

CHAPITRE IV. MÉTHODES D'EXPLOITATION SOUTERRAINE

Généralité

Après la mise en découverte du gisement, l'ordre établi de la conduite des travaux préparatoires, de traçage et d'abattage, dans les conditions naturelles d'un gisement donné, suivant la variation et le développement des engins d'extraction d'un minerai et de l'organisation des travaux s'appelle *méthode d'exploitation*.

On doit considérer une *méthode d'exploitation rationnelle* de manière qu'au cours des travaux elle satisfasse aux conditions fondamentales suivantes :

- ❖ Sécurité des travaux ;
- ❖ Extraction maximale du minerai ;
- ❖ Minimum des ouvrages préparatoires ;
- ❖ Prix de revient minimum pour le maximum de rendement des travaux ; et
- ❖ Pertes minimales du minerai.

Le choix de la méthode d'exploitation dépend de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

- ✓ La forme de gîte ;
- ✓ Les dimensions du gîte (puissance, dimensions comptées en direction et au pendage) ;
- ✓ Les propriétés des minerais et des roches avoisinantes en ce qui concerne la stabilité, le caractère de leur effondrement, le tassement après effondrement, etc.
- ✓ La répartition des teneurs en métal dans le gîte.

Lorsque on exploite les gîtes métallifères, suivant les conditions de gisement et le caractère des terrains sus-jacents et du minerai, on emploie pour soutenir les chantiers :

- L'abandon de massif (pilier ou stot) de minerai ou de roches ;
- La mise en place d'un soutènement artificiel ;
- Le remblayage ;
- L'emmagasinage du minerai, c-à-d qu'on laisse provisoirement le minerai abattu dans le chantier pour maintenir les roches encaissantes.

Les méthodes d'exploitation souterraine des gîtes métallifères peuvent être classées de la manière suivante :

- 1) Méthode d'exploitation par chambres-magasins ;
- 2) Méthode d'exploitation par chambres vides ;
- 3) Méthode d'exploitation par chambres foudroyées ;
- 4) Méthode d'exploitation par chambres boisées ou charpentées ;
- 5) Méthode d'exploitation par chambres remblayées ;

IV.1. Méthodes d'exploitation par chambres magasins

Dans ces méthodes, l'exploitation se fait par chambres, du bas vers le haut. La méthode d'exploitation par chambres magasins convient à l'exploitation de gisements fortement pentus inclus dans un massif rocheux dont la stabilité est bonne à moyenne. La particularité de ces méthodes réside dans le fait que le minerai brut est emmagasiné dans le chantier pour assurer (l'assurance) le soutènement de celui-ci jusqu'à l'achèvement du bloc, ce qui fait on enlève que le foisonnement durant toute la période d'abattage, en procédant par soutirage depuis la galerie de base.

Paramètres d'application de la méthode :

En général, la méthode ne s'applique que pour des gisements dressant ($> 45^\circ$) avec des limites régulières. Le minerai et les roches encaissantes devraient être solide (stable) et le minerai ne devrait pas être affecté par le stockage (non oxydant, un minerai qui ne s'accroche pas ou ne colle pas et qui ne brûle pas spontanément).

résumé des paramètres d'application de la méthode à un corps de minerai particulier (Boshkov et Wright, 1973, Lucas et Haycocks, 1973, Morrison et Russell, 1973, Lyman, 1982):

- *Caractéristiques du minerai* : Le minerai doit être solide et non oxydant, ne pas s'accumuler ni se coller, ni brûler spontanément.
- *Caractéristiques de la roche encaissant* : Les roches encaissantes doivent être caractérisées par des murs moyennement résistants (sans d'argile ou de structures géologiques comme les failles, les joints, etc).
- *La forme de gisement* : n'importe quelle forme, mais il doit avoir des limites uniformes et définitives.
- *Pendage* : Le pendage de gisement doit être supérieur à l'angle de repos (angle naturel) ($> 45^\circ$) et de préférence plus raide que 50° .
- *Dimension de gisement* : gisement de puissance (mince, moyenne et puissant) étroite et modérée et n'importe quelle longueur et hauteur.
- *Classe de minerai* : La teneur de minerai devrait être modérée à élever.

Paramètres principaux du bloc (fig.1)

Hauteur de l'étage	« H » varié de 50 à 60m
Longueur du bloc	« L » varié de 30 à 100m
Épaisseur de stot de base	« E » varié de 04 à 08m
Longueur des enlevures	« l » varié de 10 à 12m
Distance entre les cheminées de soutirage	« d » varié de 04 à 05m.

Travaux préparatoires

La galerie de roulage est disposée au milieu du gisement ou près de son mur (*fig1, et2*). Les cheminées de bloc à un ou deux compartiments sont généralement soutenues par boisages (poussards). Par fois la méthode nécessite le creusement d'une *cheminée au centre du bloc* (*figure 3*), pour faciliter le transport du matériel et d'améliorer l'aérage du bloc. Les cheminées sont liées à la chambre par de courts passages (niches) distants de 04 à 06 m. A la base de la chambre on abandonne on stot pour protéger les galeries de roulage.

Le creusement des cheminées

Une cheminée, ou montage, est une voie verticale ou très inclinée servant à la circulation du personnel, du matériel, du minerai ou de l'air entre différents niveaux de la mine. Le creusement des cheminées est une tâche difficile et dangereuse, mais indispensable. Les méthodes utilisées sont du creusement manuel, par foration de trous au marteau-perforateur et tir à l'explosif, jusqu'à la foreuse de montage.

1. Le creusement manuel

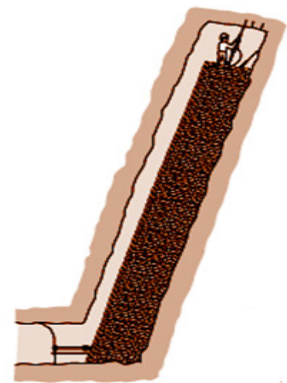
Le creusement manuel d'une cheminée est un travail difficile et dangereux qui demande beaucoup d'agilité, de force physique et d'endurance. En règle générale, la cheminée est divisée en deux compartiments par une cloison de bois (*fig.6*). L'un sert de train d'échelle pour accéder au front d'attaque, de passage pour les canalisations d'air, etc. L'autre recueille la roche abattue, qui est utilisée comme plancher de travail pour la foration et le chargement de la volée suivante. La cloison de bois est déplacée au fur et à mesure de l'avancement du front. Il faut, après chaque tir, remonter l'échelle jusqu'au front d'attaque, mettre en place la cloison, forer les trous de mine et les charger. Toutes ces opérations sont exécutées dans un espace exigü et mal aéré, par un mineur seul, puisqu'il n'y a pas de place pour deux. L'industrie cherche des solutions de remplacement moins laborieuses et moins dangereuses au creusement manuel des cheminées.

2. La plate-forme de montage

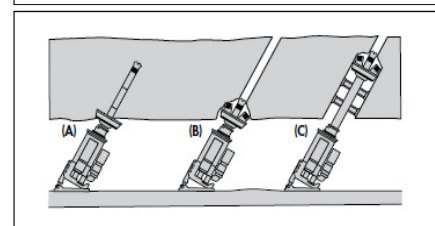
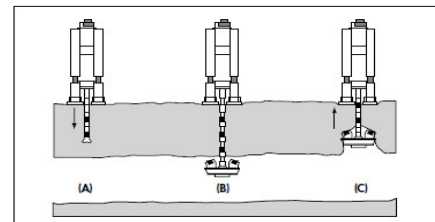
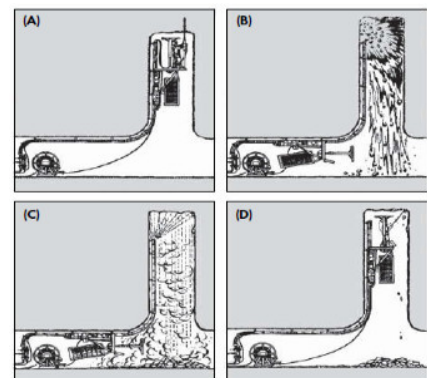
La plate-forme de montage remplace l'échelle et élimine en grande partie de difficultés du creusement manuel. Il s'agit d'une sorte d'ascenseur qui grimpe dans la cheminée le long d'une crémaillère ancrée dans la roche et qui sert de plancher de travail pour la foration et le chargement des trous de mine. Ce véhicule permet de creuser de très hautes cheminées beaucoup plus sûrement qu'avec la méthode manuelle. Le creusement de cheminées n'en reste pas moins un travail très dangereux.

3. La foreuse de cheminée

La foreuse de cheminée ou foreuse de montage est une machine puissante qui disloque et fragmente le massif. Elle travaille à partir du niveau de tête, en forant d'abord un trou pilote d'environ 300 mm de diamètre aboutissant au niveau de



Creusement manuel



Foreuse de cheminée

base. L'outil de foration est remplacé par un trépan de diamètre égal à celui que doit avoir la cheminée, et la machine est remise en marche inverse, rappelant le trépan qui agrandit en remontant le trou initial pour donner à la cheminée sa dimension finale.

Dans le cas où on exploite des *filons minces* par cette méthode, on ne laisse pas des piliers en minerai entre les chambres ainsi que le stot de niveau de base. Dans ce cas, les *cheminées sont boisées* et les trémies de chargement sont établies dans une couronne artificielle en bois, métal ou en béton pour réduire les pertes en minerai dans les stot de base, on creuse parfois la *galerie de roulage au rocher* tout près du gisement, les *cheminées de soutirage* sont creusées alors dans les stériles (*fig.3*).

La préparation des blocs nécessite une coupure horizontale et des entonnoirs sur toute la longueur de la chambre.

Dépilage

Le dépilage comprend l'abattage, l'emmagasinage du minerai son évacuation partielle, le soutirage final et la récupération des piliers lorsqu'elle est pratiquée.

- 1) L'abattage dans la chambre est réalisé par des *gradins uniques* de 1,2 à 1,5m d'épaisseur et *gradins renversé* (*fig.4*). Les gradins sont forés par trous de mine montants ou horizontaux. (utilisé pour les gisements minces et de puissance moyenne).
- 2)) Avec abattage du minerai à partir des ouvrages préparatoires. (pour les gisements puissants et très puissants). Les tranches sont forées par trous profonds horizontaux (*fig.5*).

Soutirage du minerai

Le soutirage partiel est réglé de façon à maintenir toujours un espace de travail suffisant entre le front et le minerai abattu (de 1,8 à 2,2m) et que la surface du minerai abattu soit approximativement horizontale. Lorsque l'abatage est terminé dans une chambre, on procède au soutirage complet du minerai. Pour des raisons de sécurité il est strictement interdit d'entre dans la chambre pendant que l'opération de soutirage s'effectue, toute les cheminées doivent être fermé par trappes ou grilles.

Les Avantages :

- soutirage par gravité.
- faible investissement,
- bonne récupération du minerai (75 à 100%) et faible dilution (10 à 25%).

Les Inconvénients :

- Travail intensif, mécanisation limitée.
- Conditions de travail difficiles.
- Le minerai peut colmater, oxyder, ou brûler spontanément dans les entonnoirs.
- Risque de perte de chantier pendant le soutirage s'il n'est pas correctement contrôlé.
- Risque d'utiliser le débitage secondaire.

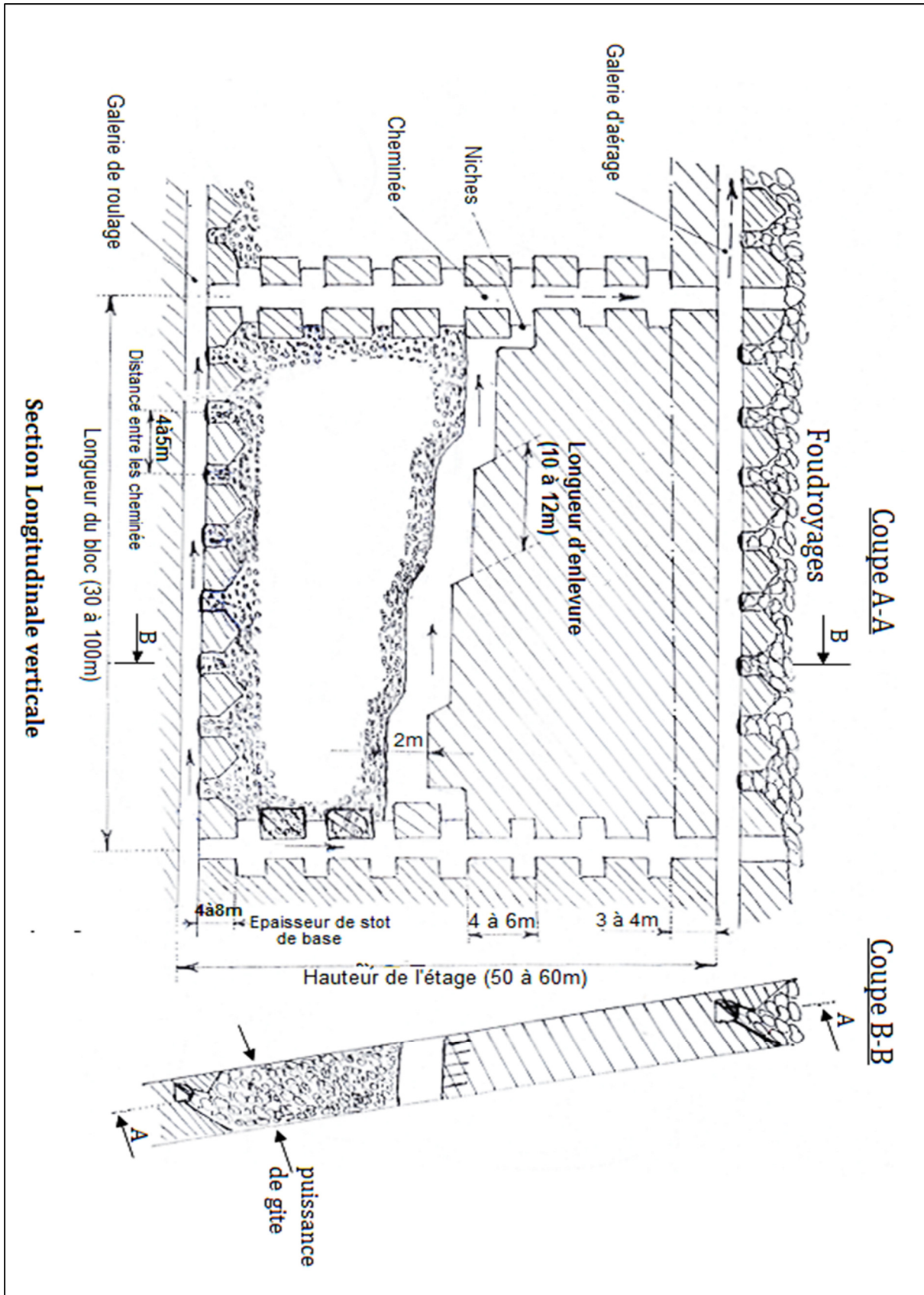


Fig.1. Schéma de la méthode d'exploitation par chambres magasins (gisement de puissance moyenne)

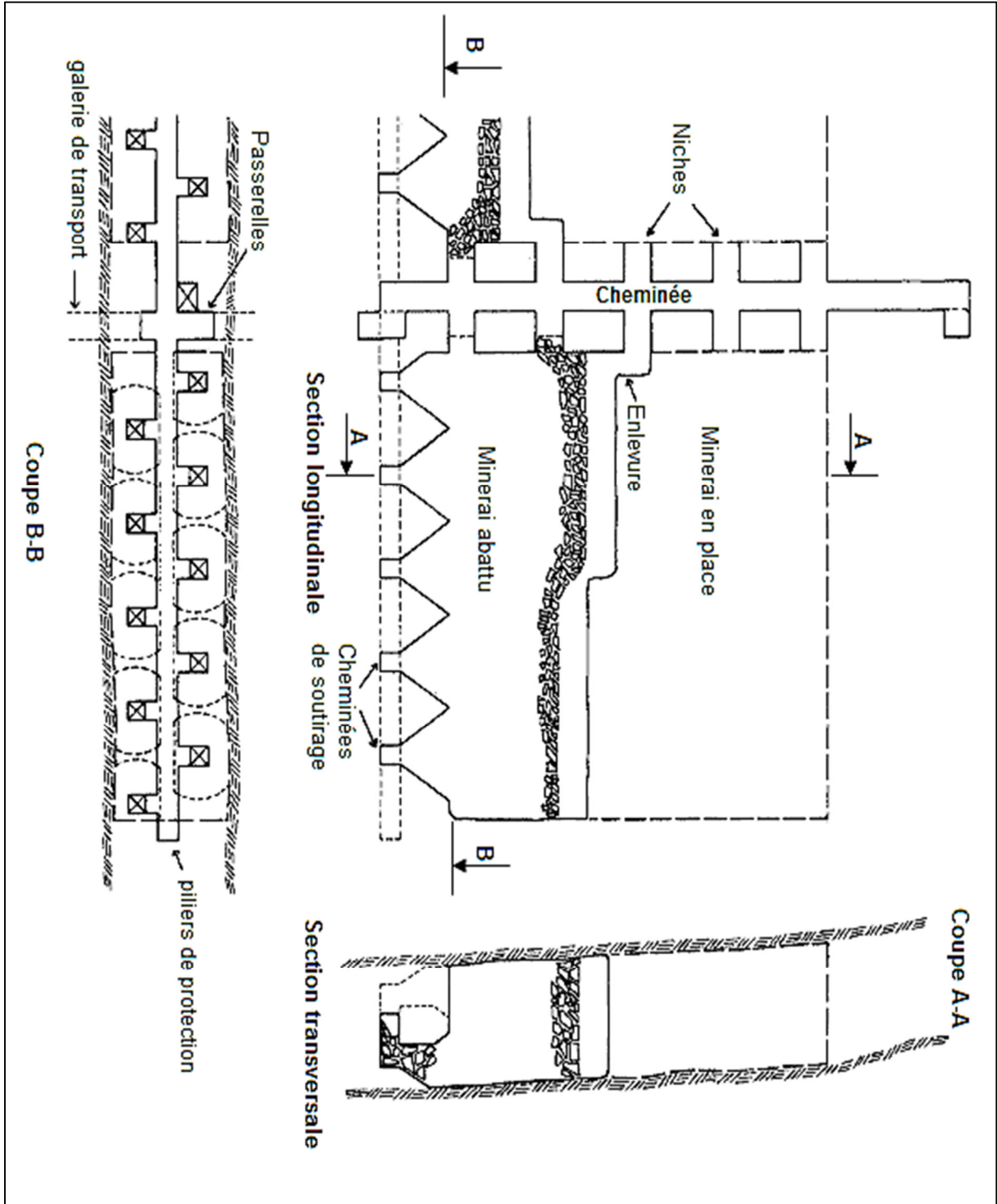


Fig.2. Schéma de la méthode d'exploitation par chambres magasins (puissance moyenne)

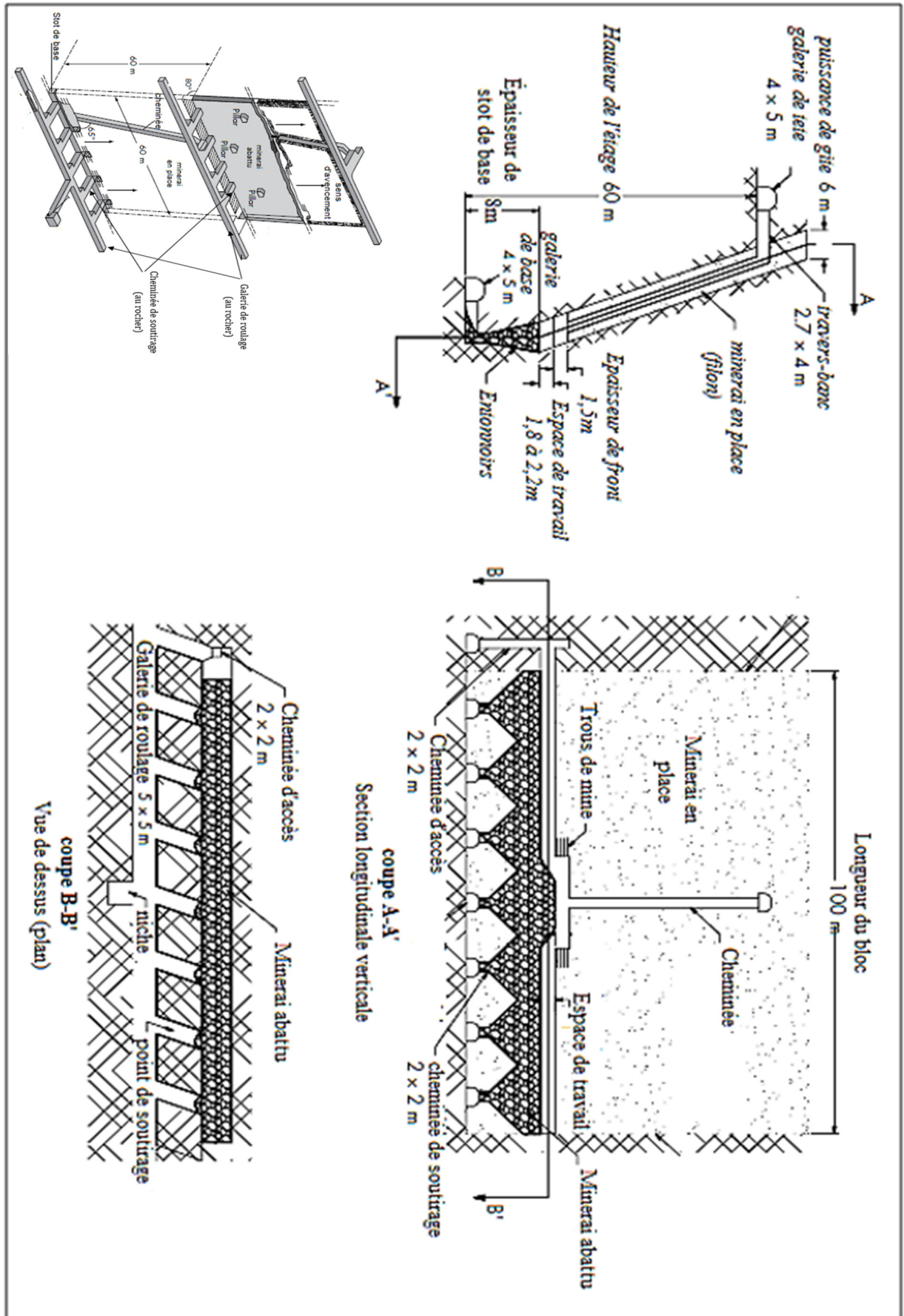


Fig.3. Schéma de la méthode d'exploitation par chambres magasins (filons), (Marchand et all. 2001)

IV.2. MÉTHODES D'EXPLOITATION PAR CHAMBRES VIDE

On appelle chambre vide un chantier d'exploitation qui est conservé sans remblayage ni mise en place d'un soutènement systématique et sans que le minerai soit provisoirement laissé sur place, dans lequel les ouvriers peuvent se déplacer librement lors de l'abattage et de l'évacuation du minerai.

Paramètres d'application de la méthode :

On emploie la méthode d'exploitation par chambres vides quand on a des gisements métallifères avec le minerai et les roches encaissantes durs et stable.

On peut distinguer trois groupes de méthodes à savoir :

- 1/ Méthodes d'exploitation par gradins droits,
- 2/ Méthodes d'exploitation par gradins renversés,
- 3/ Méthodes d'exploitation par sous-niveau abattu.

IV.2.1/ METHODES D'EXPLOITATION PAR GRADIN DROITS

Cette méthode a pour objectif l'extraction du minerai par un système de gradins droits. Elle s'applique pour des gisements minces de puissance variant de 0.6 à 3m et dressant avec une bonne tenue des épontes.

Paramètres principaux du bloc (fig. 7)

Hauteur du bloc de 20 à 30m

Longueur du bloc de 20 à 30m

Distance entre les trémies de chargement de 04 à 06m

Largeur des enlevures de 1.5 à 2m

Hauteur de l'enlevure de 2 à 3m.

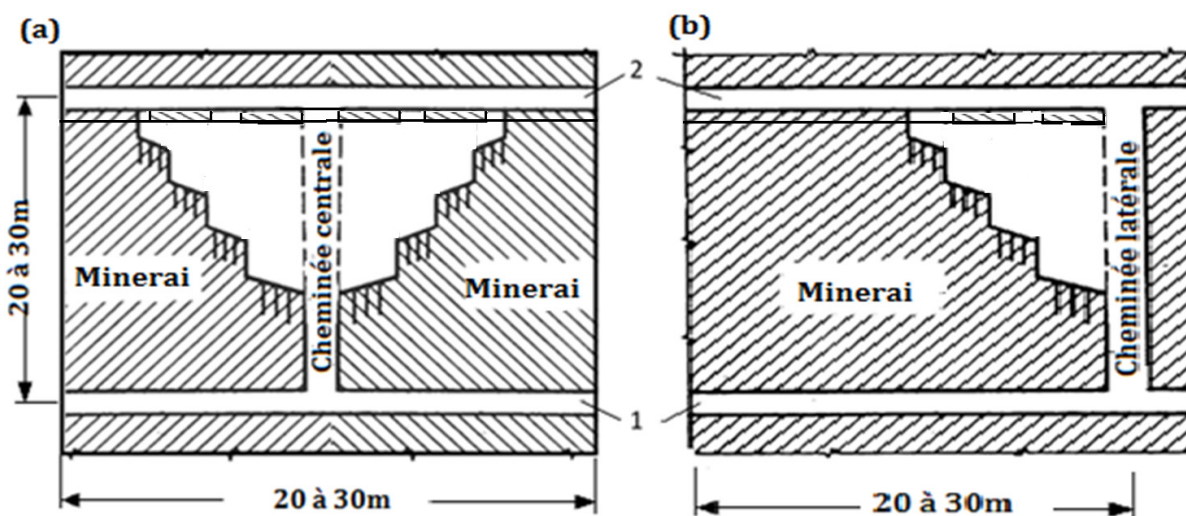


Fig.7. Méthode d'exploitation par chambre vide (Gradins droits)

(a)- Cheminée centrale, (b)- Cheminées latérales

1- Voie de roulage, 2- Voie d'aérage

Dépilage

Lorsque les roches encaissantes sont stables et le minerai est dur, on peut employer les gradins droits, L'avancement des travaux s'effectue à partir du pilier de couronne *c-à-d* au niveau de la sole de la galerie d'aérage, l'obtention des gradins droits vient par l'élargissement de la cheminée centrale (*fig.7, a*), soit de la cheminée en périphérie (latérale) (*fig.7, b*). La largeur et la hauteur de ces gradins varient de 2 à 5m et de 1.5 à 2m respectivement. Les ouvriers se tiennent sur le minerai et forent des trous de mine dirigés vers le bas. La foration se trouve ainsi facilitée, ce qui constitue l'avantage de ce procédé d'abatage qui, par contre présente l'inconvénient d'une évacuation du minerai vers la voie de roulage par pelletage du gradin en gradin.

On adopte parfois un mode d'abatage montant ou descendant dans lequel la partie supérieure de l'étage est exploitée par gradins droits et/ou la partie inférieure par gradin renversés.

Le soutirage du minerai se fait de gradin en gradin sous l'action de son propre poids et partiellement par pelletage jusqu'à la cheminée, ensuite en galerie de roulage ou il sera transporté par des wagons en surface.

IV.2.2/ METHODES D'EXPLOITATION PAR GRADINS RENVERSES

Lorsqu'on exploite par chambres vides les gites métallifères inclinés de 30 à 90°, dont la puissance est inférieure à 3.5m, on emploie le plus souvent les gradins renversés (*fig.8*)

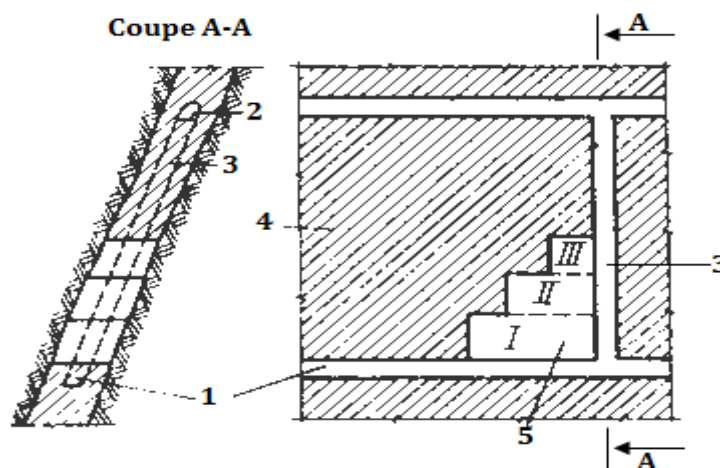


Fig.8. Méthode d'exploitation par chambres vide (gradin renversé).

I, II et III : numéros des gradins renversés ; 1 : voie de roulage ; 2 : voie d'aérage ;
3 : voie ascendante (cheminée) ; 4 : minerai ; 5 : vide créée par l'exploitation.

Dépilage

L'avancement des travaux s'effectue à partir du pilier de couronne *c-à-d* au-dessus de la galerie de roulage, l'obtention des gradins renversés vient par l'élargissement de la voie ascendante 3 (*fig.8*). La largeur et la hauteur de ces gradins varient de 2 à 5m et de 1.5 à 2m respectivement. L'abatage est exclusivement exécuté par foration de trous de mine horizontale ou dirigés vers le haut à l'aide d'un outillage de forage installé sur une

plateforme mobile qui se déplace à l'aide d'un treuil électrique ou pneumatique. La foration se trouve ainsi difficile, ce qui consiste l'inconvénient de ce procédé d'abatage qui, par contre présente l'avantage d'une évacuation du minerai vers la voie de roulage par gravité.

Le soutirage du minerai se fait par gravité sous l'action de son propre poids jusqu'à la galerie de roulage ou il sera transporté par des wagons en surface.

Les Avantages :

- Forages des trous se fait sans difficulté (gradins droits),
- faible investissement,
- soutirage par gravité (gradin renversé),
- bonne récupération du minerai.

Les Inconvénients :

- Conditions de travail difficiles.
- Nécessité du pelletage manuel (gradins droits),
- Risque d'effondrement des roches au niveau du toit,
- Faible rendement du bloc.

IV.2.3 /MÉTHODE D'EXPLOITATION PAR SOUS-NIVEAUX ABATTUS

Dans ces méthodes, l'exploitation se fait par chambres, du bas vers le haut. La méthode d'exploitation par sous-niveaux abattus convient à l'exploitation de gisements dressants inclus dans un massif rocheux relativement stable. L'objectif de ces méthodes, est l'extraction par un système de sous-niveaux et l'évacuation du minerai s'effectue par gravité.

Paramètres d'application de la méthode :

En général, L'application de la méthode d'exploitation par sous-niveaux abattus dépend de plusieurs paramètres dont les principaux sont :

- *Caractéristiques du minerai* : Le minerai doit être solide (stable),
- *Caractéristiques de la roche encaissant* : Les roches encaissantes doivent être stable (sans d'argile ou de structures géologiques comme les failles, les joints, etc).
- *La forme de gisement* : est de préférence de forme tabulaire et régulière d'un niveau à l'autre,
- *Pendage* : Le pendage de gisement doit être supérieur à l'angle de repos (angle naturel) (> 45°).
- *Dimension de gisement* : gisement de puissance (mince, moyenne et puissant) modérée, grande profondeur et n'importe quelle longueur et hauteur.

Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires en vue de l'abatage par sous-niveaux abattus sont importants et complexes. Lorsque la puissance du gite est inférieur à 20m (*fig.10*), on exploite les blocs en direction, et en laisse des piliers pour protégé les cheminées et séparer les

chambres. Chaque cheminée est construite à deux compartiments l'un pour le personnel et l'autre pour le déplacement du matériel.

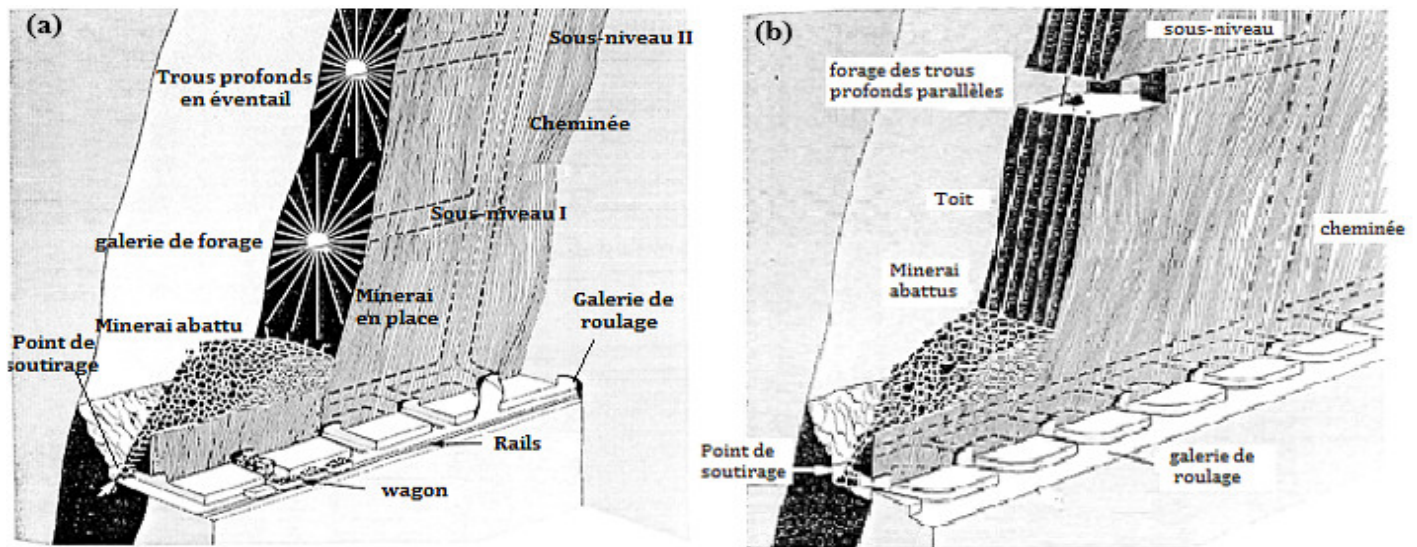


Fig.9. Méthodes d'exploitation par sous-niveaux abattus (Hamrin, 1982).

a-abattage par trous profonds en éventails, b-abattage par trous profonds parallèles.

On accède au gisement par travers-bancs et l'on creuse à partir de ceux-ci la galerie de base (galerie de roulage au rocher 1) et galerie de tête (7) (étages d'environ 100 m de hauteur). Ces galeries sont reliées entre elles par des voies ascendantes (3)(cheminées), à partir desquelles on trace les galeries de sous-niveaux (8) à intervalles de 7 à 15 m. La partie inférieure de la chambre est aménagée en forme d'entonnoir, de manière que les matériaux abattus glissent vers les points de soutirage (10) (cheminée de soutirage).

Travaux dans le bloc

Ces travaux nécessitent le creusement des ouvrages suivants :

- Une galerie de raclage (4) avancée au toit des recoupes (2) est communiquée avec ces dernières par des rampes de chargement qui permettent l'évacuation des produits par scraper directement en wagons ;
- Les cheminées de soutirage (10) qui aboutissent deux à deux à la galerie de raclage(4) ;
- Quatre galeries de sous-niveaux (8) reliant les cheminées latérales de bloc ;
- La galerie inférieure de sous-niveau creusée de 7 à 10m au-dessus de celle de raclage est utilisée pour la création de la coupure horizontale inférieure ;
- La cheminée initiale (5) creusée au milieu du bloc est destinée à la réalisation de la coupure verticale suivant la hauteur et largeur de chambre.

Lorsque la puissance du gîte supérieur à 20m (*fig.11*), on exploite perpendiculairement à la direction, et en laisse temporairement des piliers (subsister des stots) pour séparer les chambres.

*Hamrin, H., 1982, "Choosing an Underground Mining Method," *Underground Mining Methods Handbook*, Sec. 1.6, W.A. Hustrulid, ed., SME-AIME, New York, pp. 88–112.

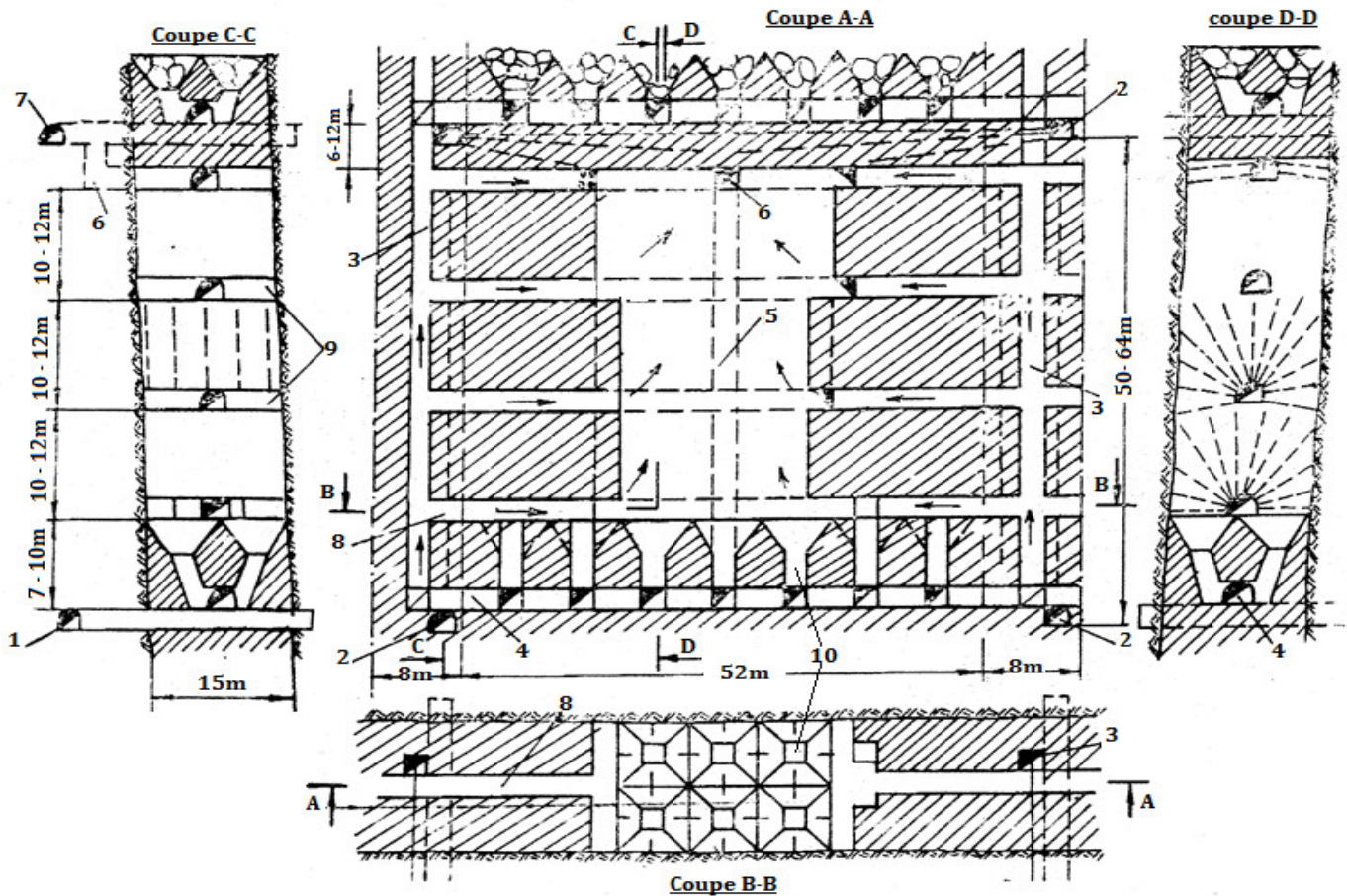


Fig.10. Méthode d'exploitation par sous-niveaux abattus (puissance moyenne)

1- galerie de base (roulage au rocher); 2- recoupes; 3- cheminées; 4-galerie de raclage; 5- cheminée initiale; 6- travers-bancs d'aérag; 7-Galerie de tête (aérag); 8-galerie de sous-niveaux; 9-enlevures; 10-cheminées de soutirage,

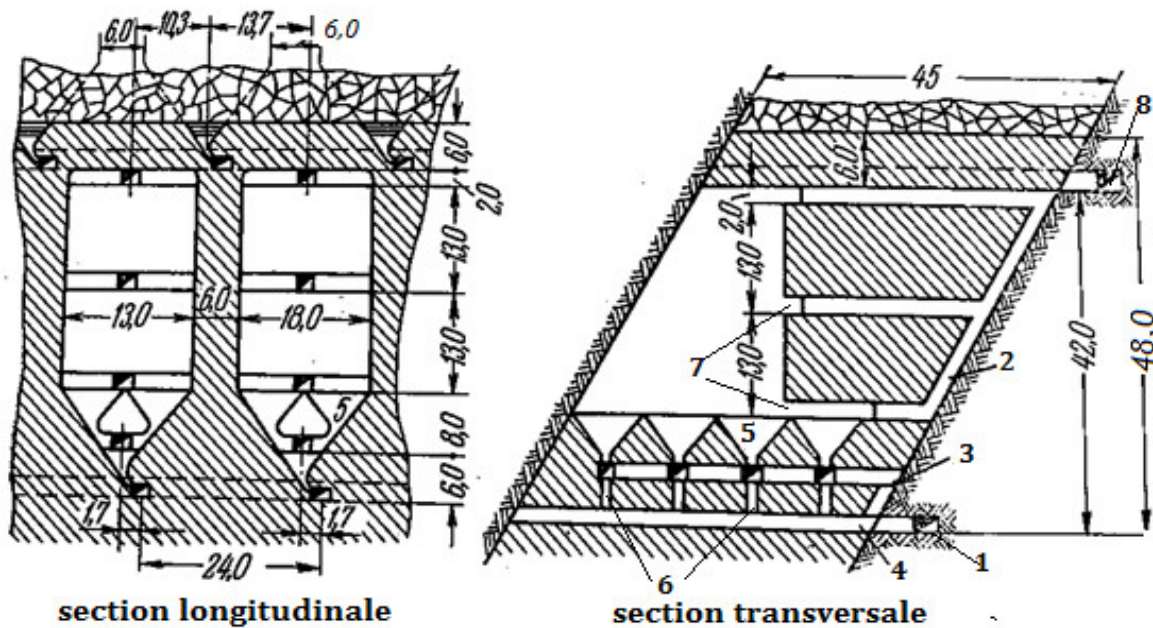


Fig.11. Méthode d'exploitation par sous-niveaux abattus (gisement puissant)

1- Galerie de base (roulage) ; 2- Voies ascendantes ; 3- niveau de soutirage ; 4-galerie de raclage ; 5- Entonnoirs ; 6-cheminées de soutirage ; 7- Sous-niveaux intermédiaires ; 8-Galerie de tête (aérag),

Dépilage

L'abattage de minerai se fait par tranches verticales de 1.5 à 2.5m d'épaisseurs forées par des trous profonds (en éventail ou parallèle) suivant un plan de tir établi par les spécialistes (ingénieur minier) (Fig.12), qui précise le nombre, la position, la direction et la profondeur des trous. Tous les trous du premier niveau sont forés avant de passer au niveau supérieur. Pendant la foration au niveau supérieur, les premières mines sont chargées et tirées selon un plan de tir conçu pour abattre une volée d'un volume important des roches.

Le forage des trous profonds parallèles nécessite le creusement des enlevures d'une part et d'autre part élargissement de galeries de sous-niveaux sur toute la puissance de gisement (fig.9.b), ces enlevures sont préparées au fur et à mesure de la progression du front d'abattage. Le forage des trous profonds se fait par des machines de forage ou par des marteaux perforateurs lourds. Pour les trous en éventail, le matériel doit assurer la foration dans un plan vertical de 0 à 180° (fig.9.a), le chargement des trous par explosifs se fait par des machines mécaniques ou pneumatique.

Après le tir, le minerai est évacué par gravité dans des entonnoirs et par des cheminées de soutirage, dans la galerie de raclage sur laquelle elles débouchent. Le déblocage du minerai se fait par des engins mécanisés dans les rampes de chargement ou ils tombent dans des berlines.

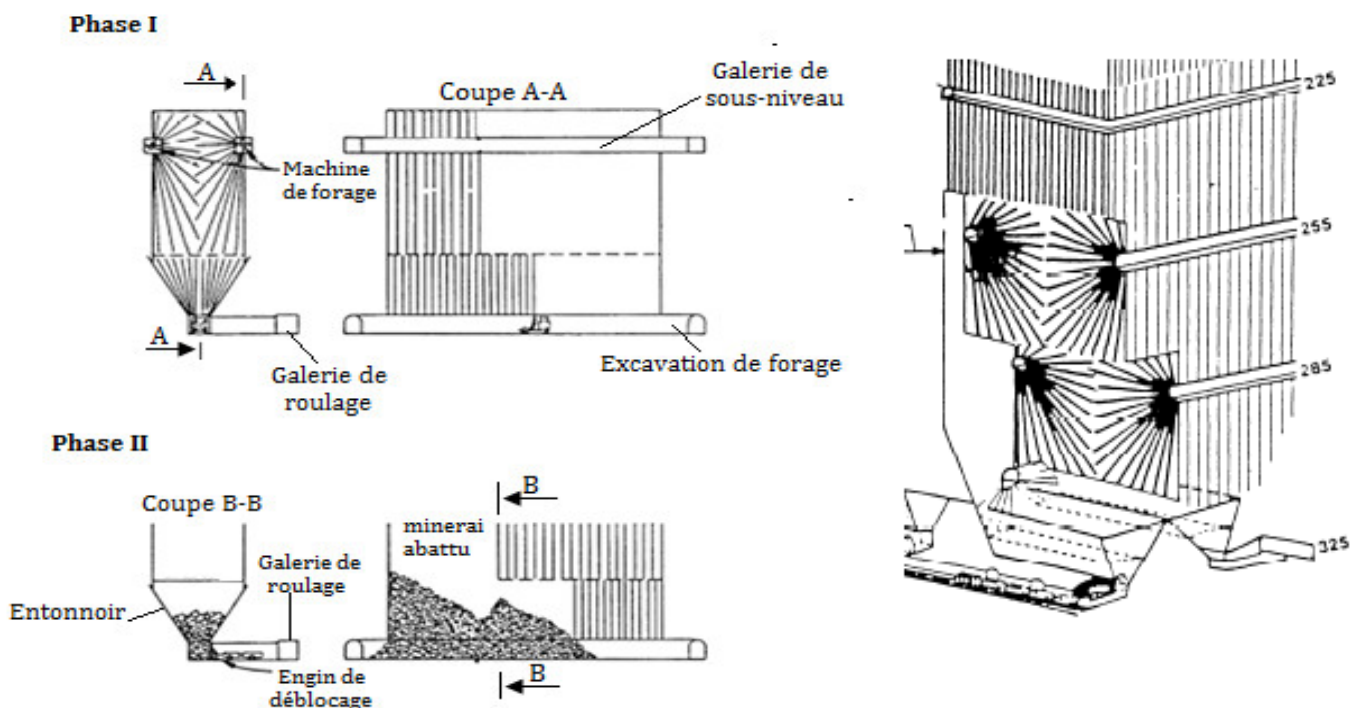


Fig.12. Schéma d'abattage et système d'évacuation du minerai
(Matikainen, 1981 and Irvine, 1982).

*Matikainen, R., 1981, "Sublevel Stopping in Finland," *Design and Operation of Caving and Sublevel Stopping Mines*, Chap. 45, D. Stewart, ed., SME-AIME, New York, pp. 627-633.

*Irvine, J.C., 1982, "Recovery of Pillars Between Blast hole Shrinkage and Sublevel Stopes at the Pea Ridge Mine," *Underground Mining Methods Handbook*, Sec. 2, Chap. 10, W.A. Hustrulid, ed., SME/AIME, New York, pp. 447-455.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Avantages

1. Méthode productive ;
2. L'aérage des chantiers d'abattage se fait sans difficulté ;
3. bonne récupération du minerai, dépassant 90%, lorsque la récupération du bon pilier est possible ;
4. Les sous-niveaux peuvent être forés avant le dynamitage lorsque l'équipement est disponible ;
5. Le minerai peut être retiré immédiatement après le démarrage de l'abattage primaire.

Inconvénients

1. Risque d'effondrement des roches au niveau du toit et ébranlement des terrains avoisinantes ;
2. La méthode est très intensive en capital, nécessitant une grande quantité de développement (préparation du bloc) ;
3. Nécessite un Débitage secondaire ;
4. Pertes importantes en minerai et dilution pendant la récupération des piliers.

IV.3. MÉTHODE D'EXPLOITATION PAR CHAMBRES BOISÉES OU CHARPENTÉES :

On appelle ainsi les méthodes dans lesquelles le vide créé par l'exploitation est conservé moyennant un soutènement artificiel systématique.

Les méthodes des chambres boisées ou charpentées employées pour l'exploitation des gites inclus dans des *terrains instables*, nécessitant la mise en place d'un soutènement systématique, où les méthodes des chambres vides seraient inapplicables.

Ces méthodes sont également utilisées, lorsque les terrains encaissants sont stables, pour l'exploitation du minerai éboulé présentant des inclusions de variétés meubles, des filons minces, des gites sillonnés de failles, etc.

Ces méthodes peuvent être classées en deux groupes :

- a. Méthodes d'exploitation par chambres boisées ou charpentées sans remblayage
- b. Méthodes d'exploitation par chambres boisées ou charpentées avec remblayage

Le premier groupe comprend les méthodes dans lesquelles le vide de l'exploitation est maintenu au moyen du seul soutènement artificiel ; dans ce cas, s'il y a remblayage, ce remblayage n'est pas destiné à soutenir les terrains mais résulte de l'abandon de la roche stérile abattue en même temps que le minerai dans le vide de l'exploitation. Dans les méthodes appartenant à ce groupe, le soutènement sert également à l'installation d'un plancher de travail sur lequel se tiennent les ouvriers.

En pratique, les méthodes d'exploitation par chambres boisées ou charpentées sans remblayage sont employées pour l'exploitation des gites filoniens dont la puissance est inférieure à 5m.

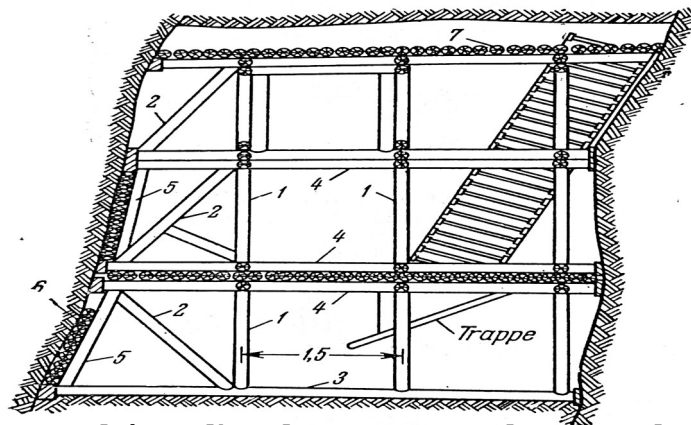


Fig.13. Schéma d'exploitation par chambres boisées.

- 1-étais verticaux ; 2- poussards diagonal ; 3- semelle ; 4- poussards transversal ;
5- montants placés coté toit ; 6- garnissage ; 7- bois ronds formant le plancher.

Les méthodes d'exploitations par chambres boisées ou charpentées **avec remblayage** sont celles où, pour soutenir le vide créé par l'exploitation, on procède à la mise en place d'un soutènement artificiel et au remblayage de manière permanente et systématique. Le soutènement est placé au fur et à mesure de l'abattage du minerai, il sert à maintenir le toit et les épontes à l'emplacement de travail. Ces méthodes sont employées pour l'exploitation des gisements puissants

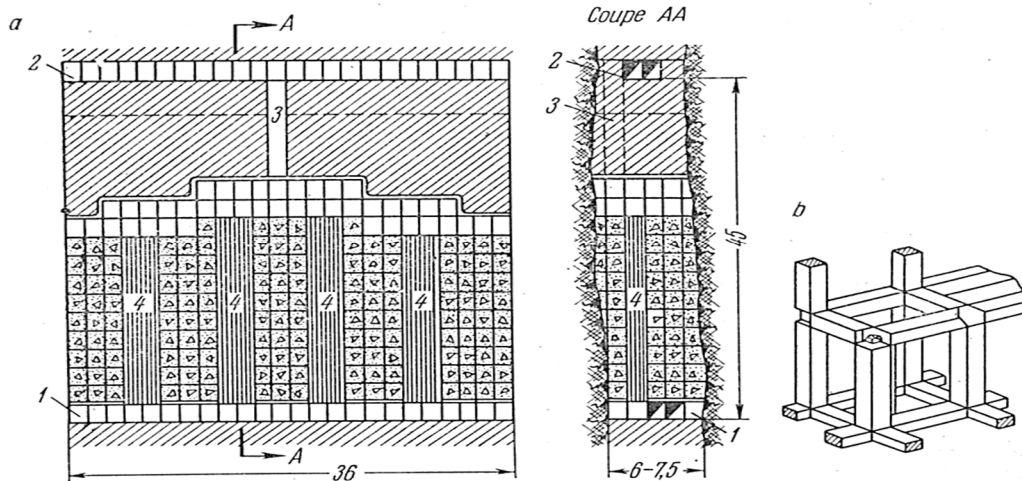


Fig.14. Méthodes d'exploitation par chambres charpentées avec remblayage

a-schéma de la méthode ; b- cube de soutènement ; 1-galerie de roulage ; 2- galerie d'aéragé ;
3- voie ascendante ; 4- cheminée à minerai.

Suivant le mode de soutènement, on distingue trois variantes principales de ces méthodes :

- 1- avec boisage par cadres ;
- 2- avec boisage poussardé ;
- 3- avec charpentes.

La méthode avec boisage par cadres est employée pour l'exploitation des filons fortement pentes de faible puissance, lorsque le minerai est tendre et roches encaissantes instables ;

Dans ces conditions le minerai est enlevé par zones horizontales de 2m de hauteur. L'exploitation de la zone inférieure possède une avance de 2 à 4m sur la zone supérieure. Un étage comprend de 7 à 15 zones. Au fur et à mesure de l'abattage, les zones sont boisées par cadres sans semelles.

Lorsqu'on emploie les méthodes avec boisage poussardé ou avec charpentes, l'étage d'une hauteur de 30 à 40m est découpé au moyen de voies ascendantes en blocs dont la longueur comptée en direction est de 30 à 50m. Les blocs sont exploités en chassant simultanément de deux cotés à partir de la voie ascendante.

Les filons *minces et moyens* sont exploités avec mise en place d'un boisage poussardé ; pour les filons *plus puissant*, on emploie les charpentes (cubes de soutènement). Ces deux méthodes peuvent être employées avec un remblayage ultérieur du vide de l'exploitation.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Les Avantages :

- 1- bonne sécurité des ouvriers pendant les travaux ;
- 2- L'aéragé des chantiers d'abattage se fait sans difficulté ;

Inconvénients :

- 1- faible rendement du bloc ;
- 2- grande consommation du bois ou charpentes ;
- 3- Les méthodes par chambres *boisées ou charpentées* sont onéreuses (couteuses).

IV.4. MÉTHODES D'EXPLOITATION PAR CHAMBRES FOUDROYÉES

Les méthodes des chambres foudroyées sont celles dans lesquelles le minerai et les roches encaissantes s'effondrent sous l'effet de la pesanteur, et celles dans lesquelles le minerai est abattu à l'explosif mais où le foudroyage des terrains encaissants fait partie intégrante de l'exploitation. On peut distinguer deux groupes de méthodes à savoir :

Méthodes d'exploitation par sous-niveaux foudroyés ;
Méthodes d'exploitation par blocs foudroyés.

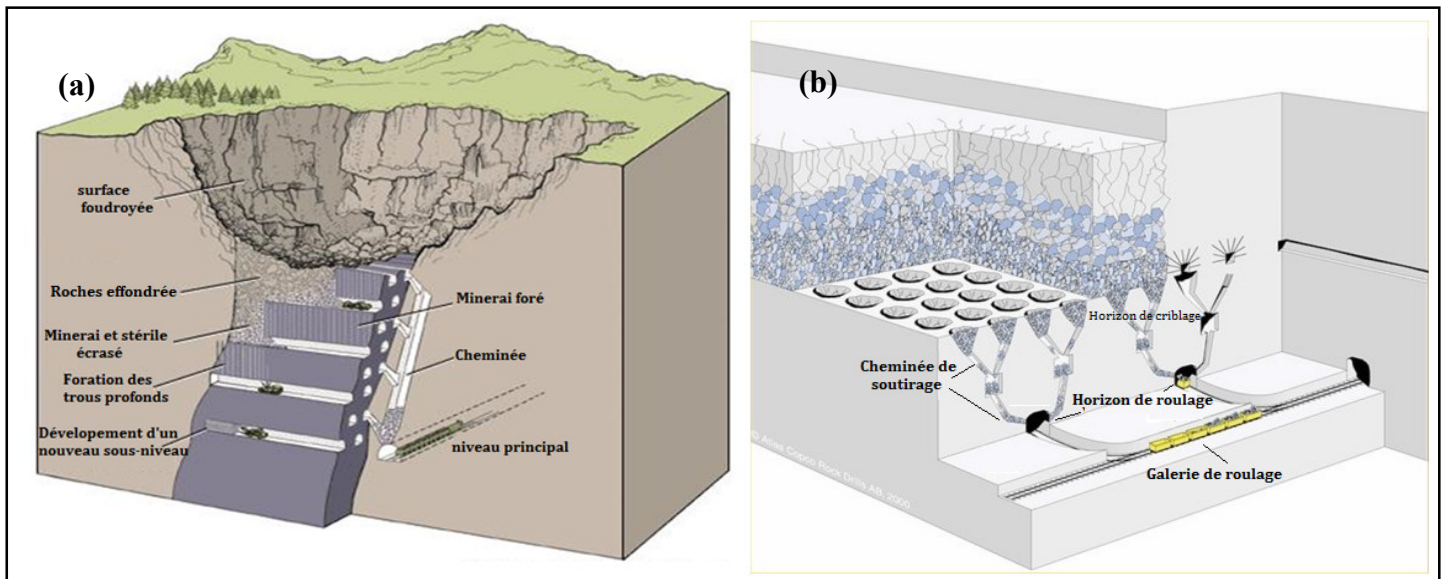


Fig.15. Méthodes d'exploitation par chambres foudroyées
a-sous-niveaux foudroyés, b-Blocs foudroyés

1. MÉTHODE D'EXPLOITATION PAR SOUS-NIVEAUX FOUDROYÉS

L'exploitation par sous-niveaux foudroyés s'applique aux gisements moyennement à fortement pentus de grande profondeur (*fig.15, a*). Le minerai doit être de nature à pouvoir être fragmenté à l'explosif en blocs maniables. La méthode entraîne l'éboulement du toit et l'affaissement des terrains de couverture (roches stériles).

Dans cette méthode, la foration est immédiatement suivie de la fragmentation du massif rocheux aux explosifs. La progression de cette méthode est descendante.

Paramètres d'application de la méthode :

En général, L'application de la méthode d'exploitation par sous-niveaux foudroyés dépend de plusieurs paramètres dont les principaux sont :

- *Caractéristiques du minerai* : Le minerai doit être moyennement dur,
- *Caractéristiques de la roche encaissant* : Les roches encaissantes doivent s'effondrer facilement (instable).

- *La forme de gisement* : est de préférence de forme tabulaire et régulière d'un niveau à l'autre,
- *Pendage* : Le pendage de gisement doit être moyennement à fortement pentus.
- *Dimension de gisement* : gisement puissant, grande profondeur et n'importe quelle longueur et hauteur.

Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires sont importants. Des galeries d'accès doivent être tracées dans le gisement à intervalles verticaux assez rapprochés (de 10 à 20 m) et suivant une disposition déterminée. Celle-ci est la même à tous les sous-niveaux, sauf qu'elle est légèrement décalée d'un sous-niveau à l'autre, de sorte que les galeries d'un sous-niveau donné se trouvent entre celles du sous-niveau supérieur. Une coupe verticale montrerait une disposition en losanges, avec un espacement régulier dans le sens horizontal et dans le sens vertical. Bien que les travaux de creusement soient ici importants, il s'agit d'une opération simple qui se prête bien à la mécanisation. Le creusement simultané de plusieurs galeries à différents sous-niveaux implique une utilisation optimale du matériel.

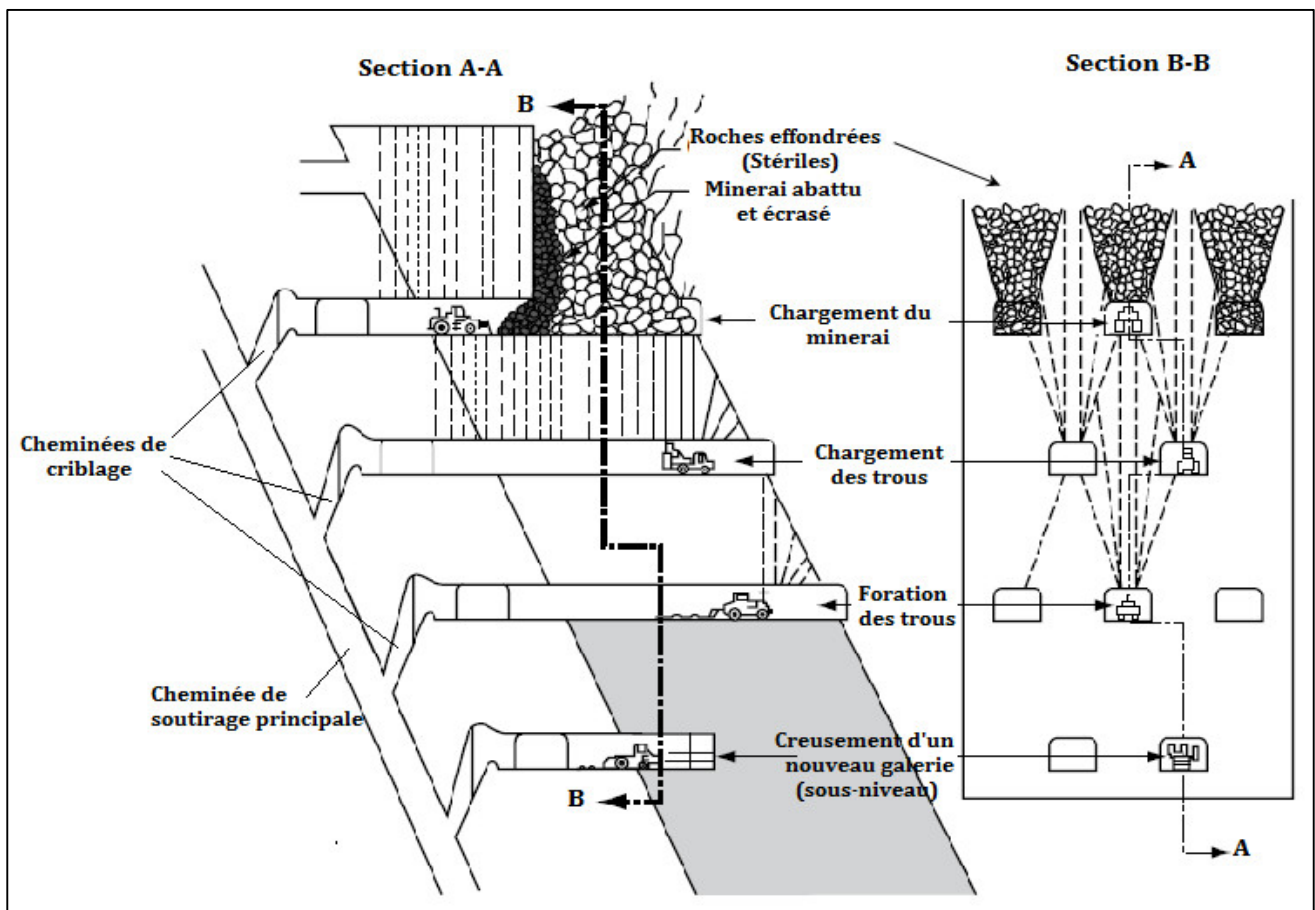


Fig.16. Méthodes d'exploitation par sous-niveaux foudroyés (Kvapil 1992)

Schéma de la réalisation des sous-niveaux et abattage du minerai par tir dans des trous profonds forés en éventail

Dépilage

Lorsque la préparation d'un sous-niveau est terminée, des trous profonds verticaux sont forés en éventail au plafond des galeries. La foration une fois terminée à ce sous-niveau, l'engin de foration est amené au sous-niveau inférieur.

Le tir de mines fragmente la roche, qui se disloque du toit et tombe verticalement sur le mur du sous-niveau inférieur, en laissant un front droit. Une coupe verticale telle que la section (A-A) (fig.16) montrera des chantiers en escalier, les travaux à chaque sous-niveau sont en avance d'une opération sur ceux du sous-niveau inférieur. Les matériaux foudroyés renferment un mélange de minerai et de stériles. Les premiers matériaux évacués par la chargeuse sont constitués exclusivement de minerai. Au fur et à mesure que le déblocage progresse, la proportion de stériles augmente. Lorsque l'opérateur juge qu'elle est trop élevée, il passe au chantier suivant. Pendant ce temps, les boutefeux prépareront la prochaine volée.

L'exploitation par sous-niveaux foudroyés est caractérisée par un schéma régulier (fig.17) et des opérations répétitives (creusement de galeries, foration, chargement et bourrage de trous, tir de mines, chargement et transport du minerai) réalisées de façons indépendantes. L'exploitation se déroule en continu d'un sous-niveau à l'autre, de sorte que les équipes et le matériel travaillent avec le maximum d'efficacité. La méthode est toutefois moins sélective que les autres et le taux d'extraction du minerai n'est pas des plus élevés. Les matériaux foudroyés contiennent quelque 20 à 40% de stériles, et la perte de minerai peut varier entre 10 et 25%.

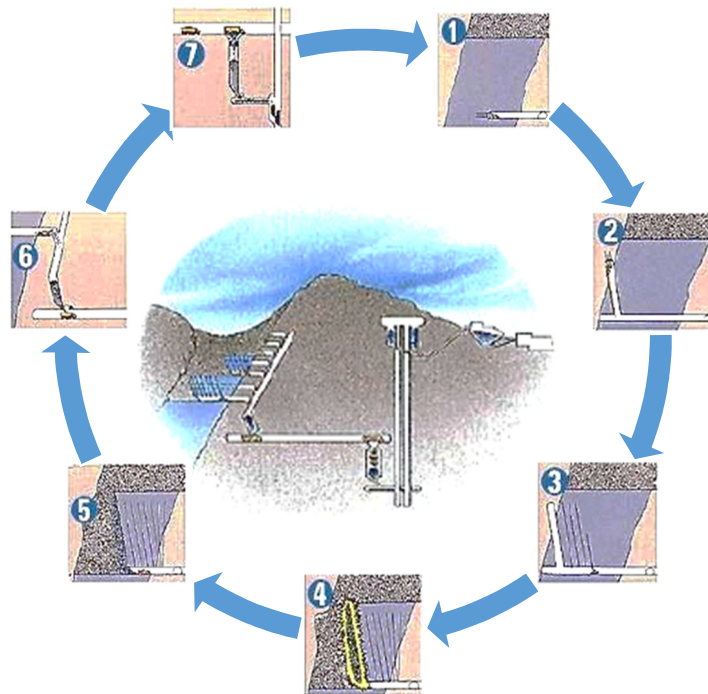


Fig.17. représentation schématique d'une opération typique de sous-niveaux foudroyés

(1et 2-préparation et creusement (galerie de sous-niveau) ; 3-foration et chargement des trous ; 4- tir et foudroyage de toit ; 5- chargement et transport ; 6-évacuation du minerai au niveau principal ; 7- déchargement et concassage).

LES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Les Avantages :

1. Taux de production élevé ;
2. Bonne concentration des travaux
3. Nombreux points de chargement
4. Bonnes salubrité et sécurité
5. Approprié à la pleine mécanisation ; la bonne tenue générale des terrains permît le creusement des galeries assez larges pour les engins miniers encombrants.

Les Inconvénients

Les inconvénients majeurs de la méthode sous-niveaux foudroyées sont les suivants :

1. Forte dilution lors du chargement (mélange stérile et minéral),
2. Consommation d'explosifs très élevé ;
3. Évacuation de stérile provenant de creusement des plans inclinés, des passages au mur et des recoupes.
4. Ébranlement des terrains environnants et création des contraintes induites qui déstabilisent le terrain (affaissements en surface).
5. Coût de développement élevé.

2. MÉTHODES D'EXPLOITATION PAR BLOCS FOUDROYÉS

Les blocs foudroyés sont une application à plus grande échelle de la méthode des sous-niveaux foudroyés : la tranche de minéral foudroyée en une fois a ici la hauteur de l'étage.

Dans cette méthode le gisement est partagé en blocs qui sont successivement coupés à leur partie inférieure et foudroyés (*fig.15, b*).

La méthode d'exploitation par foudroyage des blocs est employée pour l'exploitation des gisements puissants à fort pendage (plus de 65°), reposant sous des terrains s'effondrant facilement.

Paramètres d'application de la méthode :

En général, L'application de la méthode d'exploitation par foudroyage des blocs dépend de plusieurs paramètres dont les principaux sont :

- *Caractéristiques du minéral* : Le minéral doit être faible ou moyennement dur, de préférence moelleux ou friable, qui se sépare facilement lorsqu'ils sont creusés ;
- *Caractéristiques de la roche encaissant* : Les roches sus-jacentes doivent s'effondrer facilement (instable) ;
- *Pendage* : Le pendage de gisement doit être supérieur à 65° (fortement pentus), mais peut être plate si le gisement est épais ;
- *La forme de gisement* : grande étendue et épaisse (>30mètres)
- *Dimension de gisement* : gisement puissant, grande profondeur (>2km de profondeur) et n'importe quelle longueur et hauteur modérée (>500m et <1200m).

Principe de cette méthode

Dans le procédé de foudroyage des blocs, le minerai est déplacé par affaissement (foudroyage) à une cavité formé presque toujours sans utilisation de forage et de dynamitage. L'abattage est utilisé pour établir l'amélioration initiale.

La base du minerai est creusée en enlevant leur support, ce qui entraîne une fracturation du minerai qui migre vers un vide amélioré et qui est ensuite retiré.

Travaux préparatoires

L'exploitation par foudroyage de blocs nécessite une planification à long terme et des travaux préparatoires importants, comprenant le traçage d'un réseau complexe de voies sous le bloc à extraire. Les travaux varient d'une mine à une autre, mais comprennent généralement le sous-cavage du bloc. La coupure est réalisée sur une surface importante de la base (fig.18) et d des cotes de chaque bloc. Au fur et à mesure du foudroyage, le minerai s'écrase et les roches sus-jacentes s'affaissent.

Les galeries principales de roulage sont tracées à intervalles de 30 à 45m ; à partir de ces galeries et de part et d'autre, on creuse des voies inclinées. Le creusement des voies inclinées est commencé à partir d'un cadre supplémentaire de boisage de forme carré fixé sur le soutènement normale de la galerie de roulage. Ces voies sont rami-fient dans le même plan à intervalles réguliers.

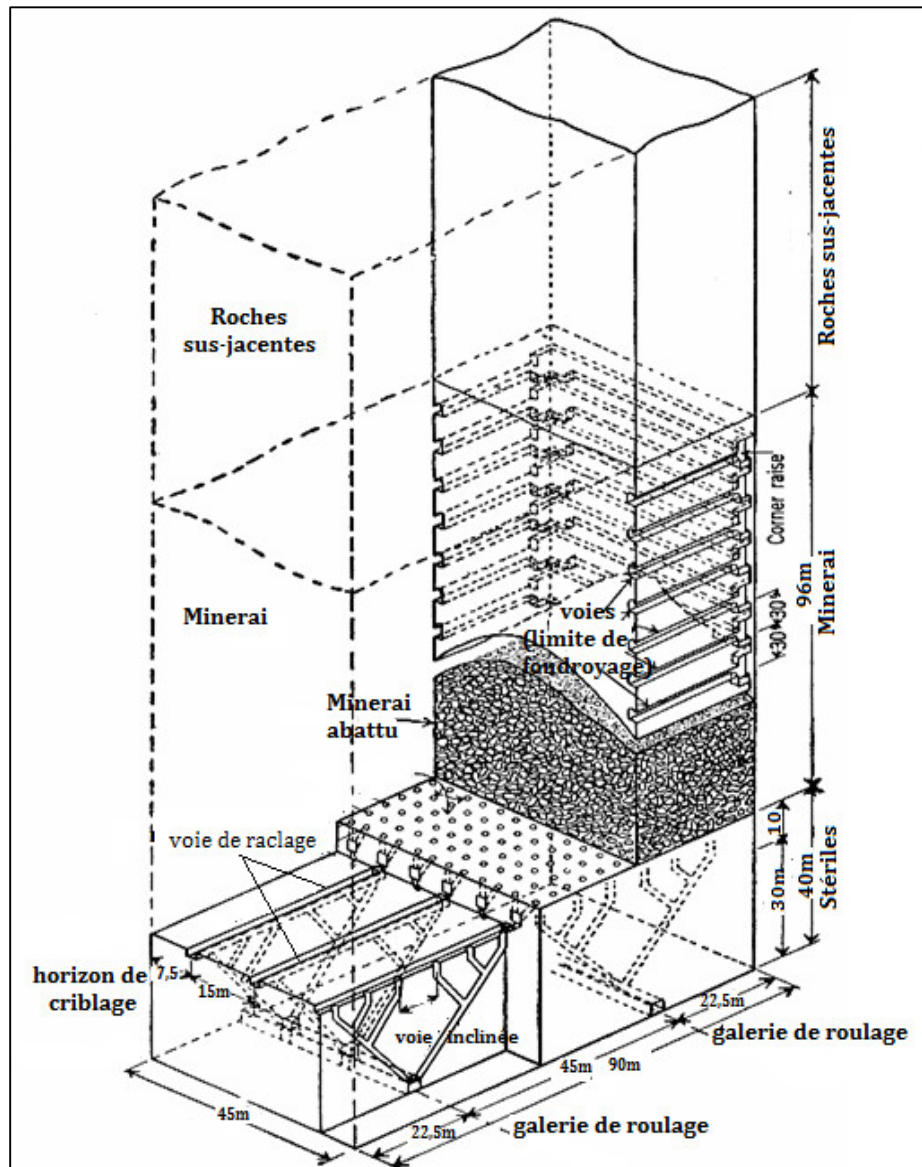


Fig.18. Méthode d'exploitation par foudroyage des blocs avec réalisation des coupures à la base des blocs

Foudroyage des blocs :

La base du bloc sous la saignée est découpée en entonnoirs pour conduire le minerai foudroyé vers les cheminées dans lesquelles il descend par gravité au niveau de soutirage, il est repris par des chargeuses et transporté au cheminées d'évacuation. Les fragments trop gros pour la benne des chargeuses sont morcelés à l'explosif au point de soutirage, d'autre moins gros, sont débités sur les cribles. Ceux-ci, constitués d'un grillage de grosses barres parallèles, servent à retenir les fragments de dimension excessive et sont d'un emploi courant dans les mines exploitées par blocs foudroyés, le morcellement se fait de plus en plus souvent par voie hydraulique.

Les excavations pratiquées dans une mine exploitée par blocs foudroyés sont soumises à de fortes pressions du terrain.

LES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Les Avantages :

1. Méthode productive (taux de production plus élevé que les autres méthodes) ;
2. Bonne récupération (90% ou plus), mais avec une dilution significative ;
3. Bonne ventilation et sécurité pour les travailleurs.

Les Inconvénients :

1. L'affaissement et l'effondrement à grande échelle ;
2. Taux de dilution très élevé ;
3. La reprise du contrôle est essentielle à la réussite de la méthode ;
4. Coût très élevé et délais importants de développement (travaux préparatoires) ;
5. Débitage secondaire est nécessaire.

IV.5. MÉTHODES D'EXPLOITATION PAR CHAMBRES REMBLAYEES

Ces méthodes sont celle dans lesquelles le vide créé par l'exploitation est comblé par un remblai qui remplace le minerai enlevé et maintient les épontes ; en outre, le remblayage entre dans le cycle des travaux d'exploitation.

Le remblayage peut être effectué de deux manières :

1. En même temps que les travaux d'exploitation, au fur et à mesure du déplacement du chantier ;
2. Après l'enlèvement du minerai dans un secteur déterminé.

La méthode d'exploitation par chambres remblayées convient à l'exploitation de gisements fortement ($>45^\circ$) pentus inclus dans un massif rocheux dont la stabilité est bonne à moyenne.

Paramètres d'application de la méthode :

- *Caractéristiques du minerai* : Le minerai doit être dur et moyennement dur ;
- *Caractéristiques de la roche encaissant* : faible résistances des roches stériles ;
- *La forme de gisement* : tabulaire et peut être irrégulier, discontinu ;
- *Pendage* : Le pendage de gisement doit être supérieur à 45°
- *Dimension de gisement* : gisement puissant (2 à 30m), et inférieur 1,2 à 2,4km de profondeur.
- *Classe de minerai* : La teneur de minerai devrait être très élevée.

Types de méthodes et de remplissage

Il existe de nombreuses méthodes d'exploitation et de remplissage et de nombreuses combinaisons hybrides.

Voici un ensemble de descripteurs de base :

• *progression verticale de l'exploitation minière*

- Exploitation en montant (au-dessus du remblai) (*fig.19.a*),
- Exploitation en descendant (sous le remblai) (*fig.19.b*).

• *Méthode d'exploitation minière*

- Tranche remblayée (horizontale),
- Par Post-Piliers,
- Par gradin avec remblayage,
- Par tranches verticales (abattage par tir dans des trous profonds).

• *Type de remplissage*

- Remblai cimenté

- Remblai non cimenté
- Remplissage de sable (hydraulique)

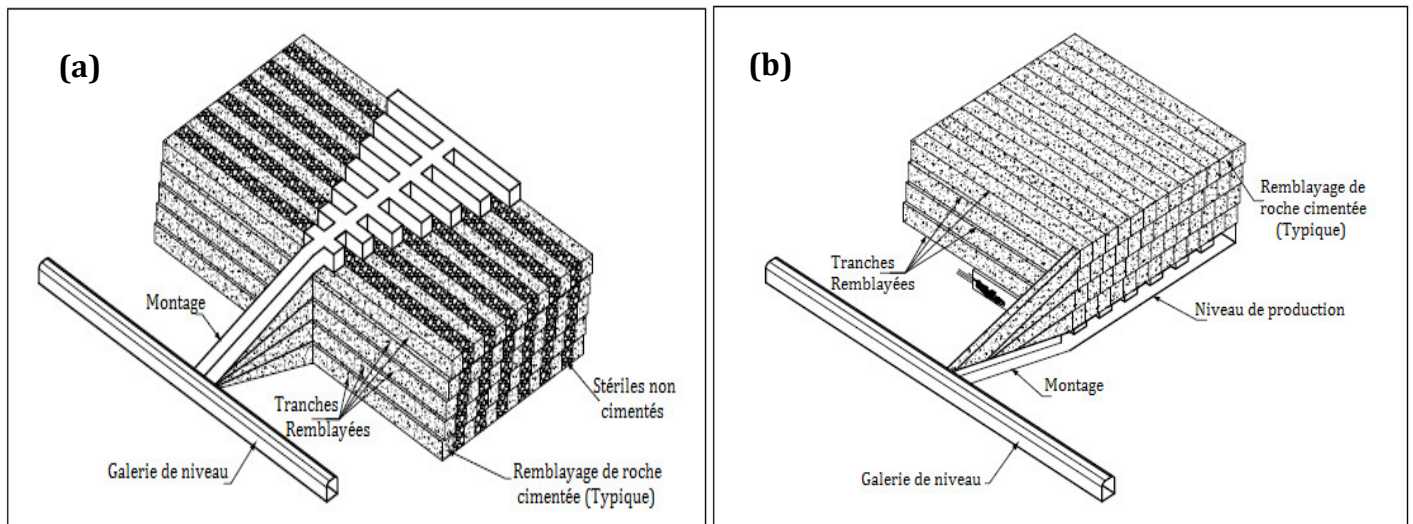


Fig.19. Méthodes d'exploitation par tranches remblayées

a-Exploitation en montant ; **b**-Exploitation en descendant

L'exploitation par chambres remblayées est extrêmement flexible et diverses combinaisons de méthodes d'extraction et de remplissage peuvent être utilisées pour faire face à des situations minières spécifiques. Cependant, certaines combinaisons ne sont pas réalisables, comme la méthode d'exploitation en descendant remblayée de roche non cimenté.

1/ Méthodes d'exploitation par tranches remblayées

Le minerai est abattu et déblayé par tranches horizontales successive de 1.5 à 4.6m d'épaisseur à partir de l'arrière du chantier (*fig.19*). La hauteur de l'étage varie entre 40 à 60m et longueur du bloc varie entre 50 à 100m. L'exploitation minière progresse d'un niveau inférieur à un niveau supérieur ou l'inverse (montant/descendant), Des trous horizontaux de 1,5 à 4,6 m de profondeur sont forés dans le front. Le minerai abattu est ensuite enlevé par l'utilisation des scrapers, ou des équipements de déchargement spéciaux, par des passages du minerai au niveau ci-dessous (*fig. 20*) (Rausch et Stitzer, 1973 ; White, 1984). Une fois l'abattage et le déblocage terminés, les voies (passages du minerai et chemin d'accès) sont prolongées vers le haut (*fig. 20.a*) (ou vers le bas (*fig.20.b*)).

Les vides sont remblayés de manière :

1/ à former un plancher de travail (*fig. 20.a*) (pour la foration de la volée suivante et à assurer le soutènement des parements de la chambre),

2/à éviter l'effondrement du toit (*fig.20.b*)

- Les tranches montantes remblayées sont employées lorsque le minerai se produit dans des lentilles minces et peu profond avec une faible résistance des roches stériles.

- Les tranches descendantes remblayées sont employées pour l'exploitation des gisements dressant haut qualité avec une faible résistance du minéral et roches stériles,

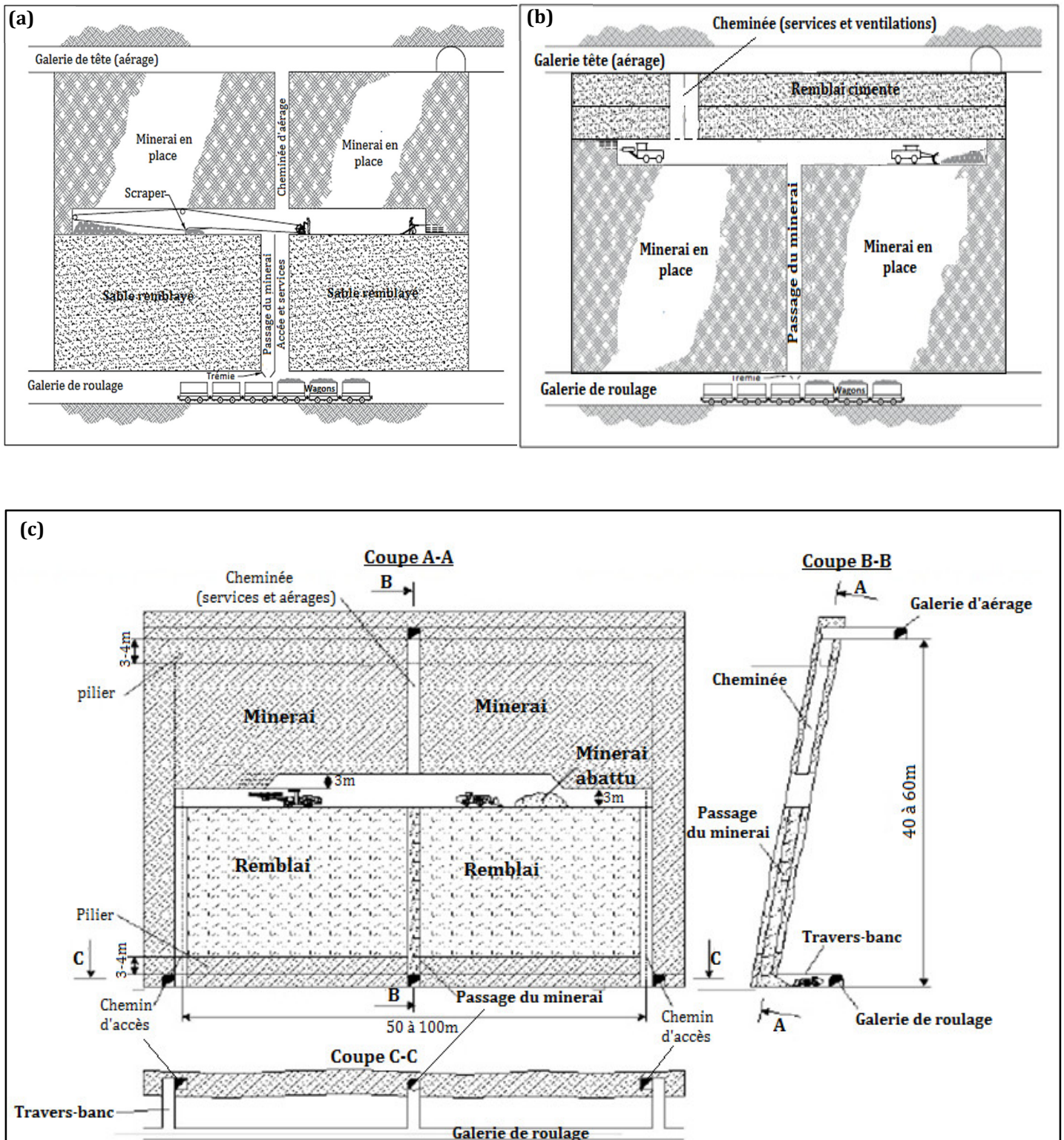


Fig.20. Schéma de la méthode d'exploitation par tranches remblayées

a- mode d'abattage montant (par scraper) ; b- mode d'abattage descendant ; c- mode d'abattage montant (mécanisé)

2/ Méthode par Post-piliers

La méthode d'exploitation par post-pilier est employée pour l'exploitation des gisements horizontaux ou faiblement inclinée (amas) d'une épaisseur et largeur importante, le placement de remplissage non cimenté a pour but principal d'avoir accès à l'excavation de tranches successives de minerai dans une séquence montant. La méthode des piliers peut être décrite comme la méthode d'exploitation par chambres et piliers où le remplissage (de roche non cimenté) est placé sur le sol afin que les couches successives puissent être extraites vers le haut dans la zone de minerai (voir la figure 21).

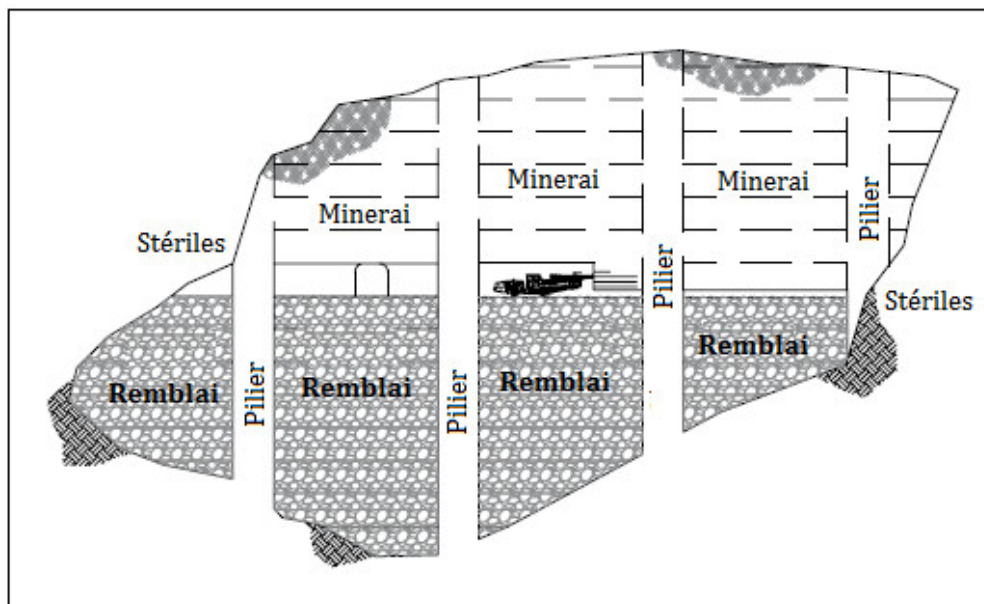


Fig.21. Schéma de la méthode d'exploitation par post-piliers

3/ Méthode d'exploitation par gradin avec remblayage

Le principe d'exploitation est de diviser le gisement en galeries de niveaux (et galeries de sous-niveaux) superposées verticalement et d'abattre le minerai à partir de ces galeries. Cette technique d'exploitation est essentiellement destinée aux gisements réguliers, verticaux ou fortement inclinés.

Le minerai est abattu en grande masse par tranches verticales à l'aide des trous profonds sont forés verticalement à partir de niveau supérieur (en descendant) (fig.22), et ensuite évacué à l'aide des chargeuses à distance. Lorsqu'une section a été exploitée, le vide est remblayé au fur et à mesure de déplacement de chantier par la roche stérile cassée provenant du développement de la rampe et du travers-banc. Le niveau supérieur est ensuite exploité en utilisant le remblai comme plancher. Par conséquent, elles réduisent les problèmes éventuels en contrôle de terrain. La méthode d'exploitation par gradin avec remblayage est employée pour l'exploitation des gisements sub-verticaux modérément épais.

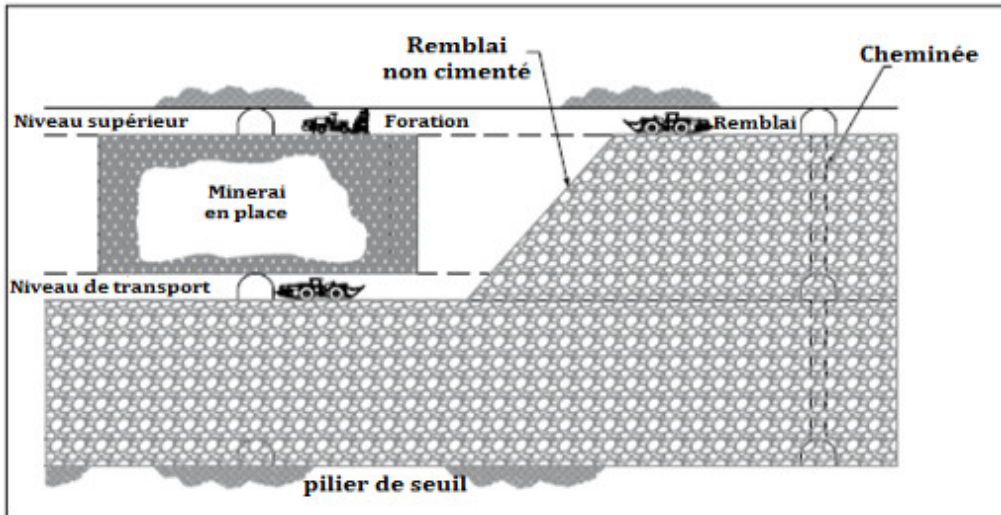


Fig.22. Schéma de la méthode d'exploitation par gradin avec remblayage

4/ L'exploitation par tranches verticales (abattage par tir dans des trous profonds)

Ce type d'exploitation s'applique à des gisements puissants et fortement pentus. Le minerai est abattu en grande masse par tranches verticales à l'aide des trous profonds sont forés verticalement à partir de niveau supérieur (en descendant) (fig.23), et ensuite évacué à l'aide des chargeuses. Après l'abattage de la dernière tranche la chambre est vidée complètement et préparée en vue du remblayage.

Le gisement est souvent exploité sous forme de chambres primaires et secondaires. Les chambres primaires sont exploitées en premier, puis remblayées avec un matériau consolidé. Après un temps d'attente approprié, on peut récupérer le minerai des piliers séparant les chambres primaires, en formant les chambres secondaires.

Cette méthode, associée au remblayage consolidé, autorise une récupération presque totale des réserves exploitables.

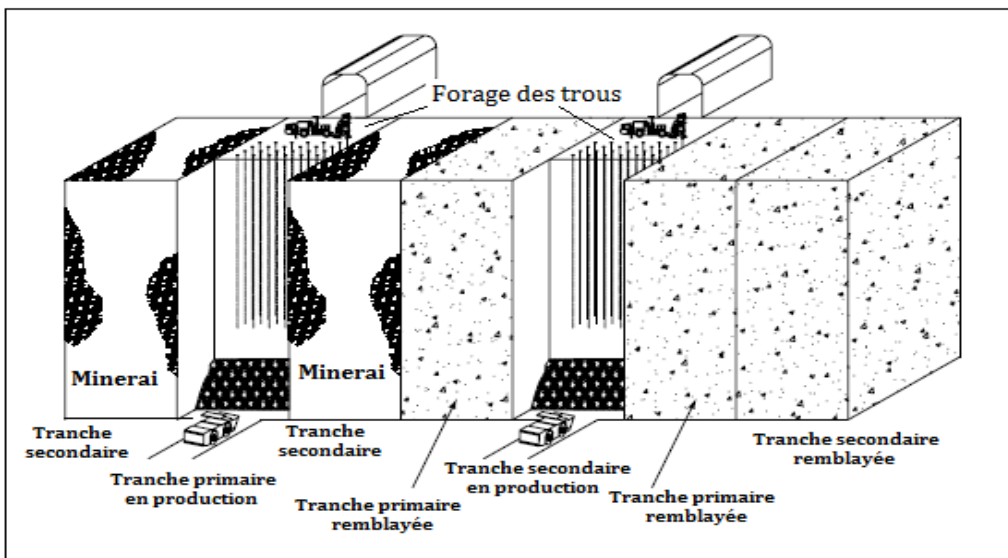


Fig.23. Schéma de la méthode d'exploitation par tranches verticales (abattage par tir dans des trous profonds avec remblayage retardé).

Le remblayage

Le remblayage est employé dans les mines souterraines aux fins de l'optimisation de l'exploitation des gisements au niveau du contrôle de terrain et de la gestion environnementale des rejets d'exploitation. Les principaux types de remblais en usage dans les mines souterraines sont le remblai hydraulique cimenté ou non-cimenté, le remblai rocheux cimenté ou non-cimenté et le remblai en pâte cimenté (De Souza *et al.*, 2001).

- **Le remblai hydraulique** est produit à partir de l'hydro-cyclonage des rejets de concentrateur, son transport s'effectuant par gravité ou par pompage à travers un réseau de trous et de tuyaux jusqu'aux chantiers à un pourcentage solide variant de 60 à 75 %. L'ajout de liant est requis lorsqu'au moins une des faces du remblai sera exposée par le minage des chantiers adjacents. L'utilisation du remblayage hydraulique n'exige pas de un coût de capital peu élevé, se réalise à un faible coût de production et d'entretien du réseau de distribution et permet une réduction des aires d'entreposage des résidus en surface.

- **Le remblai rocheux** est produit à partir de stérile distribué sous terre par un réseau de cheminées et transporté aux chantiers par convoyeur ou par camion, selon la géométrie du gisement. Lorsque requis, le mélange du stérile et du liant s'effectue aux points de déversement du remblai dans le chantier. L'utilisation du remblai rocheux permet l'emploi du stérile provenant du développement souterrain ou d'une fosse à ciel ouvert.

- **Le remblai en pâte** est un mélange de rejet de concentrateur, d'eau de procédé et de liant hydraulique ramené à un pourcentage solide variant de 70 à 85 % solide suivant la pression de pompage opérationnelle. L'utilisation du remblai en pâte, pour le remblayage des chantiers souterrains, permet l'utilisation de la totalité ou presque des rejets de concentrateur. L'emploi de ce type de remblai entraîne toutefois d'importants coûts d'infrastructures en surface, et la résistance des remblais en pâte est plus faible que celle du remblai rocheux pour les mêmes quantités de liant.

LES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Les Avantages :

- Faible investissement (dans les machines)
- Développement minimal avant l'exploitation
- Méthode sélective
- Changement de la méthode peut être facilement réalisé
- Faible dilution (l'ouverture est faible)

Inconvénients

- La production de minerai est très cyclique
- Faible productivité (car l'utilisation de la mécanisation est faible et travaux de remblayages)
- La méthode nécessite beaucoup de main d'œuvre et main d'œuvre qualifié
- Le personnel travaille sous un toit fraîchement coupé qui peut causer des problèmes de sécurité.

IV.6. MÉTHODES D'EXPLOITATION DES GISEMENTS EN PLATEURE

Il existe plusieurs méthodes d'exploitation sont applicable à ses type des gisements, telle que :

- 1) L'exploitation par chambres et piliers.
- 2) L'exploitation par longue taille.

I. Méthodes d'exploitation par chambres et piliers

L'exploitation par chambres et piliers « *room and pillar* » s'applique pour tous les types de gisements mais principalement aux formations d'origine sédimentaire (ex. potasse, sel, fer, bauxite), dont le pendage ne dépasse pas une vingtaine de degrés. C'est une méthode d'exploitation très répandue dans les exploitations à faible profondeur (jusqu'à quelques centaines de mètres).

L'abattage du minerai se fait le plus souvent par foration puis tirs de mine pour fragmenter et ébouler la partie qui va être extraite. Des vides (ou chambres) sont ainsi créés et séparés par des piliers de minerai laissés en place qui supportent, au moins temporairement, le poids des terrains sus-jacents et assurent la stabilité globale de la mine.

On distingue deux méthodes d'exploitation par chambres et piliers, telle que :

- 1) L'exploitation par chambres et piliers abandonnés.
- 2) L'exploitation par traçage et défilage

Conditions d'application de la méthode

Pour les roches dures (Hard Rock) (ex : calcaire, dolomite, les métaux (zinc, cuivre, or, etc.)).

- Bonne stabilité du minerai et des roches encaissantes (roches du toit) ;
- La forme : tabulaires lenticulaires (variable) ;
- Puissance allant de 2 à 30 mètres et rarement plus (modérée)
- Pendage : généralement $<30^\circ$ à l'horizontale ;
- Qualité de minerai : faible à bonne qualité ;
- Profondeur de gisement : En général, ne dépasse pas les 700-800 mètres.

Pour les roches tendre (Soft Rock) (ex : charbon, potasse, sel, etc.)

- Bonne stabilité des roches encaissantes (roches du toit) ;
- La forme : tabulaires (couches), grand étendue latérale ;
- Puissance allant de 2 à 30 mètres et rarement plus (modérée) ;
- Pendage : généralement horizontale ou $<15^\circ$ à l'horizontale ;
- Qualité de minerai : bonne qualité ;
- Profondeur de gisement : de préférence moins de 600 mètres.

I.1. Méthode par chambres et piliers abandonnés ($\alpha \leq 20^\circ$)

Le principe de cette méthode est d'enlever le minerai tout en laissant en place des piliers qui assurent le maintien des terrains situés au-dessus du gisement. Les travaux d'abattage du minerai se fait par tir de mine horizontales, en avançant sur plusieurs front en formant des vides (chambres) séparés par du minerai laissés en place pour empêcher le toit de s'effondrer.

Travaux préparatoires

1/ Cas des gisements de puissance inférieur à 5m, la méthode consiste dans un premier temps, à tracer des chambres de 4 à 5m de largeur, en chassant, laissant entre elles des piliers de 4 m de largeur et de 12 m de longueur, et dans un deuxième temps, de récupérer en rabattant une partie des piliers par creusement de Refonte de 4 m au milieu du pilier (fig.24). On abandonne des piliers de 16 m² de section pour supporter le toit sur une section de 64 m². L'emplacement des piliers, leurs formes et dimensions et leur fréquence dépendra d'une étude géotechnique sur la base des caractéristiques du gisement et de l'exploitation (failles, nature des épontes, la taille de la chambre, la profondeur, etc....).

La méthode est caractérisée par un taux élevé de perte de minerai de l'ordre de 15 à 20%. Ces piliers abandonnés peuvent contenir une riche minéralisation ce qui a pour conséquence directe une élévation du tonnage de perte métal.

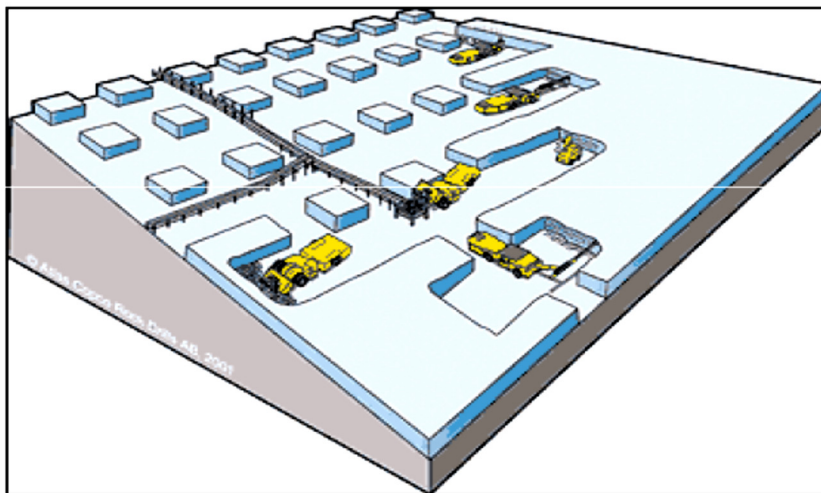


Fig.24. Principe d'exploitation par chambre et pilier (gisement mince).

Travaux d'abattage :

Le front de taille est attaqué par foration et tir de mines, de la même manière que le front d'attaque lors du percement des galeries. La largeur et la hauteur du front correspondent aux dimensions de la galerie, qui peuvent être assez importantes.

Les avantages :

- Méthode d'exploitation très facile d'emploi ne nécessitant pas l'utilisation d'un personnel très qualifié ;

- Méthode d'exploitation ne provoquant pas d'affaissement de surface pour les mines profond ;
- Méthode d'exploitation convenant aux toits raides ne tolérant pas le foudroyage ;

Les inconvénients :

- Quand la profondeur augmente, le taux de défrêtement (le rapport de la surface de matériau exploité sur la surface de matériau initialement en place, dans un plan parallèle aux épontes) diminue rapidement. C'est donc une méthode convenant aux faibles profondeurs ;
- C'est une méthode qui peut convenir pour exploiter les zones minéralisées pour protéger les installations en surface (agglomérations).

2/ Cas des gisements de puissance supérieur à 5m

Dans les gisements épais (puissants), l'abattage commence en générale à partir du toit. On réalise une première coupure supérieure. L'abattage est ensuite assuré à l'aide des trous verticaux ou horizontaux (*fig.25*). On procède au dépilage par tranches horizontale successives à partir du haut. Au fur et à mesure que la coupure supérieure progresse, le toit est supporté en générale par des boulons ou d'était de bois. L'exploitation d'un panneau se fait en rabattant ou en chassant. L'utilisation des trous horizontaux nécessite la création d'une coupure verticale. Le dépilage dans les gisements plats favorise l'utilisation des équipements mécanisés. Le chargement est assuré à l'aide des équipements sur pneus ou sur chenille ; le transport par camion navettes ou des chargeuses transporteuses. Habituellement, on utilise pour cette opération des chargeuses et des camions à benne basculante ordinaires. Pour les galeries de faible hauteur, il existe des chargeuses et des camions spéciaux.

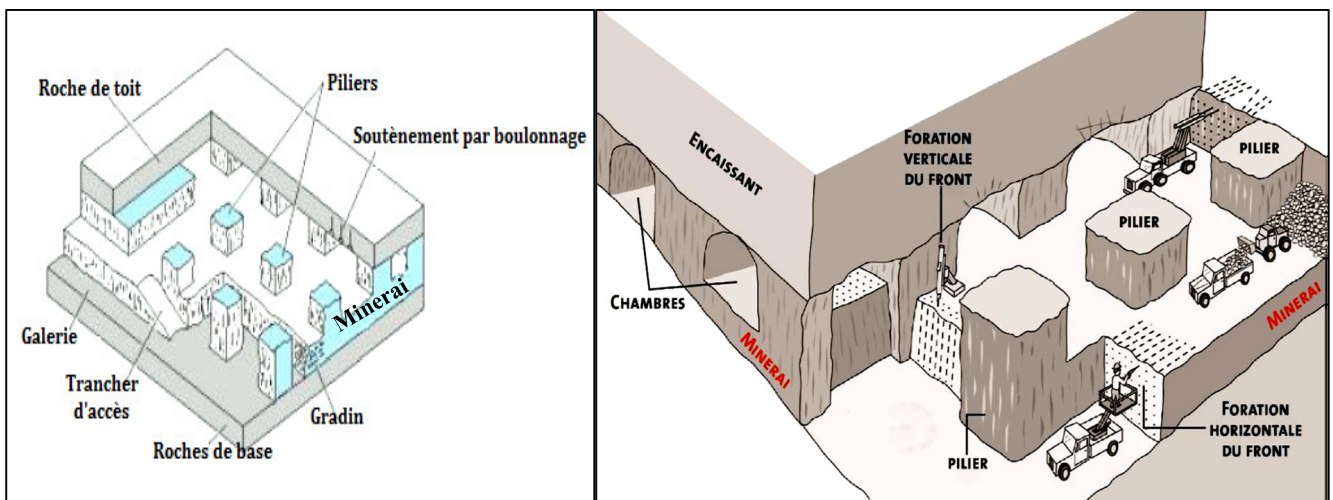


Fig.25. principe d'abattage par chambres et piliers (gisement puissant).

Les avantages :

- La multiplicité des fronts d'attaque (large front) permet d'assurer une grande productivité.

Les inconvénients :

- Les piliers étant plus long que les piliers de la première méthode ils peuvent subir des dégradations plus rapides.
- Maîtrise du toit du fait de sa hauteur devient plus difficile (risque de chutes de blocs)

3/ L'exploitation par chambres et piliers pour des gisements pentus

Cette exploitation va concerner les gisements tabulaires (plateaux, hautes plaines) à pendage compris entre 15° et 30° : cela représente une pente trop forte pour les véhicules sur pneus et trop faible pour la chute libre du minerai par gravité.

Les trous de mine vont habituellement être forés avec des perforatrices à main et les matériaux abattus sont déblayés par des scrapers (fig.26.b). Si toutefois une exploitation mécanisée peut être réalisée (fig.26.a), des chambres en gradins sont établies pour obtenir une surface convenant aux véhicules sur pneus. L'exploitation commence par le traçage des chambres horizontales successives de plus en plus profondes, à partir d'une galerie servant à la fois d'accès et de roulage. Le premier étage horizontal suit le toit. L'étage suivant est tracé un peu plus bas dans la même direction, et ainsi de suite en descendant, de façon à obtenir un découpage en gradins. Des piliers de minerai sont laissés en place pour supporter le toit. Après avoir tracé complètement deux ou trois chambres contiguës, on passe à l'étage inférieur, en laissant un long pilier de minerai. Des parties de ce pilier peuvent être récupérées ultérieurement, en pratiquant des recoupes et des refontes depuis le chantier situé au-dessous. Les engins modernes montés sur pneumatiques sont bien adaptés à l'exploitation par gradins.

L'abattage peut se faire de façon entièrement mécanique au moyen des matériels mobiles courants.

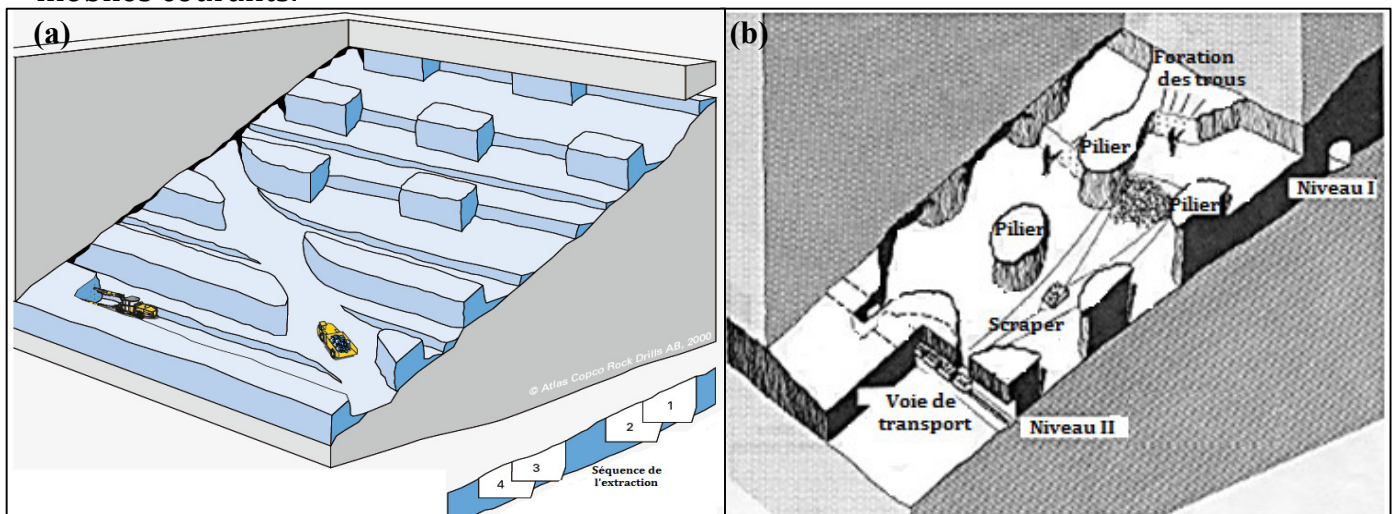


Fig. 26 : Méthode d'exploitation par chambres et piliers (gisements pentus)

a- mécanisé, b- non mécanisé

I.2. Méthode de traçage et dépilage

C'est une méthode qui convient aux couches minéralisées de faible puissance $\leq 5m$, (Fig. 27). Le principe de cette méthode consiste à creuser une série de chambres parallèles (4 à 5m de largeur et 60 à 120m de longueur) appelées "traçages". Ces chambres sont séparées entre elles par des piliers de 12 à 20m de large. Ces piliers sont exploités de la façon suivante :

On perce une enlevure de 4 m de large (*Recoupe (1)*), qui laisse entre les éboulements un rideau. Ce rideau (*2*) est finalement, partiellement exploité à son tour, en traçant une refonte (*3*) qui laisse subsister 2 piliers résiduels ces piliers sont amaigris, puis torpillés à l'explosif, le minerai est ainsi récupéré et cette dernière étape entraîne le foudroyage du toit. Les piliers résiduels qui jouent un très grand rôle dans la maîtrise de l'effondrement du toit, ils règlent la distance entre l'alignement des fronts et la ligne de cassure de foudroyages. Cette ligne doit être orienté de 35° à 45° sur les fronts et qui se trouve à plusieurs mètres du dernier pilier résiduel. Le dépilage se poursuit de telle manière que l'exploitation des piliers se rabatte suivant la puissance de la couche. Les pertes constituent 10 à 15 %.

Ces piliers sont ensuite récupérés partiellement, seuls les piliers résiduels de 2 m de côté sont abandonnées et foudroyés.

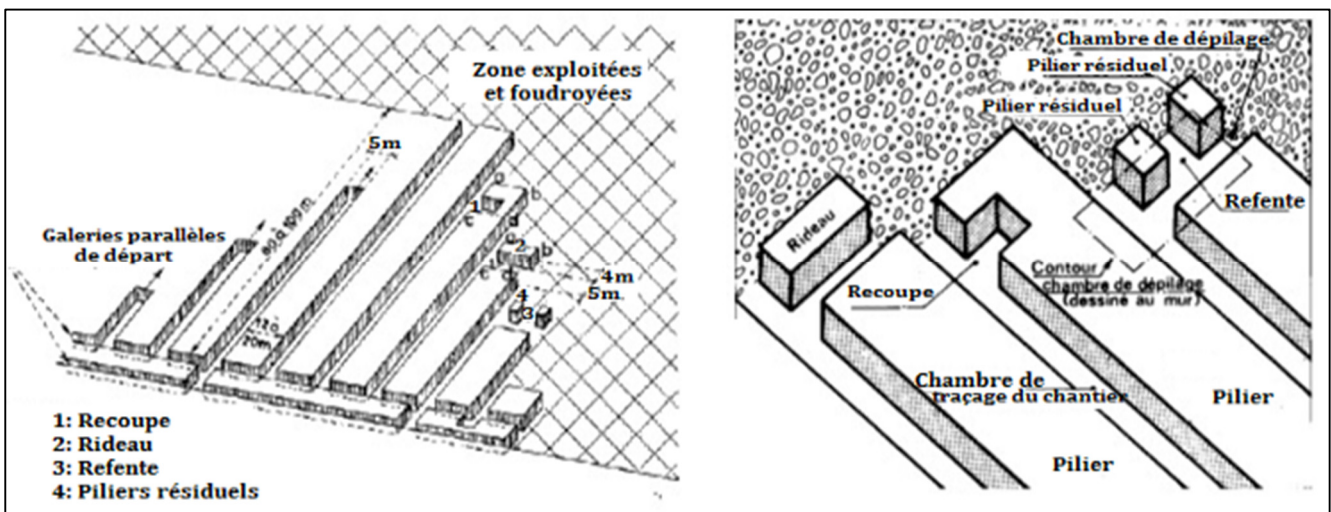


Fig. 27 : Méthode d'exploitation par traçage et dépilage

Les avantages :

- Méthode simple à appliquer est reconnue par la facilité de sa mise en œuvre ;
- La multiplicité des fronts d'attaque permet d'assurer une grande productivité.

Les inconvénients :

- Difficulté d'aérage du chantier.
- Problème de dilution puisque la méthode fait partie des méthodes de foudroyage.

II. Méthode d'exploitation par longues tailles :

Les longues tailles conviennent aux gisements en couches de forme régulière, **d'épaisseur réduite** et de grande extension horizontale (par exemple une veine de charbon, une couche de potasse). C'est l'une des principales méthodes utilisées pour l'extraction du charbon.

Principe de cette méthode :

Le principe de La méthode par longues tailles avec soutènement marchant (supports de plafond hydrauliques auto-avancés), est d'extraire le minerai sur la longueur de panneaux (en moyenne 200 mètres) sur des hauteurs variables (environ 3 mètres), le minerai est abattu par tranches (sur un front se déplaçant parallèlement à lui-même dans la veine (couche minéralisé)). Une allée est maintenue ouverte au front de taille, et on laisse le toit s'ébouler à l'arrière taille à une distance sûre pour les mineurs et de leur matériel.

Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires comprennent le **traçage des galeries** d'accès aux chantiers et de transport du minerai au puits d'extraction.

La couche à exploiter étant d'épaisseur réduite et de grande extension horizontale, il est généralement possible de l'exploiter par un réseau assez simple de galeries. Les galeries de roulage sont tracées dans la couche même (fig.28). La distance entre deux galeries de roulage voisines détermine la longueur du front de taille.

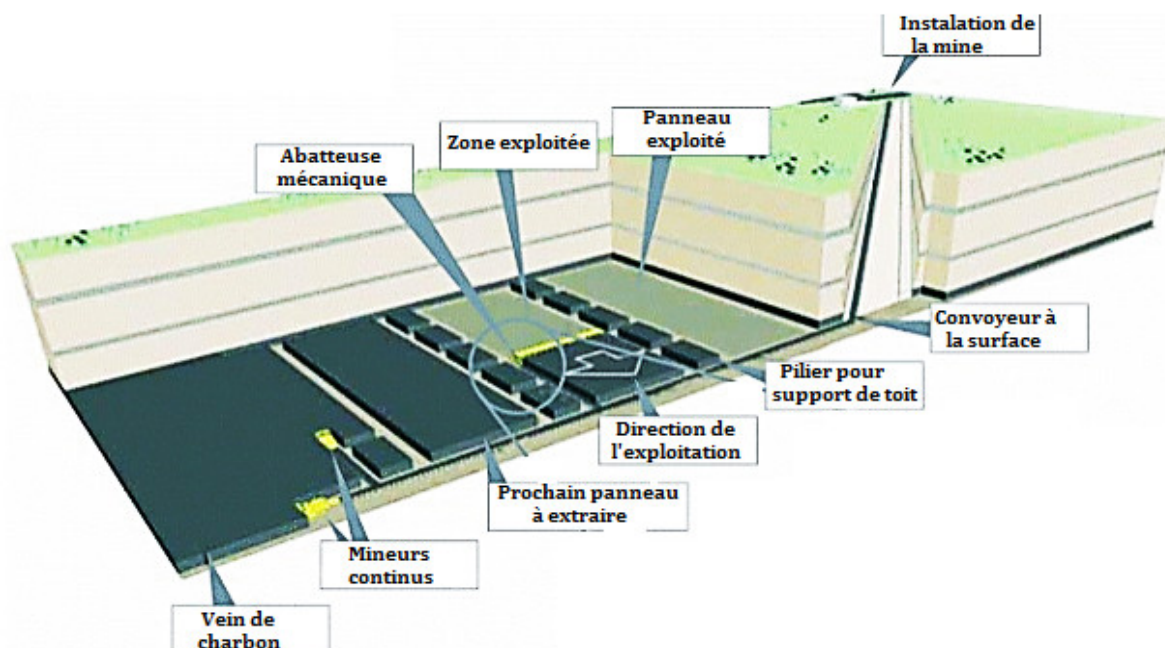


Fig.28. Méthode d'exploitation par longues tailles

Travaux d'abattage :

L'exploitation est complètement mécanisée, l'abattage se fait par le passage d'un engin d'abattage (*Abatteuse mécanique*) qui circule sur un rail entre les 2 extrémités de la zone d'extraction. Le charbon tombe alors par pression dans un *convoyeur blindé* qui évacue les matériaux hors de la zone d'extraction, et de laisser les terrains s'effondrer (*fig.29*).

Au lieu de laisser en place un pilier ou de remblayer la zone d'exploitation, on abrite le personnel et le matériel provisoirement pendant l'extraction par un soutènement marchant qui se déplace en même temps que l'engin d'abattage.

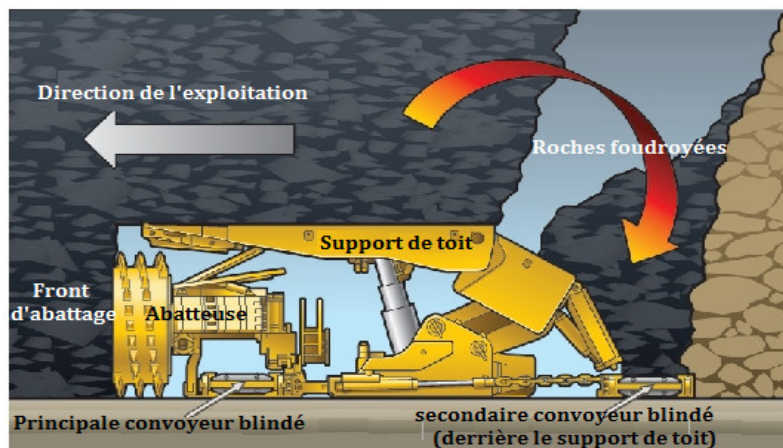


Fig.29. Principe de fonctionnement de longue taille

Le pilotage de *l'abatteuse mécanique* et de l'ensemble de l'installation (*fig.30*) (support hydrauliques du soutènement, convoyeur blindé) se fait à distance à une extrémité de la taille. Un système de vérins hydrauliques permet de faire avancer l'installation pour se caler à nouveau à la base de la couche de minerai afin de recommencer le cycle de production. Cette méthode permet de ne pas laisser de vides souterrains en fin d'exploitation, mais peut générer des secousses sismiques provoquées par la rupture du terrain, pendant la période d'extraction, qui sont ressenties au fond et au jour.

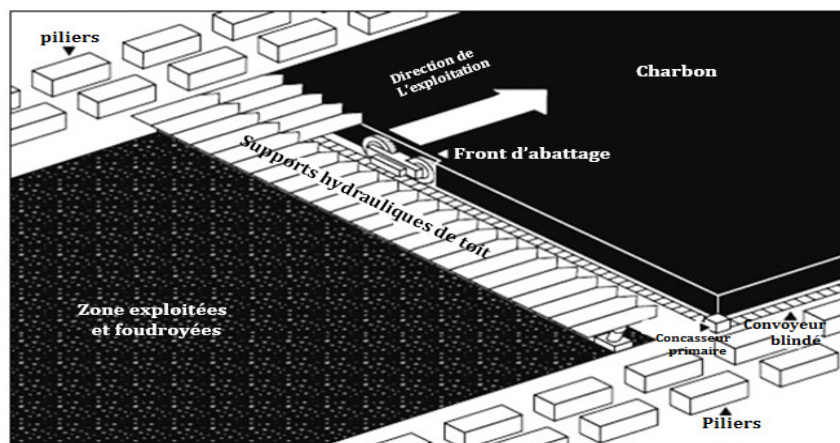


Fig.30. Schéma de la méthode longue taille

Avantages et Inconvénients

Les avantages :

- Méthode productive (taux de production très élevé que les autres méthodes (après le foudroyage du bloc)) ;
- Bonne récupération (90% ou plus), et faible dilution ;
- Adéquat pour le toit pauvre (roches sus-jacentes instables) ;
- Méthode plus sûr (les travailleurs sont tout le temps sous le support de toit).

Les inconvénients :

- Mauvaise fonctionne en couches d'épaisseur irrégulière.
- Le contrôle de la poussière est difficile
- Investissement élevé dans l'équipement
- Duré de changement de panneau très élevé (ce changement prend 10 à 30 jours pour être exécuté et effectué, en moyenne, 1 à 3 fois par an)
- effondrement immédiat du toit après le retrait du support de toit,
- Développement significatif dans la préparation du panneau ;