



*Société d'énergie  
explosive du Québec*



# Méthodes d'exploitation souterraine

---



David Sibille



# Contenu de la présentation

---



## 1. Introduction

## 2. Méthode d'exploitation

- Cycle de production
- Choix des méthodes
- Méthode d'exploitation

## 3. Références et Remerciement



# Introduction: La mine souterraine

---



## Facteurs influençant le choix d'une méthode d'exploitation minière

La géologie du dépôt minéralisé demeure le facteur déterminant dans la sélection d'une méthode d'exploitation.

D'autres variables importantes doivent aussi être prises en compte :

- ❖ Propriétés géomécaniques de la zone minéralisée et de la roche encaissante.
- ❖ Taux de production visé par la mine.
- ❖ Valeur économique prévue des produits miniers.
- ❖ Capital disponible et coûts d'exploitation associés aux différentes méthodes.
- ❖ Main-d'œuvre : disponibilité, coût et niveau de qualification requis.
- ❖ Réglementations environnementales en vigueur.
- ❖ Impacts environnementaux potentiels, incluant les coûts de mitigation et de réhabilitation de la mine.

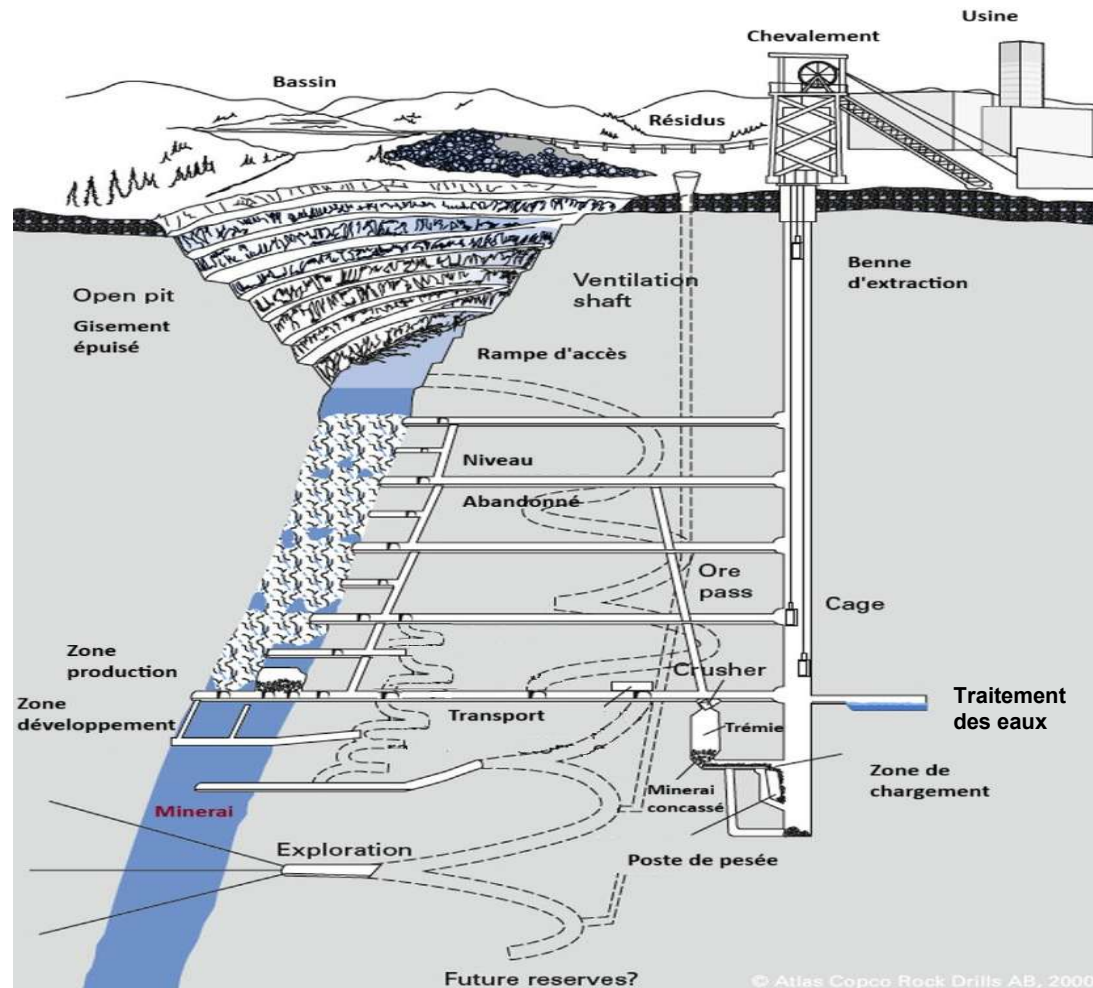


# Introduction: La mine souterraine



## Schéma d'exploitation d'une Mine souterraine:

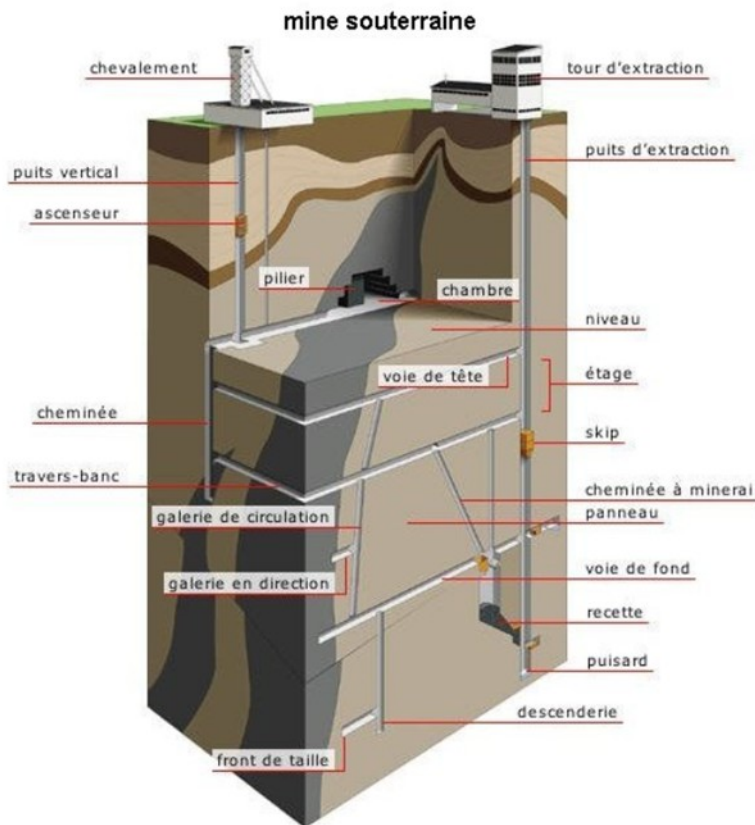
- Zone minéralisé
- Rampe d'accès
- Niveau en exploitation
- Traitement des eaux
- Concasseur
- Puit de remonté



© Atlas Copco Rock Drills AB, 2000



# Introduction: La mine souterraine



© Les Éditions Québec Amérique inc. Illustration tirée du Nouveau dictionnaire visuel, [www.quebec-amerique.com](http://www.quebec-amerique.com)

La méthode d'exploitation doit trouver le meilleur équilibre entre les caractéristiques du gisement (épaisseur, pente, stabilité des parois) et les possibilités de mécanisation des différentes étapes du cycle minier.

Le développement de la mine dépend principalement de la capacité de production des installations en place.



# Méthode d'exploitation



## Cycle de Production

Le cycle de production minière comprend les étapes suivantes :

- Forage
- Chargement des trous.
- Explosion.
- Ventilation
- Marinage et transport.
- Confortement.

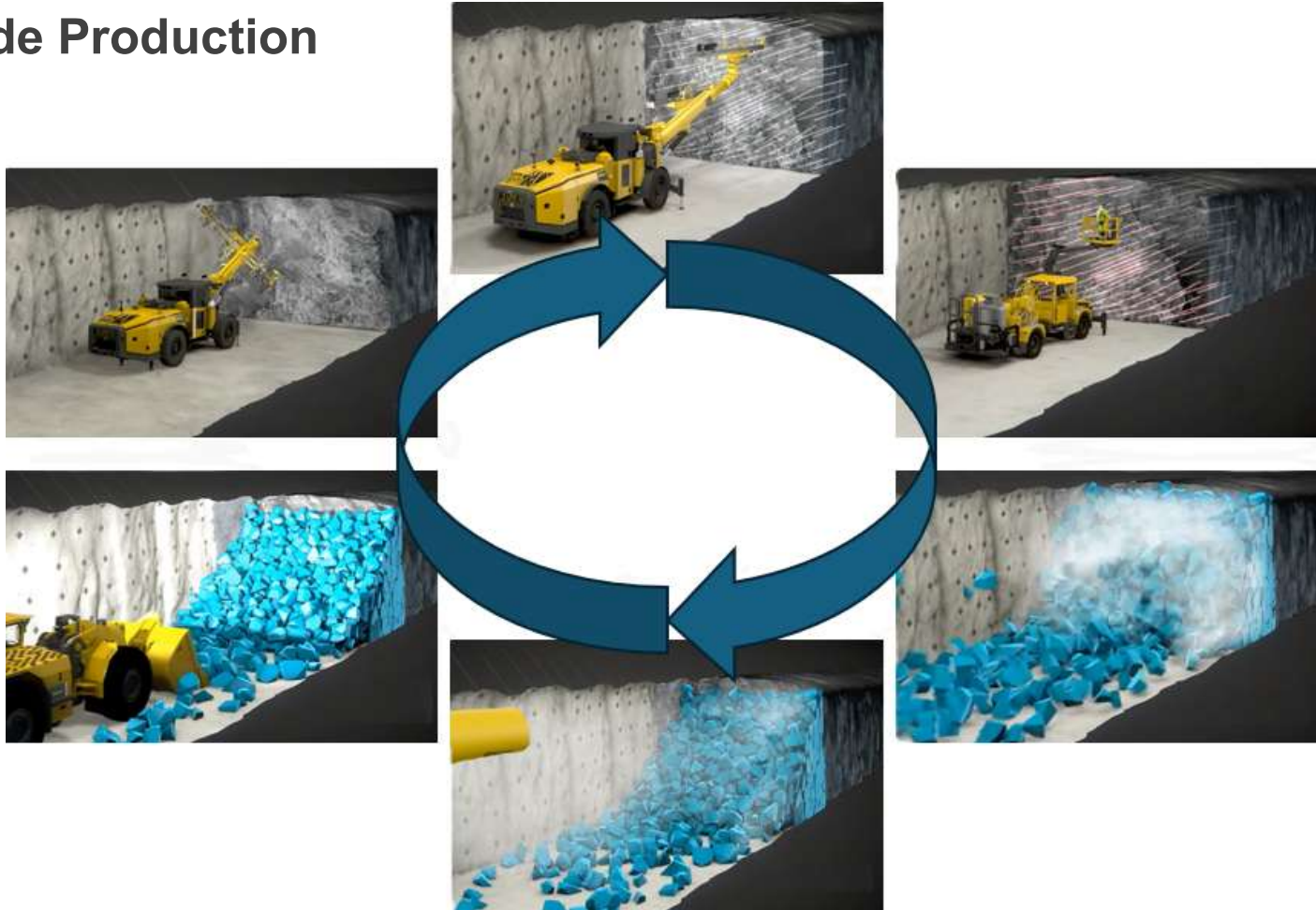




# Méthode d'exploitation



## Cycle de Production





# Méthode d'exploitation

## Choix des méthodes



### Roches compétentes (résistance élevée à modérée)

- **Extraction sans soutènement.**
- Les roches sont stables, l'exploitation peut se faire sans appui artificiel.
- **Méthodes possibles :**
  - **Chambre et pilier** (couches tabulaires stables).
  - **Sous niveaux** (pour gisement verticaux).

### ● Roches incompetentes (résistance modérée à faible)

- **Extraction avec soutènement.**
- Nécessite un appui pour éviter les effondrements lors de l'exploitation.
- **Méthode possibles :**
  - **Tranches montante remblayés** (on soutient les vides avec du remblai).

### ● Roches foudroyantes (résistance faible et instables)

- **Extraction par effondrement contrôlé.**
- On laisse le toit se foudroyer volontairement après l'extraction en profitant de la gravité.
- **Méthodes possibles :**
  - **Foudroyage par sous-niveaux ou par blocs**



# Méthode d'exploitation

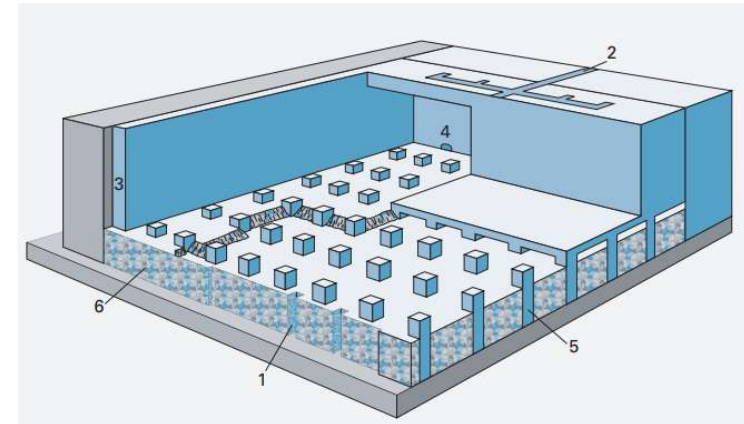
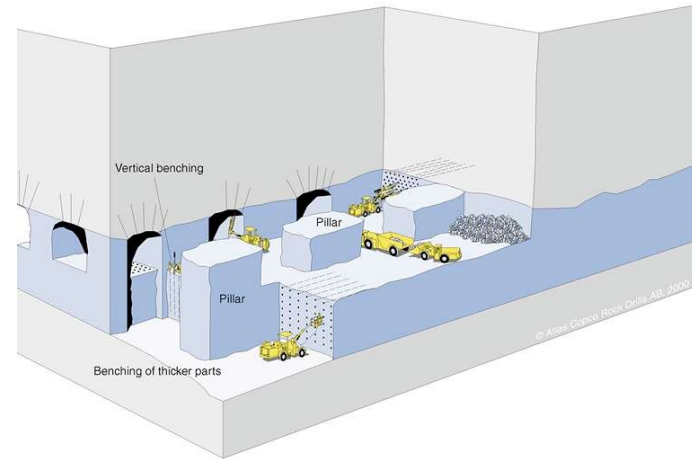
## Chambres et piliers



Cette méthode, utilisée pour les gisements horizontaux ou presque, consiste à creuser des galeries en laissant des piliers de minerai pour soutenir le toit. Ces piliers sont ensuite abandonnés ou partiellement extraits.

Autrefois, comme une partie du gisement restait perdue, elle n'était rentable que pour des minerais peu coûteux (fer, sel, potasse, etc.) situés à faible profondeur et assez résistants.

Aujourd'hui, on remplit les vides avec du stérile, ce qui permet de récupérer les piliers restants. Si le gisement dépasse environ 10 mètres d'épaisseur, on privilégie d'autres méthodes selon la solidité des roches.





# Méthode d'exploitation

---

## Chambres et piliers



<https://youtu.be/Oaxs7EEIp4k?si=coGBzgRWb3TltyjS>



# Méthode d'exploitation

## Sous niveaux abattu



Les méthodes par sous-niveau sont utilisées dans les gisements de roches dures et compétentes. Elles consistent à diviser le gisement en plusieurs niveaux horizontaux (sous-niveaux) reliés par des galeries. Le minerai est ensuite abattu depuis ces niveaux, souvent à l'aide de forages longs et précis, puis évacué par gravité ou par engins mécaniques.

On distingue principalement trois variantes :

- **Sous-niveau abattu (*Sublevel stoping*) :**  
Méthode classique, où le minerai est foré et abattu par tranches montantes sans remblayage immédiat.
- **Sous-niveau abattu à longs trous (*Sublevel open stoping / long-hole stoping*) :**  
Variante mécanisée utilisant de longs forages parallèles (jusqu'à 30 m ou plus) et un abattage par explosifs contrôlés.
- **Foration parallèle remontante (*Vertical Crater Retreat – VCR*) :**  
Méthode moderne où les trous sont forés vers le haut à partir du niveau inférieur, permettant un abattage progressif et une meilleure sécurité.



# Méthode d'exploitation

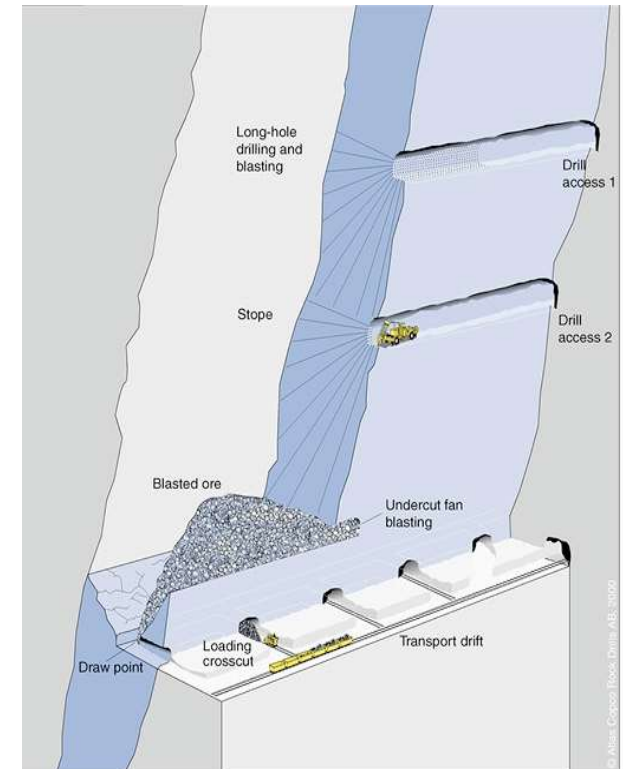
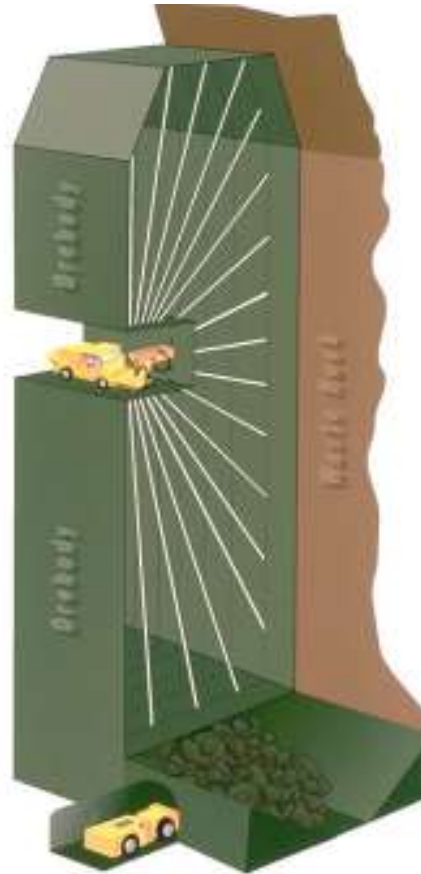
## Sous niveaux abattu



### Sous-niveau abattu (Sublevel stoping)

Le gisement est divisé en plusieurs sous-niveaux espacés de 10 à 15 m. Des galeries de forage et de tir sont creusées sur chaque niveau. Le minerai est abattu par tranches montantes à partir du sous-niveau inférieur ou de niveau intermédiaire.

Cette méthode nécessite une roche très compétente (peu de soutènement) et offre une bonne productivité. Cependant, la récupération n'est pas totale, car certaines zones peuvent être laissées en place pour la stabilité.





# Méthode d'exploitation

## Sous niveaux abattu

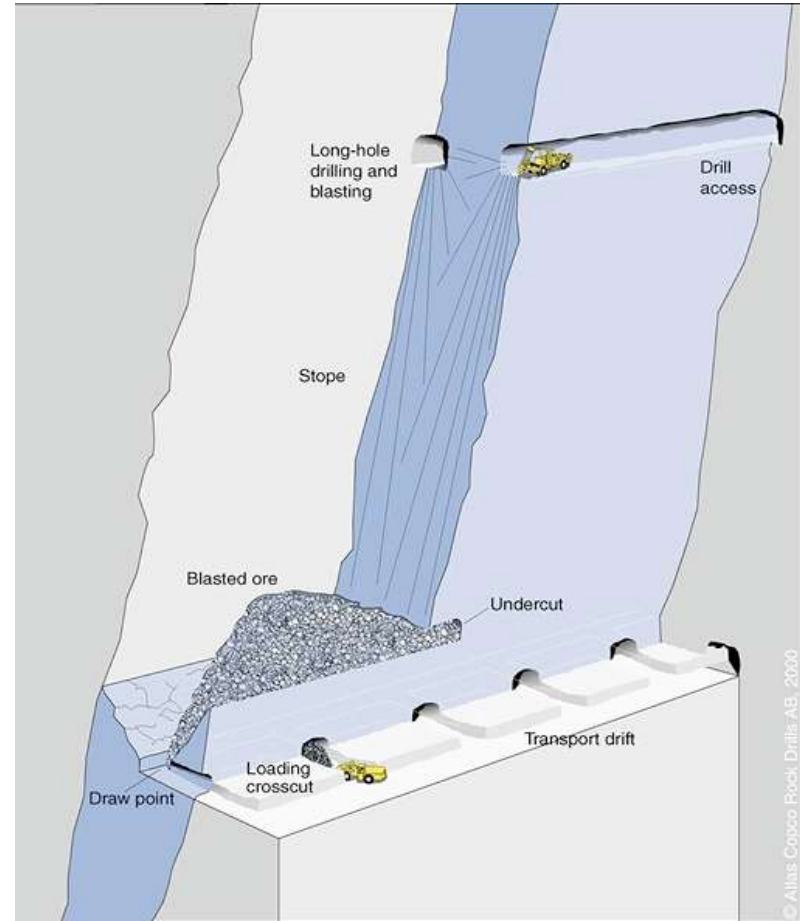


### Sous-niveau abattu à longs trous (Sublevel open stoping / Long-hole stoping)

C'est une version plus mécanisée et précise de la précédente.

De longs trous parallèles sont forés à partir des sous-niveaux et chargés d'explosifs.

L'abattage est planifié de façon à minimiser les vibrations et à contrôler la fragmentation. Le minerai tombe dans des cheminées de récupération ou est chargé mécaniquement. Elle permet une extraction rapide et sécuritaire avec un bon contrôle du toit et du front de taille.





# Méthode d'exploitation

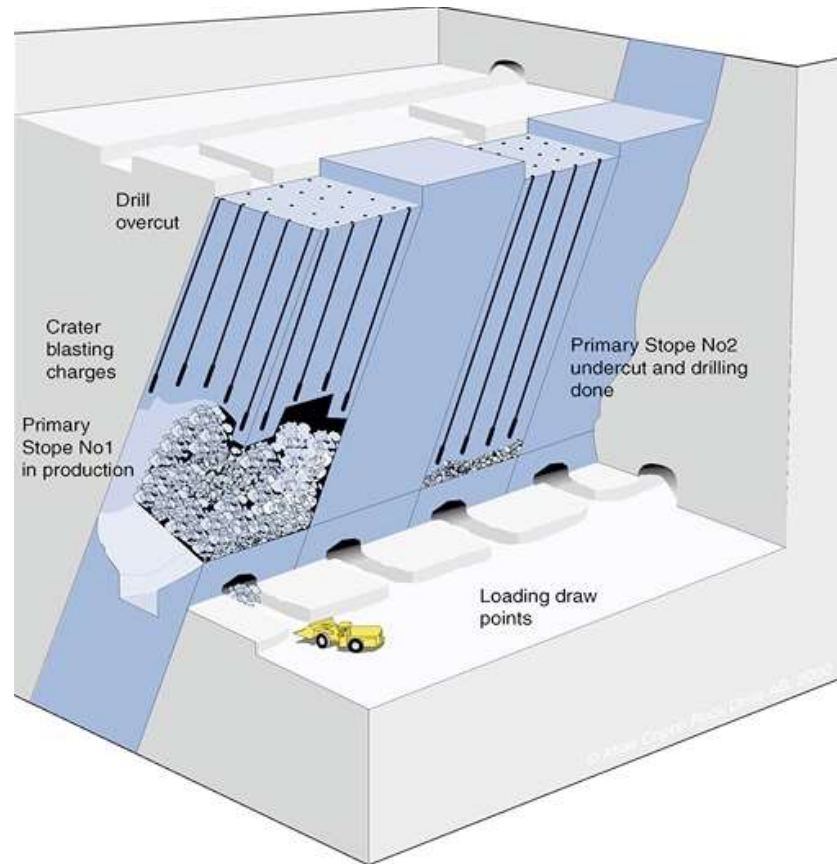
## Sous niveaux abattu

### Forage parallèle remontant (Vertical Crater Retreat – VCR)

Ici, les trous sont forés verticalement vers bas à partir du niveau supérieur. L'abattage se fait par sections, de bas en haut, et le minerai s'écoule naturellement vers le bas.

Cette méthode convient bien aux gisements épais et massifs, avec de la roche très dure.

Le contrôle du tir est excellent, la sécurité est accrue (le personnel reste sur le niveau de travail). La méthode a une faible consommation d'explosif





# Méthode d'exploitation

---

Sous niveaux abattu



<https://youtu.be/BdU6-DvnpVU?si=hl5mlCTni93XYxjL>



# Méthode d'exploitation

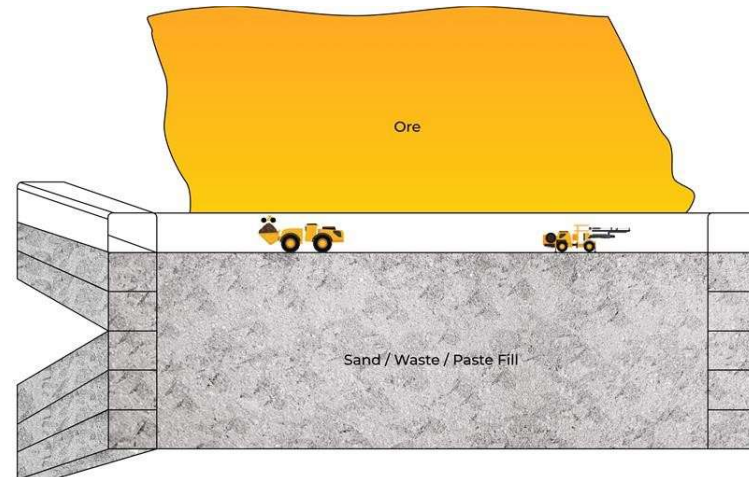
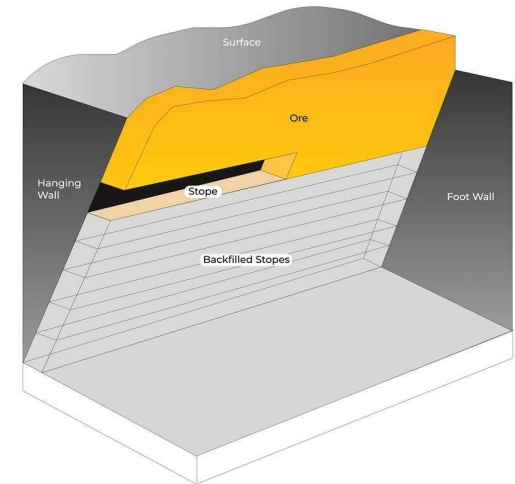
## Tranches montantes remblayé

C'est une méthode très utilisée, surtout pour les gisements filoniens, et son usage s'est accru avec la profondeur des mines.

Le principe, c'est d'extraire le minerai par tranches horizontales, en général vers le haut. Le minerai est foré, dynamité et retiré, puis l'espace vide est rempli de remblai.

Ce remblai sert à la fois de soutien pour les parois du chantier et de plateforme pour les opérations suivantes.

C'est une méthode coûteuse, car elle demande beaucoup de forage, d'explosifs et de remblai, mais elle est très sélective : elle permet d'éviter la dilution et de ne récupérer que le minerai de haute teneur.





# Méthode d'exploitation

---

Tranches montantes remblayé



[https://youtu.be/M9A\\_Gybcf3U?si=TkfeiLQToiBapeoE](https://youtu.be/M9A_Gybcf3U?si=TkfeiLQToiBapeoE)



# Méthode d'exploitation

## Sous niveaux foudroyé

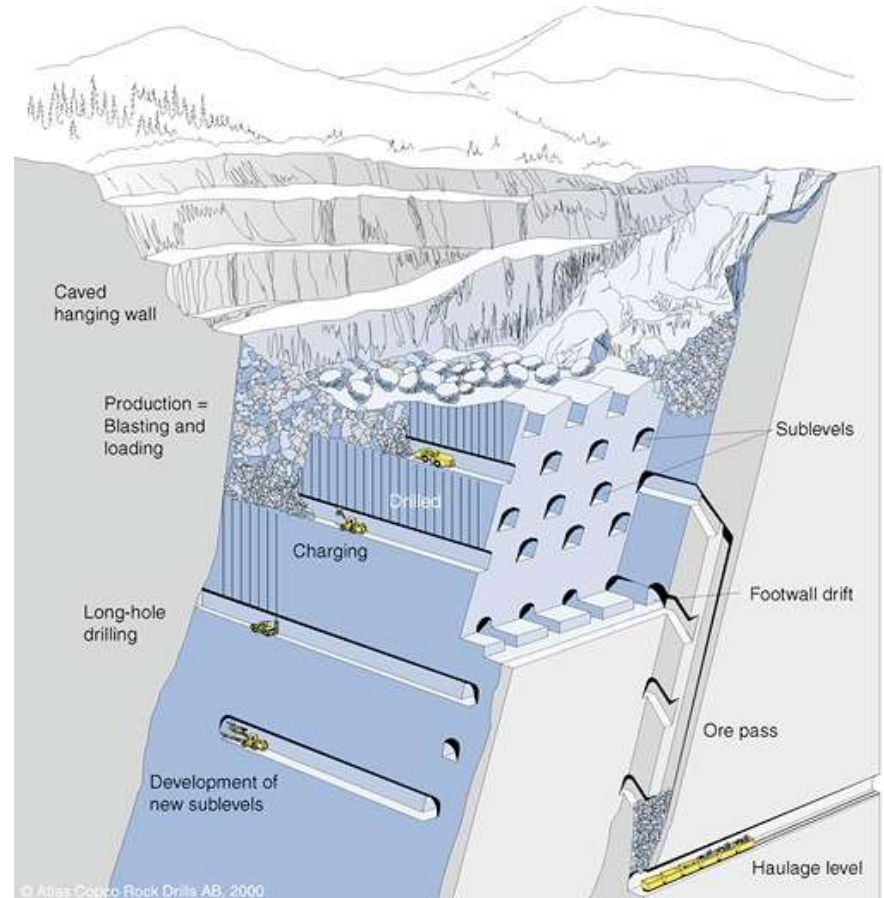


La méthode des sous-niveaux foudroyés consiste d'abord à creuser plusieurs sous-niveaux à intervalles réguliers, puis à abattre le minerai par tranches verticales à partir de ces niveaux.

Elle est utilisée pour les gisements profonds, inclinés et dont le minerai se fragmente bien à l'explosif.

Lors des tirs, la roche se détache et s'effondre naturellement ; le minerai tombe par gravité vers les galeries inférieures où il est récupéré.

C'est une méthode sûre, car les mineurs restent dans les galeries, mais elle provoque un foudroyage du toit et un affaissement du terrain. Les travaux progressent en escalier, chaque sous-niveau étant légèrement en avance sur le précédent.





# Méthode d'exploitation

---

Sous niveaux foudroyé



<https://youtu.be/ZmKwdtFkoxo?si=2PPDf50K1mTCEmmp>



# Méthode d'exploitation

## Bloc foudroyé

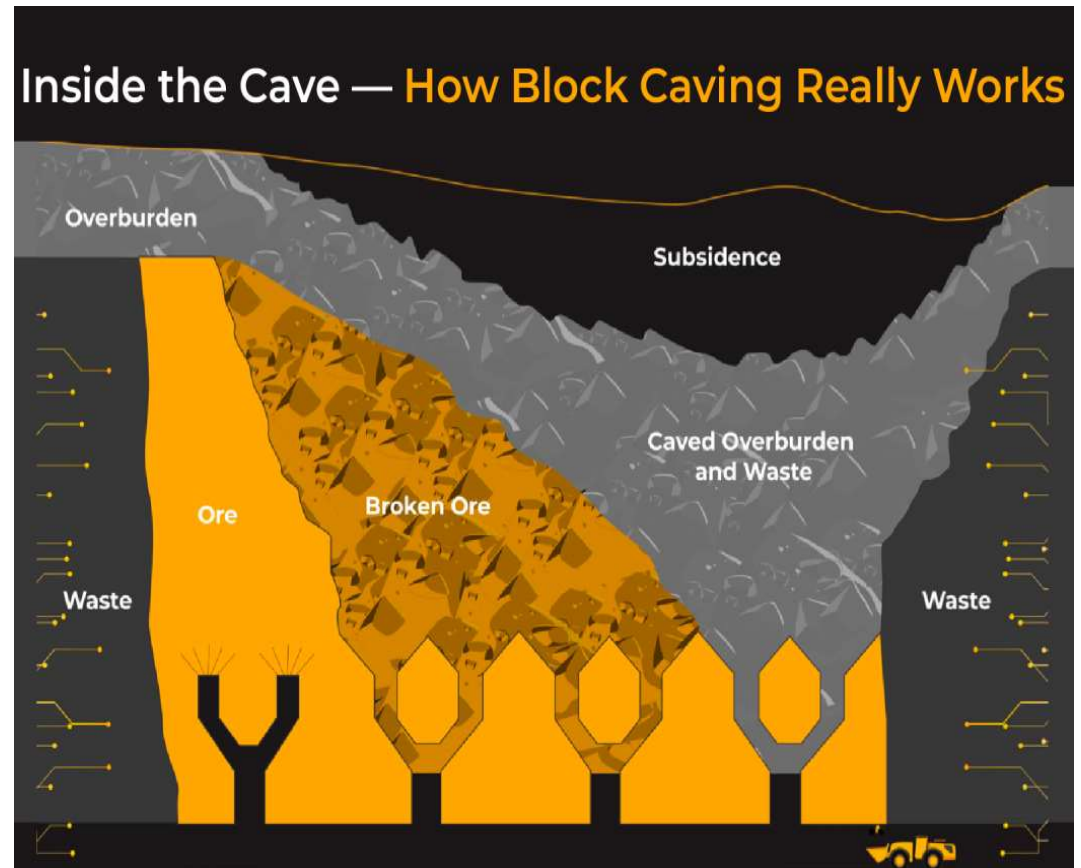


Le block caving est une méthode utilisée pour extraire des gisements profonds et de faible teneur, trop profonds pour une mine à ciel ouvert.

Elle exploite la gravité et la fracturation naturelle de la roche pour faire s'effondrer le minerai, qui est ensuite récupéré par le bas.

Cette méthode permet une production très élevée et des coûts d'extraction faibles, mais elle demande des investissements initiaux importants en raison de l'ampleur des travaux à réaliser.

Le contrôle opérationnel est essentiel, car la gestion du foudroyage et du flux du minerai est complexe.





# Méthode d'exploitation

---

Bloc foudroyé



<https://youtu.be/MWqMD85MVO4?si=MXeVc5OkzRx4H55w>



# Remerciements

---

