

La defernite, $\text{Ca}_6(\text{CO}_3)_2(\text{OH}, \text{Cl})_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, un nouveau carbonate de calcium chloro-hydroxylé

par HALIL SARP ⁽¹⁾, MEHMET F. TANER ⁽²⁾, JACQUES DEFERNE ⁽¹⁾,
HÉLÈNE BIZOUARD ⁽³⁾ et BERNARD W. LIEBICH ⁽⁴⁾,

(1) Département de minéralogie du Muséum d'Histoire naturelle,
1, route de Malagnou, 1211 Genève 6, Suisse.

(2) M. T. A. Enstitüsü, Maden Etüd Subesi, Ankara, Turquie.

(3) Laboratoire de Pétrographie et Laboratoire de Microanalyse électronique,
Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, 91405 Orsay, France.

(4) Laboratoire de cristallographie aux Rayons X, Université de Genève,
24, quai Ernest Ansermet, 1211 Genève 4, Suisse.

Résumé. — Un nouveau minéral, la defernite, a été mis en évidence dans des skarns produits par une intrusion granitique dans des calcaires d'âge crétacé près de Güneyce-Ikizdere, province de Trabzon, dans les Pontides orientales, en Turquie. Sa composition chimique est $\text{Ca}_6(\text{CO}_3)_2(\text{OH}, \text{Cl})_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. La defernite est orthorhombique avec une structure basée sur le groupe spatial $Pna2_1$ ou $Pnam$. Les paramètres de la maille élémentaire sont $a = 17,860(5)$, $b = 22,775(6)$ et $c = 3,658(1)$ Å. Les principales raies de diffraction correspondent à 11,37(100), 8,29(35), 5,68(30), 3,045(40), 2,899(50), 2,418(35), 1,962(35), 1,894(25) et 1,825(40) Å. Le minéral se présente en grains subidiomorphes et en lamelles centroradiées dont les dimensions varient entre 100 et 200 µm. La densité mesurée est 2,5 g/cm³ contre 2,42 g/cm³ pour la densité calculée. Les indices observés sont $\alpha = 1,546$, $\beta = 1,572$ et $\gamma = 1,576$. L'orientation optique est $a = \gamma$, $b = \beta$ et $c = \alpha$.

Associés à la defernite on trouve la vésuvianite, l'andradite, le diopside, la calcite, la spurrite, la rustumite et l'hillebrandite. Ce nouveau minéral est considéré comme un produit d'altération formé aux dépens de la spurrite et de la rustumite.

La description de ce minéral ainsi que son nom ont été approuvés par la commission des nouveaux minéraux de l'I.M.A. Le matériel original est déposé au Muséum d'histoire naturelle de Genève.

Mots clés : defernite, nouveau minéral, carbonate chloro-hydroxylé de Ca.

Defernite, $\text{Ca}_6(\text{CO}_3)_2(\text{OH}, \text{Cl})_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, a new chloro-hydroxy calcium carbonate.

Abstract. — A new mineral with the composition $\text{Ca}_6(\text{CO}_3)_2(\text{OH}, \text{Cl})_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ has been found in the Eastern Pontides (Turkey). It has been named defernite after Jacques Deferne, Curator of the department of mineralogy of the Muséum d'Histoire naturelle in Geneva. Single crystal X-ray photographs indicate defernite to be orthorhombic with a structure based on the probable space group $Pna2_1$ or $Pnam$. The lengths of the edges of the unit cell are : $a = 17.860(5)$, $b = 22.775(6)$, $c = 3.658(1)$ Å. The strongest powder diffraction lines occur at 11.37(100), 8.29(35), 5.68(30), 3.045(40), 2.899(50), 2.418(35), 1.962(35), 1.894(25) and 1.825(40) Å. The mineral is subhedral with fanshaped forms varying in size between 100 and 200 µm. The measured density is 2.5 g/cm³, the calculated 2.42 g/cm³. It is optically biaxial negative with $2V_\alpha = 42^\circ$ and dispersion $r < v$ moderate. The refractive indices in white light are : $\alpha = 1.546$, $\beta = 1.572$ and $\gamma = 1.576$ with optical orientation $a = \gamma$, $b = \beta$ and $c = \alpha$.

Defernite occurs in skarn produced by a granitic intrusion in Cretaceous limestone near Güneyce-Ikizdere, Trabzon County, Turkey. Associated with defernite are vesuvianite, wollastonite, andradite, diopside, calcite, spurrite, rustumite and hillebrandite. This new mineral is considered to be an alteration product of primary skarn minerals.

Both mineral and name have been approved by the Commission on new Minerals and Mineral Names of the International Mineralogical Association (I.M.A.). Type material is deposited in the Muséum d'Histoire naturelle of Geneva (Switzerland).

Key words : defernite, new mineral, chloro-hydroxy calcium carbonate.

INTRODUCTION

Un nouveau minéral a été mis en évidence dans des échantillons de skarn récoltés par M. F. Taner au cours d'une étude pétrographique d'une région des Pontides orientales (Turquie). Il s'agit d'une zone de métamorphisme de contact granite/calcaire proche de Güneyce-Ikizdere. L'affleurement est situé à une altitude de 2 150 mètres, à la croisée des coordonnées 22 200 et 11 800 de la carte topographique Trabzon (G 44 b₃ - C₁) au 1 : 25 000.

Ce minéral a été nommé defernite en hommage au Dr Jacques Deferne, conservateur du département de minéralogie du Muséum d'histoire naturelle de Genève.

Ce nouveau minéral ainsi que son nom ont été approuvés par la Commission des nouveaux minéraux de l'Association internationale de Minéralogie (I.M.A.). Les échantillons types sont conservés au département de minéralogie du Muséum d'histoire naturelle de Genève.

Dans la zone mentionnée ci-dessus, au contact d'un filon de tonalite porphyrique, les assises volcano-

sédimentaires d'âge Crétacé inférieur ont subi un métamorphisme de contact (Taner, 1976). Les calcaires ont donné des skarns dans lesquels on peut reconnaître la vésuvianite, la wollastonite, la calcite, le diopside, l'andradite, la magnétite et, plus rarement, la monticellite. On y observe également des minéraux inhabituels tels la spurrite, la rustumite, la tilleyite qui témoignent d'un métamorphisme thermal très élevé. La defernite est présente dans cet assemblage où elle constitue un produit secondaire de la spurrite et de la rustumite. Elle est souvent accompagnée par l'hillebrandite, la foshagite et la calcite. Elle se présente en petits cristaux subidiomorphes à idiomorphes d'environ 100 à 200 μm et qui peuvent former des plages fibro-radiées (Figure 1). Elle n'est jamais altérée.

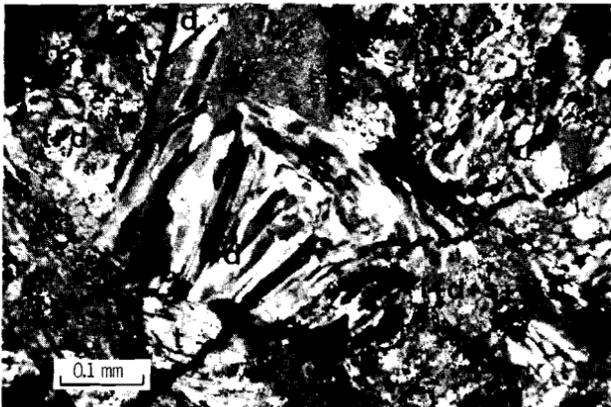


FIG. 1. — Defernite montrant ses macles polysynthétiques. d = defernite, t = tilleyite, s = spurrite, c = calcite.

COMPOSITION CHIMIQUE

L'analyse chimique de la defernite a été effectuée au moyen de la microsonde électronique en raison de l'extrême petitesse des cristaux.

Les témoins utilisés ont été l'aragonite pour le carbone, la wollastonite pour le calcium et le silicium, et la scapolite pour le chlore. Nous n'avons pas utilisé de témoins proches chimiquement de l'échantillon et, en particulier, pas de témoins hydratés. En effet, le dommage que subit un échantillon sous la sonde, c'est-à-dire la migration de certains éléments comme Na, K et probablement (OH), varie passablement d'une espèce minérale à l'autre. Il est donc délicat d'utiliser des témoins hydratés car les résultats sont alors entachés des incertitudes du témoin en plus de celles de l'échantillon. Il faut toutefois noter que les analyses de minéraux hydratés à partir de témoins anhydres semblent fournir des valeurs un peu déficitaires, ce qui a pour conséquence de surévaluer légèrement les teneurs en H_2O calculées par différence (Sarp *et al.*, 1976, 1977 et 1979).

L'analyse des éléments de numéro atomique supérieur à 10 ne pose plus de problèmes fondamentaux. Par contre, il faut prendre des précautions toutes particulières pour les éléments très légers (Bizouard et Charpentier, 1979). Les énergies des raies X profondes de ces derniers sont très sensibles aux liaisons chimiques et l'on doit tout d'abord vérifier la position de la raie. Le

décalage de la raie $\text{K}\alpha\text{C}$ observé pour la defernite par rapport au témoin aragonite est de l'ordre de la minute d'angle et a entraîné une baisse du signal faible, inférieure à 2%. Par contre, la raie $\text{K}\alpha\text{O } 2d$ est assez proche de $\text{K}\alpha\text{C } 1d$, respectivement $\sin \theta$ de 0,47732 et 0,45166. Il n'y a pas de superposition à l'aplomb du pic mais la mesure du fond continu dans ce domaine d'angle doit se faire à l'extérieur de l'intervalle $\text{K}\alpha\text{C}$ et $\text{K}\alpha\text{O } 2d$. Nous avons défini un décalage, exprimé en sinus θ , de 0,0600 par rapport à la position du pic $\text{K}\alpha\text{C}$ comme zone sans interférence pour une mesure valable du bruit de fond.

Échantillon et témoins ont été métallisés simultanément à Al (env. 200 Å). Un système d'anticondensation a été utilisé pour empêcher le dépôt de C et Si sur la surface des échantillons. Malgré cette précaution, il faut éviter des temps d'exposition supérieurs à 30 secondes. La contamination due à la préparation a été estimée à 0,3% C dans les conditions les plus défavorables : polissage au diamant, nettoyage à l'alcool, métallisation au C, puis décapage pour une seconde métallisation au Ni. L'existence de cette contamination possible demande que l'on repense le mode de préparation des échantillons mais elle peut toujours être considérée comme faible et n'influe pas sur l'ordre de grandeur de nos résultats vu les autres sources d'imprécisions. Le temps de comptage sur chaque élément a été de 10 secondes, le débit électronique de 12 nA mesuré au cylindre de Faraday, la tension d'accélération de 15 kV et la

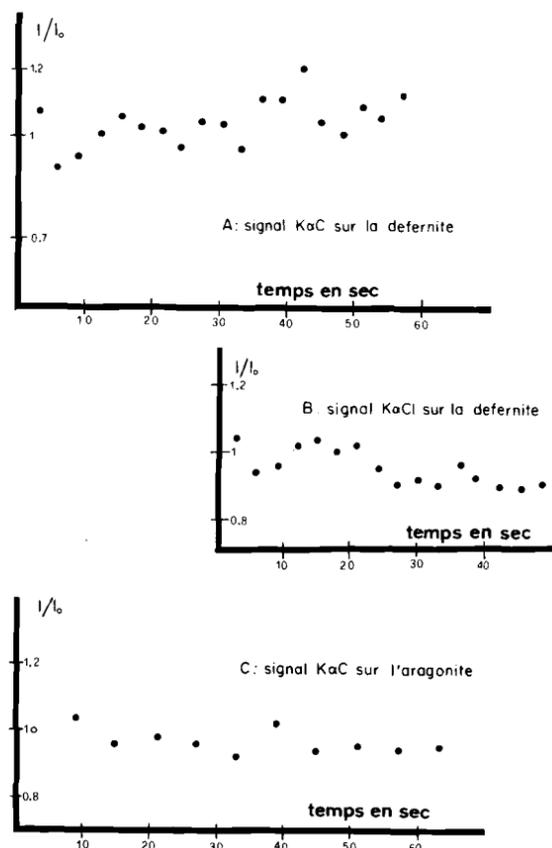


FIG. 2. — Évolution des signaux X en fonction du temps d'exposition sous l'impact de la sonde dans les conditions suivantes : 15 kV, 12 nA, surface balayée $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$.

surface explorée de $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ (scanning). Dans ces conditions les signaux émis par les témoins et l'échantillon étaient stables (Figure 2). De plus l'analyse a été faite en mode automatique (Bizouard et Boxho, 1978), le carbone, le chlore et le calcium étant analysés simultanément, le silicium ensuite.

Les dispersions enregistrées d'un point à l'autre sont inférieures à celles correspondant à la statistique de comptage. Nous avons utilisé la méthode de correction ZAF (programme MAGIC IV de Colby) avec

— la correction de Z par la méthode de Bishop (1968) légèrement différente de celle de Philibert et Tixier (1968);

— la correction de fluorescence F de Reed (1965);
— la correction d'absorption A de Philibert (1963), modifiée pour les éléments légers par Ruste (1979), Coppola *et al.* (1977). Les coefficients d'absorption choisis pour la raie $\text{K}\alpha\text{C}$ sont ceux publiés par Henke et Ebsu (1974), les autres par Frazer (1967).

La composition chimique de la defernite a été établie sur la moyenne de 18 analyses effectuées sur trois plages différentes. Les résultats montrent que Ca, C, Cl et Si sont les seuls éléments majeurs présents dans la defernite à l'exclusion de tout autre. Leur répartition s'est révélée uniforme. Le tableau I indique les concentra-

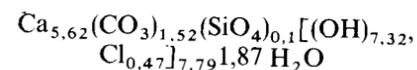
| | Résultats expérimentaux exprimés en % pondéraux | | Résultats expérimentaux exprimés en % d'oxydes | | Résultats en nombres d'atomes. | | |
|----|---|--------------------|--|--------------------|--------------------------------|------------------|------|
| | Concentr. apparente | Concentr. corrigée | | précision | | | |
| Ca | 45.0 | 45.0 | CaO | 62.9 | 0.8 | Ca | 5.62 |
| Si | 0.52 | 0.5 | SiO ₂ | 1.2 | 0.1 | Si | 0.1 |
| C | 3.03 | 3.66 | CO ₂ | 13.4 ¹ | 1.5 | C | 1.52 |
| Cl | 3.65 | 3.3 | Cl | 3.3 | 0.2 | Cl | 0.47 |
| | | | Somme | 80.8 | | (OH) | 7.32 |
| | | | O = Cl | - 0.74 | | H ₂ O | 1.87 |
| | | | Total | 80.06 | | | |
| | | | H ₂ O | 19.94 ² | | | |

¹ Dans une première série d'analyses nous avions proposé des valeurs pouvant atteindre 16.8%. Après un examen critique des formules de correction nous proposons une valeur nouvelle que nous jugeons plus proche de la réalité.

² par différence.

TABLEAU I. — Composition chimique de la defernite : moyenne de 18 analyses obtenues par microsonde sur 3 plages différentes.

tions apparentes et corrigées, exprimées en pour cent pondéraux d'atomes puis en pour cent d'oxydes avec estimation de la teneur en eau par différence et, enfin, les nombres relatifs d'atomes rapportés à 0,1 pour le silicium. Ce résultat d'analyse nous permet d'établir la formule suivante pour la defernite :



La formule idéalisée la plus probable doit donc s'écrire :



La quantité des groupes OH^- est fortement supérieure à celle des ions Cl^- et le rapport OH/Cl est voisin de 15. Comme n , le nombre de molécules de H_2O , est proche de 2, on pourrait écrire la formule de la defernite comme suit :



ce qui conviendrait aussi pour $Z = 8$.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET OPTIQUES

Sous le microscope stéréoscopique, la defernite apparaît blanche et son éclat est vitreux. En coupe mince, elle est incolore. Elle montre un clivage $\{010\}$ parfait ainsi que $\{100\}$ distinct. On observe de rares macles simples

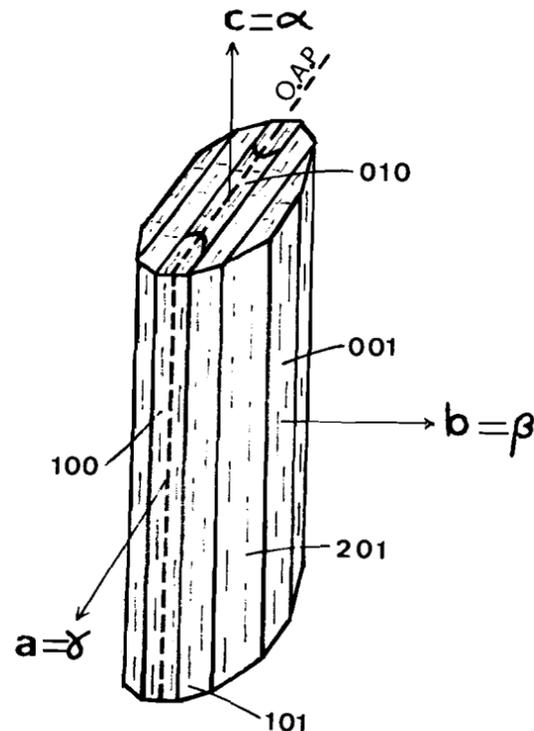


FIG. 3. — Habitus et disposition des éléments optiques de la defernite (la forme est reconstituée à partir de sections observées en lame mince).

| | |
|---------------------------------|--|
| Système cristallin | : orthorhombique |
| Maille élémentaire ¹ | : a = 17.860 (5) Å b = 22.775 (6) Å c = 3.658 (1) Å V = 1487.9 Å ³ |
| Groupe spatial | : Pna2 ₁ ou Pnam z = 4 |
| Poids spécifique | : calculé : 2.42 g/cm ³ mesuré ² : 2.5 g/cm ³ |
| Signe optique | : biaxe négatif 2V _a = 42° |
| Indices de réfraction | : α = 1.546 ± 0.001 β = 1.572 ± 0.001 γ = 1.576 ± 0.001 |
| Biréfringence | : γ - α = 0.030 |
| Dispersion | : v > r, modérée |
| Couleur et éclat | : incolore, éclat vitreux |
| Pliochroïsme | : nul |
| Extinction | : parallèle |
| Allongement | : négatif |
| Clivages | : {010} parfait; {100} distinct |
| Macles | : rares; simples et lamellaires (010) |
| Orientation optique | : a = γ, b = β, c = α |
| Solubilité | : soluble dans HCl à froid avec effervescence. |

¹ d'après des diagrammes de Weissenberg, de précession et de poudre.

² dans la liqueur de Clerici diluée à l'eau distillée.

TABLEAU II. — Données cristallographiques, propriétés physiques et optiques de la defernite.

et lamellaires dont les plans sont parallèles à (010) (Figure 3).

Le poids spécifique, 2,5 g/cm³ a été mesuré par suspension dans la liqueur de Clerici diluée à l'eau distillée. La différence avec le poids spécifique calculé, 2,42 g/cm³, est due à l'extrême petitesse des grains et à la difficulté d'en trouver un qui soit totalement dépourvu d'inclusions.

Les propriétés optiques ont été établies en coupe mince et à l'aide d'une platine à aiguille. Les indices ont été mesurés à l'aide de liqueurs étalonnés au réfractomètre. Le tableau II résume les propriétés de la defernite.

DONNÉES RADIOCRISTALLOGRAPHIQUES

Le diagramme de poudre de la defernite a été établi à l'aide d'une caméra Gandolfi de 114,6 mm de diamètre. Les diagrammes de Weissenberg et de précession ont permis d'établir un groupe spatial orthorhombique primitif ainsi que les paramètres de la maille.

Les lois d'extinction observées : *hkl* : pas de condi-

tions; *Ok*l : *k* + *l* ≠ 2*n*; *h*0*l* : *h* ≠ 2*n*, indiquent comme groupe spatial probable *Pna*2₁ ou *Pnam*.

Le tableau III permet de comparer les valeurs *d*_{obs.} et *I*_{obs.} observées avec les valeurs *d*_{calc.} calculées à l'aide du programme LAZY PULVERIX (Yvon *et al.*, 1977) pour le groupe spatial *Pna*2₁ ou *Pnam*. Les diagrammes de diffraction ont permis d'obtenir les valeurs suivantes des paramètres de la maille : *a* = 17,860(5), *b* = 22,775(6) et *c* = 3,658(1) Å. L'étude de la structure est actuellement en cours.

PARAGENÈSE

Les skarns dans lesquels on trouve la defernite renferment des minéraux inhabituels tels la spurrite Ca₅Si₂O₈(CO₃), la rustumite Ca₄Si₂O₇(OH)₂, et la tilleyite Ca₅Si₂O₇(CO₃)₂ en plus des minéraux courants de ces roches, vésuvianite, diopside, wollastonite, andradite, calcite et magnétite (Taner, 1976). Cette association minérale caractérise le faciès spurrite-merwinite dont les conditions de formations correspondent à une température élevée et une pression faible.

| <i>hkl</i> | <i>d</i> _{calc.} | <i>d</i> _{obs.} | <i>I</i> _{obs.} | <i>hkl</i> | <i>d</i> _{calc.} | <i>d</i> _{obs.} | <i>I</i> _{obs.} | <i>hkl</i> | <i>d</i> _{calc.} | <i>d</i> _{obs.} | <i>I</i> _{obs.} |
|------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 110 | 14.054 | | | 151 | 2.817 | | | 281 | 2.179 | | |
| 020 | 11.388 | | | 180 | 2.811 | | | 830 | 2.142 | | |
| 120 | 9.602 | 11.37 | 100 | 550 | | 2.810 | 10 | 641 | 2.140 | | |
| 200 | 8.930 | | | 411 | 2.808 | | | 471 | 2.135 | | |
| 210 | 8.314 | 8.29 | 35 | 630 | 2.771 | 2.761 | 20 | 3100 | 2.127 | | |
| 220 | 7.027 | | | 421 | 2.746 | | | 561 | 2.120 | 2.118 | 5 |
| 130 | 6.987 | | | 341 | 2.734 | | | 760 | 2.118 | | |
| 230 | 5.784 | | | 251 | 2.717 | | | 381 | 2.102 | | |
| 310 | 5.760 | | | 280 | 2.712 | | | 711 | 2.084 | | |
| 040 | 5.694 | 5.68 | 30 | 431 | 2.651 | 2.645 | 5 | 091 | 2.081 | | |
| 140 | 5.425 | | | 640 | 2.638 | | | 840 | 2.078 | | |
| 320 | 5.276 | | | 470 | 2.630 | | | 191 | 2.067 | | |
| 240 | 4.801 | | | 161 | 2.606 | 2.594 | 5 | 590 | 2.065 | | |
| 330 | 4.685 | | | 560 | 2.601 | | | 651 | 2.059 | | |
| 400 | 4.465 | | | 351 | 2.572 | | | 721 | 2.058 | 2.056 | 10 |
| 150 | 4.414 | | | 380 | 2.568 | | | 680 | 2.057 | | |
| 410 | 4.382 | | | 511 | 2.540 | | | 1110 | | | |
| 420 | 4.157 | 4.14 | 10 | 710 | 2.536 | | | 4100 | 2.029 | | |
| 340 | 4.115 | | | 441 | 2.534 | | | 291 | 2.027 | 2.020 | 5 |
| 250 | 4.058 | 4.05 | 10 | 261 | 2.526 | | | 731 | 2.017 | | |
| 430 | 3.849 | | | 190 | 2.506 | | | 2110 | | | |
| 060 | 3.796 | 3.79 | 5 | 521 | 2.494 | | | 571 | 2.010 | | |
| 160 | 3.713 | | | 650 | 2.492 | 2.485 | 5 | 770 | 2.008 | | |
| 350 | 3.618 | | | 720 | 2.490 | | | 481 | 2.007 | | |
| 011 | 3.612 | | | 290 | 2.435 | | | 850 | 2.005 | | |
| 111 | 3.540 | | | 071 | 2.431 | | | 910 | 1.977 | | |
| 510 | 3.529 | 3.50 | 20 | 531 | 2.422 | 2.418 | 35 | 661 | 1.973 | | |
| 440 | 3.514 | | | 730 | 2.419 | | | 391 | 1.965 | | |
| 260 | 3.493 | | | 171 | 2.409 | | | 741 | 1.964 | 1.962 | 35 |
| 121 | 3.418 | | | 361 | | | | 3110 | 1.956 | | |
| 520 | 3.408 | 3.40 | 10 | 570 | 2.405 | | | 920 | 1.955 | | |
| 201 | 3.385 | | | 451 | 2.404 | | | 690 | 1.928 | | |
| 211 | 3.348 | | | 480 | 2.401 | | | 860 | 1.924 | | |
| 031 | 3.295 | | | 271 | 2.346 | | | 1101 | 1.922 | 1.920 | 5 |
| 221 | 3.245 | | | 660 | 2.342 | | | 5100 | | | |
| 131 | 3.241 | | | 541 | 2.332 | | | 930 | | | |
| 530 | 3.232 | 3.225 | 10 | 390 | 2.329 | | | 801 | 1.906 | | |
| 170 | | | | 740 | 2.328 | 2.320 | 5 | 581 | 1.902 | | |
| 360 | 3.201 | | | 601 | 2.309 | | | 751 | | | |
| 450 | 3.189 | | | 611 | 2.297 | | | 780 | 1.900 | | |
| 231 | 3.092 | 3.100 | 20 | 461 | 2.278 | | | 811 | 1.899 | | |
| 311 | 3.088 | | | 621 | 2.263 | | | 0120 | 1.898 | 1.894 | 25 |
| 270 | 3.057 | | | 1100 | 2.259 | | | 2101 | 1.890 | | |
| 141 | 3.033 | 3.045 | 40 | 371 | 2.251 | | | 1120 | 1.887 | | |
| 540 | 3.026 | | | 800 | 2.233 | | | 491 | 1.886 | | |
| 321 | 3.006 | 2.990 | 20 | 181 | 2.229 | | | 671 | 1.883 | | |
| 600 | 2.977 | | | 551 | | | | 821 | 1.880 | | |
| 610 | 2.952 | 2.942 | 5 | 580 | | | | 4110 | 1.878 | | |
| 241 | 2.910 | | | 750 | 2.226 | 2.225 | 15 | 940 | 1.874 | | |
| 460 | 2.892 | 2.899 | 50 | 810 | 2.222 | | | 2120 | 1.857 | | |
| 331 | 2.883 | | | 631 | 2.209 | | | 831 | 1.848 | | |
| 620 | 2.880 | | | 2100 | 2.207 | | | 870 | 1.841 | | |
| 370 | 2.855 | | | 670 | 2.196 | | | 3101 | 1.839 | | |
| 051 | 2.852 | | | 820 | 2.191 | | | 761 | 1.833 | | |
| 080 | 2.847 | 2.842 | 10 | | | | | 002 | 1.829 | 1.825 | 40 |
| 401 | 2.830 | | | | | | | 950 | 1.819 | | |

¹Les intensités des raies ont été mesurées à l'aide d'un microdensitomètre.

TABLEAU III. — Comparaison entre les distances réticulaires observées sur la defernite et celles calculées à partir des constantes de la maille élémentaire pour le groupe spatial *Pna*2₁ ou *Pnam*.

L'étude expérimentale du système



(Zharikov et Shmlovich, 1969) indique une température de 900° et une pression de 150 atmosphères pour la zone de stabilité du système spurrite-wollastonite. Toutefois Tuttle et Harker (1957) ont montré que la spurrite pouvait se développer au contact de granites à plus basse température en l'absence de vapeur de CO₂. D'autre part, on sait que la vapeur d'eau, peut abaisser la pression partielle de CO₂. La présence de rustumite pourrait confirmer l'existence de telles vapeurs qui auraient alors permis la cristallisation de spurrite au contact de l'intrusion granitique. Les études de terrain (Taner, 1976) montrent que l'assemblage minéralogique décrit plus haut peut se développer dans les conditions du faciès cornéenne à amphibole sous pression faible de CO₂ et à une température qui peut être estimée à 700°. De même Bizouard *et al.* (1979) ont montré qu'à 780°, température reconnue par thermométrie des inclusions vitreuses, cristallisent l'andradite, la scapolite et la cancrinite dans les ponces du Vésuve, à la suite d'un important thermométamorphisme de contact entre

l'encaissant carbonaté et le magma. Notons encore que Agrell (1965) mentionne que la rustumite peut se former à une température de 600 à 700° avec un rapport H₂O/CO₂ élevé dans la phase gazeuse.

Dans ce processus de métamorphisme de contact la defernite se développe tardivement aux dépens de la spurrite et de la rustumite. Elle est accompagnée par la calcite, la foshagite et l'hillebrandite. Cette dernière se trouve aussi dans les veinules de la roche. La defernite se forme donc à une température notablement inférieure à celle nécessaire à l'apparition de la rustumite et de la spurrite.

Récemment Henmi *et al.* (1977) ont découvert un nouveau minéral, la fukalite Ca₄Si₂O₆(CO₃)(OH)₂, dans des skarns analogues où l'association minérale est identique. La fukalite est également un produit secondaire de la spurrite. Selon les auteurs elle se décompose à 550° sous une pression de 1 kbar en un mélange de foshagite et dellaite.

Reçu le 23 mai 1979
Accepté le 8 octobre 1979

RÉFÉRENCES

- AGRELL, S. O. (1965). — Polythermal metamorphism of limestones at Kilchoan Addnamurchan. *Min. Mag.*, 34, 1-15.
- BISHOP, H. E. (1968). — The absorption and atomic number corrections in electron probe microanalysis. *Brit. J. Appl. Phys.*, ser. 2, 1, 673-684.
- BIZOUARD, H. et BOXHO, P. (1978). — Présentation de l'automatisation d'une microsonde par minicalculateur. *J. Microsc. Spectrosc. Electron.*, 3, 157-164.
- BIZOUARD, H. et CHARPENTIER, F. (1979). — Essai d'analyse du carbone et de l'oxygène dans les minéraux. *J. Microsc. Spectrosc. Electron.*, 4, 149-162.
- BIZOUARD, H., METRICH, N. et CLOCCHIATTI, R. (1979). — Minéralogie comparée des ponces d'Avellino et de Pompéi, Vésuve (Italie). Découverte d'une paragenèse à scapolite, cancrinite, mélanite d'origine magmatique. 8^e R.A.S.T. (*), Lyon, p. 56 (résumé).
- COPPOLA, F., MAURICE, F. et RUSTE, J. (1977). — Détermination des conditions optimales de microanalyse quantitative du carbone dans les aciers austénitiques. 8^e congrès international sur l'optique des rayons X et la microanalyse. Boston 1977.
- FRAZER, J. Z. (1967). — A computer fit to mass absorption coefficient data. Institute for the study of matter, Univ. of California, La Jolla, S. 10, n° 67, 29.
- HENKE, L. B. et EBISU, S. E. (1974). — Advances in X-ray Analysis, 17,150.
- HENMI, C., KUSACHI, I., KAWAHARA, A. and HENMI, K. (1977). — Fukalite, a new calcium carbonate silicate hydrate mineral. *Mineralogical J.*, 8, 374-381.
- PHILIBERT, J. (1963). — A method for calculating the absorption correction in electron probe analysis. X-ray optics and X-ray microanalysis. Academic Press, New-York.
- PHILIBERT, J. et TIXIER, R. (1968). — Some problems with quantitative electron microprobe. Quantitative Electron Microprobe, NBS special publication 218, 133.
- REED, S. J. B. (1965). — Characteristic fluorescence correction in electron probe microanalysis. *Brit. J. Appl. Phys.*, 16, 913.
- RUSTE, J. (1979). — Analyse quantitative des éléments très légers au microanalyseur à sonde électronique de Castaing. *J. Microsc. Spectrosc. Electron.*, 4, 123-136.
- SARP, H., BERTRAND, J. and Mc NEAR, E. (1976). — Vuagnatite, CaAl(OH)SiO₄, a new natural calcium aluminium nesosilicate. *Amer. Mineralogist*, 61, 825-830.
- SARP, H., DEFERNE, J., BIZOUARD, H. et LIEBICH, B. W. (1979). — La parthéite CaAl₂Si₂O₈ · 2 H₂O, un nouveau silicate naturel d'aluminium et de calcium. *Bull. suisse Minéral. Pétrogr.*, sous presse.
- SARP, H., DEFERNE, J. et LIEBICH, B. W. (1977). — La chantalite, CaAl₂SiO₄(OH)₄, un nouveau silicate naturel d'aluminium et de calcium. *Bull. suisse Minéral. Pétrogr.*, 57, 149-156.
- TANER, M. F. (1976). — Étude géologique et pétrographique de la région de Günyece-Ikizdere située au Sud de Rize (Pontides orientales, Turquie). Thèse, Univ. de Genève.
- TUTTLE, O. F. and HARKER, R. I. (1957). — Synthesis of spurrite and reaction : wollastonite + calcite = spurrite + CO₂. *Amer. J. Sci.*, 255, 226-234.
- YVON, K., JETSCHKO, W. and PARTHE, E. (1977). — LAZY PULVERIX, a computer program for calculating X-ray and neutron diffraction powder patterns. *J. Appl. Cryst.*, 10, 73-74.
- ZHARIKOV, V. A. and SHMULOVICH, K. I. (1969). — High temperature mineral equilibria in the system CaO - SiO₂ - CO₂. *Geochem. Int.*, 6/5, 853-869.