

# La mine de Mittersill, un exemple d'intégration environnementale



Eric Massy-Delhotel

Wolfram Bergbau und Hütten AG exploite une mine souterraine de tungstène à Mittersill (Autriche), depuis 1975. En raison de l'environnement remarquable dans lequel se trouve cette exploitation, il a fallu construire la plupart des infrastructures en souterrain. L'entrée principale ainsi que celle de la mine sont dissimulées derrière une digue naturelle. Un petit chalet en bois, utilisé par le département engineering, est l'unique bâtiment construit en surface. L'unité de flottation, quant à elle, a été construite à 3 km de la mine, dans une zone peu exposée aux avalanches. La mine et l'usine sont reliées par une station de concassage souterraine et un convoyeur à bande.

**D**epuis 1975, Wolfram Bergen und Hutten AG exploite une mine de tungstène à Mittersill, en Autriche, pour alimenter en matières premières son usine métallurgique. Le minerai extrait est de la scheelite contenant du tungstène sous forme de tungstate de calcium ( $\text{CaWO}_4$ ). Le gisement, qui a été découvert en 1967, est situé dans la région du Haut Tauern dans les Alpes Centro-orientales, au sud de la ville de Mittersill, dans le Felbertal. La mine se trouve au milieu d'un espace protégé adjacent au parc national du Haut Tauern. Depuis le début des activités minières en 1975, environ 14 millions de tonnes de minerai ont été extraites à une teneur de l'ordre de 0,5 % en  $\text{WO}_3$ .

## Un gisement de scheelite

Le gisement de scheelite se trouve dans la partie centrale du Tauern, plus précisément à l'intérieur du complexe Habach de la couverture schisteuse inférieure. Le complexe Habach est constitué d'une épaisse séquence de roches volcaniques et sédimentaires du début du paléozoïque.

La séquence volcanique, où se trouve la minéralisation, consiste essentiellement en de fines particules d'amphibolites et à un moindre degré de hornblende et d'amphiboles à gros grains, avec de petites intrusions granitiques. La scheelite est disséminée dans une séquence volcano-sédimentaire polymétamorphique de basique à ultramafique. Le minerai est associé à des veines de quartz de dimensions variables qui peuvent être reliées à du granitoïde.

La vallée du Felbertal sépare le gisement en deux zones, est et ouest. Du fait des relations spatiales entre

la morphologie du gisement et la topographie, l'exploitation de la mine dans la zone orientale a été effectuée en découverte de 1975 à 1986, alors que dans la zone occidentale est opérée en souterrain. Cette zone présente une extension horizontale de 500 x 300 m. Depuis l'affleurement à 1 280 m d'altitude, elle plonge à 55° vers le nord-ouest sous le flan ouest de la vallée. L'intersection la plus profonde de forage est à 600 m d'altitude et le gisement se prolonge en profondeur. Huit gisements différents sont exploités. L'exploration continue par carottage s'effectue depuis le sous-sol au moyen d'une sondeuse à câble Sandvik DE130.

## L'exploitation au fond de la mine

L'exploitation de la mine souterraine a démarré en 1977. Comme la mine est située dans une réserve naturelle adjacente au parc national le plus important d'Autriche, presque toute l'infrastructure est souterraine. L'usine de concentration a été construite, plus loin, à 3 km en aval dans la vallée pour être protégée des avalanches.

La mine a été conçue pour l'utilisation d'équipements mobiles sans voies fixes. L'entrée principale est à une altitude de 1 175 m. La plupart des infrastructures principales (ateliers d'entretien, vestiaires, magasins...) sont à cette altitude, à proximité de l'entrée. Tous les niveaux supérieurs, jusqu'à 1 267 m et inférieurs jusqu'à 675 m, sont accessibles par une rampe spirale d'une pente de 1/8. La distance au niveau inférieur varie entre 12 et 25 m. Des puits de service et des cheminées à minerai ont été réalisés par des forages montants (Raiseborer) parallèles à la rampe en spirale. Le minerai est déversé en des points de décharge dans



des cheminées et une trémie de 5 000 t de capacité. L'atelier de concassage et de criblage est disposé au fond, à 850 m, et consiste en un concasseur à mâchoires suivi deux concasseurs giratoires. Le minerai concassé est transporté par convoyeur incliné de 3 km, jusqu'à l'usine de concentration.

### Un développement vertical d'environ 13 m/an

Le site dispose d'une main-d'œuvre directe de 80 personnes : 55 pour la mine et 25 pour l'usine. Par ailleurs, 8 personnes sont employées par des entreprises extérieures.

Jusqu'à présent, 50 km de galeries de 22 m<sup>2</sup> de section ont été créées. Environ 2 000 m d'extension sont nécessaires chaque année pour assurer une production annuelle de 400 000 à 470 000 tonnes. Le développement vertical annuel est d'environ 13 m.

En règle générale, les conditions du terrain sont meilleures dans le stérile que dans le minerai. Pour assurer de bonnes conditions de sécurité, les quantités suivantes sont nécessaires :

- béton projeté renforcé par fibres métalliques : 3 500 m<sup>3</sup> ;
- boulons Split set & Swellex de 2,7 m : 4 000 pièces ;
- boulons à câbles de 4 m : 3 000 pièces ;
- boulons à câbles de 12-18 m : 10 000 m.

Le mortier à projeter est préparé au fond au niveau 1 175 et transporté par une toupie de 6 m<sup>3</sup> aux points d'utilisation. Les rejets stériles du triage par rayons X sont utilisés comme granulats pour le mortier. L'opération est réalisée par une unité de projection commandée à distance.

Un jumbo de boulonnage avec un carrousel pour 10 boulons est utilisé pour la mise en place des boulons à friction de 2,7 m. Il n'y a pas assez de boulons à câble à mettre en place pour justifier l'emploi d'un appareil séparé. De ce fait, les trous les plus longs sont réalisés avec le jumbo de foration d'exploitation. La mise en place des boulons à câbles de 15,7 mm est assurée par un appareil qui pousse et cisaille le câble, le tout étant monté sur un camion équipé d'une plateforme élévatrice à ciseaux qui embarque également la pompe à mortier. Le câble à 7 torons de force de rupture de 20 tonnes est livré en rouleaux de 1 800 m de longueur, tiré sur une petite remorque attelée au véhicule. La purge est réalisée avec le dos d'un godet modifié de petites pelles hydrauliques. L'exploitant n'utilise pas de marteau hydraulique.

Le forage pour l'extension des galeries (22 m<sup>2</sup>) est effectué avec un jumbo à deux bras. En tout, 62 trous de mine parallèles (48 mm) et 2 trous de bouchon (102 mm) doivent être forés pour chaque volée de 4 m. Les longs trous pour l'abattage du minerai sont forés soit au perforateur hors trou (64 mm de diamètre), soit au marteau fond de trou à eau (90 mm de diamètre). Le dernier est utilisé en raison de sa précision exceptionnelle et de ses possibilités de foration vers le bas. La longueur maximale des trous est généralement de 20 m. Les appareils de forage sont munis de carrousels pour tiges de forage male-femelle de 1,80 m.

L'abattage à l'explosif est réalisé avec des détonateurs non électriques. L'ANFO en vrac et des émulsions mélangées sur le site sont les principaux explosifs, mais des cartouches d'émulsion et des gels sont aussi utilisés. Environ 52 000 détonateurs et 200 tonnes d'explosifs sont consommés annuellement.

Entrée de la mine de tungstène de Mittersill, à 1 175 m d'altitude, dans le Felbertal (Autriche).

L'exploration continue par carottage s'effectue au moyen d'une sondeuse à câble Sandvik DE130.



### Méthode par sous niveaux dans les zones où la minéralisation est la plus puissante

Les méthodes d'exploitation utilisées dans la mine doivent prendre en compte la stabilité des terrains, la puissance du minerai, la profondeur sous la surface et l'inclinaison semi-dressant des gisements. Les méthodes suivantes sont utilisées :

- méthode par sous-niveau abattu, avec remblayage partiel ;
- méthode par chambres perpendiculaires à la veine, avec remblayage ultérieur ;
- méthode par chambres le long de la veine, avec piliers et remblayage.

La méthode par sous niveaux est utilisée dans les zones les plus profondes de la mine où la minéralisation est la plus puissante et meilleure, dans les gisements K1, K3 et K4. C'est la solution logique pour un minerai relativement tendre et une roche encaissante dure. Un sous-niveau est tracé depuis le mur à travers le minerai tous les 25 m (verticalement). À la limite du minerai, une enlèvrure est pratiquée jusqu'au niveau supérieur le plus proche. Cette enlèvrure est ensuite augmentée au retour vers la fin du mur du minerai. Tôt ou tard, en fonction de la dureté de la roche, et de la dimension de l'ouverture, la chambre commence à se creuser et à se remplir de morceaux du toit. À la fin de cette séquence d'exploitation, les vides entre les morceaux de matériaux sont remplis par pompage des résidus ("tailings") de l'usine de concentration.

La méthode par chambres dans le plongement avec remblayage ultérieur est utilisée le long du plongement et à son travers en fonction de l'épaisseur de minerai. L'exploitation le long du plongement est utilisée lorsque l'épaisseur du minerai se situe entre 8 et 18 m, alors que les zones plus épaisses demandent à être exploitées en son travers. Des cheminées (1,8 m de diamètre) sont utilisées comme dégagement, au démarrage de l'exploitation des chambres.

Lorsque l'on exploite le long du plongement, les chambres sont développées par tranches de 12 à 20 m de hauteur depuis la base jusqu'au haut de la minéralisation. Chaque tranche est remblayée avant que l'exploitation de la suivante commence. L'inclinaison semi-dressant du gisement rend nécessaire de supporter le toit avec des piliers laissés dans les chambres.

Lorsqu'on exploite en travers du plongement, la séquence est de haut en bas par plusieurs sous-niveaux et la chambre entière est remblayée lorsque le dernier enlèvement planifié a été achevé. Ces chambres atteignent des hauteurs allant jusqu'à 80 m et des largeurs de 30 m. En fonction de la géométrie des chambres et de leur accessibilité, le forage et le chargement à longs trous se font soit depuis les galeries inférieures ou supérieures ou depuis les deux pour réduire la longueur des trous de mine. Des piliers sont laissés entre les chambres individuelles.

### Une quantité de résidus presque égale à celle du minerai extrait

Du fait de la basse teneur en tungstène du minerai (environ 0,25 à 0,5 %  $WO_3$ ), la quantité de résidus après valorisation est presque égale à celle du minerai extrait. L'objectif final est d'utiliser ces résidus au maximum, comme granulats ou comme remblai pour la mine, et ainsi, de réduire le dépôt à la digue à stériles dont la capacité est limitée. Ces remblais sont sous forme de :

- débris rocheux provenant des travaux de développement ;
- remblais hydrauliques ;
- pâte de remplissage.

Les débris rocheux provenant des travaux de développement sont déversés directement dans les chambres entièrement vidées de minerai au moyen de charge-et-roule ou de camions. Les résidus de l'usine de valorisation sont épaissis jusqu'à 60 % en poids de solides et

pompés comme remblai hydraulique dans la mine à un taux de 45 tonnes à l'heure au moyen d'une pompe à haute pression à diaphragme et une tuyauterie de 100 mm. Ces résidus peuvent soit être envoyés directement dans une chambre entièrement vidée de minerai comme remblai hydraulique, soit séchés et mélangés avec un liant (cendres volantes et ciment) pour former une pâte. Cette pâte est pompée au moyen d'une pompe à haute pression et d'une tuyauterie de 125 mm vers les chambres. Cette pâte est utilisée dans les zones proches de la surface, où lorsqu'une extra-stabilité est nécessaire.

Il faut traiter 600 000 tonnes de minerais et de stériles chaque année. Leur manutention est effectuée au moyen de 5 charge-et-roule d'une capacité de 17 tonnes. Quelques engins sont munis de commande à distance pour des raisons de sécurité dans les chambres. Les matériaux qui sont extraits en dessous du niveau du concasseur doivent être remontés par camions au-dessus de la trémie de minerai brut, alors que le minerai des couches supérieures peut être basculé dans les cheminées.

La mine est alimentée par le réseau électrique public. L'électricité est livrée à 25 kV et transformée en 6 kV pour la distribution interne. La tension de travail est de 400 V. La mine est ventilée par 7 500 m<sup>3</sup>/min d'air frais, avec une prise d'air dans la rampe du convoyeur, soufflés dans la mine par plusieurs ventilateurs. La capacité des pompes installées pour l'évacuation de l'eau de la mine peut être considérée comme étant relativement basse, car toute l'eau au-dessus de 1 065 m peut s'évacuer par gravité. Seulement l'eau provenant des zones les plus basses doit être pompée.

Les communications au fond se font par radio et par téléphones conventionnels, tandis qu'au jour, ce sont des téléphones portables qui sont utilisés.

## 5 étapes de lavage jusqu'à une concentration de 32 %

Le minerai est convoyé depuis la trémie de minerai broyé à la surface où il est d'abord criblé à 18 mm. Le minerai grossier alimente une machine de tri à rayons X en 2 fractions (18/30 mm et 30/60 mm). La moitié de l'alimentation est éliminée en stérile grossier et vendu comme gravier. Le concentré du triage par rayons X ainsi que les fines du criblage sont envoyés au circuit de concassage-criblage en vue d'obtenir un produit final à moins de 12 mm. Ce minerai fin est convoyé par un élévateur à godets dans 2 silos de 1 200 tonnes de capacité chacun. Ces silos alimentent un broyeur à boulets travaillant en circuit fermé sur un hydro-cyclone et des tamis à haute fréquence ; ce broyeur réduit le minerai à une dimension inférieure à 200 µm.

Le produit issu du broyeur alimente la flottation de dégrossissage puis il subit 5 étapes de lavage jusqu'à une concentration de 32 % en WO<sub>3</sub>. Le concentré final est encore broyé avant d'être épaissi et déshydraté sur un filtre à tambour sous vide, et mis en big bag.

Les résidus de la flottation de dégrossissage sont classés avec un autre hydrocyclone. La sousverse de cet hydrocyclone alimente un banc de spirales, alors que la surverse constitue les résidus définitifs. La fraction lourde des spirales est renvoyée au broyeur à boulets tandis que la fraction légère rejoint les résidus.

Les résidus (tailings) sont soit épaissis et pompés au fond de la mine pour être utilisés comme remblai, ou neutralisés et pompés au moyen d'une tuyauterie de 10 km jusqu'à la digue à stériles dans la vallée de Salzach pour un stockage définitif. ■

*Felix Gaul, directeur de la mine de Mittersill*

Echelon de transport de minerai brut d'extraction.

