

Zeitschrift: Minaria Helvetica : Zeitschrift der Schweizerischen Gesellschaft für historische Bergbauforschung = bulletin de la Société suisse des mines = bollettino della Società svizzera di storia delle miniere

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Historische Bergbauforschung

Band: - (2013)

Heft: 32

Artikel: Minéralogie de la mine de Kaltenberg, Turtmantal, Valais

Autor: Ansermet, Stefan

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1089845>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 02.05.2026

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



Stefan Ansermet, Musée cantonal de géologie (UNIL)

Minéralogie de la mine de Kaltenberg, Turtmantal, Valais

Introduction

Les minéralisations de cobalt et de nickel des vals d'Anniviers et de Tourtemagne (Turtmantal) constituent un petit district minier à cheval sur les deux vallées. Schématiquement, les différentes mines et indices s'égrènent sur deux lignes parallèles, courant d'ouest en est.

De très faible importance économique, la ligne septentrionale commence en rive gauche du val d'Anniviers avec la mine de Pinsec, suivie de celles de Collioux inférieur, de Tignousa inférieur et des indices épars de l'Arête des Ombrintses. Notons au passage que la mine de Pinsec n'est pas exactement localisée, et qu'elle n'est connue que par des descriptions d'anciens auteurs qui la citent pour le cobalt. Les quelques rares blocs découverts sur le terrain montrent une paragenèse à plomb, zinc et bismuth, avec cependant la présence marquée d'arsénopyrite.

La ligne méridionale recèle les minéralisations principales de la région. Elle débute avec l'indice disparu de Rousson (ou des Morasses), suivi des importantes exploitations de Grand Praz et Gollyre, de l'indice disparu du Tounôt, de la mine de Plantorin, de la mine de Kaltenberg, et de la mine disparue de Brändji. Elle se termine enfin au riche affleurement de Pipji, en rive droite du val de Tourtemagne.

Du point de vue économique et historique, la mine de Kaltenberg arrive au second rang, tout de suite après celles des exploitations associées de Grand Praz et Gollyre. Cet article va s'attacher à décrire en détails la minéralogie particulière de cette intéressante localité.

Le cobalt et le nickel en Anniviers et Tourtemagne

En se basant sur les associations minérales qui constituent leurs minerais, les différents gisements de cette région peuvent être divisés en deux groupes (voir Fig. 1).

Dans le premier prédominent l'arsenic et le bismuth. Ce sont des minerais formés principalement d'arséniures et de sulfoarséniures de cobalt et de nickel. Il y existe toute une gradation entre les termes extrêmes à arséniures purs (skutterudite, nickéline), et les termes marqués par un enrichissement progressif en soufre (gersdorffite, cobaltite). Ces minerais ont formé des amas discontinus, parfois de dimensions métriques, à Grand Praz, Gollyre, Kaltenberg et à l'indice de Pipji. Ils sont les seuls à avoir représenté un réel intérêt économique durant leur exploitation. La gangue de ces minéralisations est toujours essentiellement carbonatée, avec dolomite, ankérite, sidérite et calcite en proportions variables. Le bismuth y est abondant, s'exprimant à la fois sous forme native et sulfurée ou associé au cuivre et au plomb dans des sulfosels.

Le second groupe est caractérisé par une relative pauvreté en arsenic, la presque absence de bismuth et la prépondérance du soufre. Les minerais sont principalement formés de sulfures de nickel (siegénite, millérite) et de fer (arsénopyrite, löllingite), souvent cobaltifère. Ils peuvent être accompagnés localement de sulfoarséniures et d'arséniures (gersdorffite, skutterudite, cobaltite), mais de manière générale, ces minéralisations sont dominées par le nickel et sont pauvres en cobalt. Ce type de minerai est

Fig. 1. Carte de la région centrale des vallées d'Anniviers et Tourtemagne. On constate que les mines et indices de cobalt et nickel forment deux zones parallèles courant d'Ouest en Est (Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (JA100120)).



présent dans la mine de Plantorin, avec une gangue de barytine, d'albite et de carbonates, ainsi que dans la mine de Tignousa inférieur, avec une gangue de sidérite et d'albite.

La minéralisation de Kaltenberg

Elle n'est pas constituée d'un seul filon, mais d'un chapelet de lentilles carbonatées, atteignant une puissance maximale de 10 à 30 cm pour 4 à 5 m de largeur. Entre 7 et 10 amas minéralisés, avec un plongement d'environ 35° vers le sud-ouest, ont été signalés par les différents auteurs. De manière générale, les lentilles minéralisées sont irrégulières, tordues, fléchies et faillées. La puissance et les proportions respectives de minerai et de gangue au sein de la minéralisation sont très variables à Kaltenberg, rendant toute exploitation rationnelle du gisement difficile. D'après C Schmidt, les lentilles d'importance économique avaient une puissance de 30 cm de minerai massif, ce qui est confirmé par les échantillons conservés dans les musées et même par quelques blocs trouvés dans les déblais.

Au sein du gisement, une importante fahlbande est recoupée par plusieurs galeries. Rappelons ici qu'une fahlbande est une roche métamorphique (gneiss ou amphibolite) contenant des sulfures disséminés. Il s'agit en général de pyrite et de pyrrhotite, accompagnées parfois d'autres sulfures comme la galène, la sphalérite ou la chalcopryrite. L'altération et l'oxydation de ces minéraux donnent à cette roche une patine brune caractéristique qui contraste fortement avec les autres formations rocheuses. Les déblais de la mine de Kaltenberg montrent d'ailleurs un changement de couleur selon les zones atteintes par les travaux souterrains: le déblai Ouest est brun par les nombreux fragments de fahlbande qu'il contient, alors que le déblai Est montre une teinte grise.

Décrites pour la première fois dans la célèbre mine d'argent de Kongsberg en Norvège, les fahlbandes peuvent jouer un rôle important dans le dépôt de gîtes métallifères, et elles sont presque systématiquement associées aux minéralisations d'Anniviers et de Tourtemagne.

La gangue du minerai de Kaltenberg est constituée essentiellement d'ankérite et de dolomite, mêlées d'albite, de quartz et de calcite. Les minéraux principaux sont la skuttérodite et la gersdorffite, souvent intimement mélangées et indiscernables sans analyse. Ils sont accompagnés de cobaltite, d'arsénopyrite, de pyrite et de bismuth natif. La magnétite est très fréquente, formant des lits épais de cristaux noir brillants octaédriques dans le minerai. La bornite, la chalcopryrite et la tétraédrite argentifère sont sporadiques. Quelques masses décimétriques d'hématite lamellaire teintée de rose par l'érythrite provenant de Kaltenberg sont conservées aux musées de géologie de Lausanne et de Berne, mais n'ont pas été retrouvées sur place. Les veines de quartz d'âge alpin tardif qui recoupent localement la minéralisation contiennent souvent du clinocllore, de l'ilménite et de la gersdorffite et parfois des sulfosels rares comme la gladite et la krupkaïte.

On découvre quelquefois dans le déblai des blocs à gangue de carbonates de couleur claire riches en bismuth natif. Une paragenèse à sulfosels rares comprenant l'hodrušite, l'éclarite et l'aikinite y est associée à la bismuthinite. Enfin, un unique bloc de fahlbande découvert dans les haldes, recelait une paragenèse argentifère unique en Suisse. Il s'agit de minces filonnets carbonatés parallèles à la schistosité d'une prasinite fortement plissée, contenant de la galène accompagnée de minéraux d'argent: de la pearcélite antimonifère en grains d'un demi-centimètre, de l'acanthite et de l'argent natif.

Minéralogie

Minéraux primaires de la gangue et des roches encaissantes

Albite

Silicate de sodium et d'aluminium

Ce silicate accompagne fréquemment les carbonates de la gangue de Kaltenberg. De couleur laiteuse à beige, il s'en distingue difficilement sur la cassure fraîche. Par contre, l'altération des carbonates exposés aux intempéries le fait ressortir nettement: sa couleur ne change pas, il ne montre aucun signe de corrosion, et son clivage permet de le différencier du quartz. L'albite cristallise parfois dans les fissures d'âge alpin qui recoupent la minéralisation.

Ankérite

Carbonate de calcium, fer et magnésium

Constituant souvent majeur de la gangue de Kaltenberg, l'ankérite s'y présente en masses décimétriques beige, grise ou brunâtre à gros clivages centimétriques. Elle passe parfois à la calcite ferrifère, la présence de fer se traduisant par une patine rouillée des échantillons.

Apatite

(Fluoro?)phosphate de calcium

Espèce minérale déterminée optiquement dans les roches encaissantes de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946. Sans analyse chimique, il n'est pas possible de déterminer s'il s'agit d'une hydroxy, chloro ou fluorapatite,

Barytine

Sulfate de baryum

Espèce minérale déterminée optiquement dans les roches encaissantes de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946.

Biotite-phlogopite

Alumino-silicate (l'identification uniquement optique ne permet pas de déterminer l'espèce précise de la série biotite-phlogopite)

Le phyllosilicate sombre déterminé optiquement dans les roches encaissantes de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946 ne peut pas être identifié de manière certaine. Il s'agit d'un mica de la série biotite-phlogopite qui nécessiterait d'autres analyses pour être identifié formellement.

Calcite

Carbonate de calcium

A Kaltenberg, ce minéral constitue parfois l'essentiel des gangues carbonatées avec la dolomite, l'ankérite, l'albite et le quartz. La calcite se présente en général en masses blanches à beige, avec de grands clivages rhomboédriques. La surface est souvent corrodée par dissolution superficielle.

La calcite se manifeste aussi comme remplissage de fissures tardives, englobant alors d'autres minéraux souvent bien cristallisés et protégés de l'altération. Les sulfosels de Kaltenberg ont bénéficié de cette protection dont ils peuvent être facilement dégagés au moyen d'un acide fortement dilué.

Chlorite, voir Clinochlore

Clinochlore (chlorite)

Hydroxy-alumino-silicate de magnésium, fer et aluminium

Ce minéral vert sapin à gris verdâtre est typiquement d'âge alpin. Il est très abondant dans la minéralisation de Kaltenberg, où il forme souvent de grandes masses (< 10 cm) grenues en remplissages de fissures. Le clinochlore est souvent associé dans cette localité avec le quartz cristallisé en prismes et les sulfosels de bismuth, c'est-à-dire qu'il est issu de la remobilisation locale des minéralisations lors de l'orogénèse alpine. De plus, il contient également de minuscules cristaux d'uraninite qui se signalent par des radiohalos de couleur brune. On observe sporadiquement dans les cavités avec le quartz et l'érythrine de petits vermicules contorsionnés constitués d'un empilement de cristaux lamellaires, fréquents dans les cavités.

Dolomite

Carbonate de calcium et de magnésium

Présentant habituellement la même couleur beige à blanc laiteux, la dolomite est difficile à distinguer visuellement de la calcite. Elle est un constituant majeur des gangues carbonatées en Anniviers et Tourtemagne. Cependant, elle résiste mieux que la calcite à la dissolution par les eaux de surface. Elle cristallise parfois en rhomboèdres de 1 à 5 mm dans les fissures qui recoupent la gangue. La dolomite ne produit pratiquement aucune effervescence au contact de l'acide chlorhydrique dilué, ce qui permet de la distinguer de la calcite, mais pas de la différencier de l'ankérite ou de la sidérite.

Epidote (ou zoïsite)

Silicate de calcium, aluminium et fer

Espèce minérale déterminée optiquement dans les roches encaissantes de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946.

Hornblende

Silicate de calcium, fer, et aluminium

Espèce minérale déterminée optiquement dans les roches encaissantes de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946.

Quartz

Oxyde de silicium

D'importance proportionnellement secondaire, le quartz accompagne les carbonates et l'albite comme composant de la gangue de la minéralisation. Il est souvent remobilisé dans de petites veines recoupant à la fois le filon et la roche encaissante. A Kaltenberg, on observe aussi de fréquentes fissures alpines de petites dimensions, recelant parfois des cristaux (< 1 cm) limpides de quartz, associés au clinochlore et aux sulfosels de bismuth. D'après Gilliéron (1942), ces quartz sont riches en inclusions gazeuses.

Sidérite

Carbonate de fer

La sidérite est brun chamois, beige ou verdâtre, et elle montre une densité élevée. Avec les autres carbonates ankérite, dolomite et calcite, ce minéral est l'un des constituants habituels des gangues des filons d'Anniviers et de Tourtemagne. Ces quatre minéraux sont assez malaisés à différencier entre eux, à l'exception de la calcite qui réagit par une vive effervescence à l'action de l'acide. Une analyse est nécessaire pour la différencier des autres carbonates bruns qui ne réagissent que faiblement à l'acide chlorhydrique dilué.

Tourmaline

Borosilicate (l'identification uniquement optique ne permet pas de déterminer l'espèce précise du groupe des tourmalines)

Fréquente en aiguilles enchevêtrées noires jusqu'à 8 mm de long incluses dans le clinochlore (chlorite). Espèce minérale déterminée optiquement dans les roches encaissantes de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946.

Minéraux primaires métalliques

Acanthite

Sulfure d'argent

En grains submillimétriques associés à la pearcélite et l'argent natif, l'acanthite a été détectée et analysée sur une section polie.

Aikinite

Sulfure de plomb, cuivre et bismuth

Découverte à la fin des années 1980, l'aikinite est le premier des cinq sulfosels identifiés à ce jour à Kaltenberg. Elle n'a été identifiée que sur un unique échantillon de gangue riche en albite et carbonates, dans laquelle elle formait des aiguilles millimétriques gris métallique sombre. Les cristaux, dégagés de leur matrice de calcite au moyen d'un acide dilué, sont aplatis et striés dans le sens de la longueur. Il n'est pas possible de différencier visuellement l'aikinite des autres sulfosels présents à Kaltenberg, et des analyses chimiques couplées à de la diffraction RX sont nécessaires pour l'identifier.

Argent natif

Argent élémentaire

Analysé sur section polie dans de nombreuses inclusions associées à la pearcélite et l'acanthite, il s'est manifesté tout d'abord de façon visible lors

du sciage de l'échantillon. Une lame millimétrique d'un blanc métallique miroitant est apparue sur l'une des faces du talon de roche. Observé à la loupe, on pouvait se rendre compte qu'il s'agissait d'un métal malléable, déformé et étiré par le passage de la scie.

Arsénopyrite (ou mispickel)

Sulfo-arséniure de fer

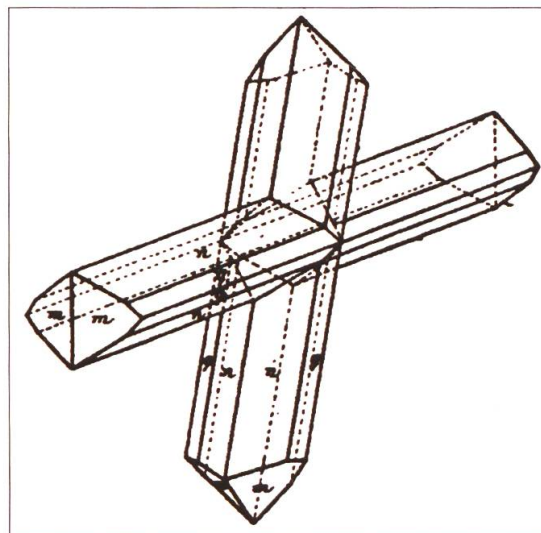
En Anniviers et Tourtemagne, les meilleurs spécimens de cette espèce minérale, communément associées aux gîtes de nickel et de cobalt proviennent de Kaltenberg, où les veines massives atteignent parfois plus d'un centimètre. L'arsénopyrite est de couleur gris métallique à blanc étain, avec une cassure grenue, et peut être de ce fait confondue avec les minerais de cobalt et nickel. Les cristaux sont fréquents, disséminés un peu partout dans la gangue et les épointes sous forme de baguettes prismatiques isolées (< 3 mm). Il est possible de les mettre en évidence par élimination des carbonates de la gangue au moyen d'acide dilué (Fig. 2).

Morphologiquement, les cristaux forment des prismes allongés à section losangique ou triangulaire. Les remarquables cristaux maclés en croix de Saint-André découverts à Kaltenberg lors de l'exploitation au 19e siècle ont été figurés dans le célèbre ouvrage de cristallographie de Goldschmidt. En 1893, F. Scherrer y décrit des cristaux mesurant jusqu'à 5 mm (Fig. 3). Le

Fig. 2. Cristaux d'arsénopyrite dégagés de leur matrice de calcite au moyen d'acide dilué. Largeur de l'image: 2 cm. Collection du Musée cantonal de géologie de Lausanne.



Fig. 3. Cristaux maclés d'arsénopyrite de Kaltenberg, avec indexation des faces cristallographiques. Figurés par F. Scherrer en 1893 (voir bibliographie).



Musée cantonal de géologie de Lausanne conserve d'autre part des cristaux parfaitement idiomorphes et brillants d'arsénopyrite (< 8 mm) inclus dans de la bornite.

Bismuth natif

Bismuth élémentaire

Avec son clivage orthogonal parfait, souvent en escaliers, sa malléabilité et son éclat très vif, le bismuth natif est une espèce minérale facile à reconnaître sur le terrain (Fig.4). Sa couleur est blanc métallique, avec une pointe de jaune-rosé sur la cassure fraîche. Au contact de l'air, il s'altère rapidement avec des irisations bleues ou violettes, pour se ternir ensuite en quelques années et devenir gris brunâtre. A Kaltenberg, on observe parfois des veines épaisses de quelques millimètres, des remplissages de diaclases, et des structures graphiques orientées selon le maillage des carbonates de la gangue. Le bismuth natif est presque toujours accompagné de sulfosels, et

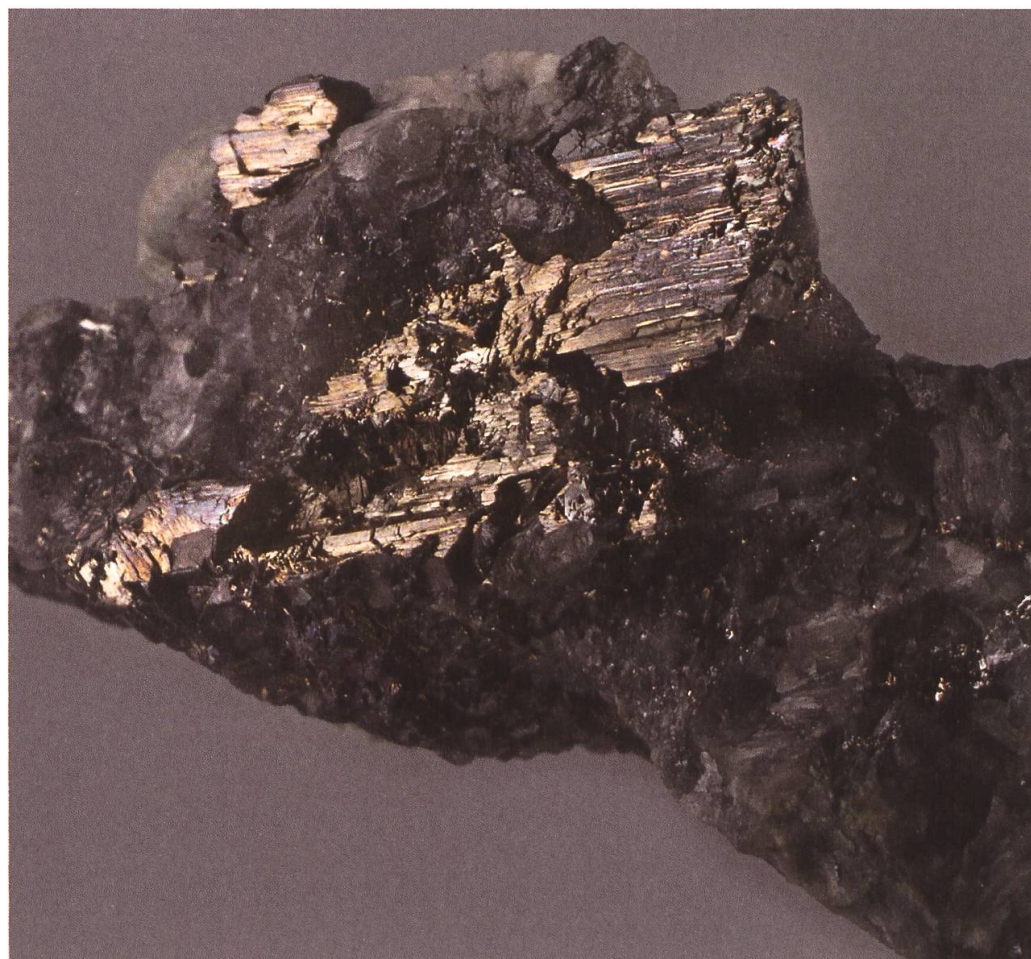


Fig. 4. Bismuth natif montrant un clivage parfait caractéristique. Il s'agit d'un échantillon ancien, acquis par le musée au début du 20ème siècle. L'étiquette mentionne « Mine de Praz-Fleuri », (Blüomatttälli), vallon où se situe la mine de Kaltenberg. Largeur de l'image: 2,2 cm. Collection du Musée cantonal de géologie de Lausanne.

parfois de bismuthinite. A ce jour, le seul minéral d'altération bismuthifère identifié à Kaltenberg est la beyerite, mais la présence d'autres phases n'est pas exclue. Enfin, l'association fréquente du bismuth au clinochlore (chlorite) et au quartz en cristaux indique probablement une remobilisation d'âge alpin.

Bismuthinite

Sulfure de bismuth

A Kaltenberg, la bismuthinite est toujours associée au bismuth natif et aux sulfosels, dans une gangue de carbonates. Elle est de couleur gris métallique blanc bleuté, très brillante sur cassure fraîche, avec un clivage parfait en lames allongées. Cependant, ces caractéristiques ne suffisent pas à la différencier de certains sulfosels de bismuth. De plus, la superposition des pics du bismuth, du soufre et du plomb lors de l'analyse chimique semi-quantitative au MEB, ne permet pas toujours de l'identifier avec certitude, et le recours aux Rayons X est alors nécessaire.

Blende, voir Sphalérite

Bornite

Sulfure de fer et de cuivre

Le Musée de géologie de Lausanne conserve un superbe échantillon jaune métallique violacé de bornite de Kaltenberg, formant une masse de 1 à 2 cm d'épaisseur sur 6 cm de long. Elle contient en inclusion des cristaux brillants d'arsénopyrite (< 8 mm) et des inclusions nombreuses de chalcoppyrite (Fig. 5).

Fig. 5. Cristaux centimétriques d'arsénopyrite inclus dans une veine de bornite violacée. On distingue également des grains métalliques dorés de chalcoppyrite. Largeur de l'image: 7 cm. Collection du Musée cantonal de géologie de Lausanne.



Il n'a pas été possible de localiser précisément de quelle partie de la mine provient cet échantillon spectaculaire.

Chalcopyrite

Sulfure de cuivre et fer

La chalcopyrite est relativement rare et discrète dans la minéralisation de Kaltenberg. Elle apparaît parfois en petits grains millimétriques accompagnant les sulfures des fahlbandes, et associée sporadiquement aux sulfosels de bismuth.

Cobaltite

Sulfo-arséniure de cobalt et de fer

Espèce minérale déterminée optiquement dans le minerai de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946.

Eclarite

Sulfure de plomb, bismuth, cuivre et fer

Ce rare sulfosel a été découvert à Kaltenberg, en superbes cristaux, après acidification d'un bloc de minerai riche en bismuth natif. L'éclarite y apparaît en aiguilles enchevêtrées (< 3 mm) ou en agrégats parallèles, croissant souvent directement sur la bismuthinite et l'arsénopyrite (Fig. 6). Les cristaux, de couleur gris métallique, sont très fortement striés dans la longueur. Comme c'est le cas pour les autres sulfosels présents à Kaltenberg, des analyses chimiques couplées à de la diffraction RX sont nécessaires pour l'identifier. C'est la première fois que ce minéral est décrit en Suisse

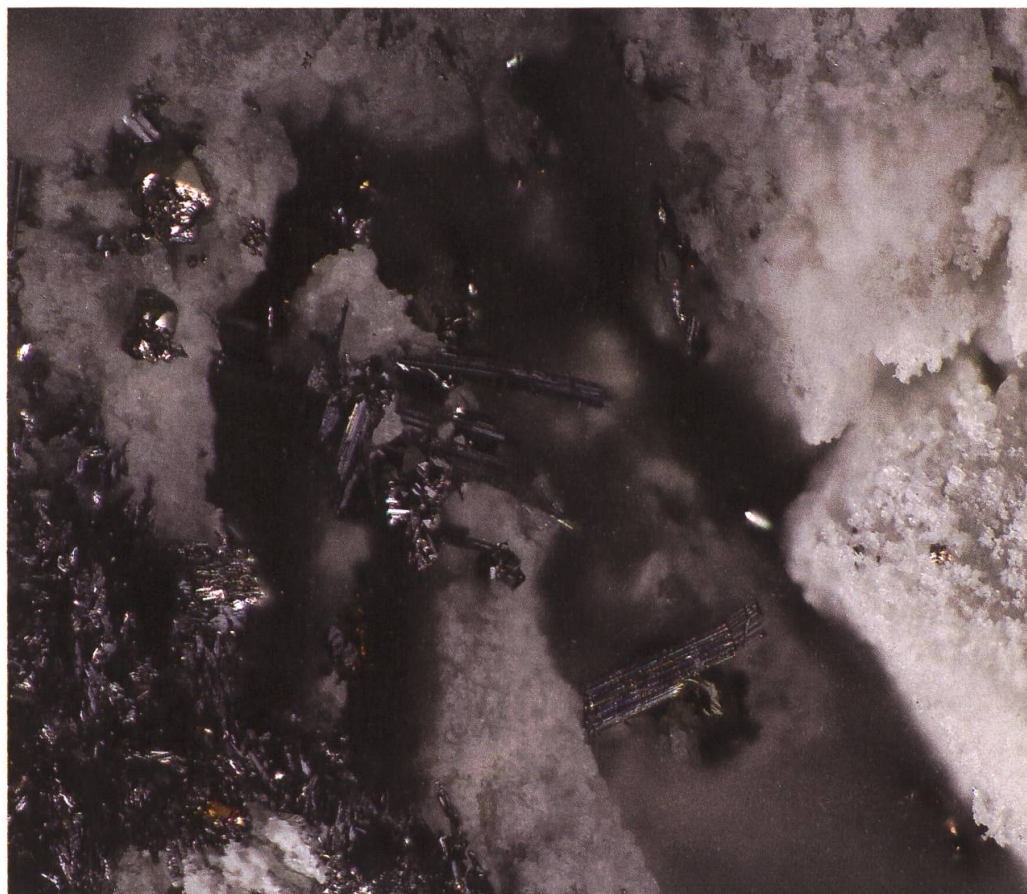


Fig. 6. Eclarite en cristaux aciculaires gris acier, fortement striés dans le sens de la longueur. Ils sont associés à des octaèdres de magnétite (au centre), à des cristaux de bismuthinite (dans le coin droit de l'image), ainsi que de la pyrite jaune pâle et de la chalcopyrite (irisée). Largeur de l'image: 1,5 cm. Collection du Musée de la Nature du Valais, Sion.

Galène

Sulfure de plomb

Elle n'apparaît essentiellement que dans les fahlbandes, en rares petits grains millimétriques associés à la tennantite, la pyrite et la sphalérite. Argentifère, elle accompagne la pearceite, l'argent natif et l'acanthite.

Gersdorffite

Sulfoarséniure de nickel

La gersdorffite est le principal porteur de nickel dans la mine de Kaltenberg. Dans le minerai, elle y est le plus souvent intimement mélangée à la skutterudite, qui constitue le porteur de cobalt. Dans les épaissements des lentilles minéralisées, des blocs décimétriques de gersdorffite-skutterudite ont été découverts pendant l'exploitation. Sa couleur est blanc métallique, évoquant l'argent sur la cassure fraîche. Après quelque temps d'exposition à l'air, une patine irisée bleuâtre se forme, permettant parfois de la distinguer de la skutterudite. La gersdorffite montre un clivage peu marqué, visible à la loupe. Son altération conduit à la formation d'annabergite verte, et de hoernesite nickélique.

Gladite

Sulfure de plomb, bismuth et cuivre

À Kaltenberg, la gladite est le sulfosel le plus fréquent dans les veines alpines quartzieuses qui recoupent la minéralisation principale. Elle est souvent recouverte d'une croûte beige jaunâtre de minéraux d'altération amorphes et montre un clivage peu marqué, suffisant cependant pour la différencier des cuivres gris. La gladite apparaît en cristaux d'un noir métallique évoquant l'acier, formant des lattes épaisses (< 5 mm) striées dans le sens de la longueur, toujours incluses dans le quartz. Comme c'est le cas pour les autres sulfosels présents à Kaltenberg, des analyses chimiques couplées à de la diffraction RX sont nécessaires pour l'identifier.

Glaucodot

Sulfo-arséniure de cobalt et fer

Espèce minérale déterminée optiquement dans le minerai de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946.

Hématite

Oxyde de fer

L'hématite est fréquente à Kaltenberg, en veines massives jusqu'à 5 cm d'épaisseur. La provenance des grands blocs décimétriques conservés dans les musées de Lausanne et Berne, constitués de lamelles enchevêtrées souvent associées à de l'érythrite pulvérulente, n'a pas pu être établie. Sa couleur est noir bleuté sous forme massive, et gris métallique brillant en paillettes.

Hodrušite

Sulfure de cuivre et de bismuth

Ce rare sulfosel a été observé à Kaltenberg en petites masses (< 3 mm), et en cristaux aplatis (< 2 mm) striés dans le sens de la longueur. Sa couleur est

gris-noir métallique, évoquant l'acier, avec des irisations jaunâtres. A l'instar de la plupart des autres sulfosels de Kaltenberg, il est toujours associé au bismuth natif dans une gangue carbonatée claire.

Comme c'est le cas pour les autres sulfosels présents à Kaltenberg, des analyses chimiques couplées à de la diffraction RX sont nécessaires pour l'identifier. C'est la première fois que ce minéral est décrit en Suisse

Ilménite

Oxyde de fer et de titane

A Kaltenberg, l'ilménite est assez fréquente en lamelles (< 3 mm) noir métallique, avec un éclat vif, toujours incluses dans le quartz. L'ilménite se différencie de son sosie l'hématite par la couleur noire de sa poudre, alors que celle de l'hématite est rouge.

Krupkaite

Sulfure de plomb, cuivre et bismuth

La krupkaite forme de petites masses (< 3 mm) gris-noir métallique, évoquant l'acier, en inclusions dans les carbonates associés à la gersdorffite de Kaltenberg. Comme c'est le cas pour les autres sulfosels présents à Kaltenberg, des analyses chimiques couplées à de la diffraction RX sont nécessaires pour l'identifier.

Löllingite

Arséniure de fer

A Kaltenberg, ce minéral forme des cristaux (< 2 mm) gris métallique à blanc étain, dispersés au sein de la gangue. La forme des cristaux, en prismes allongés à section losangique, ne permet pas toujours de la distinguer de l'arsénopyrite.

Magnétite

Oxyde de fer

C'est, avec l'arsénopyrite et la pyrite, le minéral métallifère le plus abondant à Kaltenberg, presque toujours en cristaux parfaits et brillants (< 3 mm) inclus dans la gangue carbonatée, en chapelets stratifiés formant des bandes sombres dans le filon lui-même ou ses épontes. Elle apparaît aussi en grains (< 5 mm) informes, mélangée avec le minerai de nickel-cobalt massif.

Les cristaux sont toujours octaédriques, d'une taille maximale de 5 mm, avec une couleur noir métallique brillant sur cassure fraîche, qui devient noir mat après quelques années. Son fort magnétisme naturel permet de l'identifier en quelques secondes avec un aimant.

Maucherite

Arséniure de nickel

Espèce minérale déterminée optiquement dans le minerai de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946.

Mispickel, voir Arsénopyrite

Molybdénite

Sulfure de molybdène

La molybdénite a été détectée sur quelques échantillons de Kaltenberg, en lamelles tendres et déformables, avec une couleur typiquement gris métallique bleuté. Elle se manifeste dans les épontes chloriteuses du filon et dispersée parfois dans la gangue carbonatée.

La présence de cette espèce dans la minéralisation de Kaltenberg apparaît assez surprenante du point de vue métallogénique. Elle est peut-être à mettre en relation avec l’affleurement d’un orthogneiss à molybdène dans le fond du vallon du Blüomatttälli, à moins d’un kilomètre de la mine. La molybdénite y apparaît en feuillets disséminés dans le quartz massif très rouillé, mais aussi parfois en minces veines (< 2-3 mm) longues de quelques centimètres et recouvertes de ferrimolybdite jaune.

Nickéline

Arséniure de nickel

Ce minéral, qui est abondant à Grand Praz, Gollyre et dans certaines zones de la mine toute proche de Plantorin, est très rare à Kaltenberg. La nickéline n’a à ce jour été détectée que dans quelques échantillons anciens, sous forme de remplissages millimétriques intergranulaires dans la skuttérudite. Elle est très facile à identifier, grâce à sa couleur unique, d’un rose-brun métallique évoquant le cuivre. Cet aspect trompeur lui a donné son nom vernaculaire allemand de «Kupfernichel», c’est-à-dire «lutin du cuivre».

Pearceite antimonifère

Sulfo-arséniure d’argent, cuivre et antimoine

Ce minéral noir métallique a été découvert sur un unique bloc décimétrique dans les déblais de Kaltenberg. La pearceite, accompagnée de galène argentifère et de pyrite, y apparaît en nombreux grains (< 5 mm) à cassure conchoïdale disséminés dans de minces veines carbonatées concordantes à la schistosité de la roche très plissée qui en constitue la matrice. Les minéraux de nickel et de cobalt sont absents de cette paragenèse particulière qui semble constituer une phase fortement argentifère du dépôt de la minéralisation. Les analyses ont montré que la pearceite de Kaltenberg est riche en antimoine, mais pas assez cependant pour constituer une autre espèce minérale, l’antimonpearceite. L’étude microscopique a révélé aussi la présence fréquente d’argent natif (< 1 mm) et d’acanthite. La pearceite est très tendre et facile à rayer. Une analyse est toutefois nécessaire pour l’identifier.

Pyrite

Sulfure de fer

Comme dans beaucoup de gîtes métallifères, la pyrite est fréquente à Kaltenberg, aussi bien dans le minerai lui-même que dans les roches encaissantes. C’est cependant dans les fahlbandes qu’elle est présente en quantité appréciable, mélangée à d’autres sulfures. Elle forme parfois de petits cristaux millimétriques, mais apparaît le plus souvent en grains informes ou en petits remplissages de diaclases.

Rammelsbergite

Arséniure de nickel

Espèce minérale déterminée optiquement dans le minerai de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946.

Safflorite

Arséniure de cobalt, fer et nickel

Espèce minérale déterminée optiquement dans le minerai de Kaltenberg par F. Gilliéron en 1946.

Skutterudite

Arséniure de cobalt

A Kaltenberg, la skutterudite est le principal porteur de cobalt, métal de haute valeur économique recherché par les différents exploitants. Presque toujours mélangée intimement à la gersdorffite, ce minerai forme des veines centimétriques à décimétriques dans la gangue carbonatée. (Fig. 7) Toujours massive, parfois granulaire, la skutterudite est de couleur gris métallique à blanc étain, teinte qu'elle conserve plus longtemps que la gersdorffite, ce qui permet de l'en distinguer après quelque temps d'exposition à l'air.

Sphalérite

Sulfure de zinc

La sphalérite peut être localement abondante à Kaltenberg, en veines centimétriques dans les fahlbandes liées à la minéralisation. Elle y est accompagnée d'un peu de galène, de pyrite et de tennantite. Son clivage parfait, son éclat très vif et ses réflexions internes rouges permettent en général de l'identifier sans difficultés.



Fig. 7. Bloc scié de minerai de Kaltenberg, montrant la structure du dépôt métallifère, avec skutterudite dominante et gersdorffite associée. Les interstices sont comblés par des carbonates, de l'érythrite et des hydroxydes de fer. On distingue une digestion partielle des épontes de gneiss lors de la mise en place de la minéralisation et une fracturation tardive, marquée par l'apparition d'une veine de quartz (à droite) et d'un remplissage par des carbonates brun-jaune. Largeur de l'image: 16 cm. Collection du Musée cantonal de géologie de Lausanne.

Tennantite

Sulfo-arséniure de fer et cuivre

Elle est associée à la galène, la pyrite et la sphalérite dans les fahlbandes, où elle forme de petits grains millimétriques gris acier, à cassure conchoïdale. Une analyse chimique est nécessaire pour la différencier de la tétraédrite.

Tétraédrite

Sulfo-antimoniure de fer et cuivre

A Kaltenberg, la tétraédrite apparaît en grains (< 1 mm) gris acier légèrement verdâtre, à contours parfois triangulaires. Elle semble être le cuivre gris le plus abondant, dominant nettement la tennantite. Notons que la prédominance du pôle à antimoine des cuivres gris dans le gîte de Kaltenberg est étonnante, en regard des quantités considérables d'arsenic que recèlent ces minéralisations. Une analyse chimique est nécessaire pour la différencier de la tennantite.

Uraninite

Oxyde d'uranium

En 1994, l'uraninite a été détectée en grains minuscules dans la chlorite (clinochlore) accompagnant la minéralisation de cobalt et nickel de Kaltenberg. Sa présence aurait cependant pu être déduite dès 1939, par l'observation de radiohalos bruns de quelques dixièmes de millimètres dans la chlorite (H. Hirschi). Trop petit pour les moyens d'investigations de l'époque, le minéral radioactif responsable de ce phénomène n'avait alors pas pu être déterminé.

Minéraux secondaires et néoformés

Annabergite

Arséniate hydraté de nickel

Au contraire de l'érythrite, ce beau minéral de couleur vert pâle à vert pomme est relativement peu fréquent à Kaltenberg. L'annabergite se forme assez rapidement en atmosphère humide dans les galeries ou au sein des déblais, recouvrant les fragments de minerai contenant du nickel d'une belle couleur verte, très différente néanmoins du vert de la malachite.

Les anciens mineurs donnaient à ce minéral les noms évocateurs de «fleur de nickel» en référence à l'ancien allemand «Nickelblüthe». Il semble pourtant que la plupart de ce qui apparaît être des annabergites de couleur claire et poudreuses soient constituées en réalité de hoernesite nickélifère. L'annabergite forme généralement des encroûtements vert pomme souvent centimétriques et des remplissages de diaclases, mais aucun cristaux n'ont été observés.

Aragonite

Carbonate de calcium

A Kaltenberg, l'aragonite cristallise dans les cavités des fissures alpines quartzieuses recoupant les filons et dans des masses de limonite caverneuse. Elle représente peut-être une phase tardive de la remobilisation plutôt qu'un dépôt d'origine secondaire. Les cristaux forment des aiguilles ou des tablettes très étroites montrant une terminaison en pointe. L'aragonite est incolore à

laiteuse, avec un vif éclat lorsqu'elle n'a pas été ternie par son exposition aux intempéries.

Arsénolite

Oxyde d'arsenic

Ce minéral rare a été observé sur du minerai profondément corrodé, récolté en place dans une galerie de la mine de Kaltenberg. Il forme de minuscules cristaux octaédriques (< 0,5 mm) beiges à blanc sale, avec un éclat adamantin. L'arsénolite, soluble dans l'eau chaude, est extrêmement toxique.

Beyerite

Carbonate de calcium, plomb et bismuth

Relativement fréquente à Collioux inférieur, la beyerite n'a été observée que sur un unique échantillon ancien de Kaltenberg, conservé à la Fondation Tissières de Martigny. Elle se trouvait au voisinage immédiat de bismuth natif, sous forme de petites pustules (< 1 mm) jaune-ocre évoquant des gouttes de cire. Une analyse est nécessaire pour l'identifier et la différencier de la preisingerite.

Calcioandryobertsite-lavendulane

Hydroarséniate de potassium, calcium et cuivre hydraté

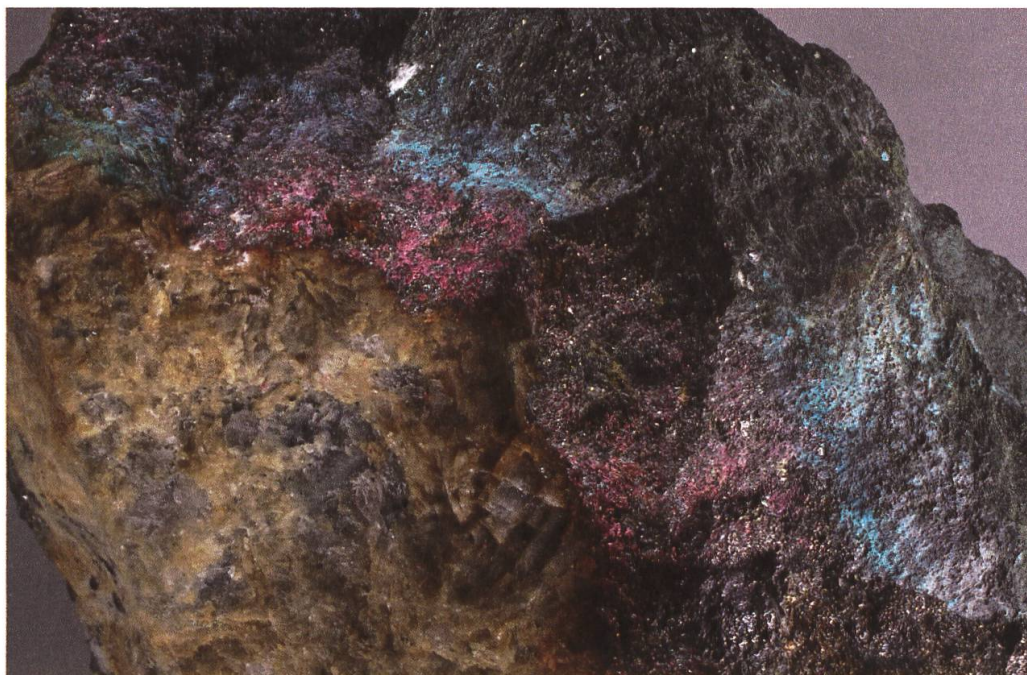
Espèce minérale rarissime, la calcioandryobertsite a tout d'abord été observée sur un seul échantillon provenant de Collioux inférieur, collecté par Adolphe Ossent au 19^{ème} siècle. Il s'agissait de la seconde occurrence mondiale de ce minéral, décrit en 1997 seulement. A Kaltenberg, un unique échantillon s'est avéré lui aussi contenir de la calcioandryobertsite, cependant sous forme de mélange intime avec le lavendulane. Les deux espèces forment des encroûtements globulaires bleu lavande millimétriques à la surface d'un bloc de minerai cobaltifère altéré en érythrite (Fig. 9). En plus de la diffraction aux rayons X, une analyse chimique quantitative est indispensable pour identifier ces minéraux.

Erythrite

Arséniate hydraté de cobalt

Les anciens mineurs donnaient à ce minéral les noms évocateurs de «fleur de cobalt» ou «sang de cobalt», en référence à l'ancien allemand «Kobaltblüthe». De manière générale, ce minéral est fréquent dans les minéralisations de cobalt sous forme arséniée. Il se forme très rapidement en atmosphère humide dans les galeries ou au sein des déblais, recouvrant les fragments de minerai cobaltifère d'une somptueuse robe rose vif. Les plus belles érythrites d'Anniviers et Tourtemagne proviennent de Kaltenberg, où des masses feutrées (< 2 cm) constituées d'un enchevêtrement de cristaux aciculaires ont été découvertes lors de l'exploitation. Certaines cavités, dans lesquelles ce minéral a cristallisé aux côtés du clinocllore, du quartz et de l'aragonite en l'absence visible de minerai de cobalt, indiquent qu'il ne s'agit peut-être pas d'altération superficielle, mais d'une activité hydrothermale très tardive. L'érythrite de formation récente est généralement poudreuse, n'adhérant parfois presque pas aux échantillons et laissant des taches roses sur les mains. Les masses

Fig. 8. L'encroûtement bleu clair en bordure de l'érythrite rose est constitué d'un mélange de calcioandryobertsite avec le lavendulane. Le minerai est formé de skutterudite dans une gangue de carbonates. Largeur de l'image : 4 cm. Collection du Musée cantonal de géologie de Lausanne (No MGL 59250).



argileuses d'un rose très clair que l'on rencontre parfois dans les galeries sont constituées d'hoernésite cobaltifère. Les cristaux forment habituellement des rosettes (< 4 mm) très aplaties dans les diaclases de la gangue ou des épontes ou des globules (< 2 mm) fibroradiés à la surface de petites fissures.

Goethite

Oxy-hydroxyde de fer

La goethite est présente, en mélange avec d'autres hydroxydes et oxydes de fer, dans tout ce qui se réunit sous le terme général de rouille ou de limonite.

Gypse

Sulfate hydraté de calcium

Ce sulfate commun incolore à blanchâtre est fréquent sur les parois des galeries et à la surface des fahlbandes, en petits cristaux formant des rosettes ou des masses fibreuses d'éclat parfois soyeux. Les cristaux forment des prismes pointus et aplatis, des aiguilles prismatiques et des macles caractéristiques en fer de lance. La faible dureté et surtout la flexibilité sont des critères assez fiables d'identification.

Hoernésite

Arséniate de magnésium hydraté

Ce minéral d'altération très fréquent est présent dans toutes les mines de nickel et de cobalt d'Anniviers et de Tourtemagne. La hoernesite est issue de l'altération directe à l'air humide de blocs de minerai arsénié. Dans les galeries, elle s'observe le plus souvent sous forme de masses humides d'aspect argileux (< 5 cm), collantes au toucher, alors qu'à l'extérieur elle devient poudreuse en séchant. Très souvent, de petites quantités d'impuretés suffisent à modifier sa couleur: blanche quand elle est pure, elle devient rose lorsqu'elle contient du cobalt et verte si elle est nickélique. La hoernésite s'indure parfois en petites

pustules avec des pointements cristallins évoquant le gypse, ou forme des sphérules fibroradiées. Une analyse est nécessaire pour la différencier des autres arséniates semblables et du gypse.

Malachite

Hydroxy-carbonate de cuivre

A Kaltenberg, la malachite est relativement rare. Elle se manifeste sous forme de croûtes d'altération et minces pellicules issues de l'altération des minéraux de cuivre associés aux minerais de cobalt et de nickel.

Rösslerite

Hydroxy-arséniate de magnésium hydraté

Avec la hoernesite, c'est le seul arséniate magnésien observé dans la mine de Kaltenberg. La rösslerite, d'un blanc laiteux, se forme par altération récente sur les parois de la mine, directement au contact avec les minéralisations arséniées. Elle est associée au gypse et à la hoernesite. On observe de fins cristaux en baguettes (< 3 mm) plus ou moins effilées. Une analyse est nécessaire pour l'identifier. C'est la première fois que ce minéral est décrit en Suisse

Soufre natif

Soufre élémentaire

Repéré sous forme d'innombrables grains microscopiques très brillants, à la surface corrodée et altérée blanchâtre (hoernesite) de quelques blocs de minerai de Kaltenberg. Les minuscules cristaux (< 0,5 mm), de couleur jaune soufre à jaune pâle, montrent des faces arrondies caractéristiques. La forme des cristaux permet de différencier le soufre natif de l'arsénolite, qui est octaédrique.

Les phases amorphes

Quoique abondants et souvent spectaculaires, ces minéraux n'en sont pas vraiment, puisque leur composition chimique est variable et qu'ils ne sont pas cristallisés. A de très rares exceptions près, il est impossible de leur donner un nom d'espèce minérale et l'on doit se contenter de les décrire avec les éléments chimiques qu'ils contiennent.

Leur aspect général est celui de gels transparents ou translucides durcis, avec des surfaces mamelonnées, globulaires, en grappes, botryoïdales, pustuleuses ou granuleuses. La cassure, semblable à celle du verre, est conchoïdale et ne montre jamais de clivage. Signe révélateur de leur origine gélatineuse, ils sont très souvent craquelés par dessiccation, ce qui indique qu'ils se sont rétractés en durcissant, perdant une partie de leur eau.

A Kaltenberg, les phases amorphes sont très fréquentes aussi bien sur le minerai altéré que dans les fissures alpines tardives qui recourent la minéralisation. Le plus souvent de petites dimensions (< 2 mm), elles s'y manifestent en général sous forme de billes vitreuses translucides, de couleur orangée à rouge franc ou encore brun kaki à vert pâle. Leur composition est en moyenne la suivante: arsenic et oxygène dominants, avec du bismuth, cobalt, nickel, fer, calcium et manganèse.

Annexe 1

Tableau avec l'indication des espèces minérales, l'auteur de la première description à Kaltenberg et la composition chimique.

Espèce minérale	Première descript. à Kaltenberg	Composition chimique
Acanthite	Ansermet & Meisser (2012)	Ag ₂ S
Aikinite	Meisser & Ansermet (1993)	PbCuBiS ₃
Albite	Minéral commun	NaAlSi ₃ O ₈
Ankérite	Minéral commun	Ca(Fe ⁺⁺ ,Mg,Mn)(CO ₃) ₂
Annabergite	C. Heusler (1876)	Ni ₃ (AsO ₄) ₂ • 8(H ₂ O)
Apatite	F. Gillieron (1946)	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH,Cl,F)
Aragonite	Minéral commun	CaCO ₃
Argent natif	Ansermet & Meisser (2012)	Ag
Arsénolite	Ansermet & Meisser (2012)	As ₂ O ₃
Arsénopyrite	C. Heusler (1876)	FeAsS
Barytine	F. Gillieron (1946)	BaSO ₄
Beyerite	Ansermet & Meisser (2012)	(Ca, Pb)Bi ₂ O ₂ (CO ₃) ₂
Biotite-phlogopite	F. Gillieron (1946)	K(Mg,Fe) ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (F,OH) ₂
Bismuth natif	C. Heusler (1876)	Bi
Bismuthinite	Ansermet & Meisser (2012)	Bi ₂ S ₃
Bornite	Minéral commun	CuFeS
Calcioandryobertsite	Ansermet & Meisser (2012)	KCaCu ₅ (AsO ₄) ₄ [As(OH) ₂ O ₂] • 2(H ₂ O)
Calcite	Minéral commun	CaCO ₃
Chalcopyrite	F. Gillieron (1946)	CuFeS ₂
Clinochlore	Minéral commun	(Mg,Al)(AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₈
Cobaltite	C. Heusler (1876)	(CoAsS)
Dolomite	Minéral commun	(Ca,Mg)CO ₃
Eclaire	Ansermet & Meisser (2012)	Pb ₉ (Cu,Fe)Bi ₁₂ S ₂₈
Epidote-zoisite	F. Gillieron (1946)	Ca ₂ (Fe ⁺⁺⁺ ,Al) ₃ (SiO ₄) ₃ (OH)
Erythrite	C. Heusler (1876)	Co ₃ (AsO ₄) ₂ • 8H ₂ O
Galène	Ansermet & Meisser (2012)	PbS
Gersdorffite	C. Heusler (1876)	NiAsS
Gladite	Ansermet & Meisser (2012)	PbCuBi ₅ S ₉
Glaucodot	F. Gillieron (1946)	(Co,Fe)AsS
Goethite	Minéral commun	FeO(OH)
Gypse	Minéral commun	CaSO ₄
Hématite	C. Heusler (1876)	Fe ₂ O ₃
Hodrušite	Ansermet & Meisser (2012)	Cu ₈ Bi ₁₃ S ₂₂
Hörnésite	Ansermet & Meisser (2012)	Mg ₃ (AsO ₄) ₂ • 8H ₂ O
Hornblende	F. Gillieron (1946)	Ca ₂ [Fe ₄ ⁺⁺ (Al,Fe ⁺⁺⁺)]Si ₇ AlO ₂₂ (OH) ₂
Ilménite	Ansermet & Meisser (2012)	FeTiO ₃
Krupkaite	Ansermet & Meisser (2012)	PbCuBi ₃ S ₆
Lavendulane	Ansermet & Meisser (2012)	NaCaCu ₃ (AsO ₄) ₄ Cl • 5H ₂ O
Löllingite	F. Gillieron (1946)	FeAs ₂
Magnétite	Minéral commun	Fe ₃ O ₄
Malachite	Minéral commun	Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂
Maucherite	F. Gillieron (1946)	Ni ₁₁ As ₈
Molybdénite-2H	Ansermet & Meisser (2012)	MoS ₂
Nickéline	Ansermet & Meisser (2012)	NiAs
Pearcéite antimonifère	Ansermet & Meisser (2012)	Cu(Ag,Cu) ₆ Ag ₉ As ₂ S ₁₁
Pyrite	Minéral commun	FeS ₂
Pyrrhotite-1C	G. Della Valle (1988)	Fe(1-x)S
Pyrrhotite-4C	G. Della Valle (1988)	Fe ₇ S ₈
Quartz	Minéral commun	SiO ₂
Rammelsbergite	F. Gillieron (1946)	NiAs ₂
Rösslerite	S. Cuchet (1995)	MgHAsO ₄ • 7H ₂ O
Rutile	Ansermet & Meisser (2012)	TiO ₂
Safflorite	F. Gillieron (1946)	CoAs ₂
Sidérite	Minéral commun	FeCO ₃
Skutterudite	F. Gillieron (1946)	(Co,Ni,Fe)As ₃
Soufre natif	Ansermet & Meisser (2012)	S
Sphalérite	F. Gillieron (1946)	ZnS
Tennantite	Ansermet & Meisser (2012)	Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃
Tétraédrite	Ansermet & Meisser (2012)	Cu ₆ Cu ₄ (Fe,Zn) ₂ (Sb,As) ₄ S ₁₃
Tourmaline	F. Gillieron (1946)	NaFe ₃ ⁺⁺ Al ₆ Si ₆ O ₁₈ (BO ₃) ₃ (OH) ₃ (F,OH)
Uraninite	M. Schafer (1994)	UO ₂

Bibliographie

- ANSERMET S. ET MEISSER N. (2012), «Mines et minéraux du Valais II, Anniviers et Tourtemagne», Editions porte-plumes, Ayer, Musée de la nature du Valais, Sion, Musée cantonal de géologie, Lausanne.
- CUCHET S. (1994), «La smolianinovite et la rösslerite, deux rares arséniates signalés pour la première fois en Suisse», in: Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., 83.2, pp. 147-152
- 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, Université de Lausanne, thèse
- GERLACH H. (1873), Die Bergwerke des Kantons Wallis, A. Galerini Sitten (Sion)
- GILLIÉRON F. (1946), «Geologisch-petrographische Untersuchung an der Ni-Co Lagerstätte Kaltenberg», in: Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 25.
- GIRARD H. (1855), Geologische Wanderungen, Halle
- HEUSLER C. (1876), «Über das Vorkommen von Nickel und Cobalterzen mit gediegem Wis-muth an der Crête d'Ombrenza im Kanton Wallis», in: Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, XXVIII. Band, pp. 238-247
- HIRSCHI H. (1939), «Radiohalos im Chlorit der Erzlagerstätte von Kaltenberg im Turtmanntal (Wallis)», in: Schweiz. Mineral. petrogr. Mitt. XIX/1, pp. 221-223
- MARTHALER M., SARTORI M., ESCHER A., MEISSER N. (2006), «feuille 1307, Vissoie, notice explicative», in: Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25000, Service hydrologique et géologique national, Berne
- MEISSER N. (1990), Etude minéralogique des gîtes métallifères au sud-est d'Ayer, Université de Lausanne, diplôme
- MEISSER N. et ANSERMET S. (1993), «Topographie minéralogique de la Suisse et des pays voisins: description de minéraux rares ou inédits récemment découverts – Partie 1», in: Schweizer Strahler, 9/12, pp. 573-608
- MEISSER N. et ANSERMET S. (1994), «Topographie minéralogique de la Suisse et des pays voisins: description de minéraux rares ou inédits récemment découverts – Partie 2», in: Schweizer Strahler, 10/2, pp. 41-60
- ROBERT W. (1896), «Minerais de cobalt et de nickel des vallées d'Anniviers et de Tourtemagne», in: Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. XXXII, 122, pp. 292-294
- SCHAFER M. (1994), Ba-Co-Ni Vererzungen im Turtmanntal und Omen Roso (Wallis, Schweiz), Universität Basel, thèse inédite
- SCHERRER F. (1893), «Arsenkies (Turtmanntal)», in: Zeitschr. F. Kristallogr., Bd 21, p. 366
- SCHNEIDERHÖHN H. et RAMDHOR P. (1931), Lehrbuch der Erzmikroskopie, Gebrüder Bornträger Verlag, Berlin
- STALDER H.-A. et WAGNER A., GRAESER S., STUCKER P. (1998), Mineralienlexikon der Schweiz, Wepf Verlag, Basel

Remerciements à Thomas Mumenthaler et Tom Burri pour leur relecture attentive du texte.