

# MINARIA HELVETICA



**Val d'Anniviers**

SGHB  
SSHM  
SSSM

SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR HISTORISCHE BERGBAUFORSCHUNG  
SOCIÉTÉ SUISSE D'HISTOIRE DES MINES  
SOCIETÀ SVIZZERA DI STORIA DELLE MINIERE

**23b/2003**

**Inhaltsverzeichnis / Table des matières**

<b>Editorial</b>	<b>2</b>
Michel Marthaler <b>Histoire géologique du Val d'Anniviers</b>	<b>3</b>
Stéphane Cuchet <b>Les gîtes métallifères de la région de Saint- Luc Val d'Anniviers, Valais, Suisse.</b>	<b>5</b>
<b>Carte des ressources minérales de la Suisse, Val d'Anniviers</b>	<b>25</b>
Stefan Ansermet <b>La collection métallurgique de Heinrich Gerlach</b>	<b>28</b>
Nicolas Meisser <b>Le district cobalto-nickélicifère d'Anniviers - Tourtemagne (Valais, Suisse)</b>	<b>57</b>
Nicolas Meisser <b>Quelques généralités sur le cobalt et ses dérivés colorés</b>	<b>65</b>
Barbara Guénette-Beck <b>Über Silber und Blei aus dem Eifischtal</b>	<b>71</b>
<b>La Fondation B.+S. Tissières</b>	<b>79</b>
<b>Bibliographie générale</b> (Articles Cuchet, Ansermet, Meisser et Guénette)	<b>84</b>
<b>Impressum</b>	<b>88</b>

Couverture/Titelbild: Tiroir du meuble contenant la collection de minerai valaisan de Heinrich Gerlach, dans l'état où il a été découvert. Les journaux d'emballage datent de 1856-57. Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion, Valais. Photo: Stefan Ansermet (voir article Ansermet, p. 31 ff.).

## Editorial

Das Val d'Anniviers – Deutschsprechende nennen es Eifischtal, in früheren Zeiten auch Enfischtal und Einfischtal – ist ein südliches Seitental der Rhone im Bezirk Siders. Bereits in frühgeschichtlicher Zeit war das Tal besiedelt, zahlreiche Schalensteine sind Zeugen dafür. Die erste schriftliche Erwähnung datiert aus dem Jahr 1052. Gegen Ende des 16. Jahrhunderts war es von rund 600 Menschen bewohnt. Um 1910 erreichte die Bevölkerungszahl 2250 Einwohner, nahm seither aber wieder um über etwa 500 Bewohner ab.

Das Val d'Anniviers ist nicht nur ein touristischer Geheimtip ([www.sierre-anniviers.ch](http://www.sierre-anniviers.ch)), es stellt auch auf Grund seiner geologischen Verhältnisse ein Eldorado für die historische Bergbauforschung dar. Seine grosse Vielfalt an Vererzungen und zahlreiche Abbauprojekte kleiner und kleinster Unternehmungen führten dazu, dass bergbaugeschichtliche Fakten bereits seit früher Zeit in der Literatur beschrieben wurden. Auch in der Zeitschrift *Minaria Helvetica* sind einige Artikel zum Val d'Anniviers erschienen: *Schmutz L.: Mine de Plantorin. Ein Beispiel für mineralbildende Prozesse auf Erzlagerstätten. Minaria Helvetica 6b (1986), S. 1-44. Maignan M.: La Mine de cuivre de la Lée, Zinal. Minaria Helvetica 8a (1988), S. 43-47. Meisser N.: Les mines de Grand-Praz et de Gollyre, Val d'Anniviers, Valais. Minaria Helvetica 11b (1991), S. 54-67. Hubacher W.: Exploration minière en Valais après la 2ème guerre mondiale. Minaria Helvetica 14a (1994), S. 78-91.*

Noch aber bleibt sehr viel zu tun. Das vorliegende Heft soll helfen, das Wissen um die historische Dimension, die häufig nur ins 19. Jahrhundert zurück reicht, zu erweitern und zwischenzeitlich etwas in Vergessenheit geratenes Sammlungsmaterial wieder an die Öffentlichkeit zu bringen (siehe Artikel Guénette-Beck und Ansermet). Wer weiss, vielleicht gelingt es sogar, Zeugnisse zu finden, die bis in die vorgeschichtliche Zeit zurückreichen. Auch in der geologischen, mineralogischen und bergbaugeschichtlichen Erforschung des Val d'Anniviers sind in den letzten Jahren wesentliche neue Erkenntnisse gewonnen worden (siehe Artikel Marthaler, Cuchet und Meisser).

Die Redaktion des *Minaria Helvetica* dankt den Autoren für ihre wertvollen Beiträge zu dieser Themennummer «Val d'Anniviers». Für den Inhalt von Text und Figuren sind die Autoren allein verantwortlich.

*Die Redaktion  
Rainer Kündig  
Urspeter Schelbert*

## Histoire géologique du Val d'Anniviers

Cette très longue histoire débute avec l'âge des roches les plus anciennes, soit de plus de 500 millions d'années: *des gneiss rubanés, des gneiss et des micaschistes et des amphibolites*. Les gneiss et les micaschistes sont des roches qui étaient enfouies dans la croûte continentale. La géographie de cette époque était totalement différente d'aujourd'hui: ni les Alpes ni l'Atlantique n'existaient; des continents, dont on connaît mal la forme, étaient bordés de volcans et dérivait déjà. Les amphibolites sont d'anciennes laves basaltiques à andésitiques qui témoignent de ce volcanisme très ancien, qui devait être situé soit dans les anciens océans (le plus vaste est nommé la Paléotéthys), soit en bordure des continents tels le Japon ou la chaîne des Andes aujourd'hui.

Vers 300 millions d'années, ces très anciens continents vont se rassembler pour former *la Pangée*. Sur ce seul et unique continent, parcouru par des fleuves et balayé par les vents, des couches de sable et de galets se déposent. *Les quartzites* sont les témoins de cette époque désertique, qui vit apparaître les premiers dinosaures.

Entre 250 et 200 millions d'années, la Pangée va se déchirer en plusieurs continents: la séparation de l'Afrique et de l'Amérique va donner naissance à l'Atlantique central, et celle de l'Europe et de l'Afrique (et non l'Amérique du Nord qui reste encore attachée à l'Europe) va engendrer *la mer Téthys*. Les sédiments qui se déposent dans cette mer chaude et peu profonde vont donner *les gypses, les cornieules et les dolomies*. Vers 180 millions d'années, la Téthys s'agrandit et s'approfondit: ses côtes rocheuses s'écroulent et se ressoudent dans la mer sous forme d'éboulis sous-marins: ce sont *les brèches* que l'on retrouve au sommet des Becs de Bossons.

Vers 150 millions d'années, un océan large d'un millier de kilomètres, bordé par de larges côtes immergées, occupe la place du Jura, des Alpes et de la Méditerranée, entre l'Europe et l'Afrique. Au fond et au milieu, le long de la ride médio-océanique, des volcans et des fissures sous-marines crachent des laves basaltiques. On en retrouve quelques traces sous l'aspect de roches vertes, rubanées et appelées *prasinites* (Roc de la Tsa). Les témoins les plus abondants de cet océan sont *les calcschistes* déposés sur le plancher océanique sous forme d'un mélange de calcaire, de sable et d'argile. Lorsque le calcaire domine, comme à la Maya, les parois sont plus escarpées. Au microscope, ces roches montrent parfois des restes de plancton fossile, dont les âges s'étalent entre 150 millions d'années (radiolaires) et 80 millions d'années (foraminifères). Au cours de cette longue époque, le Crétacé, notre océan va cesser de s'agrandir et se refermer progressivement entre l'Europe qui dérive vers le sud-

est (à cause de l'ouverture de l'Atlantique Nord) et l'Afrique-Italie qui remonte vers le nord. Pour disparaître, la plaque océanique s'enfonce (on parle de subduction) vers le sud sous le bord de la plaque continentale italo-africaine, dont le Cervin et la Dent Blanche sont des témoins actuels. En effet quelques km plus au sud du vallon de Réchy, on voit bien dans le paysage les couches de calcschistes et de prasinites de la Garde de Bordon ou celles de la Pointe du Tsaté qui s'enfoncent vers le sud sous les gneiss des hautes Alpes valaisannes.

Lorsque la subduction de tout l'espace océanique touche à sa fin, c'est le bord du continent européen qui s'engage sous le continent italo-africain. Cette subduction continentale va être freinée, alors que la dérive continue, entraînant une collision en profondeur. Sous ces énormes contraintes, dont le paroxysme se situe vers 40 millions d'années, toutes les roches se superposent, se déforment, se plissent et recristallisent (par exemple l'argile se transforme en micas). Vers 30 millions d'années, elles vont enfin se soulever pour former des montagnes. Les grandes *failles* qui recoupent les roches et traversent le Val de Réchy d'est en ouest sont les témoins de ce soulèvement par saccades.

Le dernier million d'années de notre histoire est occupé par celle des *glaciers* qui vont sculpter le paysage, en accentuant par exemple les ruptures de pentes dues aux failles: ce sont la succession des grandes marches d'escalier, verroux et ombilics de l'Ar du Tsan et du lac du Louché. Enfin, la fonte des glaciers, il y a 10'000 ans, va permettre aux hommes d'admirer ce petit paradis, merveilleux témoin de cette longue histoire tourmentée et tranquille de notre planète.

Adresse de l'auteur: Michel Marthaler  
Institut de géographie  
Université, BFSH-2,  
1015 Lausanne  
Michel.Marthaler@igul.unil.ch

## **Les gîtes métallifères de la région de Saint-Luc, Val d'Anniviers, Valais, Suisse.**

### **Résumé**

La région située aux alentours des villages de St-Luc et Chandolin, dans le Val d'Anniviers, Valais, Suisse, présente d'anciens travaux miniers, exploités durant quelques années et souvent de manière intermittente, entre 1835 et 1870. Ces travaux s'insèrent dans un district minier plus large, qui s'étend à l'ensemble du Val d'Anniviers et au Val de Tourtemagne. La dimension des mines est modeste, généralement de quelques dizaines de mètres à une centaine de mètres au maximum. Les minéralisations sont le plus souvent comprises dans le socle de la nappe de Siviez-Mischabel, mais parfois dans sa couverture également. Les métaux exploités étaient le cuivre, l'argent et le cobalt, et accessoirement le plomb, le zinc, le nickel et le bismuth.

Une description de l'accès et de l'état actuel des travaux est fournie. Une tentative d'établir la chronologie des exploitations est présentée. Elle se base sur la bibliographie, sur la correspondance échangée entre Adolphe Ossent et le professeur Eugène Renevier du Musée de géologie de Lausanne, ainsi que sur les étiquettes accompagnant les échantillons des collections des musées.

L'étude approfondie des minéralisations permet de retracer l'historique des exploitations et met en évidence une diversité insoupçonnée de minéraux.

### **Zusammenfassung**

Die Erzlagerstätten der Region von St-Luc, Val d'Anniviers, Wallis,

In der Region um die Dörfer von St-Luc und Chandolin im Val d'Anniviers, Wallis, Schweiz, sind ehemalige Minen während einiger Jahren zwischen 1835 und 1870 mit vielen Unterbrüchen ausgebeutet worden. Sie befinden sich in einem grösseren Minenbezirk, welcher das ganze Val d'Anniviers sowie das Turtmanntal umfasst. Die Grösse der Minen ist bescheiden, im Allgemeinen umfassen sie einige zehn bis maximal hundert Meter. Die Erzlagerstätten liegen oft im Sockel der Siviez-Mischabel-Decke, manchmal auch in deren Sedimentbedeckung. Die ausgebeuteten Metalle waren Kupfer, Silber und Kobalt sowie akzessorisch Blei, Zink, Nickel und Wismut.

Der vorliegende Artikel gibt eine Beschreibung des Zugangs zu den Minen, des aktuellen Zustandes sowie den Versuch einer Chronologie der Nutzung. Die Beschreibung

basiert einerseits auf der Literatur, andererseits auf der Korrespondenz zwischen Adolphe Ossent und Professor Eugène Renevier vom geologischen Museum in Lausanne sowie auf den Angaben von Probeetiketten aus den Sammlungen des Museums.

Die detaillierte Studie der Erzlagerstätten erlaubte es, die Geschichte der Ausbeutungen zu beschreiben, und hebt den unerwarteten Reichtum an Mineralen hervor.

(RK)

### **Riassunto**

I giacimenti metalliferi della regione di Saint-Luc, Val d'Anniviers, Vallese, Svizzera

La regione situata nei dintorni dei villaggi di Saint - Luc e Chandolin in Val d'Anniviers, presenta i resti di antiche attività estrattive, coltivate, sovente in maniera discontinua, fra il 1835 e il 1870.

Questi lavori si inseriscono nel più vasto distretto minerario che si estende alle Valli d'Anniviers e di Tourtmagne. La dimensione delle miniere è modesta, generalmente compresa fra qualche decina e un centinaio di metri al massimo. Le mineralizzazioni sono per la maggior parte incluse nello zoccolo della coltre di Siviez-Mischabel, anche se talvolta si estendono alla copertura. I metalli sfruttati erano il Rame, l'Argento e il Cobalto, oltre talvolta a Piombo, Zinco, Nickel e Bismuto.

L'articolo descrive gli accessi e lo stato attuale delle miniere, oltre a un tentativo di ricostruzione cronologica delle attività minerarie di questa zona. L'indagine è basata sulla documentazione bibliografica, sullo scambio di corrispondenza fra Adolphe Ossent e il professor Eugène Renevier del Museo di geologia di Losanna e sui contenuti delle etichette dei campioni della collezione del Museo medesimo. Lo studio approfondito delle mineralizzazioni consente la ricostruzione storica delle attività estrattive e mette in evidenza una insospettata complessità delle mineralizzazioni.

(PO)

## 1 Introduction

La zone géographique traitée est délimitée par le village de Chandolin et les sommets de l'Illhorn et du Schwarzhorn au nord, celui de la Bella-Tola vers l'est, celui du Tôûno et le village de Vissoie au sud et la Navisence à l'ouest (cf. carte générale). A la périphérie de ce secteur, le grattage des Pontis, les mines de Chippis, de même que le grattage de Pinsec sont également mentionnés.

Cet article a pour but de montrer un aperçu de la richesse minéralogique exceptionnelle de cette région et d'essayer de retracer un historique de l'exploitation sur la base des sources écrites (documents publiés, correspondance et tiquettes d'échantillons de musée).

Il nous paraît important de souligner l'apport de l'étude minéralogique à la connaissance historique des exploitations minières.

## 2 Localisation et description des mines

L'existence d'exploitations minières actives principalement au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle dans les environs du village de Saint-Luc est un fait bien attesté. Quelques documents historiques s'y rapportent et la région a fait l'objet de plusieurs études géologiques. Par contre, dans le détail, l'histoire de ces entreprises reste difficile à préciser.

Ces exploitations correspondent à de petits gîtes minéralisés. Les travaux sont de faible ampleur et les vestiges parfois à peine reconnaissable sur le terrain. La localisation et la toponymie sont imprécises et rendent difficile d'établir un lien entre les rares documents écrits et le terrain.

Un premier groupe de mines se situe à mi-pente, entre 1000 et 1800 mètres d'altitude, dans les bois entre Saint-Luc et Chandolin (Fig. 1 et 2; page 18). D'autres minéralisations, exploitées ou non, se trouvent à plus haute altitude, entre 2000 et 2700 mètres, au pied du massif de la Bella Tola.

Les mines étudiées sont toutes situées dans le socle polymétamorphique de la nappe de Siviez-Mischabel. Cette nappe forme un grand pli de plus de 40 km d'extension. Les mines sont disposées soit sur le flanc normal, soit sur le flanc inverse.

Les mines appartiennent à l'unité de l'Ergischhorn. Celle-ci formant le cœur de la nappe, constitué principalement de paragneiss et d'amphibolites. Ces roches ont toutes subi un métamorphisme dans le faciès schistes verts. Les paragneiss contiennent généralement de nombreux boudins de quartz étiré. Ces paragneiss ont pour origine des sédiments immatures clastiques, tels des sables ou arkoses micacés.

Toutes les minéralisations sont filoniennes, mais leur gangue, la roche encaissante, ou les éléments chimiques principaux les constituants permettent de les classer en plusieurs catégories.

Il semble que les minéralisations se sont mises en place dans les zones de faiblesses, localement fortement déformées.



## 2.1 Mine de Chippis près de Niouc

Cette mine est également connue dans la littérature sous le nom de « Blesec ». Seule la galerie principale dite «La Baraque» est facilement accessible. Il est possible de s'y rendre en descendant depuis le virage de la route principale sous le village de Niouc en direction d'abord du sud-ouest puis en traversant horizontalement la pente dans les parois pour atteindre les ruines de «La Baraque».

Seule la galerie principale a été visitée, elle est haute de 2 mètres, large de 3 mètres et profonde de 40 mètres. D'après le travail de diplôme d'Escher (1953), quatre autres galeries actuellement inaccessibles existent dans le même secteur.

Selon Gerlach (1859), le filon de la « *Bleiconcession von Blesec (Chyppis)* », à une puissance qui varie de 1 pouce à 1 pied et contient de la galène, de la sphalérite, de la chalcoppyrite et de la pyrite. D'autres tentatives de travaux ont été faites dans les environs sans succès « *keinem günstigen Resultate* ». Toujours selon Gerlach (1859) : *Die grösste Arbeit wurde unten an der Navisenze gemacht. Man hat hier mit einer Galerie von 45 m. Länge eine Quarzbank verfolgt, in der hie und da etwas Schwefelkies und einige Bleierzfunken vorkamen*. La galerie citée par Gerlach (1859) et celle de «La Baraque» sont, d'après cet auteur, éloignées de plus de 100 m. Une autre concession citée par Gerlach (1859) porte le nom de « *Chyppis und Chaley* » mais n'a fourni apparemment aucun minerai.

## 2.2 Mine de Fang

Le rapport de Lecomte-Denis (1901) situe le gisement à deux kilomètres en aval du village de «Vissoye», au fond de la vallée.

Selon Schmid (1917) «*En 1854-1855 on ouvrit les mines de Nickel de Fang et de Painsec*». En 1944, Sigg essaye de retrouver sans succès ces exploitations et considère qu'elles ont été recouvertes par des glissement morainiques. D'après cet auteur «*quatre petits grattages furent fait à Fang, dont trois sur la rive droite et trois sur la rive gauche...*». Lukas Schmutz (comm. pers.) dit avoir visité une courte galerie au-dessus de la route de Fang (coord: 610.745/121.110 à 1087 m.), mais sans traces de minerai

Différentes références bibliographiques mentionnent une mine dans le couloir du Loton, sensiblement plus bas que la mine de Collioux inférieur. Nous avons exploré cette région sans découvrir de trace d'exploitation. Une confusion entre la mine de Fang et de Collioux inférieur est selon nous probable.

## 2.3 Mine de Termino

La mine de Termino est atteignable en empruntant la route forestière (encore non indiquée sur la carte topographique 1/25000, édition de 1986) menant aux chalets de Cloux Rion, vers le lieu dit «Le Termenno» (remarquer le changement toponymique).

La galerie est encore partiellement accessible (contrairement aux observations de Sigg, 1944), mais en piteux état. Une fois dépassée la grande dalle surplombant l'entrée et menaçant de l'obturer un jour, des murs de remblayage longent la galerie, retenant la voûte, mais empêchant du même coup l'accès au filon et à la roche. Après une vingtaine de mètres, la mine est effondrée par rupture des boisages. Le déblai de la mine s'étend jusqu'à la route forestière.

#### 2.4 Mine de Gosan

Le sentier pédestre en contrebas la route goudronnée entre Chandolin et Saint-Luc croise la mine de Gosan. Depuis la croix en bois gravée 1905-1910 et située au bord du sentier, il faut remonter la pente de la forêt herbeuse une cinquantaine de mètres. On y trouve le déblai situé en contrebas des murs en ruine d'une bâtisse.

A part deux grattages incertains, au moins deux galeries ont constitué l'exploitation de Gosan. La plus basse est effondrée à l'entrée. Deux murets, de part et d'autre de l'entrée, ainsi que quelques étais, témoignent encore de l'existence d'une mine. La galerie supérieure, située à environ 50 mètres en amont et à droite des déblais, est en relativement bon état. La galerie de recherche 200 mètres plus au nord, dont parle Sigg (1944), semble avoir disparu.

#### 2.5 Mine de Fusette

Pour atteindre la mine de Fusette, il faut quitter le sentier pédestre après un petit dévaloir et monter dans la direction de la route Saint-Luc – Chandolin sur une vingtaine de mètres jusqu'aux premiers affleurements rocheux. Continuer la remontée en longeant les rochers, obliquement vers la droite (des mouchetures de galène sont déjà repérables à cet endroit). L'entrée de la mine se situe 2 mètres en arrière d'une petite butte de terre, en contrebas de la route.

L'accès à la galerie, en très bon état, est facile malgré le tassement intense du versant (la route doit être fréquemment réparée). La galerie est tout d'abord rectiligne sur une dizaine de mètres, puis oblique de 45° à droite sur environ 7 mètres, revient ensuite à gauche de presque 90° sur 15 à 20 mètres, pour finalement virer à droite à nouveau, de 90°, sur 35 à 40 mètres. Le fond de la galerie se termine par le front de taille.

En dépit, de la dimension relativement conséquente de la mine pour la région, il n'y a pas vraiment de déblais. La forte déclivité de la pente n'a vraisemblablement pas permis l'accumulation d'un déblais à cet endroit.

#### 2.6 Mine de Collioux inférieur

La mine de Collioux inférieur se situe à l'aplomb de la mine de Collioux supérieur (n°8). Pour l'atteindre, il faut descendre le Couloir du Loton, sur environ 80 mètres. On rencontre tout d'abord le long du couloir une première courte galerie (sud). A la

même altitude, quelques mètres vers le nord, se situe la galerie principale et un peu plus loin un petit grattage. Les galeries peuvent aussi être rejointes depuis la route forestière en cul-de-sac, depuis Termino, en traversant à l'horizontale. Cet itinéraire chemin est plus dangereux que le précédent.

La galerie sud est en bon état, rectiligne et a une profondeur d'environ 10 mètres. Le grattage mesure 2 à 3 mètres de profondeur et les éboulis vont bientôt en obstruer l'entrée.

La galerie principale est dans un état précaire. Après une vingtaine de mètres, un éboulement a presque obstrué la mine, mais un petit orifice permet malgré tout de se faufiler plus avant jusqu'à l'ancien front de taille une dizaine de mètres plus loin. A environ 5 mètres de l'entrée, on peut encore observer des étais. Malgré sa richesse en minerai, une partie de la minéralisation a été laissée comme pilier à environ 5 mètres de l'entrée sur la gauche. Selon la correspondance d'Adolphe Ossent (n° 1003, daté de 1879) le gisement a été «*attaqué sur 100 m au jour par 3 galeries. Mine de Collioux de la Barma, Val d'Anniviers*»

## 2.7 Mine de Collioux supérieur

Le sentier pédestre reliant Saint-Luc à Chandolin recoupe, au sommet du couloir du Loton, le petit déblai de cette mine. A gauche du déblai, on aperçoit encore quelques boisages et un semblant de muret, qui sont probablement les vestiges de l'entrée effondrée de la galerie. En 1944 déjà, Sigg avait dû créer un orifice afin de s'introduire dans la galerie partiellement obstruée, dont il a dressé un plan précis.

## 2.8 Mines de la Barma

Les mines de la Barma se situent sous les versants abrupts en deçà des chalets de la Barma, au nord de Saint-Luc. Le nom de la mine vient de sa situation sur le terrain (Barma signifiant «surplomb»). Les entrées des galeries ne se situent pas directement dans le dévaloir. Elles sont difficiles à atteindre par le biais des seules coordonnées topographiques. Aucun sentier ne permet d'y accéder.

La galerie nord de la Barma a été percée sur l'arête rocheuse entre le dévaloir principal et celui situé environ cinquante mètres plus au sud. Les ruines d'une bâtisse se situent juste devant l'orifice de la galerie nord, mais à plus de 5 mètres, celles-ci ne sont déjà plus visibles. Une vire montante permet de rejoindre l'entrée sans effort. Cette galerie est en assez bon état. D'une longueur d'une centaine de mètre, elle se singularise par un tracé en zigzag constitué de tronçons d'une vingtaine de mètres.

La galerie sud de la Barma est taillée au coin nord de la partie supérieure de la paroi rocheuse. La galerie n'est plus accessible directement puisqu'elle débouche dans le vide suite à son effondrement dans le couloir. Un peu d'escalade facile permet malgré tout d'y accéder. Cette galerie est rectiligne et se termine par le front de taille après environ 25 mètres. Les boisages repérables sur la photo du travail de diplôme de

Escher (1967) ont disparu, il n'en reste que quelques-uns près de l'entrée. Un début de grattage, discret (d'environ 1mètre), a été effectué entre la galerie nord et le couloir.

Les galeries de la Barma ont été visitées par Sigg en 1944, mais il n'avait pu trouver le minerai en place. Par la suite, dans son diplôme de 1967, J.C. Escher n'a décrit que la mine de la Barma sud. Lukas Schmutz (comm. pers.) a visité dans les années quatre-vingt que la mine de la Barma nord.

## 2.8 Grattage de Tsampétroz

Une minéralisation cuprifère est mentionnée par Schmutz (1984) à Tsampétroz, au sud de Barmaz. Selon cet auteur elle n'est pas mentionnée dans la littérature plus ancienne.

## 2.9 Mine des Moulins de Saint-Luc

Située à quelques centaines de mètres au sud du village de Saint-Luc, cette mine est facile à atteindre depuis la route reliant Saint-Luc à Ayer, sur la rive gauche du torrent des Moulins. Selon Sigg (1944), trois galeries existaient à l'origine. L'une à 1480 m d'altitude, actuellement inaccessible (tout comme en 1944 déjà), la plus importante à 1590 m et finalement une courte galerie à 1620 m. Selon Gerlach (1859), d'autres galeries ont dû exister, puisqu'il écrit «...um sich über das Niedersetzen der Lagerstätten zu überzeugen, wurden noch 3 kleinere Zwischengalerie zwischen der oberen und unteren getrieben».

Située une vingtaine de mètres au-dessus de la route, la galerie principale est facilement accessible. Dans les années 1980', l'entrée a fait l'objet de travaux de dégagement et de désobstruction ainsi que d'un boisage de sécurité sur les premiers mètres. Après environ 5 m, une galerie de 5 m monte à gauche et rejoint une autre galerie d'une longueur d'environ 15 m qui est parallèle à la principale. Cette dernière qui est plus ou moins rectiligne, mesure environ 115 m et s'arrête au front de taille. Après 70 m, un premier dépillage est entaillé à gauche, puis un second, est visible à 75 m. Une galerie inférieure parallèle, plus basse d'environ 3 mètres est noyée après 25 m.

## 2.10 Mine du Waschsee

Pour atteindre cette mine, il faut monter sur l'alpage de Chandolin, emprunter le col de l'Illsee pour ensuite descendre près du petit lac du Waschsee. En remontant les affleurements rocheux en direction de l'Illhorn, on atteint tout d'abord un grattage de trois mètres. Quelques dizaines de mètres plus haut, une galerie s'ouvre dans la minéralisation.

Un éboulis surplombe l'entrée qui s'enfonce dans le rocher sur 20 m et se scinde en «V». Les galeries sont noyées après quelques mètres. Au vu de l'ampleur des déblais, celles-ci ne doivent pas se prolonger de beaucoup. La mine du Waschsee n'a été redécouverte que très récemment par Proz (1995).

### 2.11 Mine de Tignausa inférieur

La mine de Tignausa inférieur se situe juste sous la cabane de Bella-Tola à proximité immédiate d'un bisse. Les déblais rubéfiés (d'où le nom de «mine de fer» employé actuellement) sont bien visibles et très facilement atteignables. La galerie est effondrée et seuls les déblais, disposés parallèlement à une tranchée, permettent d'observer la nature de la minéralisation.

Les coordonnées de Woodtli et al. (1987) correspondent à la mine de Tignausa inférieur, mais la paragenèse qui est décrite par cet auteur s'applique, elle, à la mine de Tignausa supérieur. Cette confusion est issue de la thèse de Sigg (1944) (voir discussion ci-dessous, mine de Tignausa supérieur).

### 2.12 Mine de Tignausa supérieur

La mine est située à environ cinquante mètres au nord-est de la cabane de Bella-Tola. La galerie est invisible et seuls des petits déblais s'observent.

Cette exploitation («mine de fer» dans le travail de Sigg en 1944) correspond à la mine de Tignausa supérieur. Chez de nombreux auteurs, il existe une confusion entre ces deux localités, distantes de quelques centaines de mètres mais à la minéralogie très différente. C'est d'ailleurs grâce à l'étude minéralogique de ces deux gisements qu'ils ont pu être clairement identifiés.

### 2.13 Mine de Garboula

La mine de Garboula est accessible en empruntant la piste d'alpage menant de la cabane de Bella-Tola au Rothorn. La mine se situe au pied de l'extrémité est de l'arête des Ombrintses. Elle est visible de loin, car entaillée dans un épais filon de quartz blanc. La galerie, immédiatement noyée après quelques mètres, est taillée en direction dans l'allongement du filon.

### 2.14 Mine du Toûnot

Cette mine signalée par Gerlach en 1859 n'a jamais été retrouvée à ce jour.

### 2.15 Minéralisation à manganèse de Garboula

Cette minéralisation singulière est connue grâce à quelques échantillons de la collection Gerlach conservée au Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion. L'une des étiquettes mentionne : « Pyrolusite contenant 4 % de cobalt. Montagne de Garboulaz sur Saint-Luc, Anniviers, Valais ». D'autre part Adolphe Ossent dans sa correspondance avec le professeur Renevier évoque à deux reprises « Le minerai de la Manganèse (*sic*) près Garboulaz (Hartmanganerz) » «A ce jour, cette minéralisation n'a pas été retrouvée sur place.

## 2.16 Pinsec

Cette exploitation n'a pas été retrouvée sur le terrain, elle devrait se situer selon Sigg (1944) «au Nord-Ouest et au-dessus du village de Painsec (*sic*), à l'altitude de 1750 m et à proximité de l'alpe de Tracuit».

## 3 Les différents types de minéralisations

### 3.1 Filons à plomb, zinc et cuivre

Il s'agit essentiellement de filons quartzeux à passées carbonatées qui contiennent principalement de la galène, de la sphalérite, du «cuivre gris» et de la chalcopyrite. Les proportions relatives entre ces minéraux varient passablement d'un site à un autre. Le «cuivre gris» est plus abondant à Gosan et Termino en comparaison des autres mines où la galène et surtout la chalcopyrite dominent. La mine de Chippis est quant à elle surtout riche en sphalérite.

La mine des Moulins de Saint-Luc présente localement une gangue de barytine. Parmi les éléments en traces les plus importants citons en premier lieu l'argent qui représentait vraisemblablement le métal recherché dans ces exploitations. Schmutz (1984) donne une teneur de 2 % d'argent dans le « cuivre gris » de la mine des Moulins de Saint-Luc.

### 3.2 Filons à cobalt et nickel

Les deux minéralisations étudiées, Collioux inférieur et Tignausa inférieur sont très différentes l'un de l'autre. La première est caractérisée par un minerai à sulfo-arséniures de cobalt et nickel et bismuth natif. Sa gangue quartzeuse la différencie radicalement des grands gisements d'Anniviers et de Tourtemagne (Grand-Praz, Gollyre et Kaltenberg). La seconde, avec sa gangue carbonatée se rapproche de ces grands gîtes mais se différencie par la prédominance du soufre et du cobalt ainsi que par l'absence de bismuth.

### 3.3 Filons à cuivre, fer et or

La seule minéralisation de ce type est celle de Tignausa supérieur. Il s'agit d'un filon quartzeux contenant des masses disséminées de bornite et de sulfures de cuivre (digénite, chalcocite, etc.). L'or accompagné de sélénium, bismuth, argent, tellure, molybdène est présent en inclusions microscopiques. Exceptionnellement de l'or natif visible a été observé.

### 3.4 Filons à cuivre et fer

La mine de Garboula est la seule du secteur étudié à présenter ce type de minerai à chalcopyrite et quartz seuls.

## 4 Historique des exploitations

Les minéralisations de la région de Saint-Luc ont été exploitées essentiellement au cours du 19<sup>ème</sup> siècle et les documents d'époque relatifs à ces exploitations sont rares. Une correspondance entre l'ingénieur Adolphe Ossent et le professeur Eugène Renavier datant de la fin des années 1870, est conservée au Musée de géologie de Lausanne. Elle a permis de mieux cerner l'historique de cette région du Val d'Anniviers. On trouve des informations supplémentaires chez différents auteurs et dans les documents conservés aux Archives géologiques suisses. Toutes ces données sont présentées sur la figure \$ qui résume la chronologie de l'exploitation des mines dans le Val d'Anniviers et le Val de Tourtemagne. Beaucoup de questions restent en suspens, notamment sur les tonnages extraits ou sur certaines mines dont aucune référence bibliographique n'a été retrouvée.

Les premières exploitations minières sont attestées dans le Val d'Anniviers en 1718 (Schmidt, 1920). Malheureusement, aucune localité n'est mentionnée et il n'est pas possible de savoir si les mines de Saint-Luc sont concernées.

En 1835, la mine de Gosan est la première exploitation à être mentionnée dans la région étudiée. Elle est décrite par l'ingénieur des mines Raby, pour le compte de la société française exploitant la mine de cuivre de Chessy près de Lyon. Il est fort probable que des grattages aient déjà existé antérieurement, mais pour l'instant aucune bibliographie consultée n'a pu le confirmer. On peut s'étonner que ces minéralisations, riches en cuivre et en argent, n'aient pas fait l'objet d'une exploitation médiévale ou même plus ancienne.

Il faut remarquer l'extrême brièveté des périodes d'exploitation de ces gisements. Pour beaucoup, elles n'ont été actives que durant une à deux années. Puis, s'ensuivait pour certaines, une période d'abandon, qui pouvait durer plus d'une décennie, à laquelle succédait une remise en exploitation, souvent courte. Il est cependant difficile, avec les données bibliographiques consultées, de savoir si les périodes d'abandon correspondent réellement à un arrêt total de l'extraction ou si ces mines étaient «gratées» occasionnellement par les gens de la région.

### 4.1 Mine de Chippis près de Niouc

Selon Gerlach (1859), qui ne mentionne pas de date de mise en exploitation, la teneur en argent de la galène est de *«a) im derben Stuffers: 145 g. Silber in 100 Kil. und 56% Blei, b) im gewaschenen (Schlich): 182 g. Silber in 100 Kil. Erz, und 73 + % Blei»*.

Le minerai était trié manuellement *«Die gewonnen Erze sind durch Handscheidung aufbereitet worden»*. Gerlach précise qu'au cours des 2-3 dernières années (donc avant 1859), *«ist nirgends gearbeitet worden»*.

Schmid, dans son rapport d'expertise d'avril 1916 sur les mines de Chippis, cite en conclusion: *«De toutes les galeries examinées, la seule qui puisse retenir l'attention est la galerie D (à La Baraque), où la blende massive est rencontrée. Les travaux ne*

*sont pas encore suffisamment avancés pour pouvoir diagnostiquer exactement ce que l'on est en droit d'attendre...»*

#### 4.2 Indice des Pontis

Adolphe Ossent évoque dans sa correspondance à Eugène Renevier du 20.9.1879 : *«Les affleurements du gisement de cuivre gris argentifère dans la Cornieule (Rhôtidolomit ?) des Pontis»* puis de manière pour le moins confuse : *«Les affleurements sont préférablement intéressants parce que le minerai de zinc, Calamine, aussi du Pb se trouvent dans la Prusse rhénane et en Belgique sous des circonstances semblables: Dolomit et Calcaire. Nos formations de bancs dans les gisements ressemblent déjà aussi à celles du pays de Nassau & des bords du Rhin, ainsi une nouvelle ressemblance et j'ai examiné pour rebut (sic) dernièrement des minerais des Pontis et je les poursuivrai encore»*

Schmutz (1984) mentionne une minéralisation cuprifère aux Pontis mais ne cite pas ses sources.

#### 4.3 Mine de Fang

Le rapport de Lecomte-Denis (1901) présente le gisement de Fang comme une minéralisation à cuivre et argent, avec extraction de deux tonnes de minerai à 11 % de cuivre et 60 grammes d'argent à la tonne. Le minerai était trié au marteau, après avoir été extrait de cinq ou six veinules superposées dans une galerie de sept mètres de long.

#### 4.4 Mine de Termino

L'historique de la mine de Termino pose quelques problèmes, puisque les auteurs anciens, tel Gerlach (1859), n'en font aucune mention dans leurs écrits. La référence la plus ancienne retrouvée est celle de la correspondance entre Adolphe Ossent et le professeur Renevier, en 1879. Aucune date de mise en exploitation n'est cependant mentionnée.

Cette référence apparaît dans une énumération de mines, de la manière suivante: *«n° 7: Mine de Termino, cuivre gris & galène argentifère 1720-1730 d'altitude (120 m. env. plus bas que le gisement de Gosan, droit dessous, 40 minutes de St-Luc)»* et plus loin *«Le minerai de Termino n'est pas encore analysé exactement, on connaît que le titre de Cu et Ag par quelques essais»*. On peut donc penser que la mise en exploitation a débuté entre 1859 et 1879.

#### 4.5 Mine de Gosan

Mise en exploitation en 1836 par l'ingénieur Raby, cette mine appartenait à la «Fahlerz-concession» de «Fusey» (=Fusette) qui comprenait outre ces deux mines, celles de Barma et des Moulins de Saint-Luc. Cette concession fut achetée pour 15'000 francs



de l'époque et exploitée par une société allemande, sous les ordres des ingénieurs Adolphe Ossent puis Heinrich Gerlach. En 1859 déjà, ce dernier écrivait que les mines de Gosan étaient presque toutes effondrées. Seule la mine principale fut réexploitée deux ans auparavant.

La galerie principale à fourni quelques 500 quintaux (50 tonnes) de minerai à 5-10 % de cuivre et à 2-3 % d'argent.

Un rapport des archives géologiques indique en plus que «*la mine de Gaussan été exploitée en 1836-1838 et 1856-1858 avec 3 à 5 mineurs*».

#### 4.6 Mine de Fusette

Gerlach (1859) nous rapporte que cette mine fut mise en exploitation au cours de l'année 1854, sur une longueur de 52 mètres, pour finalement s'arrêter sur une faille. Un rapport interne des Archives géologiques suisses, datant de 1905, ajoute que le minerai de la «mine de Fussy» contenait 2 % d'argent (dossier 1307).

La correspondance entre Adolphe Ossent et Eugène Renevier indique que l'exploitation a duré jusqu'en 1859. (Voir également l'historique de la mine de Collioux supérieur, ci-dessous).

#### 4.7 Mine Collioux inférieur

Selon Gerlach (1859), l'exploitation de Collioux inférieur (le site qu'il appelle «*Nördlich von Luc*») a débuté en 1854 et 1855. Selon Sigg (1944), une reprise aurait eu lieu aussi en 1867.

La mine appelée Barma ou Colliou de Barma par Adolphe Ossent dans sa correspondance est soit celle de Collioux inférieur ou soit celle de Collioux supérieur.

Lors de sa thèse, Sigg (1944) a étudié des échantillons de la collection de Marcel Gysin labellés sous la dénomination de « Barma ». Malheureusement, ce nom de « Barma » a été employé avec une grande confusion pour désigner autant les mines de la Barma sud et nord, que pour les mines de Collioux supérieur et Collioux inférieur.

En faisant la synthèse de l'étude minéralogique des anciens échantillons conservés dans les musées, de leurs étiquettes, de la correspondance entre Ossent et Renevier et enfin des informations actuelles récoltées sur le terrain, il est possible d'arriver aux conclusions suivantes :

- les blocs à cobalt, nickel et bismuth de la collection de Marcel Gysin ne proviennent probablement pas des mines de la Barma nord ou sud, mais de la mine de Collioux inférieur ;
- il n'y a donc vraisemblablement pas eu deux minéralisations à cobalt-nickel-bismuth et cuivre-plomb-zinc à la mine de la Barma, comme le conclut Sigg (1944).

#### 4.8 Mine de Collioux supérieur

Après des débuts difficiles, l'exploitation de la mine de Collioux supérieur commence réellement en 1865. En effet, comme l'explique en 1879 Adolphe Ossent dans sa lettre manuscrite adressée à Profaffov:

«*In Fusec hat Gerlach von 1854 bis 59 über 52 Mt. Galerie im Streichen auf 2 Erzlager, ein hangendes und ein liegendes Lager getrieben. Bei 40 Mt. Länge tritt aber eine Verwerfungskluft (eine Lettenkluft mit zersetzten Gesteinen auf, und hat den Lagergang tiefer verworfen. Da dies nicht zeitig genug beobachtet wurde, stehen die letzten 12 Mt. Galerie im tauben Gebirge und der Gang ist durch Gerlach überfahren, also keine Gangart noch Erz zu sehen, was ein Fehler der nachlässigen Beaufsichtigung war. Im Colliou war ein ähnlicher Fehler 1854-1859 vorgefallen, und das Haupterzmittel die Fahlerze nicht ausgerichtet (repris), sondern man blieb vor einer ähnlichen Verwerfungskluft stehen. Daher hatte man zuletzt kaum noch etwas Bleiglanz im Hangenden der Lager stätte. Seit 1865 hatte ich dieselbe Dicht neben aufgenommen und vom Tage aus auf's Neue verfolgt....*»

Comme la galerie n'est plus accessible actuellement, la thèse de Sigg (1944) en offre le dernier descriptif.

#### 4.9 Mines de la Barma

Gerlach (1859) mentionne la mine de la Barma nord, en tant que galerie d'une cinquantaine de mètres de longueur située sous les mayens de Barma à environ une demi heure au nord-ouest de Saint-Luc. L'exploitation débute en 1853. Le filon quartzeux recèle du « cuivre gris » bismuthifère. Schmidt (1917) signale la présence de malachite et d'azurite et précise que l'épaisseur du filon est de 0.5 à 2 mètres.

En 1944, Jean Sigg visite cette mine, en faite plan, mais ne trouve pas la minéralisation. Il étudie donc des échantillons appartenant à la collection de Marcel Gysin, provenant, selon ce dernier, de la mine de la Barma. Sigg mentionne une association minérale tout à fait nouvelle puisqu'il décrit des minéraux de bismuth associés directement à des minéraux cuprifères tels que : « chalcosine bleue », chalcopyrite, covellite, « cuivre gris » et « chalcosine blanche ». Le matériel d'étude de J. Sigg a été a été revu partiellement par Cuchet (1995). Il s'avère que la « chalcosine blanche » est en réalité de la wittichénite très argentifère et sans doute responsable de la teneur élevée en argent de ce minerai.

#### 4.10 Mine des Moulins

Selon le rapport de Gerlach (1859), la mine des Moulins de Saint-Luc est la «*wichtigste und am günstigsten gelegene Punkt*». Le «cuivre gris» y est très argentifère: «*Der Silbergehalt des Fahlerzes ist auf beiden Lagerstätten ziemlich gleich, und beträgt über 2 %*». Gerlach indique que l'exploitation de ce corps filonien régulier est pratiquée depuis 1853 à l'aide de deux à quatre mineurs.



Fig. 1: Mine de Fusette (flèche: entrée galerie, en haut à gauche: route vers Chandolin). Foto 2003, Stefan Cuchet.



Fig. 2: Localisation du déblais «rouge», mine du Waschsee. Foto 2003, Stefan Cuchet.

Selon la correspondance d'Adolphe Ossent du 20 octobre 1879 «No 4... exploitée aussi plus bas par 3 galeries un gîte en Barytine (Schwerspath), Braunspath et Quarz, où la Galène et Blende s'y joint». Il s'agit des galeries inférieures noyées après quelques mètres. On y retrouve encore cette paragenèse actuellement.

#### 4.11 Mine du Waschsee

Cette mine n'apparaît à notre connaissance dans aucune référence bibliographique. Par conséquent, ni sa date d'exploitation ni le nom de ses exploitants ne connus. Gerlach (1859) mentionne dans son rapport une «Kupferconcession von Cordille (Illgraben)» mais selon lui, aucun travaux ne furent entrepris et la concession abandonnée.

#### 4.12 Mine de Tignausa inférieur

Gerlach (1859) écrit «V. Garbulaz. Der Erzpunkt liegt auf der Alp gleichen Namens, östlich von Luc und c. + Stunde über der Holzgrenze. Derselbe wurde 1849 aufgeschlossen und mit einer abfallenden Galerie c. 12 M. verfolgt. Die Gangmasse war auch hier Braunspath, in der Weissnickelkies und am Tage Cobaltblüthen vorkamen.»

La description correspond parfaitement à celle de la mine de Tignausa inférieur.

#### 4.13 Mine de Tignausa supérieur

L'unique référence ancienne trouvée pour l'instant et que l'on puisse rattacher à la mine de Tignausa supérieur est celle de la correspondance entre Adolphe Ossent et Eugène Renevier (1879) : «*Il vous manque encore: [...] g) du cuivre panaché près Garboulaz [...]*»

Les sulfures de cuivre de Tignausa supérieur correspondent au «cuivre panaché» ou bornite.

#### 4.14 Mine de Garboula

Les références bibliographiques consultées sont très lacunaires. Des confusions à son sujet découlent du fait que la dénomination de Garboula a été utilisée par plusieurs auteurs pour nommer des mines ou lieux différents (Tignausa supérieur et inférieur, Toûno, blocs à manganèse). Aucune date ou tonnage n'est connu.

#### 4.15 Mine du Toûno

Gerlach (1859) décrit cette mine ainsi:» *Tounot, südöstlich von Vissoye in der oberen Holzgrenze.-Dieser Erzpunkt wurde bei der Anlage einer Wasserleitung gefunden und seit 1850 weiter aufgeschlossen. Das Erz war ganz in Nickelblüthe zersetzt und wurde etwa 20-30 M. mit einer Galerie verfolgt. Die Gangmasse bestand aus Braunspath in der auch Kupferkies eingesprengt vorkam.-Die Erzgewinnung war unbedeutend.-*». Le terme de «Nickelblüthe» était alors employé pour décrire l'annabergite de couleur verte. Depuis Gerlach, personne ne semble avoir visité ou retrouvé cette mine. Selon cet auteur, cette exploitation se situerait dans la région du Chiesso (coord. approx. 117.800/614.800, 2200 m), sur le plateau de la Montagne du Toûno (carte topographique 1/25'000, édition de 1974).

#### 4.18 Mine de Pinsec

Selon Schmidt (1917), cette minéralisation, travaillée de 1848 à 1856, consistait en cobaltine, arsénopyrite, tennantite, « chloanthite » et « nadelerz » (un sulfosel de plomb, cuivre et bismuth). En 1944, Sigg n'a pas retrouvé les travaux, à l'exception d'un petit grattage de quelques mètres en direction d'une fahlbande sans traces de minerai. Quelques rares échantillons, dispersés dans la pente, ont été récoltés par Stefan Ansermet au début des années 1990'.

## 5 Deux associations minérales perdues : l'une peut-être située, l'autre non

### 5.1 Première association minérale: celle à manganèse

Quelques échantillons déposés dans les collections de musées, notamment celui de Sion, ont permis d'étudier une association minérale à manganèse et cobalt, inédite pour cette partie du Val d'Anniviers. L'aspect des blocs est celui de masses noires grossièrement cristallisées et «tachant» les mains. Le cobalt mentionné sur l'étiquette provient de petits grains sphériques (dimension : environ 30 microns) de cobaltine riche en nickel et dispersés dans les minéraux manganésifères (la rhodonite et la todorokite, qui la remplace par altération). Les étiquettes localisent ce minerai ainsi: «*Pyrolusite contenant 4% de cobalt. Montagne de Garboula sur St-Luc, Anniviers, Valais*» (N° de référence : 130). Il n'a pas été possible de retrouver sur place des blocs analogues à ceux-ci.

Une unique source écrite mentionnant du manganèse a été retrouvée. Il s'agit de la correspondance de 1879 entre Adolphe Ossent et Eugène Renevier, au sujet des gîtes du Val d'Anniviers : «[...] *aussi la Manganèse s'y trouvent aux mines ou en filons précieux (sic), [...]*».

Ossent écrit de plus: «*Il vous manque encore: [...]*

*e) du minerai de Garbulaz, Cobaltine, Nickeline et Bi.*

*f) du minerai de la Manganèse près Garbulaz (Hartmanganerz, Oxi...)*

*g) du cuivre panaché près Garboulaz»*

### 5.2 Deuxième association minérale: celle de la mine du Toûno, à bismuth, nickel et cobalt:

L'échantillon N° 103 du musée de Sion se révèle très intéressant, puisque son étiquette mentionne une provenance non retrouvée sur place «*Cobalt Nickelblüthi in Braunspath mit Talk. Tounoz bei Vissoye*». Il s'agit d'un bloc de minerai de plusieurs centimètres, gris métallique, à gangue quartzeuse. Il contient de l'arsénopyrite, de la skuttérodite et du bismuth natif. L'échantillon 103 ne peut pas provenir de Tignausa inférieur, puisque son association minérale est différente de celle de cette mine. Si l'étiquette est correcte, la mine du Tounoz reste donc à localiser. Son entrée est actuellement certainement effondrée.

Le Muséum de Berne possède un bloc de minerai dont la provenance indiquée est Toûno. Il contient de l'érythrine en veines entrelardant des carbonates. L'aspect du bloc est similaire à ceux qui peuvent être récoltés actuellement à la mine de Tignausa inférieur.

Ainsi, il est probable que la localisation «Touno» soit parfois utilisée pour désigner Tignausa inférieur, et parfois pour désigner une autre mine non localisée à ce jour.

### 5.3 Discussion

Nos hypothèses sont les suivantes:

- I. Le minerai de manganèse des échantillons du Musée de Sion pourrait provenir de Tignausa inférieur, mais cela n'est pas prouvé ;
- II. La mine du Tounoz (selon Gerlach) n'a pas été retrouvée sur place, mais l'échantillon 103 du musée de Sion en est un témoin ;
- III. le point e) de la correspondance de Ossent fait référence soit à une deuxième mine non retrouvée, soit à la mine du Tounoz (selon Gerlach).

#### *Hypothèses I. et II.*

Gerlach (1859) énumère les mines de Toûno (cf. § 4.15) et de Garboulaz (cf. § 4.12). Il ne peut donc pas les confondre. Nous avons montré précédemment (§5.2) que la mine du Toûno correspond à une mine non retrouvée (aucun site ne s'accorde en même temps avec la description géographique et l'association minérale de l'échantillon 103). Celle de Garboulaz correspond à la mine de Tignausa inférieur (il y a correspondance tant avec la situation géographique, qu'avec l'association minérale). Ce dernier point est soutenu par un argument supplémentaire: la région dénommée «Garboula» sur la carte topographique 1/25'000 actuelle (éd. 1974) englobe la mine de Tignausa inférieur.

Si la localisation «Garboula» de l'étiquette de l'échantillon du Musée (§5.1) et celle «près Garbulaz» de Ossent (§5.1) sont également à attribuer à Tignausa inférieur, alors il faut supposer la présence par exemple de poches ou de passées décimétriques à rhodonite (minéral primaire), réparties dans le filon carbonaté. A Tignausa inférieur, le manganèse n'a été trouvé que dans un minéral secondaire d'altération (l'hétérogénite). La preuve que les échantillons à manganèse du Musée de Sion proviennent de Tignausa inférieur n'est pas faite. Ossent décrit Tignausa supérieur (tout proche de Tignausa inférieur) également comme «près Garbulaz» (le point g) est attribué à la mine de Tignausa supérieur, cf. § 4.13), observation qui soutient donc un peu l'hypothèse I.

Note: Dans la région proche, le manganèse n'a été trouvé que dans de minces niveaux à radiolarites, au sud-est du Toûno (Marthaler, 1983). Aucune trace d'exploitation n'y a été observée. Dans une zone plus large, du manganèse a été trouvé au niveau du lac d'Arpitettaz, dans des blocs contenant des minéraux primaires manganésifères.

Finalement, mentionnons que la mine de cuivre de Garboula n'entre pas en ligne de compte dans cette discussion: le minerai étant tout autre (chalcopyrite massive).

#### *Hypothèse III*

La mine de «Garbulaz» de Ossent («e) du minerai de Garbulaz, Cobaltine, Nickeline et Bi.») est à attribuer soit à la mine du Tounoz selon Gerlach, soit à une autre mine. Si on l'attribue à la mine du Tounoz, alors le minerai a eu différents aspects, puisque selon Gerlach tout le minerai était altéré «*Das Erz war ganz in Nickelblüthe zersetzt*», ce qui

est plutôt contradictoire avec la description de Ossent. S'il s'agit d'une autre mine, elle est par conséquent encore inconnue, puisqu'il ne peut pas s'agir de la mine de Tignausa inférieur: ni la nickeline, ni le bismuth n'y sont présents.

Note: La localisation de la mine du Toûno donnée par Schmutz (1984) ne signifie pas qu'il l'a située et trouvée (L. Schmutz, comm. pers.). Sigg (1944) émet l'hypothèse que la mine du Toûno correspond à la mine de Tignausa (supérieur): hypothèse impossible du point de vue des associations minérales.

## 6 CONCLUSION

L'histoire des mines de Saint-Luc reste encore assez difficile à retracer dans les détails. Les sources écrites sont peu abondantes et parfois confuses. Sur le terrain, les traces d'exploitation sont maigres et discrètes. L'étude approfondie des associations minérales s'est par contre révélée être un outil très puissant et univoque pour cibler et écarter des hypothèses d'attribution de lieux actuels à des échantillons ou à des écrits. Elle apporte donc une contribution notable à la connaissance historique de ces exploitations.

D'un autre côté, la diversité minéralogique extraordinaire de ces gisements et certains caractères exceptionnels liés à quelques espèces minérales font de certaines mines de la région de Saint-Luc – Chandolin des sites minéralogiques de tout premier ordre. En effet, et ce n'est qu'un exemple parmi d'autres, la mine de Gosan a fourni, en 1995, la seconde occurrence mondiale de camérolaïte (Cuchet, 1995). La mine de Collioux inférieur est à répertorier parmi les rares sites de notre planète à détenir d'exceptionnelles espèces minérales, comme celles de son association minérale à arséniates de bismuth.

En conclusion, les caractères purement minéralogiques, non seulement des sites étudiés dans cet article, mais également de l'ensemble des minéralisations du Val d'Anniviers (!), se révèlent être actuellement des éléments importants de notre patrimoine minéralogique national, avec pour implication des mesures à entreprendre (comme par exemple la valorisation des connaissances actuelles et la préservation des sites).

## Documents annexes

Correspondance entre Adolphe Ossent et Eugène Renevier (conservée dans les archives du Musée cantonal de géologie de Lausanne):

- La correspondance manuscrite entre M. Ad. Ossent et M. le professeur E. Renevier date des années 1876 à 1879.

Sierre le 17 Sept<sup>re</sup> 1879  
Ad. Ossent

Très honoré Monsieur,

Revenant des mines de Tourttagne et d'Anniviers par St-Luc, je trouve votre carte du 15 et je m'empresse de vous dire, que je serai Vendredi prochain, 19 à l'Usine de Sierre. Elle se trouve dix minutes du bureau de la poste et on passe devant l'hôtel Baur en traversant le village de Glarey et la voie du chemin de fer. Vous verrez alors la haute cheminée de l'Usine depuis ce passage et deux minutes allant contre le pont sur le Rhône se trouve l'habitation à gauche de la grande route du Simplon, qu'on suive depuis Sierre. J'aimerais bientôt remonter aux mines près St-Luc, et il me fera un grand plaisir de vous accompagner aux gîtes des mines d'Anniviers et de Tourttagne. Le moment est très favorable car nous avons des mineurs sur 5 points différents, et vous pourriez observer le minerai aussi bien au jour que dans les travaux. Aussi le célèbre filon de cuivre gris très argentifère (Annivit) perdu par M. Raby, et qu'il n'a pas pu retrouver pendant 8 ans de recherches, a été retrouvé et attaqué à un mètre de l'ancienne galerie Il m'a coûté que trois heures d'ouvrage par trois mineurs pour avoir le minerai en blocs avec la veine dans la même gangue de quartz laiteux. Le même filon est reconnu actuellement sur six kilomètres de longueur par 5 attaques dont quelques-unes datent de 1854, les plus importantes de 1865. Après avoir mis les mines de Ni & Co de Tourttagne en bon état, et exercé mon fils qui les dirige depuis 3 ans, j'ai repris les mines de cuivre gris pour les exploiter et fondre le minerai à l'Usine. Ceci ne se fera que pour le minerai riche, qu'on pourra d'ailleurs aussi vendre aux Usines royales de Saxe. Le minerai pauvre sera traité au chantier des mines dans les forêts des communes à env. 30 minutes de St-Luc.

M. Gerlach etc ont eu le projet de bâtir des boccards et lavages, mais je me suis toujours opposé, vu qu'on aurait perdu plus de 50% en métaux Cu & Ag! Maintenant avec le meilleur système de lavage (Rinthinger) on perd encore 35 à 40% Cu et Ag, et j'ai en vue d'extraire ces deux métaux sur place. Les études sont fait et se font encore.

La gangue quartzeuse se prête à merveille pour l'extraction à la voie des acides et à la voie humide et permettent d'obtenir un bon résultat même pour les minerais maigre que M. Raby à tout à fait négligé.

M. Raby si bien que M. Gerlach n'ont cherché que le minerai compacte et jeté le minerai pauvre -donnant un bon bénéfice- dans les déblais! Preuve les déblais et masses laissées du cassage et triage au marteau.

Cette négligence avait ruiné l'entreprise, car le minerai bon pour la fonte de 10 à 20 % cuivre et 1 à 2 % d'Argent ( 100 à 200 K°. cuivre et 10 à 20 K°. argent p. Tonne) ne se trouve pas si peu en Valais si peu comme ailleurs sans être interrompu par les zones plus pauvres. Mais ces parties pauvres donneront des bénéfiques et sans autres frais on rencontre alors les zones très riches par des travaux réguliers et suivis ce qui est déjà constaté.

J'ai repris aussi une mine de Cuivre bismuthifère-arg. près d'Ayer, le minerai est plus riche en Bi, Cu et Ag. que celui de Baicolliou près Grimentz. Aussi les fontes ont prouvé que le Bi est facile et sans perte à extraire. Le minerai a la formule chimique du Rothgiltigerz (Argent rouge arséni-antimonifère) pendant l'Annivit de St-luc présente la formule de cuivre gris et/+ Rothgiltigerz. Ce sont deux espèces de minerai qui ne se trouvent qu'ici .

Des cristaux de plomb (Galène)

fer arsenical

oligiste

de pyrites magnétiques & de pyrites

Smaltine et de Chloanthite

En bismuth natif et sulfuré et Nadelerz

Id. cuivre panaché etc

Aussi la manganèse s'y trouvent aux mines ou en filons précieux.

Les arsénates bleues et verts du cuivre gris décomposé comme les Arsénates de Co & Ni s'y trouvent au jour et indiquent les gisements de loin, et j'espère que vous serez content de votre course.

En tout cas je préfère de vous prendre à Sierre le 19, mais après je serai à St-Luc, hôtel Bella-Tolla.

Agréez Monsieur mes salutations sincères

Ad. Ossent



– Archives géologiques suisses, Berne : extrait du dossier 1307, de 1906 ?  
(auteur inconnu):

«Dans la région de St-Luc, les teneurs des cuivres gris purs allaient jusqu'à 36% de cuivre et jusqu'à 27 kilos d'argent à la tonne, les anciennes mines de la Barma, de Moulin, de Luc et de Fusey ont fourni quelques centaines de tonnes de minerai trié au marteau où la teneur en argent dépassait 2%, soit plus de 20 kilos à la tonne»

«L'exploitation des gîtes de cobalt pourrait être très rémunératrice car le minerai y est très riche et se vend à un prix très élevé. On peut donc compter le vendre au prix de 1200 frs. la tonne à la station de chemin de fer de Tourtemagne, car on peut placer sans difficultés une importante quantité de ce minerai dans les usines de Saxe.»

«Ce qui frappe au premier abord c'est le petit nombre d'ouvriers que l'on mettait dans chaque mine, quand le nombre en atteignait 10 à 15, c'était déjà beaucoup pour ce genre de travail.

En outre, lorsqu'on parcourt les anciens travaux, on est frappé du manque absolu de direction et de compétence de ceux qui y travaillaient. Aucun plan de travaux n'existait, chacun allait au minerai qu'il voyait devant lui et souvent même par une imprudence de conception menait sa galerie à contresens et perdait le minerai»...»A côté de cette incompétence, il y avait une aggravation des conditions de travail provenant du manque de moyens de transports. Dans la vallée d'Anniviers, la route à voiture dont nous avons parlé, n'existait pas. Il n'y avait que de très mauvais chemins muletiers. En outre, dans la vallée du Rhône, il n'y avait aucun chemin de fer, le charbon faisait quelques cent kilomètres à char pour venir, la matte devait en faire autant pour s'en aller. Par-dessus tout cela, les capitaux engagés étaient trop faibles, la production ridiculement petite et ne pouvant couvrir les frais généraux, à supposer même qu'elle ne se fit pas elle-même à perte.

Il est à remarquer cependant que malgré tout, d'après les anciennes comptabilités, la mine de Nickel de Grand-Praz a donné des bénéfices, et d'après les dires des anciens, les mines très argentifères en ont laissé également»...

«De diverses mines, notamment Biolec, Pétolliou et Gosan, on retira 2100 tonnes de minerai trié à la main et qui fut traité dans une usine près de Riddes, depuis longtemps disparue. On y traitait seulement le cuivre, sans tenir compte de l'argent. Toutefois il est notoire que les 300 quintaux extraits à Gosan contenaient 3% d'argent.»

«Les ouvriers qu'on emploie à ce genre de travail en Valais sont surtout des Italiens dont le recrutement est très facile grâce à la proximité du Nord de l'Italie par le Simplon. Les salaires moyens des mineurs sont de 4 à 5 frs., les manoeuvres 3.50 frs.»

## Bibliographie

voir bibliographie générale (page 84)

Adresse de l'auteur: Stéphane Cuchet  
Av. Dapples 22  
1006 Lausanne.

**Abrégé de la «Carte des ressources minérales de la Suisse», feuille Valais – Oberland bernois; région Val d'Anniviers**

**Auszug aus der «Karte der Vorkommen mineralischer Rohstoffe der Schweiz», Blatt Wallis – Berner Oberland: Region Val d'Anniviers**

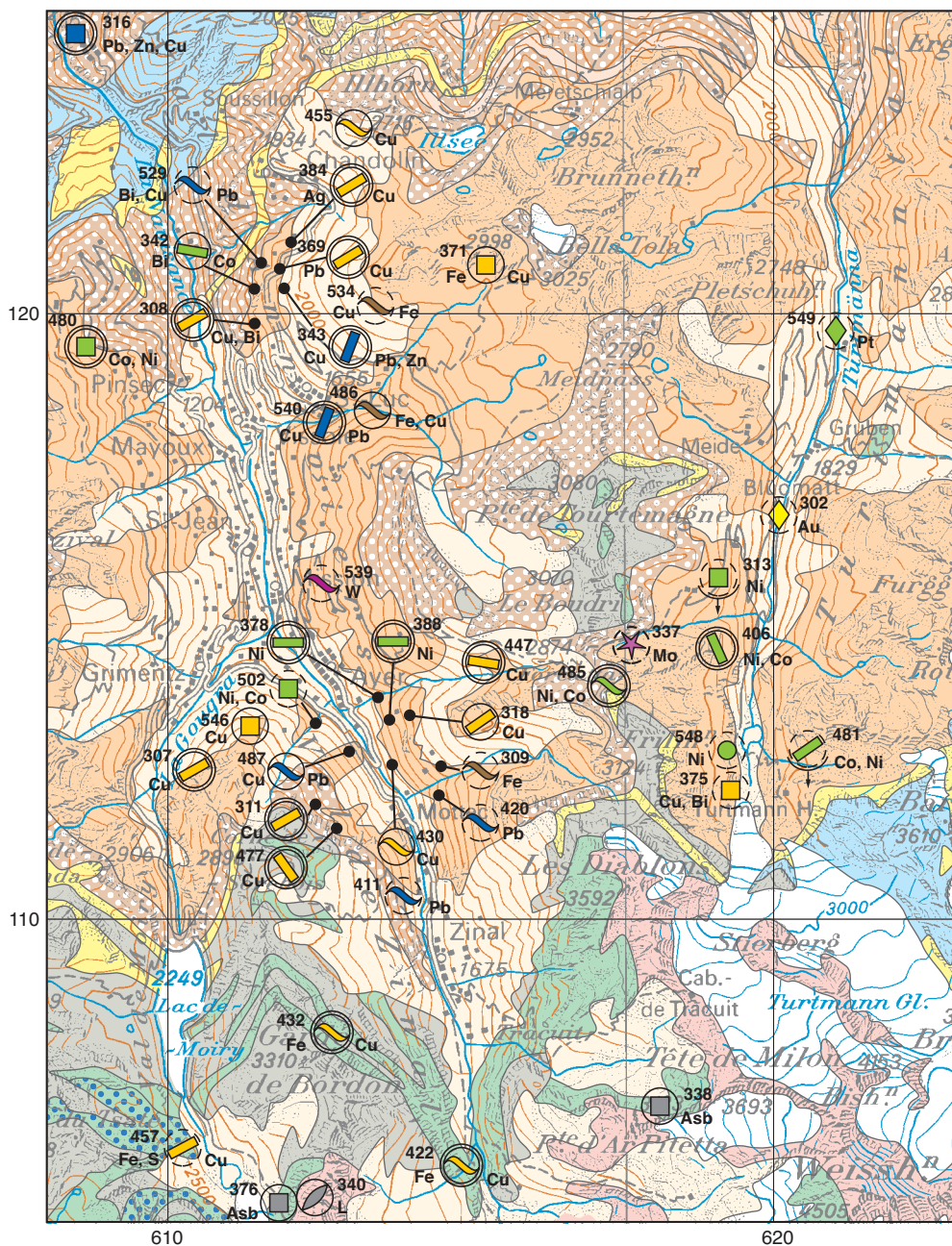
Publiée par la Commission Géotechnique Suisse SGTK, Zurich, en collaboration avec le Center de Recherche sur l'Environnement Alpin CREALP à Sion.

Herausgegeben von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission SGTK, Zürich in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für alpine Umweltforschung CREALP, Sitten.

voir pages 26-27, siehe Seite 26-27










No	Nom	Secteur	Coordonnées	Type de travaux	Eléments recherchés
	Pontis	Vissoie	Non retrouvé	Grattage	Cu
	Fang	Vissoie	Non retrouvé	Galeries	Cu-Ni
	Tsampetroz	St.-Luc	611.250/119.275	Grattage	Cu
	Tignausa inférieur	St.-Luc	613.500/120.100	Galerie	Co
	Tounô	St.-Luc	Non retrouvé	Galerie	Ni
	Brändji	Gruben	Non retrouvé	Galerie	Co
	Maret	Grimentz	Non retrouvé	Grattages	Cu
	Zattelet Praz	Grimentz	Non retrouvé	Grattages	Cu
307	Baicolliou	Grimentz	610.500/112.570	Galeries	Cu-Ag-Bi
308	Barma nord	St.-Luc	611.325/119.950	Galeries	Cu-Ag-Bi
311	Biolec	Ayer	612.420/111.800	Galerie	Cu-Ag-Bi
316	Niouc/Blessec	Chippis	608.220/124.600	Galeries	Pb-Zn
318	Bourimonts	Ayer	613.960/113.440	Galeries	Cu-Ag-Bi
338	Col de Milon	Zinal	618.250/106.900	Grattages	Asbeste
340	Col des Aiguilles	Grimentz	612.350/105.400	Grattages	Pierre ollaire
342	Collioux inférieur	St.-Luc	611.600/120.460	Galeries	Co-Bi
343	Collioux supérieur	St.-Luc	611.710/120.460	Galerie	Cu-Ag-Pb
369	Fusette	St.-Luc	611.825/120.700	Galerie	Cu-Ag-Pb
371	Garboula	St.-Luc	615.240/120.700	Galerie	Cu-Fe
376	Glacier de Moiry	Grimentz	612.250/105.350	Grattages	Asbeste et talc
378	Gollyre	Ayer	613.420/113.750	Galeries	Co
384	Gosan	St.-Luc	612.020/121.080	Galeries	Cu-Ag-Pb
388	Grand-Praz	Ayer	613.560/113.250	Galeries	Co
406	Kaltenberg	Gruben	618.870/114.600	Galeries	Ni-Co-Bi
411	Les Vernes	Zinal	613.920/110.350	Grattages	Pb-Zn
422	La Lé	Zinal	614.900/105.920	Galeries	Cu
430	Lapine Rousse	Ayer	613.790/112.540	Grattages	Cu-Ag-Bi
432	Laulosses	Zinal	612.630/108.350	Grattages	Cu-Zn
447	Les Virons (Nava)	Ayer	615.110/114/300	Galerie	Cu
455	Waschsee	Chandolin	614.050/123.125	Galerie	Cu
457	Moiry	Grimentz	610.200/106.200	Grattages	Cu-Zn
477	Pétolliou	Ayer	612.780/111.560	Galerie	Cu-Ag-Bi
480	Pinsec	Vissoie	608.700/119.370	Galerie	Co
481	Pipji	Gruben	620.610/112.260	Grattage	Ni-Co-Bi
485	Plantorin	Gruben	617.120/113.700	Galeries	Co
487	Pont du Bois	Ayer	613.100/112.820	Galerie	Pb-Cu
502	Rousson	Ayer	612.470/113.240	Grattage	Co
529	Termino	St.-Luc	611.620/120.970	Galerie	Cu-Ag-Pb
534	Tignausa supérieur	St.-Luc	613.650/120.100	Galerie	Cu
539	Torrent de Mission	Vissoie	612.560/115.550	Grattages	W
540	Les Moulins de St.-Luc	St.-Luc	612.600/118.200	Galeries	Cu-Ag-Pb
546	Tsirouc	Ayer	611.380/113.240	Galerie	Cu-Ag-Bi

## Val d'Anniviers 1:120000










Carte des ressources minérales de la Suisse Valais – Oberland bernois  
 Karte der Vorkommen mineralischer Rohstoffe der Schweiz Wallis – Berner Oberland  
 Schweizerische Geotechnische Kommission, Zürich und Crealp, Sion; 1998





## Roches encaissantes – *Nebengesteine*

	Calcaires et marbres calcaires (incl. calcaires siliceux et roches calcaires silicatés) <i>Kalke und Kalkmarmore (inkl. Kieselkalke und Kalksilikatfelse)</i>
	Dolomies et marbres dolomitiques (incl. corneule, gypse) <i>Dolomite und Dolomitmarmore (inkl. Rauhdecken, Gips)</i>
	Sédiments clastiques métamorphiques de la nappe du Grand St-Bernard <i>Metamorphe klastische Sedimente der Bernhard-Decke</i>
	Calcaires phylliteux et calcschistes micacés <i>Kalkphyllite und Kalkglimmerschiefer</i>
	Gneiss pélitiques et psammitiques <i>Pelitische und psammitische Gneise</i>
	Schistes verts, amphibolites, (méta-)gabbros <i>Grünschiefer, Amphibolite, (Meta-)Gabbros</i>
	Serpentinites, ultrabasites <i>Serpentine, Ultrabasite</i>
	Gneiss à composition granitique <i>Gneise granitischer Zusammensetzung</i>
	Quaternaire <i>Quartär</i>








## Associations des éléments et minéraux – *Element- bzw. Mineralvergesellschaftungen*

	Fer–manganèse (incl. pyrite, pyrrhotine) <i>Eisen–Mangan (inkl. Pyrit, Pyrrhotin)</i>		Plomb–zinc (± argent) <i>Blei–Zink (± Silber)</i>
	Cuivre (± bismuth) <i>Kupfer (± Bismuth)</i>		Nickel–cobalt (± chrome–platine) <i>Nickel–Kobalt (± Chrom–Platin)</i>
	Tungstène–molybdène <i>Wolfram–Molybdän</i>		Or (± argent) <i>Gold (± Silber)</i>
	Minéraux industriels <i>Industrieminerale</i>		

## Dimension, importance, degré d'exploitation – *Grösse, Bedeutung, Erschliessungsgrad*

gisements non exploités <i>bergbaulich nicht erschlossene Vorkommen</i>		gisements non exploités <i>bergbaulich erschlossene Vorkommen</i>	
	Gisement de classe 1 <i>Vorkommen der Klasse 1</i>		Gisement de classe 1 <i>Vorkommen der Klasse 1</i>
	Gisement exploré par forage <i>Vorkommen durch Bohrung untersucht</i>		Gisement de classe 2 <i>Vorkommen der Klasse 2</i>

## Morphologie des gisements – *Morphologie der Vorkommen*

	filon (direction indéterminée) <i>gangförmig (Streichrichtung nicht bekannt)</i>		lenticulaire <i>linsenförmig</i>
	filon (direction déterminée) <i>gangförmig (mit Streichrichtung)</i>		alluvial/éluvial <i>alluvial/eluvial</i>
	disséminé/stockwork <i>disseminiert/stockwerk</i>		indéterminé <i>unbestimmt</i>
	stratiforme (sans direction) <i>schichtförmig (ohne Richtung)</i>		

## La collection métallurgique de Heinrich Gerlach

### Résumé

Une collection documentant l'extraction du cuivre dans le Val d'Anniviers vers 1850-60 a été découverte fortuitement en 1994-95 pendant l'inventaire des minéraux du Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion, en Valais, Suisse. Cet ensemble de 17 stades métallurgiques a été réuni par Heinrich Gerlach, un géologue mandaté en 1859 par l'Etat du Valais pour écrire le premier rapport sur les concessions minières de ce canton. La description et l'interprétation des échantillons indiquent que la collection n'est pas tout à fait complète mais qu'elle présente un grand intérêt pour l'histoire des procédés industriels. La métallurgie du cuivre pratiquée en Valais est la méthode saxonne (ou suédoise).

Les minerais de cuivre anniviards sont de type arséniés, avec les « cuivres gris » bismuthifères et argentifères, mais aussi sulfurés, avec la chalcopyrite.

Les cuivres gris du val d'Anniviers se caractérisent par leur haute teneur en bismuth. En 1854 et 1870, deux nouvelles espèces minérales y furent décrites: l'*annivite* et la *rionite*. Ces deux minéraux sont aujourd'hui considérés comme un mélange de tenantite et de sulfosels à bismuth.

### Zusammenfassung

Die metallurgische Sammlung von Heinrich Gerlach

Ein Sammlung, welche die Ausbeutung von Kupfer aus dem Val d'Anniviers um 1850-1860 dokumentiert, wurde 1994-1995 zufällig während der Inventarisierung der Minerale des kantonalen historischen Museums Sitten, Wallis, Schweiz, entdeckt. Die Sammlung, welche 17 Schritte der Metallverarbeitung dokumentiert, wurde durch Heinrich Gerlach zusammengetragen. Gerlach wurde 1859 beauftragt, den ersten Bericht über die Minenkonzessionen im Kanton zu schreiben. Obwohl die Beschreibung und Interpretation der Proben lückenhaft ist, zeugt sie vom grossen Interesse für die industrielle Entwicklung. Die Metallurgie des Kupfers im Wallis beruht auf der sächsischen (oder schwedischen) Methode.

Die Kupfererze aus dem Val d'Anniviers sind sowohl vom arsenreichen Typus mit wismut- und silberhaltigem «grauem Kupfer», als auch vom schwefelhaltigen Typus mit Chalkopyrit.

Die grauen Kupfererze aus dem Val d'Anniviers sind charakteristisch für ihren hohen Gehalt an Wismut. Zwischen 1854 und 1870 wurden zwei neue Mineralarten beschrieben: Annivite und Rionite. Diese zwei Minerale werden heute als eine Mischung von Tennantit und Wismutsulfosalzen betrachtet. (RK)

### **Riassunto**

La collezione metallurgica di Heinrich Gerlach

Una collezione che documenta l'estrazione del rame nella Val d'Anniviers attorno al 1850-1860 è stata scoperta fortuitamente nel 1994-95 durante l'inventario dei minerali del Museo di storia naturale di Sion in Vallese, Svizzera. Questo insieme di 17 stadi metallurgici è stato riunito da Heinrich Gerlach, un geologo incaricato nel 1859 dallo Stato vallesano della prima descrizione delle concessioni minerarie di questo cantone. La descrizione e l'interpretazione dei campioni indicano che la collezione non è del tutto completa, ma essa presenta comunque un grande interesse per la storia dei processi industriali. La metallurgia del rame praticata in Vallese sfruttava il metodo sassone o svedese.

I minerali di rame della Val d'Anniviers sono di tipo arsenicale con il «rame grigio» bismutinifero e argentifero, ma anche solforati, con calcopirite. Il «rame grigio» della Val d'Anniviers è caratterizzato da un elevato tenore in bismuto.

Nel 1845 e 1870 due nuove specie di minerale sono state descritte: l'*annivite* e la *rionite*. Questi due minerali sono oggi considerati come una miscela di tennantite e di solfosali di bismuto. (PO)

### **Introduction**

Entre 1994 et 1995, un inventaire complet de la collection minéralogique du Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion, en Valais, a été confié à l'auteur de ces lignes par le conservateur, Jean-Claude Praz.

Constituée en grande partie au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle sur une base de minéralogie systématique, avec des provenances essentiellement européennes, cet ensemble comprend environ 1800 échantillons de minéraux. Les conservateurs successifs responsables de ce musée de sciences naturelles étaient souvent des professeurs au Collège secondaire de Sion et n'avaient pas de connaissances minéralogiques particulières. Néanmoins, une partie de la collection minéralogique était exposée dans des vitrines et munie d'un étiquetage standard réalisé pendant les années 1930. Cette standardisation a fait disparaître la plupart des précieuses étiquettes originales anciennes. De plus, alors que les échantillons avaient été numérotés à cette occasion, tous les inventaires correspondants ont disparu, vraisemblablement dans les années 1980 lors de «remises en ordre» expéditives. En définitive, seuls les échantillons non exposés ont conservé leurs étiquettes d'origine.



Photo 1: Tiroir du meuble contenant la collection de minerais valaisans de Heinrich Gerlach, dans l'état où il a été découvert. Les journaux d'emballage datent de 1856-57. Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion, Valais. Photo: Stefan Ansemet



Photo 2: Détail du contenu du tiroir de la collection de Heinrich Gerlach, dans l'état où il a été découvert. On distingue au centre à droite les mots «L'Allée» sur un papier. Il s'agit d'une graphie inexacte pour la mine de cuivre de La Lé. Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion, Valais. Photo: Stefan Ansemet

Photo 3: Matte de cuivre du stade 3 de la collection métallurgique de Heinrich Gerlach. Ce stade est appelé *I. Kupferstein (Rohstein)* et il contient environ 40% de cuivre métal. Echantillon HN-M296. Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion, Valais. Photo: Stefan Ansemet



Photo 4: Tube en cuivre du stade 14 de la collection métallurgique de Heinrich Gerlach. Probablement formé autour d'une tige en fer plongée dans le métal en fusion, il est désigné par le terme de *Gaarspahn*, qui pourrait signifier «copeau de cuisson» (de «*span*» = copeau, limaille, éclat de métal et «*gar*» = bien cuit, à point, prêt). Echantillon HN-M303. Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion, Valais. Photo: Stefan Ansemet



Photo 5: Demi-disque de cuivre rouge du stade 15, issu de la collection métallurgique de Heinrich Gerlach. Ce stade est désigné par le terme *Gaar Kupfer*, qui signifie sans doute «cuivre (cuit) à point». Le fond n'a qu'un demi-centimètre d'épaisseur et toute la surface est très poreuse. Cette masse de 945 grammes a été coulée dans un creuset circulaire de 30 centimètres de diamètre à fond plat. Echantillon HN-M306. Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion, Valais. Photo: Stefan Ansemet



Photo 6: Plaque carrée de cuivre massif pesant 375 grammes, issue de la collection métallurgique de Heinrich Gerlach. C'est probablement le cuivre refondu une dernière fois pour le rendre apte à la commercialisation. Echantillon HN-M295. Musée cantonal d'histoire naturelle de Sion, Valais. Photo: Stefan Ansemet





En 1947, le musée déménage du bâtiment, devenu depuis le Palais de Justice, pour occuper son emplacement actuel. Les minéraux sont petit à petit sortis des vitrines et stockés sous les combles lors de plusieurs remaniements destinés à ménager de la place pour d'autres pièces de sciences naturelles (animaux empaillés, gypaètes, etc.). A la fin des années 1980, toutes les vitrines des Sciences de la Terre (minéraux, roches et fossiles) sont vidées et leur contenu stocké sans grandes précautions dans des cartons à bouteilles sous les combles du bâtiment. C'est dans cet état que la collection a été retrouvée, avant d'être déballée, nettoyée, inventoriée et numérotée.

## **Découverte de la collection métallurgique**

Du point de vue historique, la partie la plus intéressante de cette collection est celle qui n'avait pas été exposée et qui n'avait donc pas subi un nouvel étiquetage. Dans les tiroirs situés sous les vitrines se trouvaient déjà un certain nombre d'échantillons, parmi lesquels on remarquait quelques minerais valaisans paraissant fort anciens et munis d'étiquettes en langue allemande écrites de la même main.

L'origine de cette collection de minerais du Valais fut découverte dans un ancien meuble à tiroirs en bois vermoulu, caché dans le coin le plus sombre des combles du Musée et rendu difficilement accessible par un entassement d'objets les plus divers. Ce meuble avait vraisemblablement été déménagé tel quel depuis l'ancien Musée.

Beaucoup de persévérance fut nécessaire pour ouvrir les tiroirs, complètement bloqués par les déformations du bois. Cette circonstance explique peut-être l'oubli dans laquelle cette collection était tombée,

Recouvert d'une couche noire de poussière séculaire, le contenu était un mélange de cailloux sans valeur, de papier journal des années 1856-57 et de minerais valaisans avec de petits papiers volants manuscrits en français indiquant qu'il s'agissait de la collection du célèbre géologue Heinrich Gerlach.

Cet ensemble d'une centaine de minerais présente un grand intérêt historique et minéralogique, puisqu'ils ont été prélevés par Gerlach lui-même durant la période où il rédigeait son rapport sur les concessions minières du Valais en 1859. Beaucoup de mines visitées à l'occasion de la rédaction de ce rapport étaient alors exploitées ou l'avaient été peu de temps auparavant. De plus, Gerlach conduisit lui-même l'exploitation des mines de Grand-Praz et Gollyre (cobalt & nickel) et de Gosan (cuivre & argent) dans le Val d'Anniviers.

Cependant, la partie la plus remarquable de la collection Gerlach est celle qui fait l'objet de cet article: il s'agit d'une suite presque complète de tous les stades de traitement du minerai de cuivre du Val d'Anniviers, tel qu'il était pratiqué à Chippis dans les années 1850-60. Quelques stades métallurgiques du traitement du cobalt-nickel sont aussi conservés.

A notre connaissance, c'est l'unique témoignage concret d'un procédé industriel en Valais et peut-être même en Suisse pour cette époque.

## Description de la collection d'extraction du cuivre

La première étude sur ce matériel a été effectuée par Stéphane Cuchet en 1995, en marge de son travail de diplôme sur les mines de la région de Saint-Luc.

La collection d'extraction du cuivre réunie par Gerlach durant le fonctionnement du ou des fours de Chippis comprend 17 stades métallurgiques avec parfois plusieurs échantillons. Presque chacun d'eux est accompagné d'une étiquette manuscrite comportant la dénomination de l'étape du procédé et parfois aussi la quantité de cuivre contenu. Lorsque des listes d'éléments chimiques sont indiquées, il ne s'agit en général malheureusement pas d'analyses effectuées sur les échantillons eux-mêmes mais d'informations provenant de la littérature disponible: le plus souvent sur du matériel des célèbres mines de cuivre de Mansfeld, en Allemagne.

Il faut souligner que Gerlach a non seulement conservé un exemplaire de chaque étape de l'extraction, y compris les scories, mais il a aussi pris la peine de garder un morceau de la roche qui a servi à construire le four lui-même: un quartzite de Chippis dont on peut voir encore aujourd'hui les carrières d'où il était extrait. Par contre, l'emplacement des fours n'est à ce jour pas déterminé et une prospection sur le terrain en 2001 n'a pas permis de résoudre ce problème.

Dans les lignes qui suivent, les stades métallurgiques sont décrits en détails. Le lecteur se référera aux illustrations pour une comparaison avec les étiquettes manuscrites. Le texte en allemand est donné en premier (en italique), suivi de sa traduction, des remarques et interprétations.

Les orthographes originales sont conservées avec leurs erreurs (par ex.: Kupfer pour Kupfer), ainsi que les mots soulignés par Gerlach. Les numéros du Musée (code HN-M...) sont indiqués avec le stade.

*N.B. Les lecteurs de langue maternelle allemande voudront bien signaler les inévitables erreurs résultant du maniement imparfait de ce langage par l'auteur.*

### Stade 1 (HN-M291)

*Kupfererze 6% Cupfer in Durchschnitt*

*Das Fahlerz enthielt ohne Gangmasse nach Brauns:*

29%	<i>Kupfer</i>	<i>Der reine Kupfer Kies soll enthalten</i>	
2,7%	<i>Wismuth</i>	35%	<i>Kupfer</i>
17	<i>Eisen</i>	30%	<i>Eisen</i>
10,7	<i>Arsen</i>	35%	<i>Schwefel</i>
29	<i>Schwefel</i>		

Minerai de cuivre à 6% de métal. Il s'agit de la teneur moyenne du minerai. Les analyses qui suivent sont valables pour le cuivre gris (Fahlerz) et la chalcopyrite (Kupfer Kies) sans la gangue.

Les deux échantillons sont constitués d'un mélange de tennantite et chalcopyrite et proviennent selon toute vraisemblance de la mine de Baicolliou, au-dessus de Grim-entz ou de celle des Bourrimonts, au-dessus d'Ayer.

Dans cette analyse du minerai effectuée par Brauns, pharmacien-chimiste à Sion, la très haute teneur en bismuth est tout à fait caractéristique des minerais de cuivre du Val d'Anniviers.

## **Stade 2 (HN-M292)**

*Roherz*

*I mal geröstet*

Il s'agit du minerai après le premier grillage initial. Les deux échantillons sont formés de blocs agglomérés noirâtres de minerai à moitié fondu, en partie vitrifiés et rendus poreux par les dégagements gazeux. On reconnaît encore en partie la forme des blocs et leur taille d'environ cinq à trois centimètres. L'un des échantillons est riche en cuivre métallique qui constitue de petits globules et éponges jusqu'à un centimètre noyés dans la masse scoriacée. C'est presque certainement le cuivre issu de la réduction des minéraux secondaires (malachite, azurite, arséniate, etc.) avec le charbon du four. Cette relative abondance du cuivre métal déjà à ce stade est une surprise, qui indique que la proportion de minéraux oxydés par rapport aux sulfurés dans les minerais d'Anniviers a été sous-estimée jusqu'à présent.

## **Stade 3 (HN-M296)**

*I. Kupferstein (Rohstein)*

*36 bis 41% Kupfer nach Brauns aus:*

41,99 Kupfer  
29,61 Eisen  
27,52 Schwefel  
99,13

Le chiffre 1 en caractères romains indique qu'il s'agit du premier stade du grillage de la « matte » de cuivre (voir chapitre sur l'extraction). Les expressions *Kupferstein* (pierre de cuivre), ou entre parenthèses *Rohstein* (de « Roh » = cru, non fini, brut), sont sans doute révélatrices de l'existence de lexiques techniques spécifiques dans les langages des métallurgistes de régions différentes.

Ce bloc noir aplati, de trois centimètres d'épaisseur, montre l'aspect typique de la « matte ». Les traces de rouille confirment qu'il contient encore passablement de fer (30%). L'analyse a bien été faite sur l'échantillon lui-même, puisqu'elle est de Brauns, pharmacien-chimiste à Sion.

#### **Stade 4 (HN-M307)**

*Eisensau*

*Analyse einer Eisensau von Richelsdorf nach Garth*

(analyse non reproduite)

Ce fragment très dense est composé de fer métallique rouillé et poreux. Sa forme semi-sphérique indique qu'il pourrait provenir de la partie basse d'un four. Le mot *Eisensau* n'a pas été retrouvé dans la littérature consultée, mais le mot « *Sau* » a, dans le dictionnaire, une connotation toujours dépréciative (truie, saloperie, etc.) qui indique qu'il s'agit probablement d'un déchet ferreux inutilisable.

#### **Stade 5 (HN-M293)**

*Rohschlacke*

1, *glasig beim raschen erkalten*

2, *steinig, krystaleinisch beim langsamen erkalten im Tiegel*

*Gemenge von Singulo-und Bisilicate*

*Schmelzpunkt nach Platner 1331° Cels.*

Ces deux échantillons vitreux de faible densité sont très différents l'un de l'autre. Le premier est vitreux, « *glasig* », de couleur vert bleu dans la masse et noir en surface. Il s'est refroidi rapidement (« *rasch* »=rapide). Le deuxième est granuleux, « *steinig* », au centre et vitreux en périphérie. Il s'agit d'une scorie qui s'est refroidie plus lentement dans un creuset (Tiegel), ce qui a permis à la partie centrale de cristalliser. Ces deux échantillons ont été placés en stade 3 d'après les indications données par la littérature consultée. En effet, au début du traitement, une partie du fer contenu dans le minerai se combine avec le quartz de la gangue pour former une scorie vitreuse facile à éliminer.

#### **Stade 6 (HN-M294)**

*Kupfersteinschlacke (Spuhrschlacke)*

*Beim Schmelzen des I Kupferstein*

L'échantillon est une scorie bulleuse rougeâtre coulée l'air libre, avec une peau ridée par le refroidissement rapide de la surface et des traces de flux. Cette scorie est issue de la seconde fusion de la matte du stade 3. Cette fusion permet d'éliminer encore du fer sous forme silicatée surnageant sur la matte fondue plus dense en le laissant s'écouler au-dehors

Extérieurement, elle ressemble beaucoup aux scories de fer issues de la réduction directe, mais sa densité est bien plus faible.

### **Stade 7 (HN-M296)**

#### II. Kupferstein (Spuhrstein)

49% Kupfer

Le reste de l'étiquette donne une analyse d'un *Spuhrstein* provenant d'un stade similaire de Mansfeld, en Allemagne. Elle n'est pas reproduite ici.

Deuxième grillage de la matte, indiqué par le chiffre romain II et par un changement de nomenclature, où l'on passe de *Rohstein* à *Spuhrstein*. Le mot *Spuhrstein* (de « Spur » = trace, indice) indique peut-être le moment où les premières traces significatives de cuivre se manifestent dans la matte pour le métallurgiste.

Les différences entre les quantités données pour Mansfeld (51,37% de cuivre) et les 49% annoncés ici par Gerlach sont cependant un indice qui laisse supposer que l'échantillon lui-même a été analysé. Son aspect est celui d'une plaque noire et dense de deux centimètres d'épaisseur, avec une cassure montrant des irisations roses et bleues. On constate d'autre part que la quantité de cuivre n'a augmenté, lors de ce deuxième grillage que de 10% environ par rapport au stade 5 *Kupferstein (Rohstein)*.

### **Stade 8 (HN-M299)**

#### III. Kupferstein oder I. Dunnstein

57–59% Kupfer

Le reste de l'étiquette donne une analyse d'après Berthier d'un *Dunnstein* provenant d'un stade similaire de Mansfeld, en Allemagne. Elle n'est pas reproduite ici (cuivre 59%).

Troisième grillage de la matte, indiqué à nouveau par les chiffres et la nomenclature. *Dunnstein* ou *Dunnstein* signifie vraisemblablement « pierre maigre » (de « dünn » = mince, menu, maigre, etc.) ou peut-être « pierre étuvée » (de « dünsten » = cuire à l'étuvée). L'échantillon est plat avec une épaisseur d'environ un centimètre, ce qui va dans le sens de la première interprétation. A la loupe binoculaire, il est possible d'observer dans les bulles de cette matte de nombreux fils tordus de cuivre métallique. Encore une fois, il faut constater que cette troisième fusion de la matte n'a permis d'augmenter que de 10% la quantité de cuivre métal.

### **Stade 9 (HN-M298)**

#### III. Kupferstein oder I. Dunnstein

5 mal geröstet

Apparemment similaire à l'échantillon précédent, cette matte contient plus de cuivre, qui s'individualise sous forme de métal poreux à la surface et dans les bulles. Aucune teneur n'est donnée sur l'étiquette.

La mention *5 mal geröstet* = « grillé cinq fois », montre qu'il s'agit d'un nouveau grillage de la matte précédente. C'est bien le cinquième si l'on tient compte aussi du grillage initial du minerai (stade 2) pour produire la matte proprement dite.

### **Stade 10**

IV. Kupferstein oder II. Dünnstein

64% Kupfer

Cette étiquette ne correspond à aucun échantillon conservé. On constate, d'après le pourcentage donné, que la quantité de cuivre n'a augmenté que d'environ 5 % lors de ce quatrième grillage.

### **Stade 11**

V. Kupferstein oder II. Dünnstein

70% Kupfer

Cette étiquette ne correspond à aucun échantillon conservé. On constate, d'après le pourcentage donné, que la quantité de cuivre n'a augmenté que d'environ 6 % lors de ce cinquième grillage..

### **Stade 12 (HN-M308)**

Schwarze Kupferschlacke

*Beim Verschmelzen des II. und III Kupfersteins gebildet*

Le reste de l'étiquette donne une analyse d'une *Schwarze Kupferschlacke* provenant d'un stade similaire du Mansfeld, en Allemagne. Elle n'est pas reproduite ici.

Cette étape montre que les mattes des stades 8 et 7 étaient refondues ensemble et qu'une scorie riche en fer mais aussi en cuivre (*Kupferschlacke*) en étaient issues.

L'échantillon est noir, assez dense, épais de deux centimètres et il montre des traces de flux et de refroidissement rapide à l'air libre.

### **Stade 13 (HN-M305)**

Schwarz Kupfer

95% Kupfer

«Cuivre noir» à 95 % de métal. Cet échantillon est constitué d'une matte noire et très dense, de moins d'un centimètre d'épaisseur entièrement recouverte d'une plaque de cuivre métallique adhérente. La coupe de la matte montre des nodules de cuivre dispersés dans la masse. Il s'agit du sixième grillage depuis le début du traitement.

### **Stade 14 (HN-M303)**

*Erster Gaarspahn*

Il s'agit d'un tube en cuivre de quinze centimètres de long et deux centimètres de diamètre probablement formé autour d'une tige en fer plongée dans le cuivre en fusion. Le terme *Gaarspahn* pourrait signifier «copeau de cuisson» (de «span» = copeau, limaille, éclat de métal et «gar» = bien cuit, à point, prêt). On peut supposer que, dans la dernière phase de l'extraction, l'état du métal était contrôlé par les métallurgistes au moyen de prélèvements directement dans le four.

## II. Gaarspahn

## Mittelgaarspahn

Tube similaire au précédent mais un peu plus court. Vraisemblablement le deuxième contrôle de «cuisson».

## III. Gaarspahn

## Eingetretenegaare

Tube similaire aux deux précédents mais encore un peu plus court. Vraisemblablement le troisième contrôle de «cuisson».

### **Stade 15 (HN-M306)**

#### Gaar Kupfer

#### (Rozetten Kupfer)

*98 bis 99 $\frac{1}{2}$ % Kupfer mit geringen Spuren von andern Metallen*

Le terme *Gaar Kupfer* signifie sans doute «cuivre (cuit) à point», alors que *Rozetten Kupfer* vient directement de l'expression française «cuivre rosette», qui désigne le cuivre pur.

C'est sans doute la pièce la plus spectaculaire de la collection métallurgique de Heinrich Gerlach. Il s'agit d'un demi disque de cuivre rouge de 30 centimètres de diamètre. Les bords en sont relevés de plusieurs centimètres alors que le fond n'a qu'un demi centimètre d'épaisseur. Toute la masse est très poreuse, avec des trous de part en part et une surface tourmentée par le refroidissement du métal évoquant le *rochage* de l'argent lors de sa solidification. La masse a été coulée dans un moule circulaire à fond plat. Elle pèse 945 grammes.

### **Stade 16 (HN-M295)**

Pas d'étiquette pour cet échantillon formé d'une plaque carrée de cuivre massif de sept centimètres de côté pesant 375 grammes. C'est probablement le cuivre refondu une dernière fois pour le rendre apte à la commercialisation

### **En conclusion**

En conclusion de cette description, il faut souligner l'absence, à l'exception du fer, de toute mention sur les étiquettes ou d'indices sur les échantillons de la présence des autres métaux notoirement contenus dans les minerais d'Anniviers:

- Le bismuth, présent selon tous les auteurs en quantités substantielles dans ces minerais n'apparaît à aucun moment et il n'est pas possible de dire s'il était récupéré ou non dans les premiers stades du traitement.  
Néanmoins, le Musée de géologie de Lausanne conserve dans ses collections un fragment d'une matre de cuivre dont la partie inférieure montre une masse im-

portante de bismuth métallique. L'échantillon provient de la mine des Bourrimonts, au-dessus d'Ayer. Le faible diamètre de ce stade de traitement métallurgique indique qu'il provient probablement d'un four à essai pour établir la teneur du minerai. Le bismuth s'est accumulé, en raison de sa densité élevée, au fond du creuset.

- L'argent n'est pas cité non plus, alors que sa teneur relativement élevée dans les minerais de cuivre anniviards est très certainement l'une des motivations principales des exploitants. Le métal précieux était séparé du cuivre en utilisant le plomb comme solvant et il est difficile d'expliquer comment une étape aussi importante économiquement et techniquement parlant n'ait pas laissé plus de traces.

S'ils ont existé, les échantillons documentant la récupération de l'argent ont peut-être été dérobés (avec leurs étiquettes) en raison de leur valeur marchande. Vu l'état dans laquelle elle a été découverte, il est vraisemblable que cette collection métallurgique soit restée dans le même meuble depuis les années 1860, à la portée de toutes les convoitises. La mort tragique et accidentelle de Gerlach en montagne le 7 septembre 1871 ne lui a pas permis d'assurer la conservation de sa collection personnelle.

Ces premiers travaux sont préliminaires, et une analyse détaillée de chaque stade de traitement, confrontée avec les sources historiques est encore nécessaire. Elle sera conduite dans les prochaines années au Musée de géologie de Lausanne avec l'aide précieuse d'autres institutions.

## **Les minerais de cuivre d'Anniviers**

### Introduction

Afin de bien saisir les spécificités posées par l'exploitation des minerais de cuivre d'Anniviers, il est nécessaire d'en présenter ici une classification schématique.

Il faut distinguer deux types de minerais principaux, avec des minéralisations parfois intermédiaires: le type sulfuré et le type sulfoarsénié.

Le type sulfuré est représenté par les minéralisations à *chalcopyrite* dominante, exploitées dans les mines de La Lé, Les Virons, Garboulaz, dans une galerie de Gollyre et dans le gisement non-retrouvé de Maret, au-dessus de Grimentz. La *bornite* et la *chalcosine* apparaissent comme minéraux principaux dans la mine de Tignousa supérieur (le minerai y est également aurifère). La malachite est en général assez abondante et constitue le minéral secondaire presque exclusif du type sulfuré.

Le type sulfoarsénié (parfois antimonié) est constitué des minerais à «*cuivre gris*» ou «*fahlerz*», («*annivite*» et «*rionite*» en Anniviers), termes qui désignent de manière générale les minerais de cuivre de couleur gris acier.



Les deux espèces minérales principales dissimulées derrière cette dénomination vague de *cuivres gris* sont la *tennantite* pour le pôle à arsenic et la *tétraèdrite* pour le pôle à antimoine. Il n'est pas possible de les distinguer sans une analyse chimique. De plus, il arrive que les proportions d'arsenic et d'antimoine soient proches au point qu'il devient difficile de leur attribuer un nom. Les nombreuses analyses ont montré cependant l'habituelle prédominance de la *tennantite* en Anniviers. Nous verrons plus loin que ses particularités aient pu faire croire un moment en l'existence de deux espèces minérales spécifiques à cette vallée.

Les cuivre gris contiennent toujours du fer et très souvent d'autres métaux comme le zinc, le plomb, le mercure, le bismuth ou l'argent.

Pour mémoire, le cuivre gris argentifère était l'un des minerais d'argent les plus recherchés dans les mines des Vosges, sous le nom de «*mine d'argent grise*» (le mot *mine* signifiant *minerai* en ancien français). Il était connu en Allemagne sous le nom de «*Graugültigerz*» ou de «*Dunklerweissgültigerz*».

Adolphe Ossent, propriétaire et exploitant des mines d'Anniviers dans les années 1870, parle même de «*rotgiltigerz*» pour le cuivre gris, ce qui est inexact, puisque ce terme désigne la pyrargyrite, mais révélateur de la haute estime en laquelle il tenait ce minerai.

En Anniviers les cuivres gris ont été exploités comme minerai prédominant dans les mines de Barmaz, Biolec, Zirouc, Gosan et Wachsee. Ils sont accompagnés de galène plus ou moins argentifère dans les mines de Fusette, Collioux supérieur, Termino et surtout les Moulins de Saint-Luc.

Dans les autres exploitations, les cuivres gris sont mélangés en proportions variables à la chalcopyrite du type sulfuré, comme dans les mines de Baicolliou et des Bourrimonts.

Enfin, la présence fréquente dans les minerais de type sulfoarsénié de minéraux de la famille des sulfosels, riches parfois en argent et bismuth, constitue l'une de leur caractéristique les plus notables. Les minéraux secondaires sont variés et comprennent, en plus de la malachite et de l'azurite, de nombreux arséniates et sulfates de cuivre.

## **L'extraction du minerai de cuivre**

### La métallurgie du cuivre en 1850-60

Tous les auteurs soulignent les difficultés posées par l'extraction du cuivre lorsque le minerai contient du soufre. La dépense en combustible, en particulier, peut atteindre des proportions énormes, jusqu'à quarante fois le poids de métal obtenu, ce qui signifie qu'il faut 40 tonnes de charbon pour extraire une tonne de cuivre. Par comparaison, en 1859 en Angleterre, il fallait 700 kg de charbon seulement pour extraire une tonne de plomb (Tylecote, 1992).

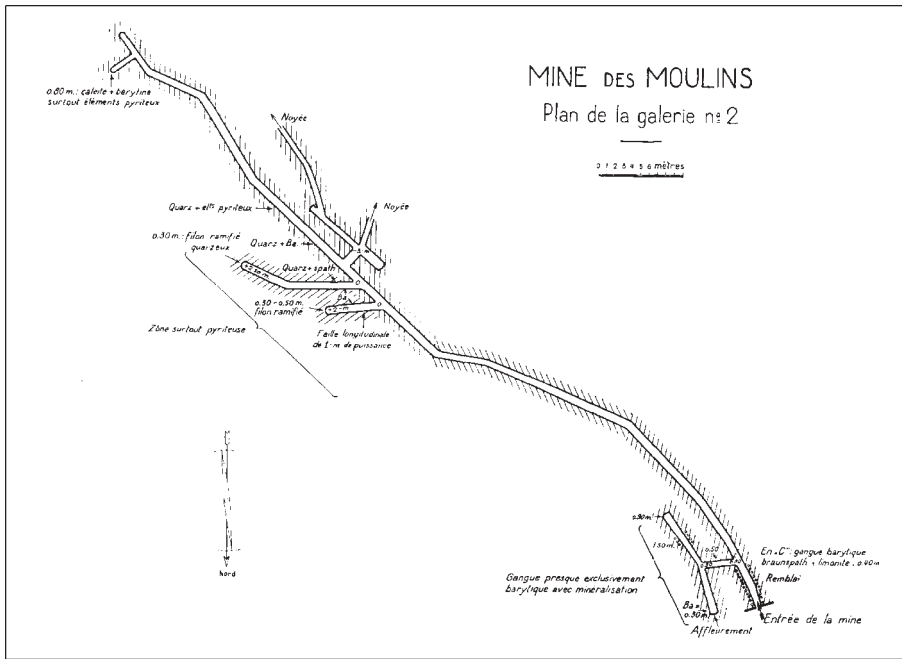


Fig. 1: Mine des Moulins de St-Luc: plan de la galerie n° 2 (SIGG, 1944)

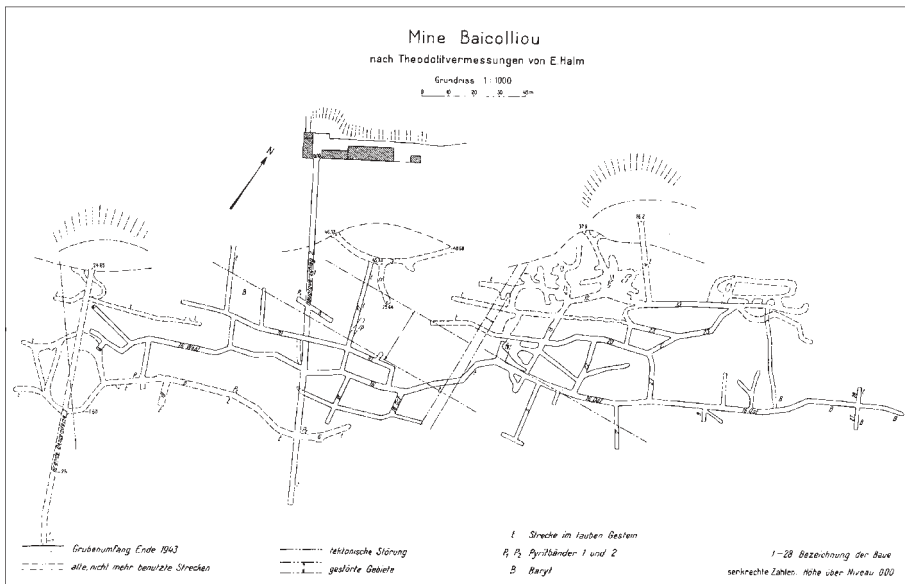


Fig. 2: Mine de Baicolliou: plan de situation (HALM, 1942)

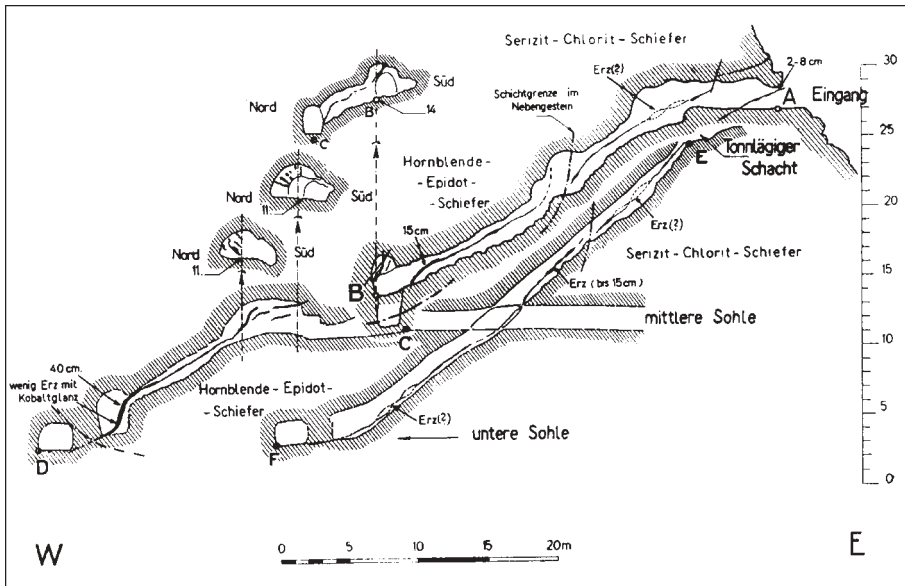


Fig. 3: Mine de Kaltenberg (GILLIERON, 1946)

A cette époque, il existait deux modes d'extraction du cuivre dans le monde: la méthode galloise et la méthode saxonne (ou suédoise).

Mise au point et pratiquée par les fondeurs de Swansea, la méthode galloise était basée sur l'utilisation du charbon minéral comme combustible et de fours à réverbère. De plus, le minerai sulfuré était mélangé à une certaine quantité de minerai oxydé à haute teneur importé des colonies: le soufre servait ainsi d'agent réducteur des oxydes et cette réaction fortement exothermique permettait d'économiser du combustible et du temps. Par ce moyen, les fondeurs de Swansea avaient réussi à atteindre une proportion de seulement vingt tonnes de charbon pour une tonne de cuivre. Entre 1800 et 1875, les fonderies de Swansea étaient les plus importantes du monde et traitaient les minerais de la planète entière.

La méthode saxonne était un perfectionnement des savoir-faire du Moyen Age décrits déjà par Georg Bauer, dit Agricola. Le minerai de cuivre était d'abord chauffé dans des fours jusqu'à l'élimination d'une partie du fer et des éléments volatils et l'obtention d'une masse de sulfure de cuivre appelée «matte». Cette matte était ensuite grillée, refroidie, brisée en menus morceaux et grillée à nouveau un grand nombre de fois. A chaque grillage, la teneur en cuivre augmentait un peu jusqu'au «cuivre noir» à 95% de métal et enfin au cuivre pur à 99,5%. Tous ces chauffages successifs augmentaient les dépenses en combustible et cette méthode ne pouvait se dé-

velopper si celui-ci était cher ou trop difficile à se procurer. C'est ce qui explique que dans bien des endroits du monde, il était plus économique parfois de faire transporter le minerai et de le vendre à Swansea. Ce fut le cas des minerais de cuivre australiens, mexicains (Le Boléo) et même français (Cap Garonne, Le Cerisier, etc.) à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle.

## Principes généraux

N.B. Les minerais d'Anniviers étant du type sulfuré et/ou arsénié-antimonié, nous ne traiterons pas ici des minerais oxydés (malachite, cuprite, etc.).

En plus du cuivre, le minerai contient principalement du soufre dans les sulfures simples comme la chalcosine (la covellite, etc.). Du soufre et du fer dans la bornite et la chalcopyrite, qui sont les minerais les plus fréquents. Et enfin du soufre, du fer et de l'arsenic/antimoine dans les cuivres gris et autres sulfosels.

Les principes de base pour l'élimination de ces éléments indésirables sont le chauffage et l'oxydation avec l'air.

- Le soufre est le plus difficile à séparer du cuivre, avec lequel il a une forte affinité. En chauffant fortement sous courant d'air ou simplement dans un four ouvert, le soufre est oxydé et s'échappe sous forme de gaz. Cette opération s'appelle le *grillage*. Au moins six et parfois même jusqu'à quinze grillages successifs sont parfois nécessaires pour amener le cuivre métal à une pureté suffisante. Entre chaque grillage, la masse est refroidie et brisée en petits fragments afin de renouveler les surfaces de contact avec l'air.
- Le fer se combine avec la silice de la gangue, ou avec du quartz ajouté à cet effet par le métallurgiste, pour former une scorie surnageante de silicate de fer fluide qui se sépare et s'évacue facilement du four.
- L'arsenic, l'antimoine et le zinc, éléments volatils, s'échappent dans les fumées et les gaz de la cheminée. Leur grande toxicité représente toutefois un grave danger pour les ouvriers et le milieu naturel. L'arsenic possède une odeur caractéristique d'ail qui devait signaler loin à la ronde la présence d'un four d'extraction.

## En Anniviers

D'après les indications fournies par la collection de Gerlach et les informations disponibles dans la littérature, il est possible de se faire une idée partielle des méthodes utilisées par les métallurgistes de Chippis au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle.

Le minerai, trié à la main, est cassé en morceaux de 3 à 5 cm et introduit dans le four mélangé à du charbon de bois. Les fours de cette époque sont construits en pierre et celui de Chippis avec le quartzite local, dont Gerlach a conservé un échantillon. On peut supposer, d'après des gravures de l'époque que leur hauteur est d'environ deux mètres et demi pour un foyer de un mètre et demi environ. Une porte pour l'évacuation



Photo 7: Entrée de la galerie principale de la mine de cuivre de Baicolliou (août 1999).

Photo: Stefan Ansemet



Photo 8: Mineurs au front de taille d'une galerie ascendante pendant la Seconde guerre mondiale. Le filon de minerai de cuivre de la mine de Baicolliou présente un pendage d'environ 25°.

Photo: Auteur anonyme, publié en 1942 dans «*Die Kupfer-Wismut-Lagerstätten im obern Val d'Anniviers*» de E. Halm (voir bibliographie)



Photo 9: Installations de traitement et arrivée du téléphérique de la mine de cuivre de Baicolliou pendant la Seconde guerre mondiale. Le minerai était traité par la voie chimique (acide sulfurique) dans cette usine, actuellement détruite. Plus de dix tonnes de cuivre électrolytique y ont été produites pendant la guerre à partir de 800 tonnes de minerai brut.

Photo: Auteur anonyme, publié en 1942 dans « *Die Kupfer-Wismut-Lagerstätten im obern Val d'Anniviers* » de E. Halm (voir bibliographie)

Photo 10: Baraquements des mineurs et départ du téléphérique de la mine de cuivre de Baicolliou. L'entrée de la mine est située juste entre la baraque et la station des câbles. Il n'en reste actuellement que les fondations en pierre.

Photo: Auteur anonyme, publié en 1942 dans « *Die Kupfer-Wismut-Lagerstätten im obern Val d'Anniviers* » de E. Halm (voir bibliographie)



des scories et le soutirage du métal est pratiquée sur l'un des côtés. Des soufflets (au moins deux) actionnés par l'eau fournissent les grandes quantités d'air nécessaire à l'oxydation du soufre qu'il s'agit de séparer du cuivre.

Le traitement proprement dit est de toute évidence la méthode saxonne (dite aussi suédoise). Le manque de charbon minéral en Valais à cette époque (l'antracite valaisan est absolument impropre à cet usage), l'impossibilité de se procurer du minerai oxydé (pour la méthode galloise) et l'influence technologique et culturelle germanique sont déterminantes.

Le premier grillage (stade 2) permet d'éliminer l'arsenic et l'antimoine contenus dans les cuivres gris anniviards sous forme de fumées toxiques. Le four devait donc être placé dans un endroit aéré où les émanations dangereuses ne risquent pas d'empoisonner les métallurgistes ou les habitants. Le zinc, présent lui aussi dans les cuivres gris et dans la sphalérite associée, s'échappe sous forme gazeuse.

C'est à ce stade que le bismuth pouvait être récupéré. En 1879 dans une lettre de Adolphe Ossent à Eugène Renevier, il est fait mention d'un intérêt pour ce métal rare. Avec son point de fusion très bas (271 C°) Il devait fondre et s'accumuler au tout début du chauffage du minerai dans le four.

Lors du deuxième grillage, le minerai fond complètement pour former la *matte*, une masse de sulfures de cuivre mélangée à du cuivre métallique. A ce stade déjà, le fer se combine avec la silice de la gangue et les cendres du charbon pour former une scorie fluide (stade 5) qui se sépare de la matte très dense et surnage. Il suffit d'ouvrir la porte du four pour l'évacuer au-dehors où elle se fige. A plusieurs reprises durant les traitements successifs ultérieurs, la scorie silicatée riche en fer est soutirée au fur et à mesure de sa formation.

La suite du traitement consiste à griller la matte autant de fois qu'il est nécessaire pour oxyder complètement le soufre afin d'obtenir d'abord le « cuivre noir à 95% » et enfin le « cuivre rosette » à 99%. D'après la collection de Gerlach, il ne fallait pas moins de 9 grillages pour obtenir du cuivre et encore une fusion supplémentaire pour un métal compact. Ces données sont en parfait accord avec la littérature.

### ***L'argent***

L'absence dans la collection métallurgique Gerlach d'échantillons ou d'étiquettes sur la récupération de l'argent, contenu à raison de 2% en moyenne dans les cuivres gris anniviards demeure un mystère pour l'instant. Le procédé, très simple, consiste à fondre le cuivre argentifère avec du plomb pour former un alliage à trois métaux. L'argent est plus soluble dans le plomb que dans le cuivre et ces deux derniers métaux, immiscibles à une certaine température, sont faciles à séparer. Il suffit ensuite de faire une coupellation du plomb pour en extraire l'argent.

Il ne fait aucun doute que ce métal apportait une contribution essentielle à la valeur marchande du minerai exploité. La seule mine de Gosan aurait fourni, d'après Ger-

Photo 11: Mineurs sur le carreau de la mine de cobalt-nickel de Kaltenberg (Prafleuri) dans le Val Tourtemagne, à la fin du 19ème siècle. Le personnage en cravate au premier plan, avec le chapeau tyrolien et le piolet, est peut-être le propriétaire de la mine, le Dr Schacht. Cette mine à 2600 m. était exploitée toute l'année. La production de l'hiver était stockée sur place et descendue par un petit téléphérique lorsque la saison le permettait.

Photo: Auteur anonyme, publié en 1978 dans «*Histoire et actualité des chercheurs d'or en Suisse*» de P. A. Gonet.



Photo 12: Etat actuel (septembre 1999) des baraquements de la mine de cobalt-nickel de Kaltenberg (Prafleuri) dans le Val Tourtemagne. Le toit s'est entièrement écroulé, à l'exception d'une petite partie à droite, qui abrite encore les vestiges de la cuisine.

Photo: Stefan Ansemet







Photo 13: Dans la cuisine de la mine de Kaltenberg (Prafleuri) dans le Val Tourtemagne, on peut voir encore le foyer à gauche et les restes des armoires (septembre 1999). Photo: Stefan Ansemet

Photo 14: Vue générale vers le sud-ouest de la crête de l'Omen Roso en novembre 2001. Au centre de l'image se trouve la mine de nickel-cobalt de Plantorin, la plus haute de Suisse (3031 m). Au premier plan, les ruines d'un baraquement qui devait vraisemblablement loger les mineurs. Photo: Stefan Ansemet



Photo 15: Sur les déblais de la mine de Plantorin, on observe d'énigmatiques cupules sur un gros bloc de rocher. Il s'agit peut-être des traces laissées par le concassage manuel du minerai par les mineurs, qui auraient utilisé ce rocher comme enclume (novembre 2001).  
Photo: Stefan Ansemet



Photo 16: Entrée des travaux à ciel ouvert de la mine de cobalt-nickel de Grand-Praz, au sud d'Ayer. C'est à cet endroit qu'une grosse lentille de minerai affleurerait et qu'elle a été entièrement exploitée à la fin du 18ème siècle. Cette entrée permet toujours l'accès aux travaux inférieurs et supérieurs de la mine (août 2001). Photo: Stefan Ansemet





Photo 17: Le niveau II de la mine de cobalt-nickel de Grand-Praz. L'exploitation des lentilles minéralisées a créé des vides parfois assez considérables, comblés en partie par des blocs tombés du plafond, mais aussi, à l'arrière-plan, par des remblais de stériles laissés par les anciens mineurs ( 1986). Photo: Stefan Ansemet

lach, 500 quintaux de minerai à 10% de cuivre et 2-3% d'argent, c'est-à-dire 5 tonnes de cuivre et plus d'une tonne d'argent, ce qui est un tonnage tout à fait extraordinaire.

En l'absence de toute trace et mentions à ce sujet, on peut supposer que, après titrage du métal précieux, le cuivre argentifère ait été vendu en tant que tel afin d'être séparé dans d'autres centres métallurgiques.

«Annivite» et «rionite»

Pour terminer, il vaut la peine d'évoquer le destin des deux espèces minérales constituant l'essentiel des minerais exploités dans le Val d'Anniviers et aujourd'hui considérées comme des variétés ou des mélanges.

C'est au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, durant l'exploitation des mines de cuivre et argent d'Anniviers, que l'on semble s'être rendu compte de l'abondance du bismuth dans ces minerais. En 1854, le célèbre minéralogiste bernois L. R. von Fellenberg présente un rapport d'un pharmacien-chimiste de Sion, Monsieur Brauns. Ce dernier décrit un minerai provenant de « nombreux filons dans la région des villages de Luc et Gosan. Ces veines contiennent un cuivre gris qui a retenu l'attention et les spéculations depuis fort longtemps déjà pour sa teneur importante en argent (trad. de l'auteur)» Il précise encore que ces filons sont exploités actuellement par une société-

té berlinoise. Après avoir sommairement décrit les environs et sa méthode de travail, le pharmacien-chimiste présente l'analyse d'un cuivre gris riche en bismuth auquel il propose de donner le nom d'*annivite*, en référence au lieu de sa découverte.

Quelques 16 ans plus tard, en 1870, le même pharmacien-chimiste propose une autre espèce minérale du Val d'Anniviers. Il s'agit aussi d'un cuivre gris riche en bismuth. La communication de Brauns est cette fois-ci présentée par le minéralogiste allemand Th. Petersen dans le Jahrbuch der Mineralogie. Alors que la provenance de l'*annivite* est tout à fait exacte, celle de ce nouveau minéral est pour le moins confuse: dans la table des matières, le site original est « Cremenz bei Einsiedeln » alors que dans l'article proprement dit, il s'agit de « Cremenz im Einfischtal (val d'Hérémente) ». Einfischtal est le nom allemand du Val d'Anniviers (le Val d'Hérémente correspond au Val d'Hérens) et Cremenz est sans doute une graphie bizarre pour Grimentz. On peut supposer que le cuivre gris provient donc de la mine de Baicolliou. Cependant, la description de la gangue (barytine et quartzite) est incompatible avec Baicolliou et correspond bien mieux à la mine des Moulins de Saint-Luc. La provenance de ce cuivre gris est donc douteuse.

Petersen, qui fait lui aussi une analyse de la *rionite*, suggère qu'il s'agit d'un terme intermédiaire entre la tennantite et la wittichenite.

Bien des années plus tard, Cuchet (1995) a pu montrer que les fréquentes inclusions microscopiques de wittichenite dans le cuivre gris pouvaient expliquer sa teneur en argent et en bismuth,

Le choix du nom de *rionite*, proposé par Brauns et accepté par Petersen, n'est pas expliqué dans le texte de 1870 ni dans aucun des autres ouvrages consultés. Il est possible que ce minéral ait été dédié au chanoine Rion, un des rares valaisans de l'époque occupé de sciences naturelles (en particulier la botanique). Des recherches ultérieures permettront peut-être de s'assurer de cette hypothèse.

L'*annivite* et la *rionite* ne sont plus des espèces minérales depuis longtemps, mais leurs noms, surtout l'*annivite* continuent d'apparaître de temps à autre pour désigner les tennantites riches en bismuth.

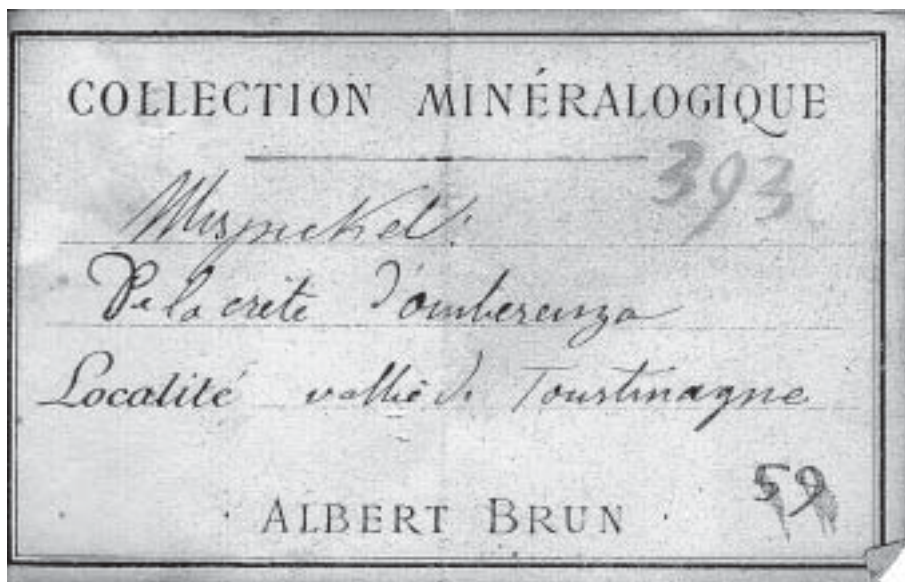
## Bibliographie

voir bibliographie générale (page 84)

Adresse de l'auteur: Stefan Ansermet  
Musée cantonal  
d'histoire naturelle  
1950 Sion  
hutzeran@hotmail.com

## Documents annexes

- Etiquettes anciennes de la collection Albert Brun, de Genève (Collection: Fondation B. & S. Tissières, Martigny) et de la collection de Heinrich Gerlach (Collection: Musée cantonal d'histoire naturelle, Sion). Prix de salaires et des denrées en 1856–57
- Lettre de la correspondance entre le professeur Eugène Renevier, du Musée cantonal de géologie de Lausanne et Adolphe Ossent, propriétaire et exploitant des mines du Val d'Anniviers.



Étiquette anniviers-t62 (N.B. L'orthographe originale est conservée).

Mispickel de la crête d'ombrenza Localité vallée de Tourtemagne

Cette étiquette provient de la collection Albert Brun, de Genève. Elle fait partie d'un ensemble de minéraux d'Anniviers retrouvés à l'Université de Genève en 2001. Le mispickel est l'ancien nomenclature pour désigner l'arsénopyrite. La dénomination de «*crête d'ombrenza*» est trompeuse. L'actuelle «*Arête des Ombrintses*» se trouve au sud-ouest de la Bella Tola, alors que l'échantillon accompagnant cette étiquette provient en réalité la mine de Kaltenberg. Collection: Fondation B. & S. Tissières, Martigny.

Prix des salaires et des denrées en 1856-57 en CHFrs			
Mineur	par jour	2,80	
Mancœuvre	par jour	2,25	
Surveillants (contremaître)	par jour	4,00	
Charpentiers	par jour	3,00	
Sous-ingénieur	par <b>mois</b>	200.--	
Pain de froment	la livre	0,25	
Pain bis	la livre	0,18	
Pain de seigle	la livre	0,15	
Fromage	la livre	0,50	
Beurre	la livre	0,80	
Viande de bœuf	la livre	0,55	
Viande de mouton	la livre	0,52	
			Prix de salaires et des denrées en 1856–57 (en CHFrs.)

Talkiger Quarzit  
von Chyppis  
Gestelesteine für den Schmelz-  
ofen (Schachtöfen)

Etiquette anniviers-290 (N.B. L'orthographe originale est conservée).

*Talkiger Quarzit von Chyppis, Gestelestein für den Schmelzofen (Schachtöfen).*

Etiquette de la collection métallurgique de Heinrich Gerlach datant de 1850-60. Elle accompagne l'échantillon de quartzite qui a servi à fabriquer le four de traitement de minerai de cuivre d'Anniviers. Collection: Musée cantonal d'histoire naturelle, Sion.

Gaar Kupfer  
(Rozetten Kupfer)  
98 bis 99 1/2 % Kupfer  
mit geringen Spuren von  
andern Metallen

Etiquette anniviers-306 (N.B. L'orthographe originale est conservée).

*Gaar Kupfer (Rozetten Kupfer) 98 bis 99 1/2 % Kupfer mit geringen Spuren von andern Metallen*

Etiquette de la collection métallurgique de Heinrich Gerlach datant de 1850-60. Elle accompagne le demi disque de cuivre raffiné extrait des minerais d'Anniviers. Collection: Musée cantonal d'histoire naturelle, Sion.

Lires 29 Octobre 1878  
 A. Ossent  
 Prop. de la mine 77.

M. Ossent / Liere le 29 Octobre 1878.

Monsieur le Directeur!

Ayant ici un très grand choix de blocs de Smaltine (Sporoball) exploités sur la crête d'Anniviers, vallée de Tourtemagne sur un filon-croche, à direction bore 9-10, comme les croches de la montagne, et 35° inclinées sur S. N., entre les schistes belgiques et schistes de la roche, je vous en offre à votre choix.

Le minerai comparti à entre 15-21 cm d'épaisseur, pour la gangue caractéristique est le Braconspath finifié et magnésifié (fer-spathique pauvre), épais de 5 mm.

Il y a dans les blocs autant pour le distinguer parfaitement, et les 2 sphalérites de bois et de mine de filon sont bien conservés. Ils consistent en chlorite vert-jaune, avec des cristaux et grains de fer carbonaté, sans trace de Ni & Co. Ainsi tous les caractères d'un gisement régulier et important se trouvent conservés dans les échantillons, et il sera sans doute possible de trouver des spécimens dans une collection ni dans une autre mine.

Le minerai pour content en général 20-23% Cobalt } 27, 28-32  
 quelques fois en plus de Co. Ni } 67-57 Nickel  
 rempli par la pyrite et } 73% Arsenic  
 1-2% de sulfure de bismuth.

Les blocs pèsent entre 20 à 80 jusqu'à 100 livres et le plus sera de 2 à 3 m de long.

Les gangues/pauvres après du minerai massif, contenant des grains de Smaltine, des grains de bauxite et de mica de Stannum vert, et le Braconspath comme le chlorite y former la gangue.

Lettre de la correspondance entre le professeur Eugène Renevier, du Musée cantonal de géologie de Lausanne et Adolphe Ossent, propriétaire et exploitant des mines du Val d'Anniviers dans les années 1870-80. Ce dernier y décrit les minéralisations de cobalt et nickel et l'avancement des travaux de la mine de Kaltenberg (ou Präfleuri), dans la vallée de Tourtemagne. Archives du Musée cantonal de géologie de Lausanne.

Cuivre gris antimoni- et arsénifère  
 avec des Arséniates de Cu et Ag?  
 Dans le Quartz du filon - onche  
 de la Mine de Termino (1900 m)  
 d'altitude dessous Gosan & Fusec  
 et parallèle à ce gisement.  
 Puissance de 0,3 à 0,5 m, et  
 du minerai de Cu de 0,01 à 0,1 m  
 accompagné de galène 0,03 à 0,2 m -  
 Une à 2 veines - Galène de 12 m  
 sur l'inclinaison 30° S. E. - } <sup>direct</sup> <sub>non 4.</sub>

Etiquette anniviers-t24 (N.B. L'orthographe originale est conservée).

«Cuivre gris antimoni-arsénifère avec des arséniates de Cu et Ag? Dans le Quartz du filon-couche de la mine de Termino, 1900 m d'altitude dessous Gosan et Fusec et semblable à ce gisement. Puissance de 0,3 à 0,5 m et du minerai de Cu de 0,01 à 0,1 m, accompagné de galène 0,03 à 0,2 m – une à 2 veines Galène de 12m direct sur l'inclinaison 30° S.E»

Etiquette originale de Adolphe Ossent, exploitant des mines d'Anniviers vers 1870–80 et correspondant d'Eugène Renevier, à Lausanne. L'échantillon contient de la tennantite imprégnée dans le quartz, avec de l'azurite, de la malachite et de la cuprite (analysée EDS). Collection: Fondation B. & S. Tissières, Martigny.



44% Ni glo  
Nickel rouge / Arséniures  
" id " blanc double arsénium  
386 28% Ni & Co  
avec Arséniate vert de Ni  
en Braunsparth  
Mine du Grand Praz  
près d'Ayer, Val d'Anniviers  
41

Etiquette anniviers-t38 (N.B. L'orthographe originale est conservée.

«Nickel rouge (44% de Nickel) / Arséniures de nickel blancs / Double arséniures 28% Ni & Co avec Arséniate vert de Ni en Braunsparth. Mine du Grand Praz près d'Ayer, Val d'Anniviers»

L'échantillon est constitué d'une gangue dolomitique contenant une masse centimétrique de nickéline (=«Nickel rouge») et de rares mouchetures de gersdorffite (=«Arséniures de nickel blancs»). Etiquette originale de Adolphe Ossent, exploitant des mines d'Anniviers vers 1870-80 et correspondant d'Eugène Renevier, à Lausanne. Collection: Fondation B. & S. Tissières, Martigny.

## **Le district cobalto-nickélique d'Anniviers - Tourtemagne (Valais, Suisse)**

### **Résumé**

Les vals d'Anniviers et de Tourtemagne présentent une remarquable variété d'éléments chimiques concentrés dans de petits gisements. Cette richesse s'exprime par une grande diversité minéralogique. La plupart de ces gisements, ou indices minéralisés, ont été exploités sous la forme de grattages ou de petites exploitations minières.

Les districts cobalto-nickéliques sont très rares à l'échelle mondiale. On en connaît quatre dans les Alpes dont celui d'Anniviers – Tourtemagne. Les gisements les plus importants, ayant fait l'objet d'exploitation intermittentes entre le XVIII<sup>ème</sup> et le XX<sup>ème</sup> siècle, sont les mines de Grand-Praz, Gollyre, Kaltenberg et Plantorin. C'est le cobalt qui était recherché dans le but de produire des colorants, dont le fameux bleu de smalt.

### **Zusammenfassung**

Der Kobalt-Nickel-Bezirk von Anniviers –Turtmann

Eine bemerkenswerte Vielzahl chemischer Element ist in den kleinen Erzlagerstätten im Val d'Anniviers und im Turtmantal vorhanden. Dieser Reichtum zeichnet sich durch eine grosse mineralogische Vielfalt aus. Die Mehrheit dieser Erzlagerstätten, oder Erzindikationen, wurde in Schürfungen oder kleineren Minen ausgebeutet.

Kobalt-Nickel-Bezirke sind weltweit sehr selten. In den Alpen sind vier solcher Bezirke bekannt, darunter derjenige von Anniviers-Turtmann. Die wichtigsten Lagerstätten wurden zwischen dem 18. und 20. Jahrhundert mit Unterbrüchen ausgebeutet, unter anderem die Minen von Grand-Praz, Gollyre, Kaltenberg und Plantorin. Gesucht war vor allem Kobalt für die Farbstoffproduktion, das berühmte «Smalt».

(RK)

### **Riassunto**

Il distretto cobalto-nichelifero d'Anniviers e Tourtemagne (Vallese, Svizzera)

Le Valli d'Anniviers e di Tourtemagne presentano una rimarchevole varietà di elementi chimici concentrati in piccoli giacimenti, che si manifesta in una grande diversità mineralogica. La maggior parte di questi giacimenti sono stati sfruttati sotto forma di raschiamento o di piccole miniere.

I distretti cobalto-nickeliferi sono molto rari a scala mondiale. Se ne conoscono quattro nelle Alpi, fra cui quello di Anniviers – Tourtmagne I giacimenti più importanti, oggetto di sfruttamento intermittente fra il XVIII e il XX secolo, sono le miniere di Grand-Praz, Gollyre, Kaltenberg e Plantorin. In particolare è stato estratto il cobalto, con lo scopo di produrre i coloranti fra cui il famoso blu di Sassonia.

(PO)

## Métallogénie

Les minéralisations filoniennes à arséniures de nickel et de cobalt sont rares dans le monde. Elles sont souvent décrites comme « veines à cinq éléments (Ni-Co-As-Ag-Bi) » (Kissin, 1992). Alors que la présence de bismuth (Bi) est systématique dans ce type de minéralisations, ce n'est pas le cas de l'argent (Ag) qui est parfois sporadique, voire même absent. Souvent l'uranium (U) se joint à l'association, mais tout comme l'argent, il peut également être totalement absent. Les grands districts et gisements mondiaux constitués de veines à arséniures de nickel et de cobalt sont présentés dans le tableau 1. Dans leur grande majorité, ces gisements ne sont plus exploités mais leur importance historique, économique, géologique et minéralogique est immense. Dans le passé, ces gisements ont joué un grand rôle pour la production d'argent (Erzgebirge, Kongsberg, Cobalt) et d'uranium (Erzgebirge, Echo Bay.). Le cobalt était très souvent un sous produit de l'exploitation, sauf dans certains cas (Bou-Azzer, Dob+ina, Bieber) ou les exploitations se concentraient essentiellement sur la production de ce métal. Pour être complet, signalons un autre type métallogénique à arséniures de cobalt : ils s'agit des skarns dont la genèse est très différente de celle des veines à cinq éléments. Des skarns à cobalt ont été exploités dans le passé à Skutterud en Norvège et surtout à Tunaberg en Suède, ce dernier gisement a du reste eu une grande importance économique au XIX<sup>ème</sup> siècle.

Le district cobalto-nickélicifère de la région du Val d'Anniviers et de Tourtemagne est unique en Suisse. Il est constitué d'une vingtaine de minéralisations, toutes filoniennes et orientées ENE-WSW (figure \$ et tableau £). Dans leur grande majorité, ces corps minéralisés se situent dans l'ensemble géologique de l'Ergischhorn qui est formé essentiellement de paragneiss et de méta-amphibolites d'âge probable paléozoïque moyen à inférieur. Par endroits, ces roches sont riches en sulfures disséminées : ce sont des falhbandes. Seules les minéralisations de Plantorin et de Mottec se localisent dans des schistes bruns, attribués au Carbonifère et constituant le sommet de l'ensemble de Barneuza. Tous les corps minéralisés se localisent dans le flanc normal de la nappe de Siviez-Mischabel.

L'étude tectonique fine des relations des filons minéralisés et de leur roche encaissante montre que les schistosités alpines S2 et S3 jouent un rôle majeur dans la concentration des métaux (Sartori et Della Valle, 1986). De même, on constate que le district cobalto-nickélicifère se situe le long de la zone intensément faillée et fracturée

du col de Forcletta. Ces observations permettent d'attribuer un âge alpin (~10 à 40 millions d'années) à ces minéralisations.

Les éléments concentrés dans ces filons sont:

- le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) sous la forme de dolomite ferrifère ou de calcite ainsi que le silicium (Si) sous la forme de quartz et qui constituent l'essentiel de la gangue ;
- le cobalt (Co), le nickel (Ni), le fer (Fe) et le cuivre (Cu) combinés à l'arsenic (As) ou/et au soufre (S) constituant ainsi des arséniures, sulfo-arséniures ou des sulfures ;
- le bismuth (Bi) est localement fréquent et s'exprime généralement sous sa forme élémentaire (native) ou combiné au soufre ;
- la présence de plomb (Pb), d'antimoine (Sb), d'argent (Ag), d'uranium (U), de baryum (Ba) et de bore (B) est sporadique voire exceptionnelle.

Les sources des éléments restent assez énigmatiques, mais des hypothèses peuvent être évoquées quant à l'origine de certains :

- Spatialement, la plupart des minéralisations se localisent à proximités immédiates de roches vertes (méta-amphibolites et gabbros) qui présentent classiquement des teneurs élevées en cobalt, nickel et cuivre ;
- lorsque les filons recoupent les falhbandes (paragneiss riches en sulfures), ils s'enrichissent très souvent en minéraux métalliques. Cette observation met en lumière le rôle du soufre de la roche hôte comme précipitant des métaux ;
- l'origine de la dolomite constituant la gangue des minéralisations est peut être à rechercher dans les dépôts carbonatés mésozoïques de la couverture de la nappe de Siviez-Mischabel qui se trouvent en position tectonique inverse. Ces derniers, enfouis à plusieurs milliers de mètres de profondeur, ont pu être partiellement mobilisés par les fluides métamorphiques à la faveur des fractures tardi-alpines ;
- l'arsenic est un élément souvent discret mais ubiquiste dans les minéralisations alpines. Sa présence est liée à son intense mobilisation lors des phases tardives du métamorphisme alpin (épithermalisme).

## Minéralogie

Les filons sont constitués essentiellement par de la dolomite ferrifère,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , englobant des arséniures et sulfoarséniures de cobalt et de nickel, essentiellement de la skuttérudite,  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{2,3}$  intimement mélangée à de la gersdorffite,  $\text{NiAsS}$ . Dans les minéralisations décrites, ce mélange de minéraux a été décrit comme « chloanthite » par les anciens auteurs. Accessoirement, on observe un peu de cobaltite,  $\text{CoAsS}$ , de nickéline,  $\text{NiAs}$ , d'arsénopyrite,  $\text{FeAsS}$ , de millérite,  $\text{NiS}$  ainsi que des arséniures orthorhombiques de type  $\text{Me}^{2+}\text{As}_2$ , avec  $\text{Me} = \text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe}$  en proportions variables (safflorite, para- et rammelsbergite, löllingite). Le bismuth natif constitue des remplissages tardifs dans les fractures du quartz ou les clivages de la dolomite. Ce type de texture traduit une mise en place à une température de fusion supérieure à celle de ce métalloïde, soit 270°C.

## Description des principaux sites miniers

Les mines de Grand-Praz et de Gollyre près d'Ayer, Val d'Anniviers

Les filons carbonatés à Ni-Co-Bi-As de Grand-Praz et de Gollyre, sont encaissés dans des paragneiss plus ou moins riches en sulfures (fahlbandes) et dans des méta-amphibolites. Les zones filoniennes sont en rapport avec un système de failles dextres d'orientation générale N 50 à 70° E, le pendage variant de 40 à 80° vers le sud. A la mine de Grand-Praz, une multitude de petits filons carbonatés marquent ces zones faillées, englobant parfois des éléments bréchiques de la roche encaissante. Les filons atteignent exceptionnellement 60 cm d'épaisseur dans les grosses lentilles, cependant, la puissance moyenne des filons est de 5 à 10 cm ; ils peuvent être suivi sur plusieurs centaines de mètres. Les minéralisations à Ni-Co-Bi-As apparaissent au contact de la fahlbande (contrôle chimique), formant parfois de très riches lentilles de minerai.

Les minéraux de la gangue sont représentés essentiellement par de la dolomite ferri-fère, de la calcite et du quartz. Les minéraux métalliques sont nombreux, les plus importants sont : la skuttérodite, la gersdorffite, la nickéline, la cobaltite, l'arsénopyrite, la parammelsbergite, le bismuth natif, la pyrite, la magnétite et la chalcopyrite. Dans la mine de Grand-Praz, une association de minéraux néoformés, résultant de l'altération des arséniures et de leur gangue carbonatée, est représentée par une série d'arséniates calco-magnésiens particulièrement rares. Parmi ceux-ci, citons les espèces suivantes : pharmacolite, haidingerite, weilite, sainfeldite, ferrarisite, guérinite, picopharmacolite et hoernesite auxquels s'associent les arséniates de cobalt et de nickel : érythrite rose, annabergite vert pomme et smolianovite asbestiforme (Meisser 1990, Meisser & Ansermet, 1994 ; Cuchet, 1994).

### Historique de Grand-Praz

La mine de nickel et de cobalt de Grand-Praz (613.560 / 113.250 / 1640 m) se situe à 1200 m au sud-est du village d'Ayer. Actuellement, sept niveaux sont en grande partie visitables, ce qui représente un total d'environ 1430 m de galeries et de descenderies. Grand-Praz fut l'exploitation de nickel et de cobalt la plus grande de Suisse.

L'année de la découverte du gisement est inconnue. La première période d'exploitation a duré de 1780 à 1789, où 50 tonnes de minerai riche ont été extraites. Elle a été menée par 30 à 40 mineurs venant du Harz en Allemagne, probablement parce que ces derniers étaient beaucoup plus habitués que les autochtones à ce type de minerai filonien à la minéralogie singulière.

En 1820, la découverte d'importantes minéralisations permet d'extraire 50 autres tonnes de minerai, qui sont vendues à la « Blaufarbenwerk » de Schwarzenfels/Mottgers dans la Hesse en Allemagne.

De 1849 à fin 1852, la réouverture de la mine produit en trois ans et demi 127,75 tonnes de minerai titrant 18 % à 36 % de nickel et de cobalt, avec une moyenne se

situant à 14 % de nickel et 8 % de cobalt. De 1853 à 1858, 51,2 tonnes de minerai à 20 % de nickel et de cobalt sont extraits. 10 à 15 mineurs travaillent lors de cette dernière période d'exploitation. Le minerai trié à la main est transporté à l'aide de mulets jusqu'à Sierre. Là, il subit un grillage intense qui produit 35 % d'une fonte contenant 55 % à 60 % de nickel et de cobalt. Cette fonte est en grande partie vendue à une raffinerie anglaise au prix de 340.- à 350.- francs d'époque pour 50 kg. Peu avant la fin de l'exploitation en 1852, les 50 kg de fonte n'étaient plus vendus que pour 240.- francs d'époque (Gerlach 1873; Fehlmann 1919). Cette dernière période d'exploitation fut menée pour le compte d'une société allemande qui retira un bénéfice net de 176'000.- francs. Lors des deux dernières guerres, la pénurie en métaux stratégiques provoqua un regain d'intérêt pour cette mine. Ainsi, Fehlmann (1919) et Gilléron (1946) ont visité la mine de Grand-Praz mais n'ont pas jugé rentable une éventuelle reprise de l'exploitation (Meisser, 1991).

Grand-Praz est donc la première mine du Val d'Anniviers à être exploitée de manière intensive. En résumé, de 1780 à 1858, près de 280 tonnes de minerai contenant en moyenne 14 % de nickel et 8 % de cobalt ont été extraits par intermittence (Gerlach 1873 ; Fehlmann 1919, Meisser, 1991).

### Historique de Gollyre

La mine de nickel et de cobalt de Gollyre (613.420/113.750/ 1630 m) se situe à 900 m au sud-est du village d'Ayer. Afin d'exploiter et d'explorer la zone filonienne, cinq travers-bancs sur différents étages ont été taillés, certains atteignant une centaine de mètres de longueur. Lors de ces travaux, on a observé une puissance moyenne des filons dolomitiques avoisinant 50 cm (Fehlmann, 1919). Actuellement, les galeries sont dans leur grande majorité impraticables. L'ensemble rocheux comprenant la mine de Gollyre subit un basculement en direction de la vallée, provoquant de nombreuses fractures récentes, et par conséquent, des éboulements dans les anciens travaux.

La minéralisation de nickel et de cobalt de Gollyre a été découverte en 1847. La zone filonienne de Gollyre possède la même direction et le même pendage que celle de Grand-Praz, cependant les affleurements des filons en surface semblent pratiquement inexistant.

Une première phase d'exploitation a eu lieu de 1847 à 1850. Pendant ces trois années, la production a atteint 25 à 30 tonnes de minerai. Plus tard en 1865, 5 tonnes ont été encore extraites.

### La mine de Kaltenberg, Val de Tourtemagne

Le gisement de Kaltenberg, anciennement appelé « Praffleuri », (618.870/4.600) dans le Val de Tourtemagne a été découvert en 1854. De 1854 à 1856 le gisement est exploré et exploité par Baglioni. De 1875 à 1884, sous la direction d'Adolphe Ossen, 30 tonnes de minerai sont extraites qui livrent 1 à 2 tonnes de concentré cobalt-

tifère préparé à Sierre. De 1891 à 1898, le Dr. Schacht et ses associés Alioth et Burkhardt, supervisent l'extraction de 20 tonnes de minerai qui sont envoyés à la fabrique de bleu de cobalt (smalt) d'Oberschlema en Saxe (Felhmann, 1919).

Dans le fond du Val de Tourtemagne, au lieu dit Senntum au bord de la Turtmänna, une petite installation de concassage reliée par un téléphérique à la mine est mise en service. En novembre et en décembre 1906, quelques travaux ont encore lieu. L'exploitation reprend en été 1942 où 600 kg de minerai sont extraits. Stocké jusqu'à la fin du second conflit mondial, ce minerai particulièrement riche est par la suite offert aux musées, universités et hautes écoles de Suisse (Felhmann, 1947). La mine de Kaltenberg comporte près de 500 m de galeries.

Le minerai se concentre dans un chapelet de lentilles dolomitiques atteignant une puissance maximale de 10 à 30 cm pour 4 à 5 m de largeur avec un plongement d'environ 35° vers le SW. Le tout est encaissé dans des micaschistes à biotite à proximité directe de méta-amphibolites pyriteuses (fahlbandes) (Schmidt, 1920 ; Della Valle, 1988). Les minéraux principaux sont la skuttérodite, la gersdorffite, la cobaltite, l'arsénopyrite, la nickéline, la magnétite, la bornite, la chalcopryrite et le bismuth natif (Gilliéron, 1946 ; Meisser & Ansermet 1994 ; Schafer 1994). Décrite par Scherrer (1893), l'arsénopyrite constitue de petits mais splendides cristaux maclés inclus dans la dolomite. Parmi les minéraux secondaires, citons l'érythrite rose dont de beaux cristaux furent découverts lors de l'exploitation, l'annabergite, l'hörnessite et la röslerite, un minéral à ce jour unique en Suisse (Cuchet, 1994).

Des radiohalos bruns, mesurant 100 à 300 microns, au sein de la chlorite et accompagnant la minéralisation de Kaltenberg, ont été décrits en 1939 par Hirschi sans que le minéral radioactif responsable de ce phénomène soit identifié. Des analyses effectuées récemment par Schafer (1994) ont permis d'identifier de l'uraninite, en minuscules grains parfois inclus dans la gersdorffite.

#### La mine de Plantorin, Val de Tourtemagne

Le petit gisement de Plantorin également appelé « Omen Roso » (617.120/3.700) est situé sur la crête limitant les vals d'Anniviers et de Tourtemagne. Il diffère des autres gisements du même type minéralogique de par la présence de barytine et de sulfures de nickel localement abondants. En 1850, 5 tonnes de minerai furent extraites et 2 tonnes en 1875. L'essentiel de la minéralisation étant exploitable à ciel ouvert, seule une petite galerie de 5 m a été percée. La minéralisation est constituée essentiellement d'arséniures : gersdorffite, cobaltite et nickéline et de sulfures de nickel: millérite et violarite. Ces minéraux métalliques forment des lentilles au sein des veines de dolomite ferrifère et de barytine. Ces veines peuvent atteindre jusqu'à 50 à 80 cm de puissance, avec une direction N 70° E et un plongement de 35° vers le SW. Sporadiquement, l'ullmanite, la cosalite et la bismutinite ont été observées. L'érythrite rose et la reevesite vert jaunâtre constituent les produits d'altération les plus fréquents (Gilliéron, 1946 ; Schmutz, 1984 ; Schafet 1994).

## Secteur de Saint-Luc, Val d'Anniviers

Dans le secteur de Saint-Luc, deux petits gisements isolés, étudiés par Sigg (1944) et surtout par Cuchet (1995) méritent d'être décrits.

La petite mine de Colliou inférieur (611.600/120.450) aurait été en fonction de 1854 à 1855 et en 1867, trois galeries ont été percées. La minéralisation se situe dans un filon de quartz de 10 à 20 cm de puissance sur 10 m d'extension, boudiné et encaissé

Gisement/district	Région	Pays	Association
Anniviers/Tourtemagne	Valais, Alpes	Suisse	Ni-Co-As-Bi
Les Challanches	Isère, Alpes	France	Ni-Co-As-Bi-Ag
Schladming	Niederer Tauern, Alpes	Autriche	Ni-Co-As-Bi
Leogang	Salzburg, Alpes	Autriche	Ni-Co-As
Riu Planu is Castangias	Sardaigne	Italie	Ni-Co-As
Sarrabus	Sardaigne	Italie	Ni-Co-As-Ag
Ste Marie-aux-Mines	Vosges	France	Ni-Co-As-Bi-Ag
Wittichen	Schwarzwald	Allemagne	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Bieber	Hessen	Allemagne	Ni-Co-As-Bi
Kamsdorf	Harz	Allemagne	Ni-Co-As-Bi-Ag
Eisleben	Harz	Allemagne	Ni-Co-As-Bi-Ag
Johanngeorgenstadt	Erzgebirge	Allemagne	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Annaberg	Erzgebirge	Allemagne	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Schneeberg/Schlema	Erzgebirge	Allemagne	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Marienberg	Erzgebirge	Allemagne	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Freiberg	Erzgebirge	Allemagne	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Jáchymov	Erzgebirge	Rép. Tchèque	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Příbram	Bohême	Rép. Tchèque	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Dobřina (ex-Dobschau)	Spiš-Gemer	Slovaquie	Ni-Co-As-Bi
Kongsberg	Eker	Norvège	Ni-Co-As-Ag
Redruth	Cornwall	U.K	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Echo Bay	Great Bear Lake, NT	Canada	Ni-Co-As-Bi-Ag-U
Thunder Bay	Ontario	Canada	Ni-Co-As-Bi-Ag
Port Coldwell	Ontario	Canada	Ni-Co-As-Bi-Ag
Cobalt-Gowganda	Ontario	Canada	Ni-Co-As-Bi-Ag
Wickenburg	Maricopa Co, Arizona	U.S.A.	Ni-As-Ag
Black Hawk	New Mexico	U.S.A.	Ni-Co-As-Ag-U
Talmessi-Anarak	Isfahan	Iran	Ni-Co-As-Bi-U
Khovou-Axy	Sibérie du sud	Russie	Ni-Co-As
Balmoral	Transvaal	R.S.A.	Co-As
Bou-Azzer	Anti-Atlas	Maroc	Ni-Co-As-Bi-Ag
Mount Cobalt	Queensland	Australie	Co-As

Tableau 1: Principales minéralisations filoniennes à arséniures de cobalt et de nickel dans le monde.

Minéral	Formule chimique	Système cristallin	Synonymes
Skuttérudite	(Co, Ni)As <sub>2,3</sub>	Cubique	Smaltine, Speiskobalt, chloanthite
Gersdorffite	NiAsS	Cubique	
Cobaltite	CoAsS	Cubique	Kobaltglanz
Arsénopyrite	FeAsS	Orthorhombique	Mispickel, danaïte
Nickéline	NiAs <sub>2</sub>	Hexagonal	Rotnickelkies

Tableau 2: Principaux arséniures et sulfoarséniures rencontrés dans le district cobalto-nickélicifère d'Anniviers – Tourtemagne.



dans un paragneiss à proximité immédiate d'une fahlbande. La minéralogie de ce gîte se singularise par une abondance d'espèce bismutifères (bismuth natif, galéno-bismutite, gladite, pekoite-bismuthinite) tardives associées à des arséniures (arséno-pyrite, cobaltite-gersdorffite, löllingite, skuttérodite). Les minéraux secondaires souvent bien cristallisées sont l'érythrite, la parasymplésite, la pharmacosidérite, la scorodite, la bismutite et trois arséniates de bismuth uniques en Suisse : atéléstite, preisingerite et mixite.

La mine de Tignousa inférieur (613.500/120.050) se situe sous la cabane de Bella Tolla au bord d'un bisse. Cette mine a probablement été exploitée en 1849. Actuellement, seuls des déblais et une tranchée sont visibles. La minéralisation se compose de filons à dolomite ferrifère et ankérite encaissés dans un gneiss. Les minéraux métalliques sont la pyrite, la chalcopyrite, la cobaltite et la siégénite. Des minéraux typiquement d'âge alpin comme l'albite et le rutile forment des cristaux automorphes au sein de la dolomite. Les minéraux secondaires sont la calcite cobaltifère rose néoformée, l'érythrite et l'hétérogénite noire.

## **Bibliographie**

voir bibliographie générale (page 84)

Adresse de l'auteur: Nicolas Meisser  
Musée cantonal de géologie et laboratoire des rayons-X  
de l'Institut de minéralogie et géochimie  
Université BFSH-2, 1015 Lausanne  
Nicolas.Meisser@sst.unil.ch

## Quelques généralités sur le cobalt et ses dérivés colorés

### Résumé

Le cobalt est un élément rare. Il est pourtant connu de longue date, non pas sous sa forme métallique isolée seulement au XVIII<sup>ème</sup> siècle, mais sous la forme d'un verre bleu foncé appelé *smalt*. Le cobalt possède de remarquables propriétés colorantes mises à profit dans les céramiques, les verres et les pigments. Ces propriétés sont à l'origine de son intense exploitation uniquement comme pigment. A partir du XIX<sup>ème</sup> siècle, le cobalt métallique a pris une place de plus en plus importante dans la confection des aciers spéciaux.

### Zusammenfassung

Allgemeines zu Kobalt und seine Varietäten

Kobalt ist ein seltenes Element. In seiner metallischen Form konnte es erst im 18. Jahrhundert isoliert werden. Kobalt besitzt herausragende Farbeigenschaften, welche in Keramik, Gläsern und Pigment, dem sogenannten «Smalt», benutzt wurden. Diese Eigenschaften waren der Anstoss zur intensiven Ausbeutung als Pigmentrohstoff. Vom 19. Jahrhundert an, kam dem metallischen Kobalt ein immer wichtigerer Stellenwert im Zusammenhang mit der Erzeugung von Spezialstahl zu.

(RK)

### Riassunto

Qualche generalità sul cobalto e sui suoi derivati colorati

Il cobalto è un elemento raro, conosciuto da lungo tempo, non tanto nella forma metallica isolata solamente nel XVIII secolo, quanto sotto forma di un vetro blu scuro chiamato blu di Sassonia. Il cobalto possiede delle notevoli proprietà coloranti, messe a profitto nelle ceramiche, vetri e pigmenti. Queste proprietà sono all'origine della sua intenso sfruttamento come pigmento. A partire dal XIX secolo, il cobalto metallico a preso un posto sempre più importante nella fabbricazione di acciai speciali.

(PO)

## 1 Le cobalt

### L'élément

Isolé par le Suédois Brandt vers 1733, le cobalt est un élément de numéro atomique  $Z = 27$  et de masse atomique  $M = 58,933$ . Son symbole est Co. C'est un métal de couleur blanc grisâtre, malléable et ductile, dont la densité est 8,9. Il fond à 1495 °C et bout vers 2900 °C. Le cobalt est ferromagnétique jusqu'à 1150 °C. On en connaît dix isotopes radioactifs, dont le fameux  $^{60}\text{Co}$ .

Il appartient au groupe VIII de la classification périodique, qui réunit les éléments de transition comme le fer, le cobalt et le nickel. Ces derniers possèdent des analogies certaines dans leurs propriétés physiques et chimiques.

L'étymologie de « cobalt » dérive du nom attribué au *Kobolden*, les génies maléficients des mines dans les légendes germaniques. Anciennement, la production de métal à partir de minerais de cobalt, dont l'aspect est semblable à certains minerais de cuivre ou d'argent, semblait impossible à réaliser. Les mineurs pensaient que cette impossibilité était due à l'opposition manifestée par les mauvais esprits : les *Kobolden*. Plus tard, le mot s'est altéré en cobalt et a été latinisé en *cobaltum*.

### Géochimie et minéralogie

Dans la nature, sa teneur moyenne dans la croûte terrestre est de 25 g/t (soit 25 ppm = parties par millions). Il est donc trois fois moins abondant que le nickel, et, affinités chimiques obligent, il se concentre comme lui dans les roches basiques comme les péridotites (237 g/t) et les gabbros (79 g/t). A contrario, avec une teneur de l'ordre de 8 g/t, il est très peu concentré dans les granitoïdes. Le cobalt se substitue à l'état de traces au fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dans de nombreux silicates et sulfures.

Les minéraux riches en cobalt sont rares. Parmi les espèces primaires (hypogènes) citons les arséniures comme la skuttérudite,  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{2-3}$  et la safflorite  $\text{CoAs}_2$ , des sulfoarséniures comme la cobaltite,  $\text{CoAsS}$  et le glaucodot,  $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$  et des sulfures comme la linnéite,  $\text{Co}_2\text{S}_4$  et la carollite  $\text{CuCo}_2\text{S}_4$ . Les espèces secondaires (supergènes) se caractérisent généralement par leur éclatante couleur rose. L'espèce la plus spectaculaire étant l'érythrite,  $(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Mg})_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , qui résulte de l'oxydation des arséniures et des sulfoarséniures. L'altération des minéraux primaires de cobalt mais également des roches basiques conduit à la formation d'asbolane ou wad. De teinte noir de suie à l'aspect terreux, c'est un mélange complexe constitué d'oxy-hydroxydes de métaux de transition principalement le manganèse, le fer et le cobalt. La teneur en cobalt peut atteindre exceptionnellement 35 %. Depuis quelques années, ce minerai de type résiduel prend une importance croissante avec la mise en exploitation d'importants gisements en Australie et à Cuba.

## Métallurgie et production

Mis à part le cas du district minier de Bou-Azzer au Maroc, le cobalt est avant tout un sous-produit de l'extraction du cuivre (République démocratique du Congo, Zambie) et du nickel (Canada, Russie). Le minerai est enrichi par flottation, puis grillé en présence d'air pour éliminer le soufre et l'arsenic. A partir de cette étape, la matte obtenue est soit réduite par du coke dans un four électrique en présence de chaux (qui transforme la silice en scorie) ou soit dissoute dans de l'acide chlorhydrique. Dans le premier procédé, la réduction de la matte produit un alliage fer-cuivre-nickel-cobalt (qui peut contenir jusqu'à 30 % de cobalt) que l'on dissout alors dans un acide, et dont on extrait le cobalt métallique par électrolyse. Dans le second procédé, plus ancien, les métaux sont précipités sélectivement de la solution chlorhydrique. Dans un premier temps, on fait barboter du sulfure d'hydrogène qui précipite la cuivre, le plomb, le bismuth et l'antimoine sous la forme de sulfures. Dans une seconde étape, l'ajout progressif d'hypochlorite de calcium (« chlorure de chaux ») à la solution chlorhydrique libère du chlore et augmente le pH : d'abord le fer précipite sous la forme d'hydroxyde, puis le cobalt. Le nickel reste en solution.

Le cobalt métallique est obtenu par réduction de l'oxyde  $\text{Co}_3\text{O}_4$  par aluminothermie. La production mondiale en 2001 a été de 37 000 tonnes. Les principaux producteurs étant la Zambie, la République démocratique du Congo, l'Australie et le Canada.

## Principales applications

Le cobalt est surtout employé dans la composition de nombreux alliages spéciaux (ferrocobalt, stellites, etc.). Ils sont destinés à la fabrication d'outils de coupe ultrarapide, de résistances électriques, d'aciers devant résister à la corrosion à haute température (industrie aéronautique et spatiale), de pièces polaires d'aimants permanents ou d'électroaimants.

Activé par des neutrons dans un réacteur nucléaire, le cobalt devient radioactif par formation de l'isotope 60. Ce dernier est un émetteur de rayons gamma très utilisé dans l'industrie et en médecine. Enfin, le cobalt est un oligo-élément : il entre dans la composition de la vitamine B 12 ou cobalamine.

Les sels de cobalt sont essentiellement utilisés comme pigments, siccatifs, indicateurs d'humidité, catalyseurs et en trace comme oligo-élément.

## 2 Les colorants à base de cobalt

### Les propriétés colorantes du cobalt

Les sels de cobalt sont utilisés depuis l'Antiquité dans la coloration du verre et des céramiques. Ce n'est qu'à partir de la seconde moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle que l'utilisation du métal dans les alliages spéciaux a peu à peu supplanté celle de colorant. Toutefois,

les sels de cobalt restent toujours des colorants absolument indispensables pour l'industrie du verre et de la céramique.

L'état d'oxydation le plus important est bivalent :  $\text{Co}^{2+}$  (cobalteux). Les sels cobalteux peuvent être roses ou bleu selon l'état de coordination du métal :

- entouré de *six* molécules d'eau par exemple, le cobalt forme un complexe *octaédrique* de couleur *rose* ;
- entouré de *quatre* atomes d'oxygène par exemple, le cobalt forme un complexe *tétraédrique* de couleur *bleue*.

Les principaux composés colorés par ces mécanismes sont présentés dans le tableau 1.

## Les colorants

Les composés octaédriques roses sont riches en eau. Ils sont donc sensibles aux variations de température et de ce fait n'ont pas d'application comme pigments. Par contre on utilise le chlorure de cobalt comme thermo-hygromètre : en fonction de la température ou de l'humidité, ce composé vire du rose au bleu et vice versa. On l'utilise aussi comme indicateur dans le silicagel<sup>®</sup>, un dessiccatif très utilisé.

## Le smalt

De nombreux composés tétraédriques bleus servent de pigment. Le plus célèbre est certainement le smalt. C'est un verre obtenu par fusion d'un mélange de matte de minerai de cobalt ou d'asbolane avec du quartz et du carbonate de potassium (potasse). Les impuretés de fer, nickel et manganèse forment un composé cristallin de type fayalite, insoluble dans le verre fondu et qui se dépose au fond du four. Le verre est séparé par décantation : selon sa teneur en cobalt sa teinte varie du bleu clair au noir. Les verres très foncés réduits en poudre fine ont une couleur bleu clair, ils sont de ce fait utilisables directement comme pigment pictural.

Le smalt semble avoir fait une timide apparition sur la palette des peintres au XV<sup>ème</sup> siècle. Il a gagné en importance dans le courant du XVI<sup>ème</sup> siècle. Son utilisation a été relevée chez Jan Van Scorel (1495-1562) et Pieter Bruegel l'Ancien (1525/30-1565). L'usage croissant du smalt est peut-être également lié à une pénurie en azurite. Ce minéral était récolté principalement à Rudabánya en Hongrie. Il semble que l'approvisionnement en azurite hongroise ait été compromis par l'occupation ottomane, favorisant ainsi le développement du smalt comme pigment pictural. L'emploi du smalt en peinture devient en tout cas assez courant dans la seconde moitié du XVI<sup>ème</sup> siècle.

L'utilisation du cobalt en céramique et en verrerie est très ancienne. Les analyses retrouvent cet élément dans les porcelaines chinoises Tang (618-960) et Ming (1368-1640) de même que dans les poteries des anciennes civilisations d'Egypte et surtout de Mésopotamie (bleu de Nippour). Un collier perse garni de perles en verre bleu au cobalt a été daté à 2250 ans avant J.-C. D'innombrables manufactures de porcelaine,

dont celles de Delft et de Sèvres, utilisaient des mélanges secrets, basés sur le smalt, pour conférer différentes nuances de bleu aux motifs apposés sur les céramiques. Le smalt a été confectionné essentiellement à partir de minerais arséniés et nickélifères. De ce fait, les microanalyses caractérisent le smalt ancien grâce à la présence de ces deux éléments marqueurs. Préparé avec de l'oxyde de cobalt pur, le smalt de fabrication récente en est par contre dépourvu.

Avant que le cobalt ne soit un sous-produit de l'extraction d'autres métaux, comme le cuivre et le nickel, les minerais de cet élément étaient traités dans de nombreuses fabriques de smalt situées principalement en Allemagne, Norvège et en Grande-Bretagne. Les usines saxonnes (Oberschlema) étant les plus anciennes, leurs activités ayant débuté au XV<sup>ème</sup> siècle.

### L'oxyde de cobalt

Actuellement l'oxyde de cobalt,  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , a supplanté le smalt comme colorant. C'est le plus puissant des oxydes colorants en céramique et en verrerie. Contrairement au smalt de composition variable, l'oxyde de cobalt est stœchiométrique (73.43 % de Co), facilitant grandement son dosage. Son utilisation remonte au XIX<sup>ème</sup> siècle avec la séparation en phase aqueuse du cobalt et des autres métaux (cf. métallurgie et production).

	Formule chimique
Co <sup>2+</sup> octaédrique (rose)	
Naturels	
Erythrite	$(\text{Co, Ni, Mg})_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Sphaerocobaltite	$\text{CoCO}_3$
Adamite cobaltifère	$(\text{Zn, Co})_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$
Rosélite	$\text{Ca}_2\text{Co}(\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Bieberite	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Synthétiques	
Chlorure de cobalt hexahydraté	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Co <sup>2+</sup> tétraédrique (bleu)	
Naturels	
Spinnelle bleu	$(\text{Mg, Co})\text{Al}_2\text{O}_4$
Stauriolite cobaltifère (lusakite)	$(\text{Fe, Mg, Co})_2\text{Al}_9(\text{Si, Al})_4\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Synthétiques	
Chlorures de cobalt anhydre et dihydraté	$\text{CoCl}_2 \cdot 0-2\text{H}_2\text{O}$
Smalt	Co-K-Si-O
Aluminate de cobalt (bleu de cobalt, bleu céleste ou bleu de Thénard)	$\text{CoAl}_2\text{O}_4$
Stannate de cobalt (bleu céruléum)	$\text{Co}_2\text{SnO}_4$

Tableau 1. Principaux composés cobaltifères colorés naturels et synthétiques.

## **Bibliographie**

voir bibliographie générale (page 84)

Adresse de l'auteur: Nicolas Meisser  
Musée cantonal de géologie et laboratoire des rayons-X  
de l'Institut de minéralogie et géochimie  
Université BFSH-2, 1015 Lausanne  
Nicolas.Meisser@sst.unil.ch

## Über Silber und Blei aus dem Eifischtal

### Zusammenfassung

Im Eifischtal (Val d'Anniviers) gibt es einige bedeutende Vererzungen mit Blei- und Silber. Das Alter dieser Mineralisationen, die häufig an Fahlerz gebunden sind, geht zurück in den späten variskischen Gebirgszyklus (330–270 Mio. Jahre). Geschichte und Abbauperioden der Bergwerke können im allgemeinen anhand folgender Zeugnisse rekonstruiert werden: Archäologische Untersuchungen, Studium historischer Dokumente, Studium metallurgischer Erzeugnisse sowie dem Vergleich chemisch-physikalischer Parameter an datierten archäologischen Objekten und entsprechenden Blei- und Silbervererzungen. Keine dieser Methoden konnte bisher eine Ausbeutung der Vererzungen im Val d'Anniviers vor der Mitte des 19. Jahrhunderts nachweisen, dies im Gegensatz zu anderen Minen im Wallis, die bereits seit Ende der römischen Zeit auf Blei und seit dem Mittelalter auf Silber abgebaut wurden.

### Résumé

Le potentiel minier en argent et en plomb est important dans le Val d'Anniviers. Les minéralisations sont d'âge tardi-varisque (330 à 270 Ma) et souvent liées à des fahlerz. Les périodes d'exploitation des mines peuvent, en général, être déterminées par : l'archéologie minière ; la lecture de textes historiques ; l'étude des déchets métallurgiques ; ou la comparaison d'un paramètre physico-chimique que l'on mesure dans un objet archéologique bien daté et dans les minerais de plomb et d'argent. Aucune de ces méthodes n'a cependant pu attester une exploitation de plomb et d'argent antérieure au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle dans le Val d'Anniviers, contrairement à d'autres mines du Valais qui ont été exploitées à partir de la fin de la période romaine pour le plomb, et à partir du Moyen Âge pour l'argent.

### Riassunto

A proposito dell'Argento e del Piombo nella Eifischtal

Nella Val d'Anniviers sono presenti delle importanti mineralizzazioni a Piombo e Argento di età tardo-varisica (330-270 ma) e sovente legate al "Fahlerz". I periodi di coltivazione dei giacimenti possono in genere essere determinati mediante: ricerche archeologiche minerarie, studio dei documenti storici, studio dei resti metallurgici (scorie) o la comparazione fra parametri fisico - chimici misurati in oggetti archeologici datati e nelle mineralizzazioni corrispondenti a Piombo e Argento. Nessuno di



questi metodi ha finora indicato, nella Val d'Anniviers, età di coltivazioni precedenti la metà del 19° secolo, contrariamente ad altre miniere in Vallese che, già dalla fine dell'Epoca romana sono state sfruttate per il Piombo e dal Medioevo per l'estrazione dell'Argento. (PO)

## **Einleitung**

Der Bergbau hat geheimnisumwitterte Spuren im Eifischtal hinterlassen: die Stollen sind an vielen Orten eingestürzt und schwer zugänglich, wie wenn geheim bleiben sollte, was wirklich und zu welchem Zeitpunkt abgebaut wurde. Archäologie und Geologie arbeiten eng zusammen, um diese spannenden Fragen zu klären. Sie sind Teilziele meiner Doktorarbeit an der Erdwissenschaftlichen Abteilung der Universität Lausanne (Doktorväter: V. Serneels und H.R. Pfeifer), die zum Ziele hat, die Blei- und Silberproduktion im Wallis von der Eisenzeit bis ins Spätmittelalter zu untersuchen. Bezüglich dem Eifischtal muss die Frage in zwei Etappen beantwortet werden. Zuerst wird untersucht, welches Erz vorkommt und wie wichtig das entsprechende Abbaugebiet ist. Dann kann auch der zeitliche Aspekt anhand von vier verschiedenen Perspektiven dargestellt werden: die Untersuchung der Bergwerke in archäologischer Hinsicht, das Studium historischer Texte, die Analyse metallurgischer Überreste oder ein chemisch-physikalischer Vergleich zwischen dem abgebauten Erz und dem eventuell damit erzeugten archäologischen Objekt.

## **Mineralogisches aus dem Eifischtal**

Die Bergwerke im Eifischtal unterscheiden sich in mancher Hinsicht von den meisten Silberbergwerken aus historischer Zeit. Silber kommt oft mit Bleiglanz vor, so im Wallis und auch in wichtigen antiken Silber- und Bleibergwerken (Laurion in Griechenland, den spanischen Bergwerken von Cartagena usw.). Im Eifischtal gibt es auch solche Bergwerke (Chippis-La Baraque), in den meisten Fällen ist das Silber aber an Fahlerze der Fahlbänder gebunden. Blei ist natürlich auch Bestandteil dieser Fahlbänder, meist aber nicht in überwiegendem Mass. Statt dessen sind diese Erze oft sehr reich an Kupfer.

Trotz ihrer Verschiedenheit stimmen die Vererzungen in gewissen Eigenschaften mit denen anderer Walliser Blei- und Silberbergwerke überein. Abgesehen von einer Vererzung der Bergwerke von Chippis-La Baraque, die etwas älter ist, sind sie, gemäss Bleiisotopenanalysen, ungefähr gleich alt wie die wichtigsten Bleibergwerke – zum Beispiel diejenigen von Praz Jean im Eringertal, von Siviez im Val de Nendaz oder vom Col des Mines oberhalb von Verbier. Sie sind am Ende des variskischen Gebirgszyklus, d.h. ungefähr vor 270 bis 330 Millionen Jahren, entstanden: Zu diesem Zeitpunkt sinkt der zu schwer gewordene, alte Gebirgskontinent ein und zerbricht in die heute bekannten Schollen: Aiguilles Rouges-, Mont Blanc-, Gotthard-, etc. Mas-

sive. In den dabei entstandenen, enormen Brüchen steigen hydrothermale Lösungen auf und lagern sich als Blei- und Silbervererzung ab. Momentan sind die genauen Ablagerungsbedingungen der Eifischtaler Vererzungen noch nicht bekannt, meiner Meinung nach muss aber ein Zusammenhang mit der Entstehungsgeschichte der oben genannten, wichtigen Walliser Bergwerke bestehen. Ihre Entstehungsgeschichte ist vielleicht auch ein Grund, weshalb die aufgeführten Bergwerke für Walliser Begriffe relativ grosse Ausmasse haben.

### Historisches Suchspiel

*Im Berg versteckte Zeugnisse.* In den noch zugänglichen Bergwerken sind an manchen Orten unregelmässige Bohrlöcher von ungefähr drei Zentimeter Durchmesser sichtbar. Sie deuten darauf hin, dass die Galerien gesprengt und deshalb erst in neuerer Zeit gegraben wurden. Andere Abbauspuren konnten nicht identifiziert werden, möglich wäre es aber, dass ältere Spuren durch jüngere zerstört wurden.

*Schriftlich Zeugnisse.* Die bekannten Dokumente stammen aus der sicherlich letzten Abbauphase der meisten Blei- und Silberbergwerke des Eifischtales. Sie wurden von H. Gerlach verfasst, dem damaligen Bergbauingenieur. Danach sollen die Bergwerke grösstenteils in der Mitte des 19. Jahrhunderts entstanden sein. Gerlach beschreibt in seinen Rapporten weder ältere Abbauspuren, noch mit diesen in Zusammenhang zu bringende Zeugnisse.

*Metallurgische Zeugnisse.* Bis anhin konnten nur zwei Funde einer metallurgischen Tätigkeit zugeschrieben werden. Es handelt sich im einen Fall um dunkelbraune,



Abbildung: Dieser römische Sarkophag wurde 1883 in Plan-Contthey im zentralen Wallis entdeckt. Mit grosser Wahrscheinlichkeit wurde er aus Blei der Walliser Bergwerke hergestellt. Es wäre aber auch möglich, dass das Metall aus der Eifel kommt. Photo: H. Preisig, archäologisches Museum von Sion.

mehrere Zentimeter grosse Schlacken mit makroskopisch heterogener Zusammensetzung, die in der Nähe der Bergwerke von Gosan gefunden wurden. Sie wurden bis anhin noch nicht genau untersucht, weshalb ihre Entstehung nicht bekannt ist (Cuchet 1995). Meiner Meinung nach handelt es sich um Schlacken einer Bergschmiede. Im zweiten Fall handelt es sich um Verhüttungsschlacken aus der Abbautätigkeit der Minen von den Moulins de Luc, die von Gerlach im naturhistorischen Museum in Sion hinterlegt wurden. Sie wurden von Stefan Ansermet wiedergefunden und untersucht.

*Archäologische Blei- und Silberobjekte als Zeugnisse des Bergbaus im Eifischtal?*  
Das Prinzip dieser Untersuchung liegt in einem Vergleich zwischen dem Erz und dem archäologischen Objekt: Es wird ein bestimmter, chemisch-physikalischer Parameter im Objekt und im Erz gemessen, der die Eigenschaft hat, dass er nicht durch metallurgische Prozesse verändert wird und praktisch ausschliesslich charakteristisch für ein Bergwerk ist. Wenn dieser Parameter im Objekt mit jenem im Erz übereinstimmt, kann daraus geschlossen werden, dass das zur Herstellung des Objektes verwendete Metall aus dem spezifischen Bergwerk stammt. Wenn zudem das Alter des archäologischen Objektes bekannt ist, kann im Falle einer Zuordnung zu einem Bergwerk dessen Abbauperiode bestimmt werden. Obwohl mehr als 200 archäologische, eisenzeitliche bis mittelalterliche Silber- und Bleiobjekte aus dem Wallis und dem westlichen Mittelland untersucht wurden, konnte bisher keines der Objekte einem Bergwerk aus dem Eifischtal zugeordnet werden.

## Die Auflösung

Wie historische Texte und archäologische Untersuchungen der Bergwerke bezeugen, wurden die Blei- und/oder Silberbergwerke im Eifischtal mit grosser Wahrscheinlichkeit erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts nach Blei- und Silber abgebaut. Weitere Untersuchungen haben aber ergeben, dass anderswo im Wallis schon in viel früheren Zeiten nach Blei und Silber geschürft wurde. Ein erster Abbau, wenn auch vielleicht nicht im Wallis, so doch im Alpenraum fand bereits in der Eisenzeit statt. Mit Sicherheit kann eine lokale Bleiproduktion ab dem vierten Jahrhundert nach Christus nachgewiesen werden. Der Grund für diese Produktion liegt in den politischen Spannungen, die sich während der zweiten Hälfte des dritten Jahrhunderts entwickelten: Mit den grossen Invasionen der Alemannen wurden die Handelswege im römischen Reich unsicher, weshalb auf die lokalen Ressourcen zurückgegriffen wurde. Eine Silberproduktion kann erst ab dem frühen Mittelalter nachgewiesen werden (Guénette-Beck und Villa, 2003). Das Silber aus den Walliser Bergwerken wurde zum Herstellen und Reparieren von Sakralobjekten (Schreine, Kelche...) verwendet, wenig später wurde es fast ausschliesslich zur eigenen, bischöflichen Münzprägung produziert.

Wenn auch der Abbau von Blei und Silber im Eifischtal in historischer Zeit keine grosse Bedeutung hatte, ist nicht auszuschliessen, dass dieselben Vererzungen schon in früheren Zeiten nach Kupfer abgebaut wurden.

## Kurzbeschreibung der Blei- und Silberbergwerke im Val d'Anniviers

Die Bleiisotopenanalysen wurden im Labor für Isotopengeologie der Universität Bern (J. Kramers und I. Villa) gemessen, die gesamtchemische Zusammensetzungen der Erzproben wurden am Centre d'Analyse Minérale der Erdwissenschaftlichen Abteilung an der Universität Lausanne mit Röntgenfluoreszenz (XRF) analysiert und mit dem halbquantitativen Programm Uniquant interpretiert (H.R. Pfeifer und J.C. Lavanchy).

### Chippis, La Baraque

Koordinaten	608.220 / 124.600 / 700														
Aktueller Zustand	Die Bergwerke befinden sich in einem steilen, schwierig begehbaren Hang am Talausgang des Einfischtals.														
Geschichtliches	In zwei Galerien wurde um 1850 Erz abgebaut, drei weitere wurden am Ende des 19. Jh. für Prospektionszwecke gegraben (Gerlach 1883)														
Tektonische und geologische Situation	Glimmerschiefer, Konglomeratschiefer und Casannaschiefer des Permokarbonischen Sockels der Pontis-Decke (Escher 1953)														
Mineralogie	Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Chalkopyrit in Ganggestein aus Quarz und seltener Kalzit.														
Bleiisotopenanalysen	Nach Gerlach (1883): 56% Pb und 1450g/t Ag im herkömmlichen Erz, 73% Pb und 1820g/t Ag im gewaschenen Erz.														
	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	38.3929	± 0.0031												
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	15.6434	± 0.0010												
	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	18.2780	± 0.0011												
	<sup>208</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2.10042	± 0.00007												
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	0.85586	± 0.00002												
	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	38.5230	± 0.0057												
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	15.6567	± 0.0020												
	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	18.4184	± 0.0018												
	<sup>208</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2.09147	± 0.00013												
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	0.85007	± 0.00003												
Analyse der gesamtchemischen Zusammensetzung (in [g/kg] mass, interpretiert als Sulfid)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Fe	MgO	Mn	Pb	BaO	Zn	F	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O		
	51.85	0.00	0.01	0.24	0.07	nd	nd	38.65	nd	0.17	nd	nd	nd		
	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Cu	CO <sub>2</sub>	SrO	Ag	Sn	Sb	As	Cd	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total		
	4.71	nd	2.85	nd	0.55	nd	0.12	nd	0.11	0.02	0.00	nd	99.35		

### Fusette

Koordinaten	611.825 / 120.700 / 1880														
Aktueller Zustand	Ungefähr 10m unterhalb der asphaltierten Strasse befindet sich eine 52m lange Galerie, die noch in gutem Zustand ist.														
Geschichtliches	Das Bergwerk wurde im Jahre 1854 betrieben.														
Tektonische und geologische Situation	Glimmerschiefer der Siviez-Mischabel-Decke														
Mineralogie	Zwei Fahlbänder, 10-15cm mächtig, mit lokal Bleiglanz und Zinkblende Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz, Chalkopyrit, Pyrit, Covellin in Ganggestein aus Quarz und Karbonaten 2% Ag im Erz (Cuchet 1995)														
Analyse der gesamtchemischen Zusammensetzung (in [g/kg] mass, interpretiert als Sulfid)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Fe	MgO	Mn	Pb	BaO	Zn	F	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O		
	37.35	0.72	0.03	0.08	0.46	nd	nd	7.68	0.02	27.19	nd	1.76	0.37		
	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Cu	CO <sub>2</sub>	SrO	Ag	Sn	Sb	As	Cd	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total		
	15.50	nd	8.37	0.16	0.13	nd	0.01	nd	0.01	nd	0.11	nd	99.95		

## Collieux supérieur

Koordinaten	611.650 / 120.520 / 1760															
Aktueller Zustand	Das Bergwerk ist durch den Bau der neuen Strasse von St. Luc nach Chandolin vollkommen zerstört worden. Man sieht noch einige Halden und Überreste von Holzkonstruktionen.															
Geschichtliches	Nach Anfangsproblemen wurde das Bergwerk im Jahre 1865 betrieben (Cuchet 1995)															
Tektonische und geologische Situation	Glimmer- und Chloritschiefer der Siviez-Mischabel-Decke															
Mineralogie	Liegende Vererzung, 100 bis 150cm mächtig															
	Bleiglanz, Zinkblende, Chalkopyrit, Pyrit, silberhaltiges Fahlerz in Ganggestein aus Baryt und Quarz															
	Nach Schmidt (1920): 1.8 bis 3% Ag im Tetraedrit, 55% Pb und 0.16 bis 0.36% Ag im Erz.															
Bleiisotopenanalysen	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	38.6332	± 0.0080													
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	15.6732	± 0.0028													
	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	18.4687	± 0.0022													
	<sup>208</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2.09194	± 0.00020													
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	0.84865	± 0.00005													
Analyse der gesamt-chemischen Zusammensetzung (in [g/kg] mass, interpretiert als Sulfid)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Fe	MgO	Mn	Pb	BaO	Zn	F	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O			
	42.57	0.31	0.00	0.06	0.33	nd	nd	18.67	12.47	8.86	nd	0.50	nd			
	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Cu	CO <sub>2</sub>	SrO	Ag	Sn	Sb	As	Cd	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total			
	8.94	nd	4.78	0.20	1.72	0.17	0.02	nd	0.02	0.03	0.02	nd	99.67			

## Moulins de Luc

Koordinaten	612.750 / 118.150 / 1590															
Aktueller Zustand	Die vier wiedergefundenen Galerien sind gut erhalten und mehrere hundert Meter lang. Die unterste ist auf zwei Etagen abgebaut.															
Geschichtliches	Das Bergwerk war ununterbrochen von 1853 bis 1859 in Betrieb. Die letzte und intensivste Wiederaufnahme begann im Jahre 1865.															
Tektonische und geologische Situation	Glimmerschiefer der Siviez-Mischabel-Decke															
Mineralogie	Filon couche, 30-60cm mächtig															
	Silberhaltiger Bleiglanz (mit Freibergit?), Zinkblende, silberhaltiges Fahlerz in Ganggestein aus Baryt, Ankerit und Quarz															
	Nach Schmidt (1920): 1.8 bis 3% Ag im Tetraedrit, 55% Pb und 0.16 bis 0.36% Ag im Erz.															
Bleiisotopenanalysen	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	38.5817	± 0.0074													
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	15.6633	± 0.0021													
	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	18.4879	± 0.0017													
	<sup>208</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2.08668	± 0.00018													
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	0.84721	± 0.00004													
	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	38.611														
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	15.655														
	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	18.456	(nach Zingg 1989)													
Analyse der gesamt-chemischen Zusammensetzung (in [g/kg] mass, interpretiert als Sulfid)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	Fe	MgO	Mn	Pb	BaO	Zn	F	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O			
	1.42	0.15	0.01	0.70	1.43	0.28	0.23	58.57	2.39	1.89	nd	0.18	nd			
	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Cu	CO <sub>2</sub>	SrO	Ag	Sn	Sb	As	Cd	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total			
	11.83	nd	5.42	8.16	1.08	0.10	0.28	0.02	5.45	0.36	0.01	nd	99.97			

## Pont-de-bois

Koordinaten	613.100 / 112.820 / 1560															
Aktueller Zustand	Nicht aufgefunden															
Geschichtliches	Zwei kurze Galerien zur Prospektion von Pb und Cu															
Tektonische und geologische Situation	Gneis und chlorithaltiger Glimmerschiefer der Siviez-Mischabel-Decke															
Mineralogie	Fahlband															
	Pyrrhotin, Pyrit, Bleiglanz, Chalkopyrit, Zinkblende in Quarz (Baud 1968)															

## Vernec/Pralong

Koordinaten	613.920 / 110.350
Geschichtliches	Die Vererzung wurde um 1980 beim Erstellten eines Sondiergrabens im Zusammenhang mit dem UROMINE-Projekt gefunden (Woodtli et al 1987)
Tektonische und geologische Situation	Braunschiefer der Siviez-Mischabel-Decke
Mineralogie	Linsenförmige Vererzung mit disseminiertem Bleiglanz Bleiglanz, Zinkblende, Chalkopyrit, Pyrit, Pyrrhotin, Schwefel-Arsenmineralien (Cavalli et al 1998)
Bleiisotopenanalysen	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 38.581 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.654 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 18.490 (nach Zingg 1989)

## La Barma

Koordinaten	611.325 / 119.950 / 1480 und 611.325 / 119.875 / 1470
Aktueller Zustand	Zwei Eingänge sind in einer Felswand sichtbar und deshalb unzugänglich (Cuchet 1995)
Geschichtliches	Gerlach (1859) beschreibt eine ungefähr 50m lange Galerie.
Tektonische und geologische Situation	Siviez-Mischabel-Decke
Mineralogie	Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz, Chalkopyrit, Pyrit, Covellin in Ganggestein aus Quarz und Karbonaten (Cuchet 1995)

## Gosan

Koordinaten	612.020 / 121.080 / 1780
Aktueller Zustand	Abgesehen von der obersten Galerie sind alle anderen eingestürzt und unzugänglich. Im Gelände sind mehrere Halden, Pingen und Schürffungen sichtbar.
Geschichtliches	Die Bergwerke wurden von 1836 bis 1838 und 1856 bis 1858 von 3 bis 5 Arbeitern betrieben.. Nach Gerlach (1859) waren schon 1859 fast alle Stollen eingestürzt!
Tektonische und geologische Situation	Glimmerschiefer, Karbonatschiefer und schwarze Schiefer der Siviez-Mischabel-Decke
Mineralogie	Zwei Fahlbänder, 10-15cm mächtig, mit lokal Bleiglanz und Zinkblende Bleiglanz, Fahlerz, Chalkopyrit, Pyrit in Ganggestein aus Quarz. 5 bis 10% Cu und 2-3% Ag im Erz (Cuchet 1995).

## Termino

Koordinaten	611.620 / 120.970 / 1720
Aktueller Zustand	Obwohl das Bergwerk zum Teil eingestürzt ist, ist es auf ungefähr 30m begehbar.
Geschichtliches	Im Jahre 1879 wurde es erstmals in einer Korrespondenz zwischen Ad. Ossent und dem Professor Renevier erwähnt (Korrespondenz im geologischen Museum in Lausanne)
Tektonische und geologische Situation	Glimmerschiefer, Karbonatschiefer und schwarze Schiefer der Siviez-Mischabel-Decke
Mineralogie	Zwei Fahlbänder, 10-15cm mächtig, mit lokal Bleiglanz und Zinkblende Bleiglanz, Fahlerz, Chalkopyrit, Pyrit in Ganggestein aus Quarz (Cuchet 1995).

## **Waschsee**

Koordinaten  
Aktueller Zustand  
Tektonische und  
geologische Situation  
Mineralogie

614.050 / 123.125 / 2480  
Drei Meter lange Schürfung und eine ungefähr 10m lange Galerie.  
Siviez-Mischabel-Decke  
Fahlband  
Fahlerz mit Chalkopyrit, Pyrit und Bleiglanz in Ganggestein aus Quarz und  
Karbonaten (Cuchet 1995).

## **Bibliographie**

siehe Seite 84: «Bibliographie générale»

Adresse der Autorin: Barbara Guénette-Beck  
Centre d'Analyses Minérales  
Sciences de la Terre  
BFSH 2  
Université  
1015 Lausanne

# La Fondation B.+S. Tissières

[www.fondation-tissieres.ch](http://www.fondation-tissieres.ch)

La Fondation B. + S. Tissières a pour objectifs le développement d'activités d'information, de vulgarisation et d'animation en relation avec les sciences naturelles et de la terre. Elle se propose également de promouvoir des produits touristiques et activités liés au patrimoine naturel et culturel, sur l'ensemble du Valais. La Fondation a été créée en décembre 2000, ses activités ont débuté au printemps 2001, avec la préparation de l'exposition « Cristaux du Valais et Instruments de géodésie ». Le siège de la Fondation est à Martigny, Av. de la Gare 6, dans l'ancienne banque UBS, un bâtiment de cinq niveaux de 250 m<sup>2</sup> chacun, à quelques pas de la Place centrale. La création de la Fondation permet la réhabilitation et la mise en valeur de ce joyau de l'architecture martigneraise du début du 20<sup>e</sup> siècle.

En développant une interface entre les milieux scientifiques et les milieux touristiques, la Fondation a le souci de garantir la cohérence entre les connaissances scientifiques les plus récentes, les préoccupations des chercheurs et le contenu des produits élaborés. La Fondation dispose d'experts issus des différents domaines des sciences naturelles et du tourisme, pour assurer à ses activités des bases solides et crédibles.

La Fondation développe des synergies avec les institutions existantes, en Valais et dans les régions limitrophes (Italie, France, Suisse), tant pour la recherche scientifique que pour la vulgarisation. Elle présente, à travers des expositions, publications et animations, les collections existantes, les sujets d'intérêt et différents thèmes concernant les sciences de la terre. Elle collabore avec les Musées cantonaux, la Société Bas-Valaisanne de Minéraux et Fossiles, l'Institut universitaire Kurt Boesch, la Fondation Jean-Marcel Aubert, Valrando, Valais Tourisme, etc.

Le comité de la Fondation Tissières regroupe des personnes compétentes dans les différents domaines d'activités prévus : le tourisme, l'économie, la Commune de Martigny, les sciences de la terre, la minéralogie, les sciences naturelles et la vulgarisation.



## Activités 2001-2002

La Fondation Tissières a présenté, du 7 juillet au 14 octobre 2001, sur un étage, une exposition avec plus de 300 cristaux provenant des collections de membres de la société de minéralogie du Bas-Valais et 30 instruments de géodésie, issus de la collection de Jean-Marie Rouiller. L'exposition a remporté un vif succès, avec



12'365 visiteurs de tous âges et toutes provenances accueillis en 100 jours. Pour la première édition, l'entrée fut libre.

Le succès de l'exposition en 2001 et l'intérêt que le public a manifesté pour ce volet très spectaculaire du domaine des sciences de la terre que représente la minéralogie, ont permis à la Fondation B. + S. Tissières d'élargir le cadre et de reconduire en 2002 une exposition version agrandie, qui s'articulait en trois parties : l'exploitation minière en Valais, la présentation et promotion de la jeune profession d'accompagnateur en moyenne montagne ainsi que les cristaux des Alpes et les instruments de calcul et de géodésie. Un programme d'animations enrichi par rapport à 2001 (visites commentées, randonnées accompagnées, soirées contes et légendes, dégustations de plantes sauvages) a remporté un vif succès auprès du public et a donné aux expositions une touche plus vivante, ludique et conviviale.



Divers soutiens ont également permis d'éditer deux plaquettes de 32 pages chacune - « Gisements et mines du Valais » et « Minéraux du Valais » - servant de guides aux expositions, 8 cartes postales (voir en annexe) et de créer le site internet [www.fondation-tissieres.ch](http://www.fondation-tissieres.ch).

## **Expositions 2003**

### **1. Les mines du Valais**

L'exploitation des ressources minières du Valais a joué un rôle important dans l'économie locale bien que des sources historiques fassent état d'importations au 13<sup>e</sup> siècle déjà. Jusqu'à l'avènement de l'ère industrielle, le minerai extrait sur place constituait la seule source en métal pour les artisans :

- Si l'on se fie aux représentations d'armes sur les stèles du site de St-Guérin à Sion, le cuivre du Val d'Anniviers devait déjà être connu à la période néolithique.
- Le fer du Mont-Chemin était fondu sur place dès le 7<sup>ème</sup> siècle.
- D'après disputes eurent lieu au Moyen-Age autour des mines d'argent de la Vallée de Bagnes, au-dessus de Bruson.

Toutes ces mines étaient rentables, puisqu'elles n'étaient pas confrontées à la concurrence des marchés étrangers. A l'époque, on ne disait pas encore que le Valais était riche en mines pauvres.

L'exposition présentée dans les locaux de la Fondation Tissières retrace l'épopée des principaux minéraux :

- le fer du Mont-Chemin, de Chamoson, des Cuisons (Trient), d'Aproz, de Brigue
- le plomb argentifère d'Alesse, des Trappistes (Sembrancher), de Goppenstein, de Peiloz (Bruson), de Siviez (Nendaz)
- le cuivre de Suen (St-Martin), de Bioloc, La Lé (Anniviers)
- le nickel de Grand Praz (Anniviers), Kaltenberg (avec le cobalt, Turtmanntal)
- l'or de Gondo

Avec l'ère industrielle et la loi minière de 1856, des ingénieurs et des industriels français, allemands ou italiens ont donné un regain d'activité aux anciennes exploitations, non sans parfois un goût poussé pour la spéculation. C'est ainsi que le Val d'Anniviers et le Mont-Chemin ont été intensément prospectés. Les deux Guerres mondiales ont également donné une stimulation importante aux exploitations de minerais stratégiques comme le fer, le nickel ou le cobalt du Val d'Anniviers.

La période de la Guerre froide a justifié aussi d'intenses recherches d'uranium à la Creuzaz (Salvan), au col des Mines (Verbier) à Embd et à Törbel, de tungstène à Salanfe, aux Petoudes (Trient) et de molybdène à l'Alpjahorn (Baltschiedertal). On retrace ainsi, à travers l'histoire des minerais en Valais, tout un pan de l'économie valaisanne, de l'autarcie à l'ouverture des marchés par la construction de la Ligne du Simplon et aux grands conflits mondiaux du XX<sup>e</sup> siècle.

Tel est l'objectif de l'exposition à la Fondation Tissières. Cet objectif est concrètement réalisé par :

- La reconstitution d'une galerie de mine
- La présentation des minerais et de leur contexte géographique, géologique et économique
- La présentation de nombreux objets ayant servi pour l'exploitation des galeries
- Une plaquette d'environ 48 pages sur les gisements et les mines du Valais.

## 2. Les cristaux des Alpes

Afin de rendre le domaine de la minéralogie accessible au grand public, la Fondation B.+S. Tissières a désiré développer l'aspect didactique des présentations. Nous avons en effet reçu, au fil des précédentes expositions, plusieurs demandes d'explications

concernant certaines questions fondamentales telles que : qu'est-ce qu'un minéral ? Comment se forment les minéraux ? Où peut on en trouver ? Pourquoi telle ou telle couleur ? etc.

L'exposition présente la classification systématique des minéraux (12 vitrines, 100 espèces minérales). Trois autres vitrines permettent de découvrir les fascinantes couleurs des minéraux fluorescents grâce à un éclairage spécial. Trois vitrines présentent la structure des minéraux et les interactions avec la lumière.

Une autre partie de l'exposition, à visée plutôt esthétique présente plus de 250 pièces prêtées par des collectionneurs privés, membres de la Société Bas-Valaisanne de Minéraux et Fossiles. Certains cristaux sont parmi les plus spectaculaires des Alpes. Nous accueillons cette année 2 invités d'honneur, les clubs de cristalliers de Chamonix et du Haut-Valais. Un second volet aborde le thème « Visages de cristalliers » : quels sont les visages à découvrir et les histoires à raconter en relation avec tous ces magnifiques cristaux brillant dans les vitrines ? Les cristalliers sont en général des personnes plutôt discrètes et individualistes, qui ne se livrent pas facilement. Cet espace leur offre l'occasion d'exprimer en quelques mots leur passion et de présenter leurs trouvailles préférées. Portraits qui dévoileront au public une part de mystère jusque là bien gardée !



### 3. Cycle d'expositions sur les risques naturels - Interreg IIIA

Le projet transfrontalier Interreg IIIA prévoit la reconstruction de l'Institut de recherche médicale en haute montagne Angelo Mosso (situé au col d'Olen, dans la région du Mont-Rose), ainsi que la mise en réseau des musées historiques et scientifiques autour du Mont-Rose.

Dans le cadre de la constitution du réseau, trois expositions temporaires conjointes Suisse-Italie sur le thème des risques naturels seront présentées de 2003 à 2005. Le premier volet, dédié aux parois rocheuses et aux sols, s'articule en deux parties :

- A la Fondation Tissières à Martigny, une présentation axée sur les chutes de pierres et instabilités rocheuses.
- A la Villa Margherita, à Gressoney St. Jean, une présentation sur les sols et les risques naturels en montagne.

Un échange sous forme d'éléments itinérants permet de visiter une version résumée de l'exposition présentée à Martigny en Italie, et vice-versa.

En 2004, nous aurons le plaisir de présenter une exposition sur le thème des risques naturels liés à la neige et en 2005 les dangers naturels liés à l'eau.

#### *Danger chutes de pierres ! Les instabilités rocheuses*

Premier thème de la série «Risques naturels en montagne», les instabilités rocheuses sont à l'origine de phénomènes allant de la chute de blocs à l'éboulement de plusieurs millions de mètres cubes. Des exemples liés au Canton du Valais sont présentés avec un historique et une explication des mécanismes responsables de la déstabilisation. Face à ce danger, les moyens de protection existent. Sont ainsi exposées, pour chaque type d'événement, les solutions possibles allant de la surveillance à l'écran pare-pierres, en passant par les systèmes d'ancrage. La dernière partie de l'exposition développe l'impact des instabilités rocheuses sur l'aménagement du territoire, au travers de l'élaboration des cartes de dangers et des règlements de construction.

#### *Les sols et les risques naturels en montagne*

Cette exposition a pour objectifs la diffusion connaissances concernant le sol, domaine souvent inconnu par le public, mais qui joue un rôle capital dans l'écosystème et auquel l'homme est par conséquent étroitement lié. Les risques naturels en montagne sont souvent accentués par le manque de connaissance de l'origine, de la fonction et de l'équilibre de l'écosystème du sol. Cette exposition propose une occasion de se familiariser avec la pédologie, la science qui étudie l'origine, les propriétés du sol, la description et la classification des sols. Quelques concepts de base sont présentés au moyen de posters explicatifs, de pédolithes et d'animations, durant l'exposition, pour rendre plus intéressante et vivante la découverte des multiples aspects de l'étude du sol.

# Bibliographie générale

(Articles Cuchet, Ansermet, Meisser et Guénette)

- ARCHIVES DU MUSEE DE CANTONAL DE GEOLOGIE DE LAUSANNE (années 1870): Correspondance entre Ad. Ossent et E. Renevier.
- ARCHIVES GEOLOGIQUES SUISSES, BERNE (dates diverses): Co-Ni und Cu-Bi Lagerstaetten im Val d'Anniviers, Val de Moiry, Turtmanntal, insbes. Grube Baicolliou/Grimenz. Dossier N° 1307.
- CAVALLI, D.; HALDEMANN, E. G.; KÜNDIG, R.; REBER, D.; ROUILLER, J.-D.; SCHAFER, M (1998): Carte des matières premières minérales de la Suisse, 1:200'000, Feuille 2, Schweizerische Geotechnische Kommission, Zürich & Crealp, Sion.
- CUCHET S. (1995): Etude minéralogique des gîtes métallifères de la région de St-Luc – Bella-Tolla – Chandolin, Val d'Anniviers, VS. - Dipl. inédit, Univ. Lausanne, 190 p.
- CUCHET, S. (1994) : La smolianinovite,  $(\text{Co, Mg, Ca, Ni})_3(\text{Fe, Al})_2(\text{AsO}_4)_4 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$  et la rösslerite,  $\text{Mg}(\text{AsO}_3\text{OH}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  : deux rares arséniates signalés pour la première fois en Suisse. Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 83.2 : 147-152.
- CUCHET, S. (1995) : Etude minéralogique des gites métallifères de la région de St-Luc – Chandolin – Bella-Tolla, Val d'Anniviers, Valais, Suisse. Diplôme de minéralogie inédit, Université de Lausanne, 158 pp.
- DELLA VALLE G. (1988): Contribution à l'interprétation métallogénique des fahlbandes et des veines polymétalliques du Val d'Anniviers et du Val de Tourtemagne, Valais. Thèse Uni. Lausanne. 168 p.
- ESCHER, A. (1953): Etude petrographique et minière de la région des mines de Chippis. Diplom des mineralogischen und petrographischen Instituts der Erdwissenschaftlichen Abteilung der Universität Lausanne, unpubliziert.
- ESCHER J.C. (1967): Etude pétrographique et minière d'un terrain situé dans la région de St-Luc, Vissoie, Val d'Anniviers, Suisse. Dipl. Inéd. Uni. Lausanne.
- FEHLMANN, H. (1919) : Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges. Kümmerly & Frey, Bern.
- FEHLMANN, H. (1947) : Der Schweizerische Bergbau während des II. Weltkrieges B. Bergbau des eidgen. Kriegs-Industrie- und Arbeitsamtes.
- GERLACH, H. (1873) : Die Bergwerke des Kantons Wallis. A. Galerini Sitten.
- GILLERON, F. (1946) : Geologisch-petrographische Untersuchungen an der Ni-Co Lagerstätte Kaltenberg. Betr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 25.
- GONET, P. A. (1978): Histoire et actualité des chercheurs d'or en Suisse, éditions Pierre-Marcel Favre, Lausanne.
- GUÉNETTE-BECK, B. und VILLA, I. (2003): Über die Bleiversorgung der römischen Westschweiz. In: *Helvetia archaeologica* 131/132. 151-162.
- Halm, E. (1942) : Die Cu-Bi-Lagerstätten Baicolliou, Biolec und Pétolliou im oberen Val d'Anniviers, Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen SMPM, Bd. 22
- HESLOP, R. B. & ROBINSON, P. L. (1973) : Chimie inorganique. Flammarion Sciences, Paris ; 822 pp.
- HIRSCHI, H. (1939) : Radiohalos im Chlorit der Erzlagerstätte von Kaltenberg im Turtmanntal (Wallis). Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. XIX/1, 221-223.
- INFO-LABREC (1994): Fragmente zum Bergbau im Wallis. Bull. Lab. rech. ethnol. régio. contemp. Sion, N°6, p17-20.

- KENNGOTT, A. (1866): Die Minerale der Schweiz. Verlag von Wilhelm Engelmann. 460 p.
- KISSIN, A. S. (1992) : Five-element (Ni-Co-As-Ag-Bi) Veins. *Geosciences Canada*, 19/3, 113-123.
- LECOMTE-DENIS (1901): *\_apport sur les gisements du Val d'Anniviers*. Société des Mines du Val d'Anniviers. Imprimerie-papeterie E. Bellamy, Paris.
- MARTHALER M. (1983): Géologie des unités penniques entre le Val d'Anniviers et le Val de Turtmanne (Valais). Thèse Uni. Lausanne.
- MEISSER, N. & ANSERMET, S. (1994) : Topographie minéralogique de la Suisse et des pays voisins: description de minéraux rares ou inédits récemment découverts- Partie 2. *Schweizer Strahler*, 10/2, 41-60.
- MEISSER, N. (1990) : Etude minéralogique des gîtes métallifères au sud-est d'Ayer (Val d'Anniviers, Valais, Suisse). Diplôme de minéralogie inédit, Université de Lausanne, 55 pp.
- MEISSER, N. (1991) : Les mines de Grand-Praz et de Gollyre, Val d'Anniviers, Valais. *Minaria Helvetica*, 11b, 125-137.
- OST, H. (1922) : *Lehrbuch der Chemische Technologie*. Jänecke Verlag, Leipzig.
- PERRIN, P. (1961): Les débuts du chemin de fer en Valais. Editions Saint-Augustin, Saint Maurice.
- PETERSEN, T. H. (1870): *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paleontologie*, 590.
- PROZ, P. A. (1995): Diplôme de géologie, Université Genève.
- RUTHERFORD, J. & STOUT G. L. (1997) : *Artists' Pigments: A Handbook of Their History & Characteristics*. Roy A. ed. Oxford University Press, Inc. ; 232 pp.
- SARTORI, M. & DELLA VALLE, G. (1986) : La minéralisation en nickel et cobalt du Pipjitälli (Turtmanntal, Valais). *Eclogae geol. Helv.* 79/3, 685-703.
- SCHAFER, M. (1994) : Ba-Co-Ni-Vererzungen im Turtmanntal und Geochemie am Omen Roso (Wallis, Schweiz). Diss. Univ. Basel.
- SCHERRER, F. (1893) : Arsenkies (Turtmanntal). *Zeitschr. F. Kristallogr.*, Bd. 21, S. 366.
- SCHMIDT C. (1920): Texte explicatif de la carte des gisements des matières premières minérales de la Suisse. *Mat. Géol. Suisse, Sér. géotech.* Bâle 1920.
- SCHMUTZ L. (1980): Blei-und Zinc Sekundärmineralien aus der Schweiz, *Mineralienfreund*, Jg., 18, Heft.
- SCHMUTZ L. (1980): Lagerstättenkundliche Untersuchungen an der Pointe de Tsirouc (Hinteres Val d'Anniviers). Diplomarbeit Ined. Uni. Basel.
- SCHMUTZ, L. (1984) : Mineralbildende Prozesse an einer Erzlagerstätte im Val d'Anniviers (Wallis, Schweiz). Diss. Univ. Basel.
- SHEED, K. B. (2002) : Cobalt. U. S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries*, January 2002 ; 50-51.
- SIGG, J. (1944) : Contribution à l'étude pétrographique et minière de la partie inférieure du Val d'Anniviers et plus particulièrement de la région St-Luc - Bella Tola. *Matér. Géol. Suisse, Ser. géotech.* 21.
- TYLECOTE, R. F. (1992): *A history of metallurgy*, 2nd edition, The Institute of Materials.
- Von FELLEBERG, L. R. (1854): über ein eigenthümliches Fahlerz aus dem Einfischthale im Kanton Wallis. *Mittheil. Naturf. Ges. Bern.* no 317, p. 57
- WOODTLI R., JAFFE, F. & VON RAUMER, J. (1987): Prospection minière en Valais: le projet Uromine. *Mat. Carte Géol. Suisse, série géotech.*, 72.
- ZINGG, M. (1989): Die Siviez-Mischabel Decke: Entstehung und Entwicklung eines Altkristallins und seiner Vererzungen (Wallis, Schweiz). Doktorarbeit, ETH Zürich, unpubliziert.

## Hinweis:

Über das öffentlich zugängliche Kupferbergwerk Zinal informieren die Internetseiten «Schweizer Grotten» (<http://www.swissgrottes.ch/ZIN/zinF.htm>) oder «Sierre-Anniviers» ([www.zinal.ch](http://www.zinal.ch)) auf sehr ansprechende Weise. Geführte Besichtigungen in der ehemaligen Kupfermine La Lée lassen sich jeweils im Sommer über den Tourismusverein organisieren (Office du Tourisme, CH-3961 Zinal; +41 27 475 13 70.)

MINES DE CUIVRE  
DE LA LÉE À ZINAL

présentation www.tourisme.sion.ch/office/tourisme/visites/la-lee

[Présentation]



Au cœur des Alpes valaisannes, perché dans le fond du val d'Anniviers au nord de Zinal, la Mine de Cuivre de La Lée offre un remarquable témoignage de l'histoire de l'industrie minière suisse.

Première accession depuis l'été 1997, après des mois de travaux et d'aménagement, la Mine de La Lée est aujourd'hui la seule mine de cuivre ouverte au public en Suisse.

Depuis 1998, la Mine propose à ses visiteurs de vivre la manière d'un mineur de l'époque, et ce en participant à toute une série de tâches traditionnellement exécutées par un charbonnier : forage de galerie, abaissement de cages de mines, lutte du minéral extrait... avant son transport à la mine en 1908... Une aventure unique.

MINE DE CUIVRE  
DE LA LÉE

MINES DE CUIVRE  
DE LA LÉE À ZINAL

présentation www.tourisme.sion.ch/office/tourisme/visites/la-lee contact

[Contact]



MINE DE CUIVRE DE LA LÉE

Office du Tourisme  
CH-3961 Zinal  
Tél. +41 27 475 13 70  
Fax +41 27 475 28 77  
E-mail : [zinal@swissgrottes.ch](mailto:zinal@swissgrottes.ch)

MINE DE CUIVRE  
DE LA LÉE





**SGHB** SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR HISTORISCHE BERGBAUFORSCHUNG  
**SSHM** SOCIÉTÉ SUISSE D'HISTOIRE DES MINES  
**SSSM** SOCIETÀ SVIZZERA DI STORIA DELLE MINIERE

Jahresbeitrag der Gesellschaft/Cotisation annuelle:  
Einzelmitglied/membre personnel Fr. 50.00 (Kollektiv/collective Fr. 70.00)  
Preis dieses Einzelheftes/Prix de ce bulletin (numero): Fr. 25.00  
Konto/compte PC 80-27704-5

**MINARIA HELVETICA** ist das Publikationsorgan der SGHB und wird den Mitgliedern gratis zugestellt.

**MINARIA HELVETICA** est le bulletin de la SSHM, il sera envoyé à titre gratuit aux membres de la société.

Internet: **WWW.SGHB.CH**

### **Für alle Korrespondenz / Pour toute correspondance**

SGHB – Schweizerische Gesellschaft für historische Bergbauforschung  
Naturhistorisches Museum, Abteilung Mineralogie  
Augustinergasse 2  
CH-4001 Basel

### **Vorstand der Gesellschaft/Composition du comité:**

Präsident/président:	Dr. Vincent Serneels (VS), Fribourg
Sekretär/secrétaire:	Dr. André Puschnig (AP), Basel
Kassierin/caissière:	Regula Ackermann (RA), Basel
Redaktoren/rédacteurs:	Dr. Urs peter Schelbert (UPS), Walchwil Dr. Rainer Kündig (RK), Mettmenstetten
Beisitzer/membres:	Peter Aeberhard (PA), Bern Stefan Ansermet (SA), Cheseaux-sur-Lausanne Otto Hirzel (OH), Davos Verena Obrecht-Schaltenbrand (VSO), Frenkendorf Markus Oldani (MO), Olten Dr. Paolo Oppizzi (PO), Salorino Hans-Peter Stolz (HPS), Pratteln

**Übersetzungen:** Deutsch: Henri Schön, Betschdorf, Elsass (HS)  
Italienisch: Paolo Oppizzi, Salorino (PO)

### **Minaria Helvetica 23b**

Auflage/Tirage: 600  
Druckerei/Imprimerie: Fotorotar AG, 8132 Egg