

# Les sulfates des Valettes (Valais)

*Texte:*

*Pierre Perroud  
4, rue des Battoirs  
1205 Genève  
et*

*Nicolas Meisser  
5, route du Signal  
1018 Lausanne*

*Photos en couleur:  
Stefan Ansermet  
et*

*Eric Wenger  
Université de Genève*

*Photos au microscope  
électronique à balayage  
Jean Wuest  
Muséum d'Histoire  
naturelle de Genève*

## Introduction

En mai 1986, la Société genevoise de Minéralogie avait organisé une excursion au Mont Chemin, près de Martigny, en Valais. Plusieurs amis du Club vaudois de Minéralogie s'étaient joints à nous et, durant deux jours, nous avons recherché, en divers endroits, scheelite, synchysite, wulfénite, posnjakite et autres minéraux intéressants. La recherche de nuit m'a laissé le souvenir magnifique du ciel fluorescent d'étoiles au-dessus de nos têtes et de la terre illuminée de scheelites à nos pieds: magie du mariage de la lumière blanche et de la lumière noire semant des pierreries enchantées dans l'ombre silencieuse! On se prend à penser aux paroles que Hamlet adresse à son ami: «There are more things in heaven and earth, Horatio, than are dreamt in your philosophy» (I, 5).

Au cours de cette excursion, un de nos amis lausannois nous proposa d'aller reconnaître un petit gisement de blende accompagnée de quelques autres minéraux. Ce fut notre premier contact avec Les Valettes. Pendant que certains recherchaient de jolies espèces alpines associées au quartz, quelques-uns s'intéressèrent aux espèces délavées, pulvérulentes, inesthétiques, quasiment intransportables qui accompagnent le filon de sphalérite. A première vue, rien de très attirant, d'autant plus que les zones intéressantes, restreintes, furent vite épuisées. Les surprises allaient venir plus tard: les échantillons observés au binoculaire apparurent davantage dignes d'intérêt; et le microscope électronique nous révéla, comme toujours, l'ordre et la beauté de l'infiniment petit, réveillant en nous des désirs heideggeriens de questionnement de l'être.

## Géologie

### Situation géologique

La minéralisation étudiée se situe à l'extrémité orientale du massif du Mont Blanc. La géologie de cette région est assez complexe, étant donné la succession des événements orogéniques (antéhercyniens, hercyniens, et alpins) ainsi qu'aux phénomènes tectoniques et métamorphiques leur étant liés.

En remontant la vallée, du Brocard à Sembrancher, on traverse différents ensembles pétrographiques dont l'âge est décroissant; en omettant la couverture quaternaire, on observera (Burri & Jemelin, 1983):

- Un ensemble constitué par des gneiss et des schistes cristallins présentant diverses variations de faciés: gneiss ocellés, migmatitiques, cataclastiques, fortement mylonitisés. Localement ces roches peuvent contenir des lentilles d'amphibolites, ainsi que des couches de marbres à lentilles de magnétite. C'est dans cet ensemble antéhercynien que se situe la minéralisation étudiée.

- Le granite du Mont Blanc, dont l'ensemble cité précédemment constitue l'ancien socle. En effet, la formation de grabens au Carbonifère aurait provoqué la dislocation du socle antéhercynien, et le magma granitique aurait profité du système de failles ainsi créées pour effectuer son intrusion. Cette roche affleure particulièrement bien sur le flanc occidental du Catogne, on la retrouve également au Mont Chemin, près de la Tête des Econduits.

- La zone orientale du Catogne, constituée de schistes cristallins injectés et migmatitisés par le granite du Mont Blanc.

- La couverture mésozoïque autochtone, constituée de roches triasiques (quartzites, arkose, calcaire dolomitique etc.) et de roches jurassi-ques (quartzites, schistes marneux et argileux, calcaires, etc.).

### Gitologie

Une des particularités de la zone minéralisée des Valettes réside dans le fait qu'elle n'est pas en place: elle se situe dans une zone de fauchage, provoqué par le balancement superficiel des têtes de couches. Lors du retrait de l'ancien glacier, les couches schisteuses subverticales ont basculé d'environ 90°, formant actuellement des empilements subhorizontaux. La zone filonienne a subi le même sort; on en retrouve des blocs isolés dans les empilements, ou dans les masses éboulées au pied de ces derniers (Fig. 1 et 2). Dans la roche restée en place, on peut observer, dans une paroi, un filon quartzeux riche en limonite, concordant à la schistosité de l'encaissant; il est probable qu'il s'agisse du même filon, cependant aucune minéralisation sulfurée n'a été trouvée. La zone filonienne est constituée par un ensemble de filons quartzeux, dont la puissance varie de quelques décimètres à quelques centimètres; cependant elle reste très variable étant donné les effets découlant des déformations cataclastiques alpines. On retrouve des blocs minéralisés sur pratiquement toute la longueur de la masse fauchée, c'est-à-dire sur environ 200 m. Il est probable que la zone filonienne se prolonge sous les éboulements plus à l'est.

La minéralisation hypogène est constituée principalement par de la sphalérite et de la pyrite, ces deux minéraux associés au quartz forment le filon le plus important en puissance. De petits filonnets de faible puissance (cm) à galène seule ont également été observés. La pyrrotite a été trouvée dans un seul bloc en mélange avec des fragments de gangue rocheuse cataclasée, de chalcoppyrite et de sphalérite accessoire, le tout forme un filon atteignant jusqu'à 80 mm d'épaisseur.

La paragenèse minérale est typiquement hydrothermale de moyenne température (stade mésothermal).

La mise en place de la minéralisation est d'âge antétriasique; simultanément d'autres filons se sont intrudés dans le socle antéhercynien. Plus tard, lors de l'orogénèse alpine, l'action simultanée du dynamométamorphisme et d'une phase fluide, eut deux effets principaux sur la minéralisation:

- Une remobilisation partielle des minéraux sulfurés qui ont recristallisé.
- Une cataclase de la gangue.

C'est surtout de ces deux effets que résulte la morphologie des assemblages minéraux: sulfures en petits filonnets, éléments bréchiques de gangue noyés dans une masse de sulfures ayant recristallisé. C'est également à la même période que se sont formées les nombreuses fissures du type alpin qui font la renommée minéralogique de cette région parmi les amateurs de minéraux.

Au Mont Chemin, il existe également divers filons de roches ignées, certainement contemporains de la mise en place des minéralisations hydrothermales (Burri & Jemelin, 1983):

- Filons porphyriques acides à quartz- feldspath.
- Filons porphyriques à amphiboles.
- Filons granitiques et microgranitiques.
- Aplite massive.

**Les principaux filons hydrothermaux à Pb-Zn de la région du Mont Chemin (d'après B. Wutzler, 1983, complété)**

<i>Gisement</i>	<i>Gangue</i>	<i>Minéraux hypogènes</i>	<i>Minéraux secondaires</i>	<i>Roche encaissante</i>
Le Botzi	Quartz	Pyrite Chalcopyrite Galène Hématite Cuivre gris		Schistes verts Mylonite Méta-quartz-porphyre
Le Brocard	Quartz Fluorite Calcite	Pyrite Sphalérite Galène		Mylonite Schiste à quartz-séricite
Jeur Verte	Fluorite Calcite Barytine Quartz	Galène Sphalérite		Dolomie
Le Lavanchy	Quartz	Galène Sphalérite Pyrite Arsénopyrite Pyrrhotite		Gneiss et schistes cristallins
La Monnaie	Quartz Fluorite Carbonates	Sphalérite Galène Pyrite Chalcopyrite	Limonite Séricite	Gneiss à séricite
Tête des Econduits	Quartz Fluorite Carbonates Barytine	Galène Sphalérite Pyrite Chalcopyrite	Azurite Malachite Limonite Smithsonite Hémimorphite Wulfénite Aurichalcite Hydrozincite	Méta-quartz-porphyre schistes verts, mylonite
Trappistes	Quartz Fluorite Calcite	Galène Sphalérite Pyrite Chalcopyrite Hématite	Azurite Malachite Greenockite Rosasite Limonite Séricite Wulfénite Hydrozincite Hémimorphite Smithsonite	Mylonite, Schiste à quartz-séricite

Vens	Barytine			Mylonite
Les Valettes	Quartz Muscovite	Sphalérite Galène Pyrite Chalcopyrite Pyrrhotite	Soufre Hawleyite Goethite Boyléite Chalcanthite Coquimbite Dietrichite Fibroferrite Gunningite Gypse Hexahydrite Jarosite Mélantérite Roemerite Rozénite Sidérotile Voltaïte Zinco- copiapite	Gneiss Schistes cristallins

## Minéralogie

Les minéraux étudiés peuvent être répartis, pour la commodité de l'exposé, en quatre catégories. Premièrement, la gangue du filon, composée essentiellement de quartz. Deuxièmement, les sulfures primaires hypogènes, paragenèse classique BGPC d'origine hydrothermale. Troisièmement, les minéraux secondaires supergènes, dérivés de l'altération des sulfures: on trouve du soufre natif, un sulfure de néoformation, des hydroxydes de fer et, surtout, une importante variété de sulfates. Quatrièmement, certains minéraux entrant dans la composition de la roche encaissante et quelques minéraux accessoires des fissures de type alpin.

Le but de ce travail étant un inventaire du gisement et non une étude détaillée de chacun des minéraux, nous avons limité les analyses à ce qui était nécessaire pour identifier les différentes espèces. Nous faisons part de nos propres critères de détermination et de vérification. Des données complémentaires se trouvent dans les ouvrages de minéralogie descriptive et dans les publications originales.

### La gangue

*Quartz*, SiO<sub>2</sub> rhomboédrique

La gangue est composée de quartz blanc. Comme on se trouve à un affleurement, le quartz a un aspect fortement corrodé par les solutions acides dégagées à la suite de l'oxydation des minéraux sulfurés; ces derniers ont été attaqués et dissous, laissant de nombreuses alvéoles, ce qui donne à la gangue un aspect carié. Ces cavités contiennent souvent des restes de sulfures en voie d'altération, ainsi que des sulfates supergènes. Aux expontes du filon, le quartz est associé à l'albite et à la muscovite.

### Les sulfures primaires

Sphalérite, pyrite, galène, chalcopyrite constituent une paragenèse fré-

1  
*Site des Valettes (St. A.)*

2  
*Détail de l'affleurement (St. A.)*



1

2





14

15





En section polie la sphalérite des Valettes est grise, isotrope, avec des réflexions internes brun-rouge, ambrées; elles font apparaître de fines stries parallèles qui sont le signe d'une altération le long des clivages. Elle a été observée, sur une même section très didactique, en présence de galène, pyrite et chalcopryrite dans la gangue de quartz.

Un diagramme de poudre a été effectué, pour vérification, sur la caméra Guinier-Hägg.

Une analyse chimique qualitative au microanalyseur à dispersion d'énergie (Système P.G.T.) établit la présence des éléments Zn, Fe, S.

Une analyse plus poussée et quantitative a été réalisée par fluorescence X. Elle a mis en évidence une teneur de 0,23% de Cd (ce qui permet d'expliquer la présence de hawleyite comme minéral d'altération de la sphalérite), une teneur anormalement élevée en Ag (7.038 ppm) ainsi que divers métaux en traces: Cu, Co, Cr, Ni, Mo.

La sphalérite est omniprésente aux Valettes, accompagnée des autres sulfures et des minéraux supergènes. Deux associations ont, en outre, retenu notre attention: celle de sphalérite entourée d'une auréole de rozenite blanche et celle de sphalérite recouverte d'une fine pellicule de soufre supergène blanc jaunâtre, à l'éclat gras.

#### *Pyrite, FeS<sub>2</sub> cubique*

C'est un minéral ubiquiste: les anciens mineurs lui donnaient le surnom de «Hans in allen Gassen». Aux Valettes elle est tout de même moins répandue que la sphalérite; et, si elle est plus dispersée que la galène, elle n'est pas forcément plus abondante.

Elle se présente en amas granuleux, corrodés, fortement fissurés mais, en général, toujours tenaces; les formes cristallines sont relativement rares pour ce minéral qui a une forte tendance au développement idiomorphe. La couleur est jaune laiton clair; l'éclat, métallique.

L'examen métallographique de la pyrite montre son fort pouvoir réflecteur, sa couleur blanc-jaune, son association avec les autres sulfures de même que son aspect granuleux et altéré dans ce gisement.

Un examen de vérification aux rayons X a été effectué sur du matériel qui avait pratiquement la couleur de l'arsénopyrite mais qui s'est révélé être aussi de la pyrite.

On la trouve tantôt avec la sphalérite sans la galène, tantôt avec la sphalérite et la galène. Elle est accompagnée des sulfates ferreux et ferriques qui résultent de son altération.

#### *Galène, PbS cubique*

Nous n'avions pas remarqué ce minéral au cours de notre première excursion aux Valettes. Pourtant, par la suite, il s'est révélé relativement abondant – dans une zone restreinte, il est vrai.

C'est un des minéraux de l'association B.G.P.C. (blende, galène, pyrite, chalcopryrite). Aux Valettes, on la trouve incluse dans le quartz sous forme de cristaux ou de masses cristallines présentant les habituelles cassures en escaliers selon les trois directions de clivages orthogonales entre elles. Elle est de couleur gris de plomb; l'éclat est métallique, brillant. Jusqu'à présent nous n'avons pas trouvé de produits d'altération de ce minéral sur le gisement des Valettes.

En section polie, la galène est blanche, isotrope. Elle présente de belles figures d'arrachements triangulaires caractéristiques; ceux-ci sont dus à l'existence des clivages orthogonaux qui, eux aussi, apparaissent nettement.

Une analyse chimique au microanalyseur confirme la seule présence de Pb et de S.

La galène se trouve associée, dans une gangue de quartz, aux autres sulfures classiques du filon hydrothermal.

#### *Chalcopyrite*, $\text{CuFeS}_2$ quadratique

La chalcopyrite est peu fréquente aux Valettes. Nous sommes d'ailleurs allés à sa recherche après la découverte d'un sulfate de cuivre. Nous l'avons trouvée sous la forme de grains jaune laiton à cassure conchoïdale et à l'éclat métallique vif.

Sous le microscope métallographique, sa couleur jaune franc permet de la discerner nettement. Elle présente une faible anisotropie en décroissant un peu les nicols.

Un diagramme de poudre a été effectué à l'aide de la caméra Guinier-Hägg, pour vérification.

La chalcopyrite est associée aux autres sulfures dans une gangue de quartz.

#### *Pyrrhotite*, $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ hexagonal

Ce n'est qu'au début de 1987 que la pyrrhotite a été trouvée dans un bloc adjacent au filon proprement dit.

Elle se présente en masses centimétriques de couleur brun rosé, légèrement violacé, d'éclat métallique; la cassure est conchoïdale; la poussière du trait est gris-noir, gris-noir verdâtre.

Un diagramme de poudre a été effectué sur la caméra Guinier-Hägg, confirmant qu'il s'agit d'une pyrrhotite.

Le minéral est accompagné de chalcopyrite et de quartz.

#### **Les minéraux secondaires**

Les minéraux secondaires sont surtout représentés par une quinzaine de sulfates dont plusieurs sont rares et n'ont jamais été décrits en Suisse. Ceux-ci ont pour origine l'oxydation des sulfures primaires à l'affleurement, sous l'action des eaux de ruissellement et de l'oxygène.

La variété est assez grande. Nous n'avons pas découvert de sulfates acides (avec  $\text{H}^+$ ); mais nous avons trouvé des sulfates basiques (avec  $\text{OH}^-$ ), comme la fibroferrite et des sulfates neutres, comme la coquimbite. Dans les sulfates de fer décrits, les cations de fer peuvent exister sous deux états d'oxydation:  $\text{Fe}^{+2}$  (ferreux; par exemple la mélantérite) et  $\text{Fe}^{+3}$  (ferrique; par exemple la jarosite). Il y a aussi des sulfates de fer avec les deux degrés d'oxydation, comme la voltaïte. Nous avons surtout remarqué la présence de divers sulfates de zinc peu fréquents.

Les autres minéraux secondaires sont représentés par du soufre supergène, de la hawleyite et de la goethite.

Ces minéraux sont présentés dans l'ordre suivant:

1. Un élément, le soufre.
2. Un hydroxyde, la goethite.
3. Un sulfure, la hawleyite.
4. Les sulfates, classés par ordre alphabétique, après plusieurs essais insatisfaisants de classements chimiques, paragénétiques ou autres.

#### *Un élément: Soufre*, S orthorhombique

Les grands gisements de ce minéral sont d'origine volcanique ou biologique. Aux Valettes, les conditions de gisement sont différentes: les sulfures sont oxydés avec formation d'un hyposulfite à partir duquel le soufre va précipiter. Il s'agit d'un soufre supergène.

Nous avons trouvé ce minéral sous deux aspects. D'une part sous la forme d'une fine couche cristalline, très fragile, blanche, blanc crème, très tendre, d'éclat vitreux à gras, recouvrant des plages de sphalérite. D'autre part sous la forme de cristaux prismatiques pointus, irréguliers, vert grisâtre à olive, à l'éclat gras, logés dans des alvéoles du quartz.

Sous le microscope, le minéral se caractérise par des indices de réfraction très élevés.

Deux diagrammes sur caméra Gandolfi ont été effectués; seules les raies principales sont apparues.

Dans un cas le soufre se trouve sur la sphalérite, avec galène et rozenite. Dans l'autre, avec fibroferrite, zincocopiapite, jarosite. Il a aussi été trouvé avec la hawleyite.

*Un hydroxyde: Goethite*,  $\alpha$ -Fe<sup>+3</sup>O(OH) orthorhombique

Bruno Luescher nous a remis un minéral formé de plaques lisses, laissées ainsi après la disparition d'un minéral cristallisé; il y avait aussi des remplissages entre ces plaques. La couleur du matériel est brune, brun rougeâtre; l'éclat terne. C'est une limonite provenant de l'altération de la pyrite.

L'examen au microscope révèle qu'il s'agit d'un mélange. Un diagramme de poudre sur caméra Guinier-Hägg montre qu'il s'agit de goethite et de jarosite.

Ces minéraux sont associés à du quartz.

*Un sulfure: Hawleyite*  $\beta$ -CdS cubique (?)

La hawleyite est le dimorphe cubique de la greenockite. Elle forme de minces films jaune vif, jaune verdâtre, jaune brunâtre déposés sur la roche schisteuse à proximité de la sphalérite.

Le minéral est finement pulvérulent; on ne peut pas individualiser de grains. Cependant, l'observation optique le fait apparaître jaune très vif en lumière naturelle et isotrope en lumière polarisée avec un indice de réfraction élevé.

Un diagramme de poudre a été effectué avec la caméra Gandolfi sur du matériel en enduit délicat à prélever. Les principales raies de diffraction observées sont: 3.357 (100), 2.860, 2.049, 1.746 Å.

L'analyse chimique par dispersion d'énergie nous a permis d'établir la présence des éléments suivants: S, Cd ainsi qu'un peu de Zn et de Fe; ces données rejoignent celles de la hawleyite de Hector-Calumet Mine (Yukon, Canada). Comme ce minéral imprègne la muscovite des schistes sur lequel il est déposé, des impuretés de Si, Al et K ont aussi été détectées. Il semble que ce sulfure de cadmium se forme à la suite de l'oxydation des sphalérites cadmifères.

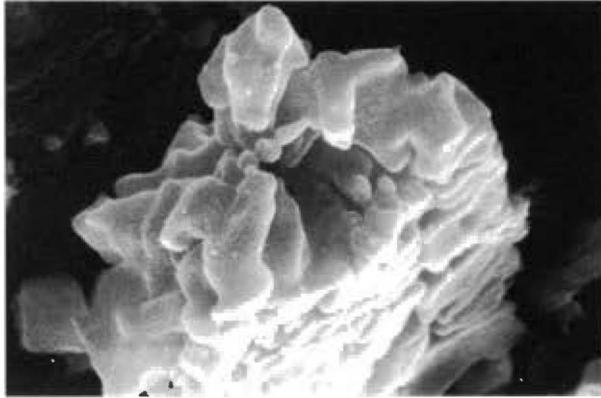
La hawleyite des Valettes est accompagnée de sphalérite et de soufre natif.

Remarque: la mauvaise qualité des films rayons X obtenus et la variabilité des analyses chimiques nous incitent à être prudents dans nos affirmations au sujet de la hawleyite; c'est la raison pour laquelle nous avons placé un point d'interrogation à la suite du nom de ce minéral.

*Les sulfates:*

*Boyléite*, (Zn,Mg) SO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O monoclinique

La boyléite se présente sous forme de masses blanches, légères (densité voisine de 2), fragiles, pulvérulentes (dureté un peu supérieure à 2). Ces masses se détachent facilement de la paroi rocheuse où elles se sont déve-



loppées comme produit efflorescent typique de l'altération de la sphalérite (Fig. 3).

Ce sulfate soluble appartient au groupe de la rozénite, sulfates avec un groupe cationique divalent (ici  $Zn^{+2}$ ) et 4 molécules de  $H_2O$ . Il a tendance à se déshydrater en gunningite  $(Zn,Mn)SO_4 \cdot H_2O$ .

Optiquement, le minéral des Valettes est biaxe positif, avec  $\beta = 1.531$ . Plusieurs diagrammes de poudre ont été réalisés (Caméra Guinier-Hägg), permettant ainsi d'éviter la confusion avec la goslarite  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  (un sulfate de zinc courant) et avec la rozénite (dont le diagramme de poudre est très proche). Des impuretés ont été isolées: il s'agit d'hexahydrate et de quartz.

Trois analyses chimiques par dispersion d'énergie (Système PGT) révélèrent l'absence de magnésium. Il s'agit donc d'un terme purement zincifère de la boyléite.

Aux Valettes, la boyléite se trouve à proximité de la sphalérite, en association avec l'hexahydrate.

#### *Chalcanthite*, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ triclinique

Le groupe de la chalcanthite est composé de sulfates tricliniques pentahydratés avec cation divalent (ici  $Cu^{+2}$ ).

Aux Valettes la chalcanthite est le seul sulfate de cuivre que nous ayons trouvé; cela nous a d'ailleurs contraints à retourner sur le gisement pour chercher le sulfure contenant du cuivre, la chalcopryrite, que nous avons fini par découvrir en petite quantité.

Les échantillons se présentent en masses bleues à bleu pâle, renfermant parfois de minuscules cristaux prismatiques aux arêtes arrondies à cause de la solubilité du minéral. On distingue des fractures conchoïdales. Les cristaux sont transparents et vitreux.

Le minéral est biaxe négatif.

Un diagramme de poudre a été effectué avec la caméra Guinier-Hägg sur le matériel massif pulvérulent. Un autre diagramme a été réalisé à l'aide de la caméra Gandolfi sur un cristal. Les résultats concordent. Une analyse chimique au microanalyseur à dispersion d'énergie montre l'importance de Cu et des impuretés de Zn.

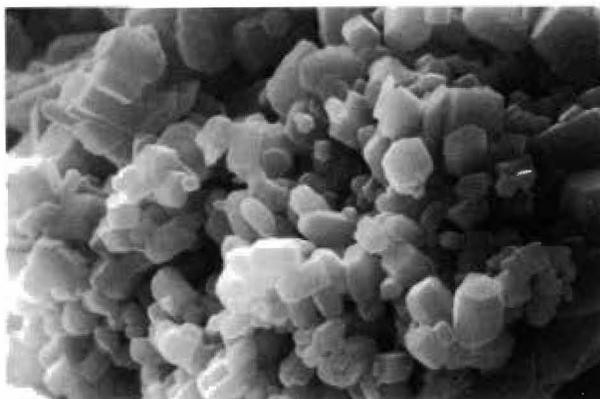
La chalcanthite de Valettes a été trouvée en présence de mélantérite et sidérotile.

#### *Coquimbite*, $Fe^{+3}_{2-x}Al_x(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ rhomboédrique

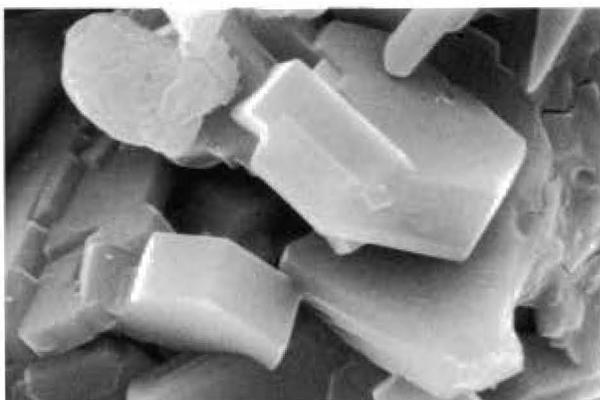
A proximité des fines aiguilles de dietrichite nous avons remarqué, sous le

binoculaire, de petits amas très fragiles, d'aspect floconneux, écailleux, de couleur blanche, blanc neige. C'est de la coquimbite, sulfate de fer hydraté.

Grâce à l'examen au microscope électronique, de magnifiques cristaux prismatiques hexagonaux ont été découverts. On distingue deux types de cristaux: des prismes hexagonaux simples tantôt allongés selon c tantôt trapus, avec les faces du prisme (10 $\bar{1}$ 0) et du pinacoïde (0001) et des prismes hexagonaux avec, en plus, des troncatures sur les arêtes basales, donnant les faces de la pyramide hexagonale régulière (20 $\bar{2}$ 0); ces derniers ressemblent à des tonnelets (Fig. 4 et 5).



4  
*Coquimbite en prismes hexagonaux. G = 2100 ×, MEB 339.27*



5  
*Coquimbite en prismes trapus. G = 3500 ×, MEB 348.34*

Optiquement, le minéral est uniaxe positif, faiblement biréfringent.

Plusieurs diagrammes de poudre ont été réalisés: un film Guinier-Hägg avec les amas floconneux, un film Gandolfi avec les prismes hexagonaux et un autre film Gandolfi avec des cristaux en forme de tonnelets. Tous ces diagrammes sont identiques.

Les analyses chimiques par dispersion d'énergie ont confirmé la présence de Fe et, aussi, de Al.

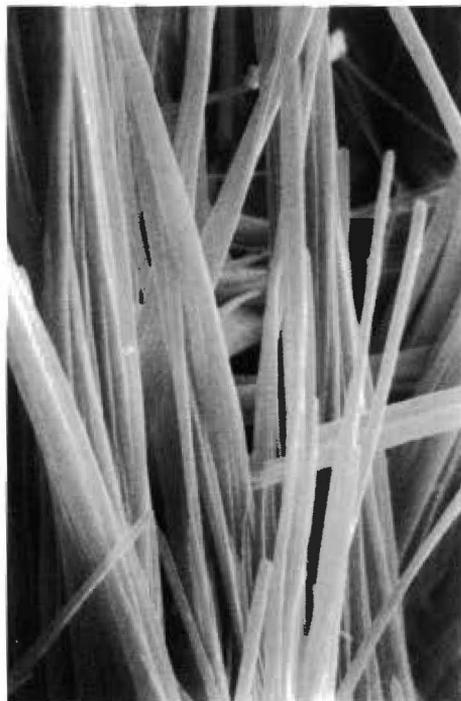
La coquimbite des Valettes est associée à la zincocopiapite, la dietrichite, la voltaïte, la gunningite.

*Dietrichite*,  $(\text{Zn}, \text{Fe}^{+2}, \text{Mn})\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$  monoclinique

La dietrichite est un sulfate hydraté appartenant au groupe de l'halotrichite à laquelle elle ressemble.

6

*Dietrichite*.  $G = 1400 \times$ ,  
MEB 339.23



Aux Valettes, la dietrichite se trouve en cristaux fibreux très fins souvent regroupés en faisceaux dont les sommets se rejoignent. Ces cristaux se trouvent sur la zincocopiapite ou sur la voltaïte; souvent, ils entourent cette dernière d'une délicate couronne. Le minéral est incolore à blanc (Fig. 6).

L'observation optique montre que cette espèce biaxe positive est parfois associée à un autre minéral blanc, écailleux, qui n'a pu être déterminé ni retrouvé en quantité suffisante.

Plusieurs diagrammes de poudre ont été effectués (caméras Guinier-Hägg et Gandolfi). La ressemblance avec les films d'halotrichite est grande.

Les analyses chimiques par dispersion d'énergie révèlent, outre Fe et Al comme pour l'halotrichite, la présence de Zn en proportion importante et l'absence de Mn qu'il convient donc, dans ce cas-ci, de retrancher de la formule habituelle. Nous avons observé que, parfois, sous le flux des électrons, les fibres de dietrichite gonflaient et se déformaient, sans doute à cause de la perte d'eau.

La dietrichite est associée à la zincocopiapite, à la voltaïte, à la gunningite et à la coquimbite.

#### *Fibroferrite*, $Fe^{+3}(SO_4)(OH) \cdot 5H_2O$ monoclinique

Nous avons organisé une troisième excursion aux Valettes pour rechercher des sulfates de la paragenèse à zincocopiapite; nous n'eûmes pas le succès escompté! Mais nous rapportâmes tout de même un minéral que nous n'avions pas aperçu lors des courses précédentes: la fibroferrite.

Cette espèce se présente, aux Valettes, en petites masses de cristaux fibreux de couleur blanche, beige, brun clair, brun rosé, brun doré, à l'éclat soyeux, nacré. Les agrégats sont fibro-radiés ou disposés en plumet. La dureté équivaut à 2; la densité est voisine de 2.

Nous l'avions déjà rencontrée au Salève, près de Genève, en rosettes nacrées vert-jaune, puis brun-rose une heure après leur extraction enfin brun clair terne quelques jours plus tard (Bulletin SGAM 4/82). Nous l'avions aussi analysée parmi les minéraux de Le Cetine, en Toscane, où elle se présente en rosettes de cristaux brun-rosé qui se rejoignent par leurs sommets ou en agrégats coniques en forme de sapins très esthétiques (Bulletin SGAM 4/83).

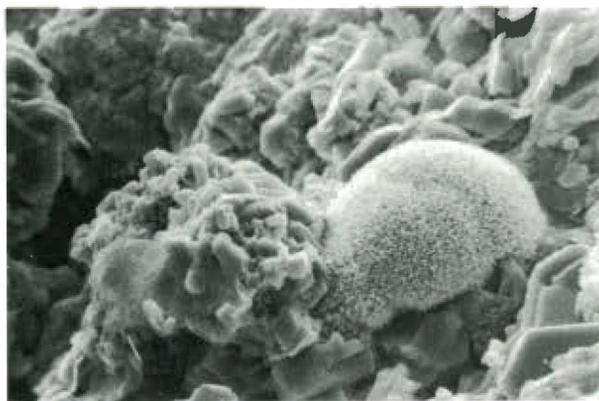
C'est un minéral uniaxe positif. Un diagramme de poudre a été réalisé sur caméra Guinier-Hägg.

Une analyse chimique qualitative par dispersion d'énergie a confirmé qu'il n'y avait pas d'autre cation que  $\text{Fe}^{+3}$ .

La fibroferrite se trouve dans des alvéoles de quartz laissées vacantes à la suite de l'altération de la pyrite. Elle est accompagnée de zincocopiapite, de jarosite, de rozénite et de reliquats de sphalérite.

#### *Gunningite*, $(\text{Zn},\text{Mn})\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ monoclinique

La gunningite est un sulfate hydraté appartenant au groupe de la kieserite, ayant un ou plusieurs cations divalents (ici  $\text{Zn}^{+2}$ ) et une molécule de  $\text{H}_2\text{O}$ . Nous ne l'avions jamais aperçue jusqu'au jour où de magnifiques agrégats de cristaux nous sont apparus sur l'écran du microscope électronique à balayage. Ces agrégats se présentent sous deux formes: d'une part des hérissons aux aiguilles très serrées, ressemblant à un hémisphère de mousse (Fig. 7 et 8); d'autre part des hérissons aux pointes acérées faisant penser à un fléau d'armes. Les cristaux lancéolés ont la forme de pyramides aiguës, aux arêtes nettes et légèrement courbées (Fig. 9 et 10).



7

*Gunningite en hérisson.*  
 $G = 500 \times$ , MEB 339.24



8

*Gunningite en hérisson.*  
 $G = 1400 \times$ , MEB  
339.25

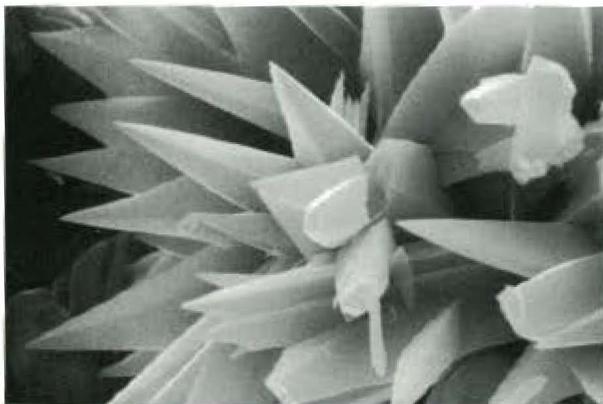
9

*Gunningite en cristaux pointus. G = 1400 ×, MEB 343.7*



10

*Gunningite en cristaux pointus. G = 3500 ×, MEB 343.8*



Après avoir découvert ce minéral au microscope électronique, nous l'avons retrouvé sous le binoculaire. Il forme de petites pustules jaune-brun à jaune doré et se confond dans la masse de zincocopiapite où il a crû. La gunningite est soluble dans l'eau. Sa dureté se situe autour de 2,5; sa densité dépasse 3,2.

La gunningite est un minéral biaxe positif avec  $N_g = 1.630$ .

Trois diagrammes aux rayons X ont été réalisés sur la caméra Gandolfi avec des échantillons de morphologie différente. Les films ressemblent à ceux de la kieserite, mais ce dernier minéral est un sulfate de magnésium et non de zinc comme la gunningite.

Les analyses chimiques par dispersion d'énergie montrent l'existence de Zn, l'absence de Mn et des impuretés de Fe, Al et K.

Aux Valettes, la gunningite est associée à la zincocopiapite, la dietrichite, la voltaïte, la coquimbite.

*Gypse*,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  monoclinique

Le gypse est un minéral évaporitique courant. Mais aux Valettes sa formation obéit à un autre processus: l'oxydation de la pyrite et des autres sulfures produit des solutions sulfuriques qui réagissent sur le calcium des roches encaissantes et donnent naissance à ce sulfate de calcium hydraté.

Ce minéral se présente en masses fibreuses nacrées et en rosettes de petits cristaux prismatiques incolores à blancs. Il est léger (densité: 2,3) et tendre (dureté: 2).

Il est biaxe positif avec  $2V_z = 58^\circ$ .

Les cristaux ont été trouvés à proximité de la roemerite et de la zincocopiapite.

*Hexahydrite*,  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  monoclinique

L'hexahydrite est un sulfate soluble, produit de la déshydratation de l'epsomite  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Elle se présente en fibres incolores à blanches. La densité est très faible (autour de 1.75).

Comme les minéraux du groupe du même nom, l'hexahydrite est un sulfate avec un cation divalent (ici  $\text{Mg}^{+2}$ ) et 6 molécules de  $\text{H}_2\text{O}$ .

Aux Valettes, elle a été identifiée dans des masses de boyléite, d'où elle a été isolée, sous le microscope polarisant. Les indices de réfraction de ce minéral biaxe négatif sont bas (inférieurs à 1.456).

La détermination optique a été confirmée par une analyse aux rayons X (caméra Gandolfi).

Nous avons déjà déterminé ce minéral à Le Cetine où il se présente en magnifiques cristaux centimétriques associés à l'epsomite (Bulletin SGAM 4/83).

*Jarosite*,  $\text{KFe}^{+3}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  rhomboédrique

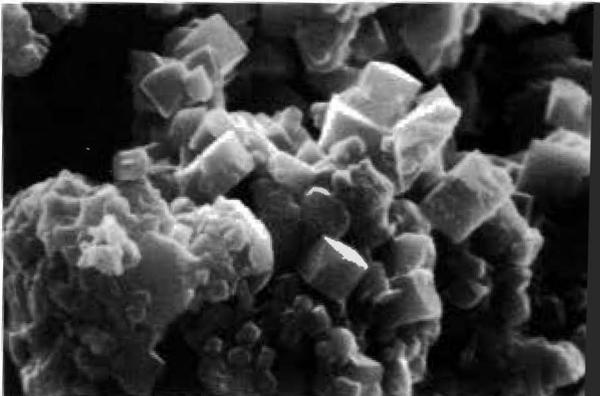
La jarosite est un sulfate du groupe de l'alunite; ce minéral secondaire provient de l'altération de sulfures ferrifères; il peut s'altérer à son tour en goethite ou en limonite.

Nous l'avons trouvée sous trois formes. D'abord en chapelets de sphérules ou en amas bothryoïdaux à surface rugueuse de couleur brune, ocre, jaune-brun; l'éclat est gras à terne. Ensuite en masses jaune-brun doré constituées de minuscules cristaux rhomboédriques à l'éclat résineux à adamantin (Fig. 11). Enfin en plaques brunes, lisses, intimement liées à la goethite et au quartz; ces plaques sont demeurées comme des moules après la disparition de cristaux centimétriques d'un autre minéral. La dureté atteint 3 sur l'échelle de Mohs et la densité dépasse 3,2.

Sous le microscope polarisant on voit les masses de jarosite se désagréger et se disperser en une multitude de minuscules cristaux pseudo-cubiques avec un angle tronqué et des arêtes quelque peu arrondies. Le minéral est uniaxe négatif, avec des indices élevés et un fort pléochroïsme brun doré, vert-jaune pâle.

Les analyses aux rayons X ont été réalisées à l'aide de la caméra Guinier-Hägg.

L'analyse chimique montre la présence de Fe et de K, et permet de différencier ce minéral par rapport aux autres espèces de jarosite.



11  
*Jarosite en petits cristaux rhomboédriques. G = 1400 ×, MEB 348.32*

La jarosite a été trouvée avec quartz, goethite, zincocopiapite, fibroferrite et soufre.

*Mélanterite*,  $\text{Fe}^{+2}\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  monoclinique

La mélanterite est un sulfate du groupe du même nom, avec un cation divalent (ici  $\text{Fe}^{+2}$ ) et sept molécules de  $\text{H}_2\text{O}$ . Le Fe peut être partiellement remplacé par du Cu dans la variété pisanite  $(\text{Fe,Cu})\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . C'est un produit typique de l'altération de la pyrite.

La mélanterite analysée est étroitement associée au sidérotile, ainsi que l'ont montré les examens optiques et le diagramme de poudre.

Ces minéraux ont été trouvés avec la chalcantithe.

*Roemerite*,  $\text{Fe}^{+2}\text{Fe}^{+3}(\text{SO}_4)_4 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$  triclinique

Ce minéral se présente en encroûtements cristallins d'aspect granulaire, fragiles, translucides avec un éclat vitreux à gras. La couleur est rose pâle, brun rosé pâle, brun violacé pâle. La dureté Mohs est légèrement supérieure à 2 et la densité, un peu supérieure à 3.

Optiquement, ce minéral est biaxe négatif et présente une forte dispersion.

Au microscope électronique les cristaux de roemerite apparaissent sous l'aspect tabulaire de prismes trapus aplatis (Fig. 12). Ils sont moins esthétiques que ceux que nous avons rencontrés lorsque nous avons fait l'inventaire minéralogique de la mine de Le Cetine, en Toscane (Bulletin SGAM 4/84).

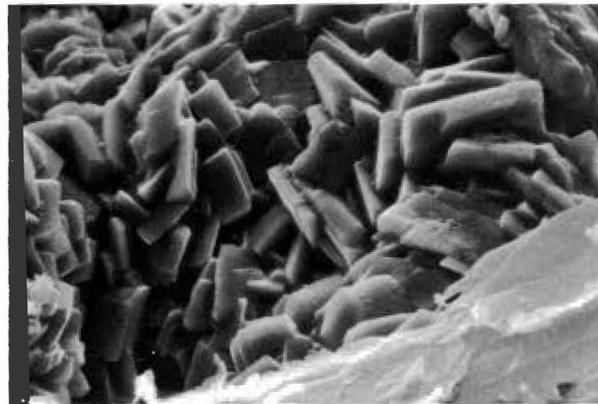
La détermination a été faite à l'aide d'un diagramme de poudre (caméra Guinier-Hägg). Le film est identique à celui de la roemerite de Le Cetine.

La roemerite a été trouvée par Bruno Luescher, en association avec des rosettes de cristaux prismatiques de gypse incolore et un peu de pyrite.

*Rozénite*,  $\text{Fe}^{+2}\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  monoclinique

La rozénite est un sulfate tétrahydraté avec cation divalent (ici  $\text{Fe}^{+2}$ ) appartenant au groupe du même nom. Aux Valettes, ce minéral a été trouvé dans deux contextes différents.

Dans une zone proche des masses de boyléite, nous avons prélevé un minéral vert-bleu très pâle, léger, en fibres vitreuses parallèles, ressemblant beaucoup, sur le gisement, à la mélanterite; ce dernier est devenu blanc, pulvérulent et c'est sous cette forme qu'il a été analysé comme rozénite en laboratoire. Il est possible que cette rozénite provienne d'une mélan-



12  
*Roemerite*.  $G = 700 \times$ ,  
MEB 339.16

térite par perte de trois molécules d'eau de cristallisation, les conditions d'humidité relative ayant changé entre Les Valettes et Genève!

L'autre occurrence a été trouvée dans des alvéoles de quartz avec un noyau de sphalérite et un cocon de rozénite blanc neige, pulvérulente, légère (la densité se situe aux environs de 2,2). Cette dernière provient de l'oxydation du fer ferreux soluble de la blende ( $\text{Zn,Fe}^{+2}$ )S.

Plusieurs diagrammes de poudre ont été effectués à l'aide de la caméra Guinier-Hägg. La netteté des films permet de bien distinguer ce minéral de la boyléite, par exemple avec  $d_{\text{Å}} 2.985 (40)$  et  $2.953 (50)$ .

L'analyse chimique effectuée avec le microanalyseur à dispersion d'énergie P.G.T. confirme les données radiocristallographiques et révèle la présence de Fe ainsi qu'un peu de Zn.

La rozénite des Valettes est accompagnée de quartz, sphalérite, boyléite, un peu de pyrite.

#### *Sidérotile*, $\text{Fe}^{+2}\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ triclinique

Le sidérotile est un sulfate de fer pentahydraté appartenant au groupe de la chalcantithe.

Ce minéral a été trouvé en association étroite avec la mélantérite  $\text{Fe}^{+2}\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dont il est un produit de déshydratation.

Le cristal examiné était allongé, incolore à bleuâtre ou verdâtre. L'analyse optique et le diagramme de poudre ont montré la présence concomitante des deux espèces, sidérotile et mélantérite.

Ces deux minéraux ont été trouvés avec la chalcantithe.

#### *Voltaïte*, $\text{K}_2\text{Fe}^{+2}\text{Fe}^{+3}(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ cubique

Quelques échantillons de zincocopiapite étaient parsemés de pustules verdâtres qui ont attiré notre attention. Les analyses ont été assez longues et délicates en raison de la présence d'impuretés. Ces examens ont cependant permis de confirmer l'existence de voltaïte aux Valettes.

Ce minéral se présente en agrégats irrégulièrement arrondis dans la masse de zincocopiapite jaune  $\text{ZnFe}^{+3}(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , en association étroite avec un minéral blanc, fibreux, la dietrichite ( $\text{Zn,Fe}^{+2}, \text{Mn})\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ . Ce n'est que sous le microscope polarisant que l'on a pu observer des faces cristallines carrées ou rectangulaires. La couleur est vert grisâtre, vert olive, vert huile. L'éclat est vitreux à gras. La densité se situe vers 2,7; la dureté atteint 3 dans l'échelle de Mohs.

Sur le plan optique, ce minéral cubique présentait de fortes anomalies anisotropiques; l'isotropie n'était constatable que sur de minuscules fragments qui restaient bien éteints entre nicols croisés. Ces anomalies sont dues à la présence d'une quantité de fibres extrêmement fines de dietrichite (minéral biaxe) à l'intérieur des cristaux de voltaïte.

Les diagrammes de poudre ont été réalisés avec les caméras Guinier-Hägg et Gandolfi. Ils sont identiques à celui du fichier JCPDS.

L'analyse chimique nous a fait penser, un certain temps, que nous étions en présence d'un minéral intéressant. En effet, celle-ci révélait, outre Fe et K, la présence de Zn en quantité significative. Mais des examens répétés au système P.G.T. à dispersion d'énergie couplé au microscope électronique ont montré, à de forts grossissements ( $\times 7000$  fois), que des fibres de dietrichite étaient toujours présentes dans la voltaïte. On a constaté que moins il y avait d'inclusions de dietrichite, moins la teneur en Zn était élevée; et lorsqu'il n'y avait que quelques fibres, le Zn diminuait considérablement. Nous avons alors conclu qu'un fragment exempt de dietrichite serait exempt de Zn et que nous étions donc en présence d'une voltaïte classique, sans toutefois pouvoir le vérifier absolument.

La voltaïte se trouve à proximité de la sphalérite et de la pyrite, en association avec zincocopiapite, dietrichite, gunningite, coquimbite.

*Zincocopiapite*,  $\text{ZnFe}^{+3}_4(\text{SO}_4)_6 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  triclinique

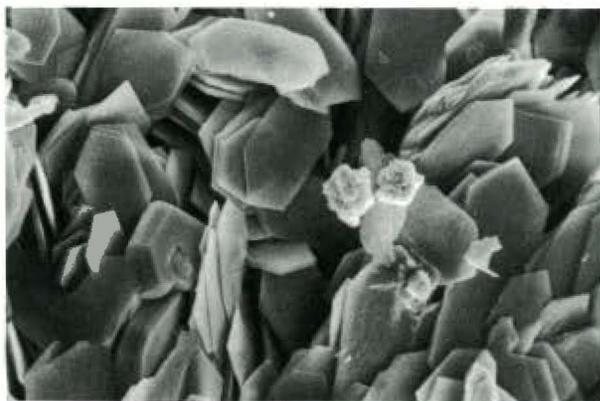
A notre connaissance, la zincocopiapite n'a été signalée, jusqu'ici que dans la partie nord du Bassin de Tsaidam (Chaidamupendi), dans la province de Qinghai (Chinghai) en Chine centrale. Le gisement des Valettes présente donc un intérêt certain.

Nous avons trouvé ce minéral sous deux aspects. Il se présente souvent sous la forme de masses jaunes, irrégulières, assez lisses, molles, flexibles, faisant songer à du chewing-gum.

D'autre part, il existe des cristaux parfaitement idiomorphes groupés en amas de couleur jaune canari, jaune doré. Ceux-ci atteignent 1 mm, ont une forme écailleuse, pseudo-hexagonale, sont aplatis selon b, allongés suivant [101], clivés sur {010} (Fig. 13). Ils sont transparents avec un éclat nacré, légèrement résineux et se dissolvent lentement dans l'eau.

Aux Valettes, la zincocopiapite est associée à la dietrichite, la voltaïte, la coquimbite, la gunningite sur une gangue de quartz altéré dans lequel on trouve de la sphalérite et un peu de pyrite (Fig. 14 et 15, p. 392).

Les données détaillées figurent dans une publication du B.S.M.P. (P.P. & al.; à paraître); elles sont sensiblement différentes de celles de la zincocopiapite de Chaidamupendi (qui ignore, par exemple, d'Å 18.2 d'intensité 100) mais proches de celles des autres membres du groupe de la copiapite.



13  
*Zincocopiapite.*  
G = 500 ×, MEB 339.26

**Minéraux des fissures alpines**

Nous avons rencontré les minéraux énumérés ci-dessous à proximité du filon hydrothermal métallifère.

*Albite*,  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  triclinique

Elle a été trouvée en jolis petits cristaux incolores à jaunâtres, transparents, associés au quartz.

*Anatase*,  $\text{TiO}_2$  quadratique

Stefan Ansermet en a trouvé de beaux cristaux en forme de bipyramide tétragonale aiguë aux faces striées. La couleur est bleu-noir. L'anatase est accompagnée de quartz, adulaire, monazite.

*Calcite*,  $\text{CaCO}_3$  rhomboédrique

Elle est massive, granuleuse, altérée, blanche, parfois teintée par la présence

de traces d'un minéral bleuté que nous n'avons pas pu analyser correctement.

#### *Monazite*, $(\text{Ce,La,Nd,Th})\text{PO}_4$ monoclinique

La monazite se présente, sur les échantillons récoltés par Stefan Ansermet, en cristaux brun rosés, transparents, brillants. Elle devient vert intense sous la lampe de quartz. Un diagramme de poudre a été réalisé avec la caméra Guinier-Hägg. Ce minéral se trouve en compagnie de quartz, adulaire, anatase.

#### *Muscovite*, $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH,F})_2$ monoclinique

Elle se présente sous son aspect habituel mais, sur un certain échantillon, nous avons tout d'abord pris ce minéral pour un sulfate! Il se présentait en amas feuilletés de cristaux micacés, allongés, blancs, à l'éclat nacré.

Un diagramme de poudre a été effectué sur caméra Guinier-Hägg. Le minéral se trouve associé, sur l'échantillon étudié, à la jarosite.

#### *Orthose v. adulaire*, $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ monoclinique

Cristaux blanchâtres avec un éclat gras à nacré. Minéral associé à quartz, anatase, monazite.

#### *Synchisite-(Nd)*, $\text{Ca}(\text{Nd,Ce})(\text{CO}_3)_2\text{F}$ orthorhombique

Ce minéral a été récolté par Bruno Lüscher dans les blocs jouxtant le gisement. Il se présente en cristaux prismatiques pseudo-hexagonaux irréguliers. Les faces du prisme sont striées horizontalement. La couleur est brun rosé pâle, l'éclat vitreux à gras.

Un diagramme de poudre a été réalisé sur la caméra Guinier-Hägg. L'analyse chimique par dispersion d'énergie révèle les éléments suivants: Ce, Nd, Ca.

Le minéral est associé au quartz.

## Conclusions

Le site des Valettes nous a permis d'étudier une série de sulfates intéressants. L'un d'eux, la zincocopiapite semble être la seconde occurrence mondiale de ce minéral; et huit d'entre eux n'avaient, à notre connaissance, jamais été décrits en Suisse.

Plusieurs de ces minéraux changent d'aspect hors de leur contexte; aussi, hormis le but scientifique et la joie de voir des choses neuves, le profit de la récolte est nul. C'est la raison pour laquelle nous suggérons de laisser en place le peu qui s'y trouve, d'autant plus que les espèces intéressantes sont pratiquement invisibles à l'oeil nu et que les déterminations exactes nécessitent des moyens sophistiqués.

En compensation, les sites du Mont Chemin prodigues en minéraux visibles et esthétiques ne sont pas rares. Ils s'offrent dans un paysage qui mérite d'être respecté, comme d'ailleurs tous les visages de notre minuscule planète tellement précieuse et irremplaçable.

Au-delà du désir de possession, la contemplation des pierres peut combler un minéralogiste! Belles ou non, elles restent fascinantes, par leur immobilité, par leur durée, par leur droit d'aïnesse sur la vie. Elles renaissent, métamorphosées, de leur décomposition même, se riant du temps qui s'use à réduire leur espace.

## Remerciements

*Dr Halil Sarp*, du Département de minéralogie du Muséum d'Histoire naturelle de Genève.

*Dr Jean Wuest*, du Muséum d'Histoire naturelle de Genève, pour sa contribution aux analyses chimiques par dispersion d'énergie et pour les photos prises au microscope électronique à balayage.

*Dr Hansruedi Pfeifer* et *M. Jean-Claude Lavanchy*, du centre d'analyse minérale de la section des sciences de la terre, Université de Lausanne, pour l'analyse par fluorescence X.

*MM. Stefan Ansermet*, de Vevey, et *Eric Wenger*, assistant de chimie à l'Université de Genève, pour les photographies en couleur.

*M. François Mouron*, du Club vaudois de Minéralogie, pour sa coopération sur le gisement.

*M. Bruno Luescher*, junior de la Société genevoise de Minéralogie et sagace renifleur de minéraux sur le terrain, pour le matériel d'analyse qu'il nous a procuré.

## Bibliographie

- Bariand P., Cesbron F., Geffroy J.* (1977): Les Minéraux: leurs Gisements, leurs Associations. Minéraux et Fossiles/Meung-sur-Loire
- Burri M., Jemelin L.* (1983): Atlas géologique de la Suisse, Feuille 1325 Sembrancher, Notice explicative. Commission géologique suisse/Bâle
- Burri M.* (1987): Les Roches (in La Nature en Valais) Pillet/Martigny.
- Foucault A., Raoult J.-F.* (1980): Dictionnaire de Géologie. Masson/Paris
- Fleischer M.* (1987): Glossary of Mineral Species. The Mineralogical Record/Tucson
- Gramaccioli C. M.* (1975): Minerali alpini e prealpini. Atlas/Bergamo
- Kwang-Tu Chih, Hsi-Lin Li, Hsien-Te Hsieh, Shu-Shen Yin,* American Mineralogist 9, 1977 (1964): Abstract sur la zincocopiapite
- Parker R. L., Stalder H. A., De Quervain Fr., Niggli E., Graeser S.* (1973): Die Mineralienfunde der Schweiz. Wepf/Basel
- Perroud P., Meisser N., Sarp H.* (à paraître), Présence de zincocopiapite en Valais., B.S.M.P.
- Rahmdohr, P.* (1969): The Ore Minerals and their Intergrowths. Pergamon/Oxford
- Phillips W. R., Griffen D. T.* (1981): Optical Mineralogy: the nonopaque Minerals. Freeman/San Francisco
- Roberts W. L., Rapp G. R., Weber J.* (1974): Encyclopedia of Minerals. Van Nostrand/New York
- Traill R. J., Boyle R. W.* (1955): Hawleyite, isometric cadmium sulfide, a new mineral. The American Mineralogist Vol. 40, Nos 7-8, 555-559
- Weibel M.* (1972): Die Mineralien der Schweiz. Birkhäuser/Basel
- Wutzler B.* (1983): Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen am Mont Chemin. Clausthaler Geologische Abhandlungen, No 42, Pilger/Clausthal

# Die Sulfate von Les Valettes VS

## Die Fundstelle

Eine im Mai 1986 von der Genfer Sektion der SVSM veranstaltete Exkursion zum Mont Chemin bei Martigny sollte den Teilnehmern Scheelit, Synchisit, Wulfenit, Posnjakit und andere interessante Mineralstufen eintragen. P. Perroud liess sich von einem Lausanner Freund zu einer anschliessenden Besichtigung einer nahegelegenen Zinkblenden-Fundstelle anregen. Dieser ersten Erkundigung folgten dann allerdings noch weitere Besuche. Ausgerechnet die weniger ansehnlichen, oft pulverförmigen und kaum transportierbaren Begleiter der Zinkblende sollten aber später im Laboratorium zu Überraschungen führen!

Die Geologie dieses im Osten des Montblancmassivs gelegenen Gebietes ist sehr komplex und reicht bis ins vorherzynische Zeitalter zurück. Jede seitherige geologische Periode hinterliess ihre Spuren.

In einem System von Quarzbändern des anstehenden Gesteins eingelagerte Sphalerite und Pyrite sind die häufigsten Mineralien. Auch dünnere, Galenit führende Gänge wurden beobachtet. Die Paragenese lässt auf hydrothermale Entstehung bei mittleren Temperaturen schliessen. Die vor der Trias gebildete Lagerstätte wurde später, insbesondere im Zusammenhang mit der Alpenfaltung, mehrfach umgewandelt.

## Die Mineralien

Die Mineralien können in vier Gruppen gegliedert werden:

- *Gangart*, im wesentlichen Quarz
- *primäre Erze*, Sulfide, bzw. die klassische hydrothermale Paragenese
- *sekundäre*, aus den Sulfiden entstandene Mineralien
- aus dem Begleitgestein stammende *alpine Kluftmineralien*.

Der Zweck dieser Arbeit bestand nicht in einem Detailstudium der Mineralien, sondern in der Erstellung eines möglichst vollständigen Inventars der vorkommenden Mineralien.

### Gangart

- *Quarz*, meist stark korrodiert. In den Hohlräumen oft Reste von Sulfiden im Übergang in Sekundärmineralien.

### Primäre Sulfide

- *Sphalerit* (Zinkblende), Farbe und Ausbildung unterschiedlich. Weitverbreitet an der Fundstelle und meist in Gangquarz eingeschlossen. Gelegentlich mit einem Anflug von weissem Rozenit bzw. weissem Schwefel.
- *Pyrit*, allgegenwärtig, aber weniger häufig als die Zinkblende. Körnige, korrodierte Aggregate, selten kristallisiert.
- *Galenit* (Bleiglanz), wesentlich seltener, in Quarz eingeschlossene Kristalle oder kristalline Massen. Aus dem Galenit hervorgegangene Zerfallsprodukte wurden bisher nicht gefunden.
- *Chalkopyrit* (Kupferkies), wenig verbreitet, messinggelbe Körner in Quarz.
- *Pyrrhotin*, nur in einem losgelösten Felsblock als rötlichbraune Massen.

### Sekundärmineralien

- *Schwefel*. Er wurde frei durch die Oxidation der Sulfide. Einerseits als

Übersetzung/  
Zusammenfassung:  
Redaktion

---

Farbseite zu Beitrag  
«Binntaler Funde»  
S. 512

1  
An der Fundstelle  
Sur le site

2  
Quarz mit Epidot  
Quartz avec épidote

*dünne kristalline Kruste auf Sphaleritflächen, andererseits als prismatische spitze Kriställchen in Quarz-Hohlräumen.*

- *Goethit*, aus zerfallenem Pyrit, mit Jarosit zusammen ein braunes Pulver bildend.
- *Hawleyit* (kubische Modifikation von Greenockit), gelber Überzug auf Gestein in nächster Umgebung von Sphalerit.
- *Boyleit* in weissen, pulverigen Massen, aus dem Zerfall von Sphalerit, kann sich durch Wasserverlust in Gunningit umwandeln (Abb. 3).
- *Chalkanthit*, blaue Massen, einziges Kupfersulfat von Les Valettes, ein Zerfallsprodukt des Chalkopyrits.
- *Coquimbite*, schneeweiße schuppige Massen, bei starker Vergrößerung hexagonale Prismen (Abb. 4 und 5).
- *Dietrichit*, faserige Kristalle, farblos bis weiss (Abb. 6, 14 u. 15).
- *Fibroferrit*, weisse oder hellbraune faserige Kristalle.
- *Gunningit*, wasserlöslich. Die sehr ansprechenden Kristallaggregate (Abb. 7-10) wurden erst unter dem Bildschirm des Elektronenmikroskops entdeckt.
- *Gips* in faserigen Massen, aus der Oxidation des Pyrits und anderer Sulfide und der Reaktion der schwefelhaltigen Lösungen auf den Kalk.
- *Hexahydrit*, wasserlöslich, weissliche bis farblose Fasern.
- *Jarosit*, verschiedene Erscheinungsformen (Abb. 11).
- *Melanterit*, zusammen mit Siderotil vorkommend.
- *Roemerit*, rötliche, körnige, kristalline Krusten (Abb. 12)
- *Rozenit*, in zwei verschiedenen Erscheinungsformen. Aus hellblaugrünen Fasern entstandenes weissliches Pulver (evtl. aus Melanterit, der drei Wassermoleküle verloren hat), andererseits als weisse Hülle um Sphaleritkerne in Quarz.
- *Siderotil*, ebenfalls aus Melanterit durch Wasserverlust entstanden, gestreckte, farblose bis blaugüne Kristalle.
- *Voltait*, grünliche Pusteln (Abb. 14 u. 15).
- *Zincocopiapit*, wasserlöslich. Bisher erst einmal in China gefunden. Einerseits gelbe Massen, ähnlich einem Kaugummi, andererseits gelbe Kristalle bis zu 1 mm (Abb. 13-15).

### **Alpine Klufftmineralien**

*Albit, Anatas, Calcit, Monazit, Muskovit, Adular und Synchisit.*

## **Schlussfolgerung**

Der Zincocopiapit zeigt sich hier zum ersten Mal in der Schweiz bzw. zum zweiten Mal seit seiner Entdeckung. Acht der genannten Sulfate waren neu für die Schweiz, die vorliegende Untersuchung war also wissenschaftlich sehr ergiebig. An präsentabilem Sammlermaterial fällt allerdings praktisch nichts an, so dass sich ein Besuch für den Sammler kaum lohnen dürfte. Die Autoren empfehlen die Fundstelle Mont Chemin, wo noch sichtbare Mineralien bzw. ästhetische Stufen zu erwarten sind.

Wer tiefer in die Materie eindringen oder sich nicht von einem Besuch der Fundstelle abhalten lassen will, kommt nicht darum herum, den ausführlichen französischen Originaltext zu lesen. Die vorliegende deutsche Zusammenfassung vermag nur eine oberflächliche Beschreibung der Fundstelle und der Mineralien zu vermitteln.

**Literatur:** vgl. französischer Text