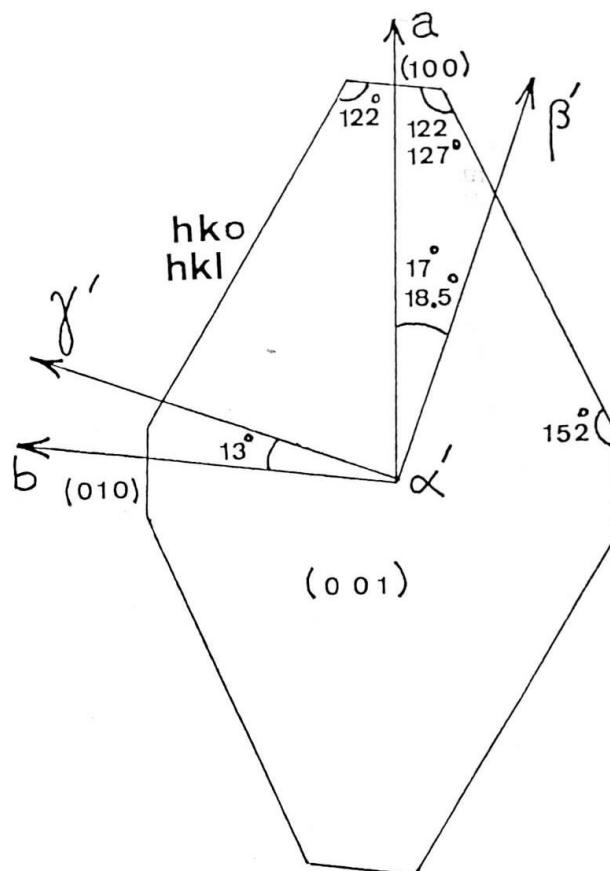


Fig. 2 L'orientation optique de la geminite et les angles entre les arêtes mesurés au microscope polarisant.

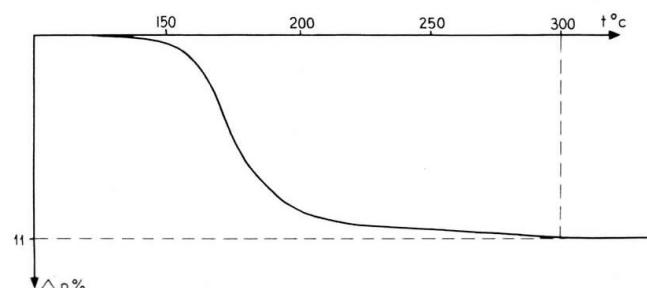


Fig. 3 Analyse thermopondérale sur 5.5 mg de geminite.

Tab. 1 Diagramme de poudre de la geminite (caméra de Guinier-Hägg, CuK $\alpha_1$  radiation).

I	d <sub>meas.</sub>	d <sub>calc.</sub>	hkl	A.B.T. de cette étude	A.B.T. de Guillemin
100	7.83	7.841	002	7.80	
5	7.31	7.300	011	7.29	
5	7.02	7.060	011	7.02	
5	5.744	{ 5.749	101		
		{ 5.744	012	5.744	5.77 ff
< 5	5.501	5.512	012	5.490	
< 5	5.224	{ 5.228	003		
		{ 5.227	110	5.223	
< 5	5.127	5.118	102	5.120	
5	4.803	4.788	110	4.805	
< 5	4.179	4.185	103	4.165	
30	4.022	4.036	020	4.016	
60	3.925	3.921	004	3.935	3.93 F
10	3.906	3.904	103	3.906	
30	3.850	3.871	021	3.849	
5	3.586	3.585	014	3.586	3.55 ff
< 5	3.445	3.448	104	3.437	
70	3.260	3.260	023	3.264	3.27 ff
15	3.176	{ 3.177	200		
		{ 3.163		3.169	
40	3.107	3.101	121		
70	3.070	3.072	122	3.107	
< 5	3.005	{ 3.025	201	3.077	3.09 FF
		{ 3.020	211		
15	2.963	2.965	202	3.016	
5	2.867	{ 2.870	015	2.963	
		{ 2.868	210		
		{ 2.863	123	2.867	
40	2.825	2.805	211		
5	2.658	2.653	203	2.829	2.84 mF
		{ 2.614	115	2.658	
50	2.611	{ 2.614	220		
		{ 2.562	006	2.611	2.62 mF
10	2.561	{ 2.559	130		
		{ 2.528	204	2.559	
15	2.525	{ 2.524	025		
		{ 2.408	131	2.523	2.53 ff
10	2.409	{ 2.402	214		
		{ 2.387	130	2.405	2.40 f
10	2.387	2.387	204	2.387	
5	2.336	{ 2.339	221		
		{ 2.338	132	2.333	
< 5	2.310	{ 2.316	205		
		{ 2.310	133	2.310	
		{ 2.309	223		
< 5	2.243	{ 2.244	223		
		{ 2.241	222	2.240	

Tab. 1 Continue

I	$d_{\text{meas.}}$	$d_{\text{calc.}}$	hkl	A.B.T. de cette étude	A.B.T. de Guillemin
5	2.136	{ 2.136 2.136 2.094	231 017 311	2.132	
5	2.095	{ 2.093 2.083 2.082 2.080	206 117 302 301	2.095	
10	2.082	{ 2.005 2.002	310 035	2.077	
10	2.004	{ 1.976 1.975 1.964	224 140 141	2.006	
< 5	1.975	{ 1.804 1.800	314 143	1.973	
10	1.966	{ 1.767 1.766	241 331	1.966	1.96 ff
5	1.805	{ 1.726 1.725	235 137	1.806	
5	1.767	{ 1.678 1.673	236	1.768	
5	1.725			1.725	
5	1.676			1.674	

Gandolfi (114.6 mm de diamètre, Cu K $\alpha$ ). Les valeurs de  $d_{\text{calc.}}$  et  $d_{\text{mes.}}$  sont données dans le tableau 1. Comme tous les cristaux sont maclés, les diagrammes de diffraction de monocristaux sont difficiles à obtenir. Néanmoins nous avons pu utiliser un petit fragment de clivage qui était acceptable optiquement. Avec la méthode de rotation, nous avons obtenu les dimensions suivantes de la maille élémentaire:  $a = 6.4$ ,  $b = 8.1$ ,  $c = 15.7$  Å. Le diagramme de précession hk0, de bonne qualité, a donné l'angle  $\gamma = 95^\circ$  et confirmé les dimensions  $a$  et  $b$ . En revanche 0kl et h0l sont très influencés par le maclage. Sur 0kl nous avons mesuré un angle  $\alpha = 92^\circ$  qui nous permettait d'obtenir  $b = 8.1$  et  $c = 15.7$  Å. L'angle  $\beta$  est difficile à mesurer d'une façon exacte sur la strate h0l; sa valeur semble comprise entre 94.5 et 96.5°. En nous fondant sur ces données, nous avons utilisé la méthode ITO pour indexer le diagramme de poudre. Cette indexation est raisonnable (Tab. 1) du fait qu'elle confirme les dimensions de la maille élémentaire obtenue par les méthodes de rotation. Ensuite ces paramètres ont été affinés par la méthode des moindres carrés à partir du diagramme de poudre. Le minéral

est triclinique avec:  $a = 6.639(3)$ ,  $b = 8.110(3)$ ,  $c = 15.732(9)$  Å,  $\alpha = 92.01(5)^\circ$ ,  $\beta = 93.87(5)^\circ$ ,  $\gamma = 95.02(4)^\circ$ .  $V = 810.3(5)$  Å $^3$ . Le rapport  $a:b:c$  calculé à partir de la dimension de la maille élémentaire est: 0.8186:1:1.9398. Pour  $c < a < b$ , ce rapport est 0.5155:1:0.4065. Avec  $Z = 4$  et la formule chimique, la densité calculée  $d_{\text{calc.}}$  vaut 3.71 g/cm $^3$ . Ces données sont résumées dans le tableau 2.

## Discussion et conclusion

Ce nouveau minéral est la phase naturelle de l'arséniate bicuprique trihydraté (A.B.T.) qui a été synthétisé, entre autres, par GUILLEMIN (1956), à température ordinaire, en dissolvant

Tab. 2 Données cristallographiques de la geminite

$a = 6.639 (3)$	$\alpha = 92.01 (5)^\circ$
$b = 8.110 (3)$	$\beta = 93.87 (5)^\circ$
$c = 15.732 (9)$ Å	$\gamma = 95.02 (4)^\circ$
$V = 810.3 (5)$ Å $^3$	$Z = 4$ $d_{\text{calc.}} = 3.71$ g/cm $^3$

9.2 g de  $\text{As}_2\text{O}_5$  anhydre dans 100 cm<sup>3</sup> d'eau en y ajoutant lentement 3.5 g de malachite. Nous avons synthétisé l'A.B.T. avec la même méthode afin de pouvoir étudier ses propriétés physiques et optiques, son diagramme de poudre et sa chimie. La réaction, est rapide; on obtient des cristaux de A.B.T. très abondants (Fig. 4). L'étude de l'A.B.T. que nous avons synthétisé nous permet de constater que:

1. Les propriétés physiques et optiques de l'A.B.T. sont totalement identiques à celles de la geminite. Les propriétés optiques indiquées par GUILLEMIN (1956) sont erronées: il donne  $n_g = 1.690$  et  $n_p = 1.685$  et trouve que le plan des axes optiques est dans le plan d'aplatissement. Or le

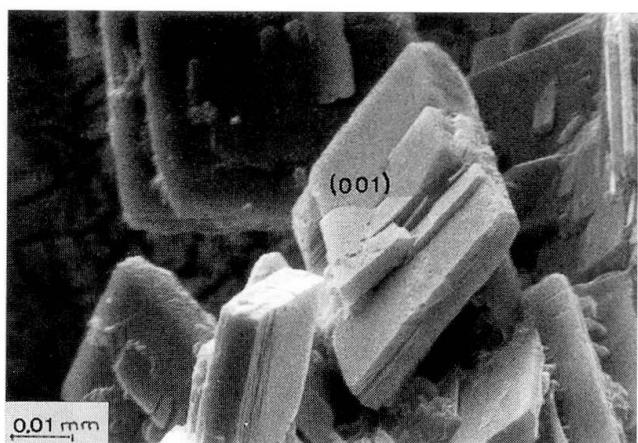


Fig. 4 Cristaux synthétiques de l'A.B.T. (arséniate bicuprique trihydraté). Photographie au microscope électronique à balayage du Muséum de Genève, par le Dr Jean Wuest.

plan des axes optiques est presque perpendiculaire au plan d'aplatissement du fait que  $\gamma'$  et  $\beta'$  se trouvent dans ce plan d'aplatissement, que  $\alpha'$  est presque perpendiculaire à celui-ci (001) et que l'A.B.T. est biaxe (+).

On peut aussi prouver à l'aide de la relation de Gladstone-Dale que la densité donnée par Guillemin est erronée: si l'on considère ses données, à savoir  $n_m = 1.687$  et  $d = 3.08$ , on a  $K_p = \frac{0.687}{3.08} = 0.223$ . Or,  $K_c$  calculé à partir de l'analyse chimique est 0.184. Alors  $1 - \frac{K_p}{K_c} = -0.212$ , ce qui est impossible.

2. Le diagramme de poudre de l'A.B.T. que nous avons synthétisé et celui de la geminite sont totalement identiques (Tab. 1). Ces diagrammes peuvent être obtenus auprès des auteurs, pour la comparaison directe. Celui donné par Guillemin est incomplet (Tab. 1).

3. Les cristaux d'A.B.T. sont également macle, de la même façon que ceux de la geminite.

4. Les courbes de l'A.T.G. de la geminite et celle donnée par Guillemin pour l'A.B.T. sont identiques. Pour la geminite, la perte de poids commence aux environs de 120 °C et se poursuit jusqu'à 300 °C, ce qui correspond à une perte de 11%; cela correspond à la teneur en H<sub>2</sub>O (Fig. 3).

5. Les courbes I.R. effectuées avec la geminite et l'A.B.T. sont identiques (Fig. 5). Nous avons également effectué des études I.R. sur des arsénates tels que érythrite, adamite, fluckite, sainfeldite, pharmacolite, contenant ou non des groupements acides HAsO<sub>4</sub>. La comparaison des bandes d'absorption entre 600 et 1000 cm<sup>-1</sup> de la geminite et de ces arsénates nous indique,

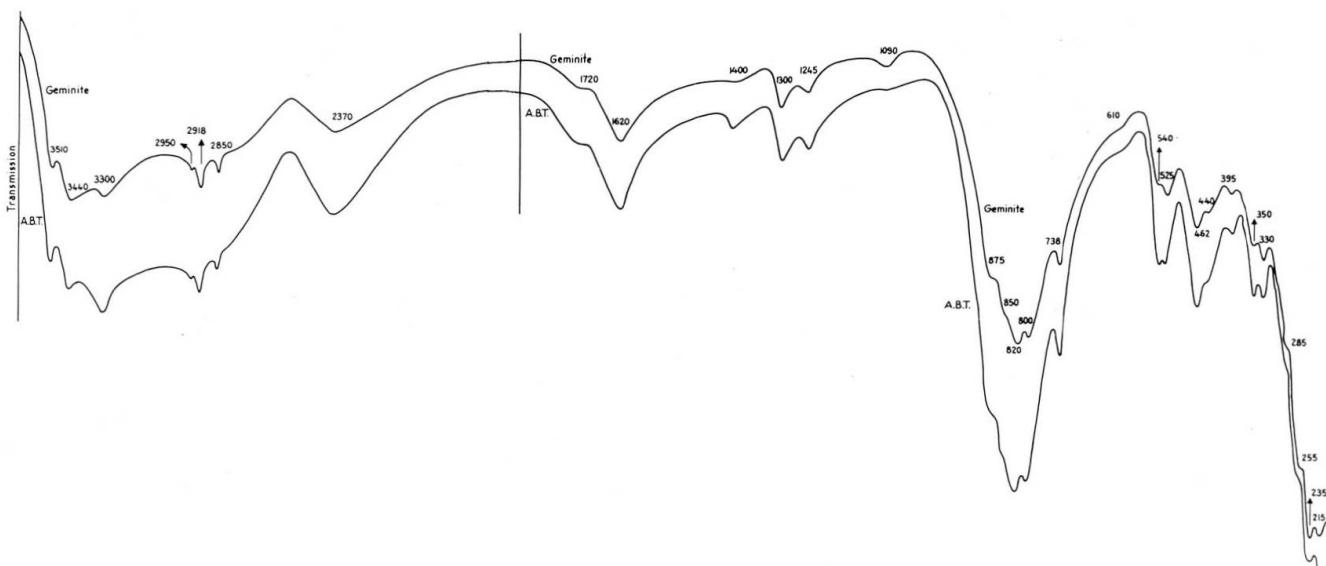


Fig. 5 Spectre d'absorption infrarouge entre 4000 et 200 cm<sup>-1</sup> pour la geminite et l'A.B.T. (spectrophotomètre infrarouge Perkin-Elmer).

d'après FARMER (1974), que dans la geminite il pourrait y avoir des groupements acides HAsO<sub>4</sub>. Donc la formule que nous avons donnée Cu<sub>2</sub>As<sub>2</sub>O<sub>7</sub> • 3 H<sub>2</sub>O pourrait s'écrire sous forme de Cu<sub>2</sub>(HAsO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> • 2 H<sub>2</sub>O.

De ce qui vient d'être dit, il est évident que la geminite est la phase naturelle de l'A.B.T., qu'elle se forme dans la nature par l'attaque de l'acide arsénique sur de la malachite et que ce minéral est stable.

#### Remerciements

Nous remercions Mme Martine Ulmann pour l'analyse chimique et M. Paul Tissot pour A.T.G.

#### Références

- FARMER, V.C. (1974): Infrared spectra of minerals. Mineral. Soc. of London. Min. Soc. Monogr. vol. 4, 539 p.
- GUILLEMIN, C. (1956): Contribution à la minéralogie des arsénates, phosphates et vanadates de cuivre. Bull. Soc. Fr. Min. Crist. 79, 1-95.
- MANDARINO, J.A. (1981): The Gladstone-Dale relationship: Part IV. The compatibility concept and its applications. Can. Min., 19, 441-450.
- MARI, G. et ROSTAN, P. (1986): La Mine du Cap Garonne (Var). Géologie et Minéralogie. IMG, 87 p.

Manuscrit reçu le 15 février 1990, accepté le 22 mars 1990.