

# Abatage hydraulique du charbon

## Equipement et essais préliminaires

par J. J. WALLACE, G. C. PRICE et M. J. ACKERMAN

Traduction adaptée du « U. S. Report of Investigations 5915 »

par J. BOXHO,  
Ingénieur à INICHAR.

### SAMENVATTING

Nadat een goed resultaat werd bereikt bij de winning, door middel van een waterstraal onder een drukking van  $160 \text{ kg/cm}^2$ , van een zacht mineraal « Gilsonite » genaamd, heeft het Bureau of Mines een succesvolle proef gedaan om, na verhoging van de druk, een kolenlaag te ontginnen, en wel de laag Pittsburg, met een opening van 1,70 m, in harde bitumineuze kool, in de mijn West Lebanon (Pennsylvania). Men werkte met koolgangen van 3 m breedte.

De pomp voorzien van drie duikende zuigers en aangedreven door een dieselmotor van 900 pk, kan 1360 liter/min leveren aan  $280 \text{ kg/cm}^2$ . De lans van de monitor is tussen de wanden verankerd op een stelling.

De eerste proeven met vaste monitor hebben uitgewezen dat een waterstraal onder een druk van  $280 \text{ kg/cm}^2$  ten minste 90 cm diep in de kolen dringt, en dat de arbeider zich kan ophouden op een beschutte plek in de nabijheid van de monitor. De doormeter van  $3/8''$  (9 mm) scheen de meest geschikte maar de vorm van de waterstraal blijkt niet beïnvloed te worden door de inwendige vorm van de gebruikte leidingen.

De daarop volgende proeven hadden voor doel een gans front af te bouwen door middel van een bewegende monitor.

Het houwen gaat beter naargelang de doormeter van de uitgang van de lans toeneemt tot  $3/8$  duim (9 mm). Op dat ogenblik wordt het maximum vermogen van de pomp bereikt: met een doormeter van  $1/2$  duim (12 mm) komt het maximum debiet overeen met een drukking van slechts  $238 \text{ kg/cm}^2$ .

Het houwen gaat minder goed als men de afstand tussen de lans en het front vergroot.

### RESUME

A la suite du succès rencontré dans l'abatage d'un minerai tendre la « Gilsonite » par jet d'eau sous une pression de  $160 \text{ kg/cm}^2$ , le Bureau of Mines a essayé avec succès, en augmentant la pression, d'abattre la couche Pittsburgh, de 1,70 m d'ouverture, en charbon bitumineux dur, à la mine de West Lebanon (Pennsylvania). On a procédé par traçage en veine de 3 m de largeur.

La pompe à triple piston plongeur, commandée par moteur Diesel de 900 ch, est capable de fournir 1360 litres/min sous  $280 \text{ kg/cm}^2$ . La lance du monitor est ancrée entre les parois de l'atelier par un châssis de calage.

Les premiers essais, avec monitor fixe, démontrent que le charbon se laisse pénétrer à 90 cm au moins par un jet sous  $280 \text{ kg/cm}^2$ , et que l'abatteur protégé peut se tenir près du monitor. Le diamètre de  $3/8''$  (9 mm) paraît le plus favorable, mais la forme du jet ne semble pas dépendre de la forme interne des tuyères utilisées.

Les essais suivants ont visé à abattre un front complet, par un monitor en mouvement.

L'efficacité de l'abatage augmente avec le diamètre de sortie de la tuyère jusqu'à  $3/8$  inch (9 mm). Au-delà, on atteint la puissance maxima de la pompe: avec un diamètre de  $1/2$  inch (12 mm), le flux maximum est fourni sous une pression de  $238 \text{ kg/cm}^2$  seulement.

L'efficacité de l'abatage diminue si la distance de la tuyère au front augmente.

De indringingssnelheid wordt kleiner naarmate de tijd verloopt (vooral na de eerste 30 s).

Het houwen van de bovenste laag met een dikte van 1,20 tot 1,40 m, gelegen boven de ondersnijgleuf, ging 3 maal sneller dan het houwen van de 25 tot 50 cm gelegen onder de gleuf. Wanneer men deze onderste laag tot een minimum herleidt verkrijgt men de optimale vooruitgangssnelheid voor het front in zijn geheel.

De houwsnelheid hangt af van de snelheid waarmee men de lans verplaatst; het is een kwestie van handigheid van de arbeider. Een passende verlichting van het front zou zeker het effect doen toenemen.

Men zou een beter resultaat bekomen als de vooruitgang geschiedde in passen van 0,90 of 1,20 m in plaats van 2,1 tot 2,4 m.

Een pas kan het best gewonnen worden uitgaande van een onderkeldering.

De gemiddelde gewonnen tonnemaat was gelegen tussen 0,65 en 0,76 t/min.

Er werd een beweegbare wagen ontworpen waarmee de kolen gelijktijdig kunnen geladen worden.

In een hellende afzetting kan het water, gebruikt voor de winning, ook nog dienen voor het vervoer van de kolen. In de zetel Roslyn n° 9 (Washington) heeft men in een helling van 33 tot 36°, met ontginning door middel van verloren pijlers, rendementen bekomen met een gemiddelde waarde van 15,4 tot 19,8 t/m.d., hetzij een vermeerdering van 50 % van de produktiviteit met een maximum van 28,2. De drukking was dezelfde (280 kg/cm<sup>2</sup>) als in West Lebanon, maar de doormeter van de lans (3,8 mm) en het debiet (150 liter/min) waren kleiner.

#### INHALTSANGABE

Aufgrund der günstigen Ergebnisse, die bei der hydromechanischen Gewinnung von Gilsonit unter einem Druck von 160 atü erzielt worden sind, hat das Bureau of Mines der USA mit Erfolg versucht, unter noch höherem Druck das 1,70 m mächtige Pittsburg-Flöz im Steinkohlenbergwerk West Lebanon im Staate Pennsylvanien ebenfalls hydromechanisch abzubauen.

In dem Flöz wurden 3 m breite Strecken aufgeföhren. Ein Dieselmotor von 900 PS treibt eine Pumpe mit drei Kolben an, die in einer Minute 1620 Liter unter einem Druck von 280 atü liefern kann. Das Strahlrohr des Wasserwerfers wird in einem besonderen Gerüst zwischen den beiden Seitenstößen der Strecke verspannt.

Die ersten Versuche mit einem festen Wasserwerfer liessen erkennen, dass ein Strahl mit einem Druck von 280 atü mindestens 90 cm tief in die Kohle einzudringen vermochte und dass ein Hauer in geschützter Stellung sich in der Nähe des Was-

La vitesse de pénétration diminue si le temps croît (surtout au-delà de 30 s).

La vitesse d'abatage du sillon supérieur de 1,2 à 1,4 m, après havage, vaut 3 fois celle des 25 à 50 cm inférieurs du sous-cavage. Si on réduit ce dernier à une épaisseur minimum, on atteint la vitesse optima d'abatage pour la passe complète.

La vitesse d'abatage dépend de la vitesse de déplacement de la tuyère; c'est une question d'habileté de l'opérateur. Un éclairage étudié du front pourrait certainement accroître l'efficacité.

Pour améliorer les résultats, les passes devraient être limitées à 0,9 ou 1,2 m de profondeur au lieu de 2,1 à 2,4 m.

La meilleure façon d'abattre une passe est de commencer par un sous-cavage.

Le tonnage moyen abattu est compris entre 0,65 et 0,76 t/min.

Un chariot mobile a été conçu pour permettre le chargement simultané.

En gisement penté, l'eau d'abatage peut servir à transporter le charbon. Au siège Roslyn n° 9 (Washington), l'abatage de piliers abandonnés dans une pente de 33° à 36° a permis des rendements moyens de 15,4 à 19,8 t/hp, soit une augmentation de 50 % de la productivité; le maximum est de 28,2 t/hp. La pression était la même (280 kg/cm<sup>2</sup>), mais le diamètre de la tuyère (3,8 mm) et le débit (150 litres/m) étaient plus faibles qu'à West Lebanon.

#### SUMMARY

Following the success achieved in winning by water jet with a pressure of 160 kg/cm<sup>2</sup> of a soft ore, « Gilsonite », the Bureau of Mines successfully tried, by increasing the pressure, to win the Pittsburg seam, 1.70 m thick, consisting of hard bituminous coal, in the West Lebanon Mine (Pennsylvania). They proceeded by headings, 3 m wide.

The triple plunger pump, driven by a 900 hp Diesel engine, has an output of 1620 litres/min under a pressure of 280 kg/cm<sup>2</sup>. The nozzle of the monitor is anchored between the walls of the face by a mounting.

The first tests with a fixed monitor showed that the coal could be penetrated to at least 90 cm by a jet at a pressure of 280 kg/cm<sup>2</sup> and that the coal-getter could stay close to the monitor provided he was protected. The 3/8" (9 mm) diameter seemed

serwerfers aufhalten konnte. Am besten bewährte sich ein Durchmesser von 9 mm; die Form des Strahls scheint nicht von der inneren Form der Düse abzuhängen.

Versuche, die Strecke in vollem Querschnitt mit einem beweglichen Wasserwerfer vorzustreifen, führten zu folgenden Erkenntnissen.

Bis zu 9 mm nimmt die Gewinnungsleistung mit der Austrittsöffnung der Düse zu. Erhöht man den Durchmesser noch weiter, so erreicht man die Höchstleistung der Pumpe. Bei einem Durchmesser von 12 mm hat der stärkste Strahl nur noch einen Druck von 238 atü.

Die Abbauleistung nimmt ab, wenn man den Abstand der Mündung des Wasserwerfers vom Kohlenstoss erhöht.

Die Eindringgeschwindigkeit nimmt mit dem Lauf der Zeit ab, vor allem nach Ueberschreiten von 30 Sekunden. Die Geschwindigkeit beim Abbau der oberen, bereits unterkerbten (1,2 - 1,4 m dicken) Schicht liegt etwa dreimal so hoch wie die Geschwindigkeit, die man anfangs bei Herstellung der Schrämkerbe (25 - 50 cm dicken an der Sohle) erzielt. Hält man die Schrämkerbe so niedrig wie möglich, so erzielt man für den gesamten Abschlag die optimale Abbaugeschwindigkeit.

Die Abbaugeschwindigkeit hängt weiter von der Geschwindigkeit ab, mit der das Strahlrohr sich bewegt. Dies ist eine Frage der Handfertigkeit des Hauers. Eine gute Beleuchtung des Abbaustosses würde sicherlich zu einer Erhöhung der Abbauleistung führen.

Eine Beschränkung des Abbaufortschritts auf 0,9 oder 1,2 m statt 2,1 - 2,4 m je Abschlag dürfte zu einer Verbesserung der Ergebnisse führen.

Die besten Ergebnisse erzielt man, wenn man zunächst eine Schrämkerbe an der Sohle herstellt.

Die mittlere Menge der hereingewonnenen Kohle lag zwischen 650 und 760 kg/min.

Zum gleichzeitigen Wegladen der abgebauten Kohle ist ein Förderkarren entwickelt worden.

In geneigten Flözen kann man das für die Gewinnung benötigte Wasser zur Wegförderung der Kohle ausnutzen, wie dies in der Schachanlage Roslyn 9 im Staate Washington geschieht. Hier hat man bei einem Einfallen von 33 - 36° zunächst stehengelassene Pfeiler hydromechanisch hereingeholt und dabei Leistungen pro Mann und Schicht von 15,4 - 19,8 t erzielt. Dies entspricht einer Erhöhung der Leistung um 50%; die Spitzenleistung lag bei 28,2 t. Der Druck dabei, wie in der Zeche West Lebanon, 280 atü; der Durchmesser der Düse (3,8 mm) und die Wassermenge (150 l/min) lagen niedriger.

the best, but the form of the jet does not appear to depend on the inner shape of the nozzles used.

The following tests aimed at winning an entire face, with a monitor in motion:

The efficiency of the winning increases with the outlet diameter of the nozzle up to 3/8 inch (9 mm). Beyond, the maximal power of the pump is reached: with a diameter of 1/2 inch (12 mm) the maximum flow is provided under a pressure of only 238 kg/cm<sup>2</sup>.

The efficiency of the winning diminishes if the distance between the nozzle and the face increases.

The rate of penetration decreases if the time increases (especially beyond 30 s).

The top coal, between 1.2 and 1.4 m thick, after the undercutting, can be got out 3 times as quickly as the lower 25 to 50 cm of the undercut. If the latter is reduced to a minimum thickness, the maximum rate of winning is reached for the complete cut.

The rate of winning depends on the rate of moving the nozzle; it is a question of the operator's skill. Improved lighting of the face could certainly increase efficiency.

To improve results the cuts should be limited to 0.9 or 1.2 m depth instead of 2.1 to 2.4 m.

The best way of winning a cut is to begin with undercutting.

The average tonnage won was between 0.65 and 0.76 t/minute.

A retractable carriage was designed to allow simultaneous loading.

In strongly inclined strata, the water from the winning may be used to transport the coal. In Roslyn n° 9 colliery (Washington), the winning in a gradient of 33° to 36° with lost pillars produced average outputs of 15.4 to 19.8 t/h.p., i.e. an increase of 50% in productivity; the maximum reaches 28.2. The pressure was the same (280 kg/cm<sup>2</sup>) but the diameter of the nozzles (3.8 mm) and the output (150 litres/min) were less than in West Lebanon.

## O. INTRODUCTION

Jusqu'il y a peu de temps, l'hydraulique dans la mine ne s'intéressait qu'au soutènement des tailles et, du moins dans les pays de l'Est, au transport des produits.

Mais dès 1954, la compagnie « American Gilsonite Company » de Salt Lake City (Utah) abatit avec succès un minerai plus tendre que le charbon, la gilsonite, au moyen d'un jet d'eau sous 160 kg/cm<sup>2</sup>.

Le Bureau of Mines, averti de cette réussite, décide de tenter un abatage intégral du charbon. Partout ailleurs, l'eau ne servait guère qu'à transporter un charbon préalablement miné.

D'après certaines publications étrangères, l'abatage hydraulique des charbons bitumineux des U. S. A. pouvait concurrencer les méthodes classiques. Il restait à le vérifier au fond dans des conditions favorables : d'abord, une alimentation en eau abondante et bon marché.

### 1. SITUATION DE LA MINE HYDRAULIQUE

Les minières existantes étaient situées loin des nappes d'eau ou entraînaient de gros frais au lavage (séparation des pierres de la couverture des terrains stériles).

Le Bureau of Mines loua une mine souterraine près de West Lebanon, Pensylvanie, avec un panneau de 8100 m<sup>2</sup> à environ 240 m de l'entrée à flanc de coteau (fig. 1). Au nord de ce panneau, de vastes surfaces, déhouillées par chambres et piliers, pourraient livrer à volonté une eau acide (pH = 3,4) mais convenable.

Le panneau en question se trouvait en veine Pittsburgh, quasi-horizontale, d'environ 1,70 m de puissance. Ce charbon, bitumineux et farci d'impuretés, est dur mais bien clivé, à l'exception de deux laies dures de 5 à 7 cm (chacune respectivement à 45 et 110 cm du toit). Le mur est argileux, le bas-toit de 25 à 30 cm est surmonté d'une passée charbonneuse puis d'une couverture argileuse.

Une chambre abandonnée fut remise en ordre avec ses accès, puis réexploitée par la méthode classique jusqu'à ce qu'on obtienne un front rétréci de 3,30 m de largeur, convenant très bien pour un premier essai d'abatage hydraulique.

### 2. MATERIEL D'ABATAGE HYDRAULIQUE

A défaut de données précises, le Bureau of Mines supposa qu'en charbon il faudrait de plus grands volumes d'eau et une pression plus élevée que pour le minerai gilsonite; on se fixe un débit de 1360 litres/min sous 280 kg/cm<sup>2</sup>, ce qui exigeait une puissance de 900 ch.

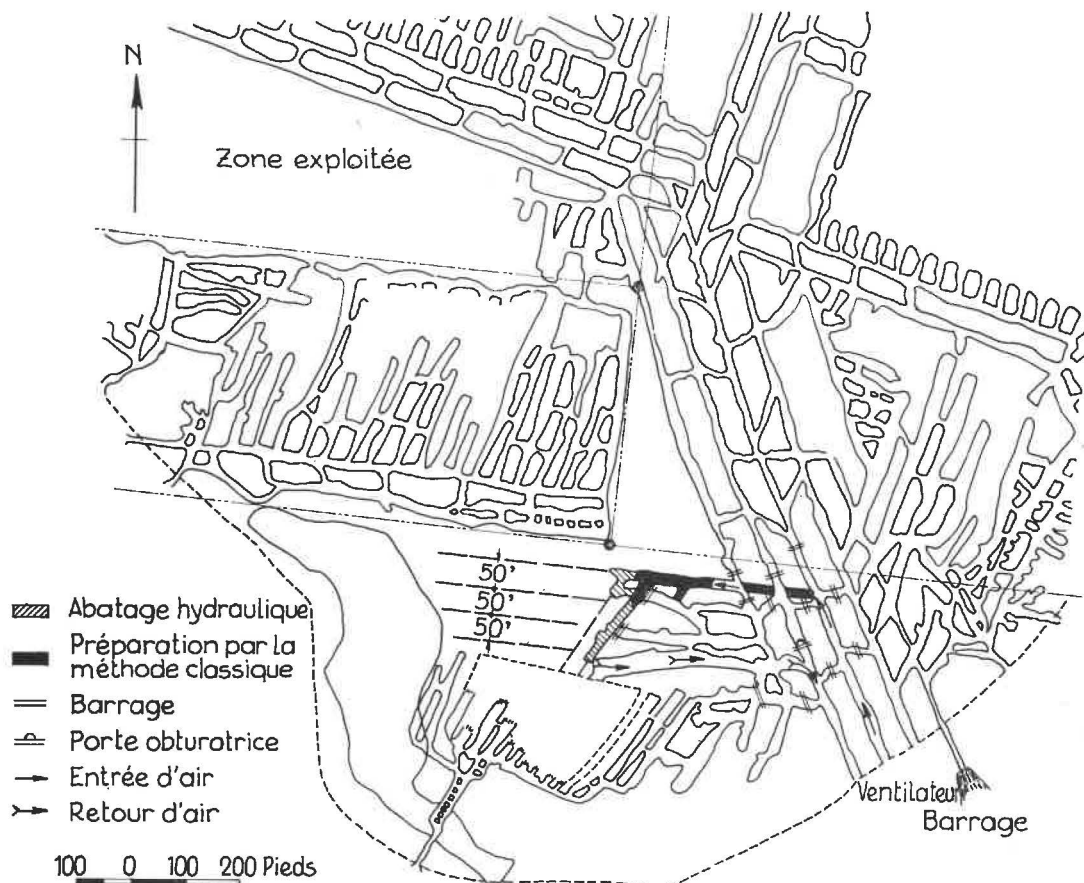


Fig. 1. — Plan de situation de la mine.

**21. Pompe.**

Les ingénieurs portèrent leur choix sur une pompe à triple piston plongeur, en usage dans les puits de pétrole, montée sur patins en acier soudé boulonnés à la fondation, et actionnée par moteur Diesel.

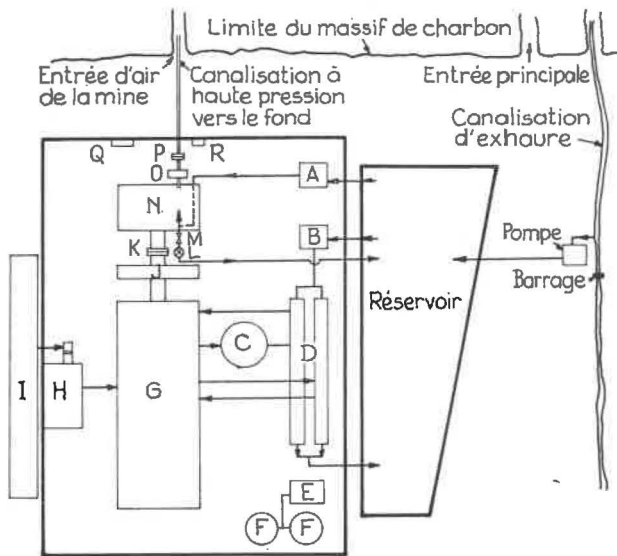


Fig. 2. — Schéma de la salle de pompe.

On l'installe dans une salle en surface (fig. 2).

Elle comportait notamment :

- un accouplement élastique K, pour atténuer les effets de torsion dus au moteur directement connecté ;
- un humecteur à pulsation de pression O ;
- un plateau d'accouplement avec brides d'assemblage P ;
- un indicateur de pression R ;
- un enregistreur continu Q du débit et de la pression (enregistrements sur diagrammes circulaires de 24 h) ;
- un dispositif de by-pass (tuyauterie + vanne d'étranglement L à main).

Si la vanne est ouverte, presque toute l'eau emprunte le by-pass et retourne au réservoir : il n'y a pas de pression dans la canalisation de décharge. En réglant cette vanne, on agit sur le débit et la pression dans le monitor. En amont de cette vanne, on a disposé une soupape de sûreté M à broche de cisaillement, tarée à 350 kg/cm<sup>2</sup> : si la broche se cisaille, la pression tombe immédiatement dans la canalisation, car l'eau s'échappe vers le réservoir.

Pour proscrire toute rentrée d'air qui, provoquant des coups de bélier, abîmerait la pompe et la canalisation de refoulement, il fallait surélever le réservoir d'eau : c'est un travail important. On a préféré intercaler une pompe centrifuge A de 1360 litres/min.

*Commande de la pompe.*

Etant donné le prix d'une ligne électrique à haute tension, on a préféré utiliser un moteur Diesel G (de la marine) (fig. 2).

Mais se posait alors le problème des vibrations de torsion. Une étude démontre que celles-ci sont négligeables aux vitesses de 500 à 620 et de 670 à 720 tr/min, moyennant adjonction d'un volant J, lourd et de grand diamètre. Le moteur tournant à 720 tr/min entraîne par chaîne la pompe à 180 tr/min, grâce à une réduction 4/1.

L'équipement auxiliaire du moteur comprend :

- un compresseur d'air E et des réservoirs à air comprimé F,
- des échangeurs de calories D pour l'huile et l'eau de refroidissement (en circuit fermé) du moteur,
- une tour de refroidissement à serpentins, pour l'eau de circulation du moteur : C,
- une pompe centrifuge B de 909 litres/min pour l'eau de refroidissement des échangeurs D,
- un échappement silencieux,
- un interrupteur d'arrivée de mazout, contrôlé par bouton-poussoir à partir du front d'abatage.

**22. Canalisation de décharge.**

Elle va de la pompe jusqu'à proximité immédiate du front. Elle est constituée d'éléments en acier sans soudure de qualité « double extra heavy » classe B, de 5 cm de diamètre. On a soudé, aux extrémités de chaque élément, une bride à large surface dressée, avec emboîtement mâle ou femelle (assemblage de classe « ASTM-ASME 2500 livres »). Après soudure, l'élément était testé à une pression statique de 560 kg/cm<sup>2</sup>.

Les brides sont assemblées par 8 boulons de 3,8 cm de diamètre, en acier d'alliage, serrés à 147 kgm, avec interposition d'un joint plat en spiro-tallic.

**23. Le monitor et son flexible.**

Par monitor, on désigne la lance d'abatage.

Il faut un flexible entre l'extrémité de la canalisation et le monitor, pour permettre le déplacement de ce dernier au cours de l'abatage.

Le flexible, testé lui aussi à 560 kg/cm<sup>2</sup>, a un diamètre de 2,5 cm. Il se raccorde par un joint à rotule (fig. 3) vissé à un divergent ou « adapteur » (diamètre 2,5 cm/5 cm), vissé lui-même à une extrémité du monitor.

Le monitor est un cylindre de 5 cm de diamètre de classe « double extra heavy », avec douille-support de tuyère soudée à l'extrémité opposée au flexible.

Il porte, soudée latéralement, une poignée en forme de T, par laquelle l'abatteur le maintient.

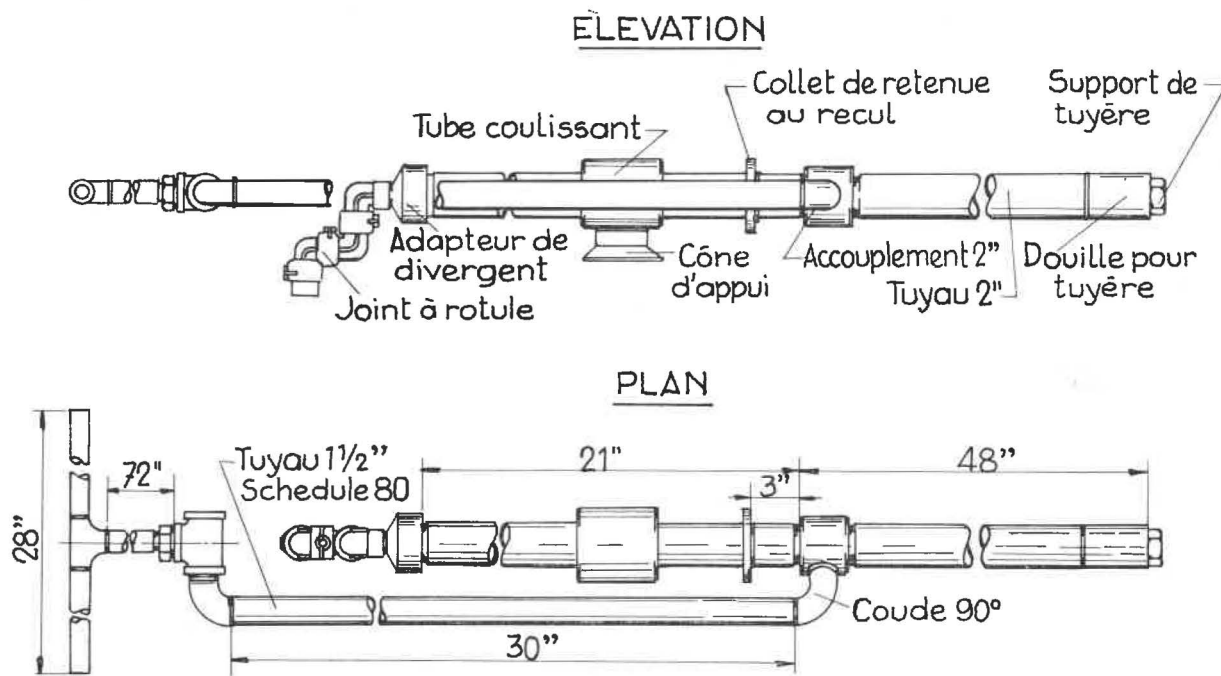


Fig. 3. — Monitor.

#### 24. Calage du monitor.

Le monitor repose sur une barre horizontale d'appui, d'une longueur égale à la largeur de l'atelier d'abatage : 3 m (fig. 4). Une griffe en deux pièces enserre la barre et reçoit l'assise en forme de cône creux du tube coulissant, tube à l'intérieur duquel le monitor peut avancer ou reculer de 36 cm maximum.

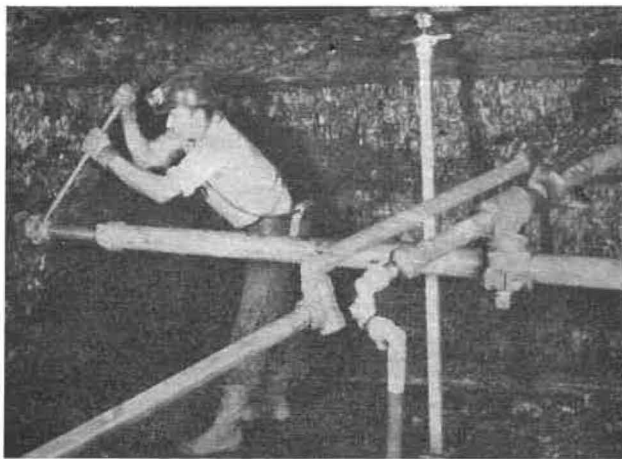


Fig. 4. — Calage du monitor par support à vis extensible.

La barre doit résister, sans recul, à la réaction violente du jet d'eau contre le front ; son calage doit être soigné. Il existe deux variantes du calage : — soit une vis extensible de 25 cm à une extrémité de la barre, archoutant celle-ci aux parois de l'atelier, avec interposition de blochets de bois,

pour réduire la rigidité de l'assemblage : c'est le cas de la figure 4 ;

- Soit deux extenseurs à vis verticaux, donc calés entre toit et mur ; la barre, supportée par des pièces en forme de U, boulonnées à ces extenseurs, peut librement pivoter autour de son axe ; ceci permet au monitor de pivoter avec la barre, balayant le front dans un plan vertical.

Deux extenseurs supplémentaires du même type, calés côté abatteur par rapport à la barre, servent de sécurité.

Ce calage est utilisé en chantier qui doit changer de direction.

#### 25. Tuyères du monitor.

Ce sont des douilles tronconiques avec ouverture de sortie de 1/8, 1/4, 3/8 ou 1/2 inch (respectivement environ 3, 6, 9 ou 12 mm).

Initialement on les tapissait intérieurement de carbure de tungstène, mais ce revêtement se détache à des pressions de 210 à 280 kg/cm<sup>2</sup> et le jet devient trop turbulent.

On préfère maintenant des tuyères sans revêtement, en acier à haute résistance.

#### 26. Accessoires de sécurité.

Les abatteurs sont reliés par téléphone à la salle de pompe en surface ; une lampe-témoin montre que la communication est établie. Chaque message est répété par le récepteur, pour éliminer tout risque de fausse manœuvre.

L'abatteur et son aide portent des vêtements de caoutchouc et des écrans transparents pour le

visage. En plus, un bouclier en verre de 19 mm d'épaisseur, suspendu par crochets, peut être déplacé devant le front, face à l'abatteur.

### 3. ESSAIS EFFECTUES

#### 31. Essais de pénétration en charbon.

##### 311. Avec monitor statique.

###### Essai préliminaire.

Le Bureau of Mines faisait figure de pionnier dans ce nouveau mode d'abatage ; il devait tout d'abord connaître le comportement du matériel (canalisation, calage) et s'assurer qu'un abatteur pourrait dans la suite se tenir près du monitor lorsqu'un jet d'eau sous 280 kg/cm<sup>2</sup> frappait le front.

On choisit une tuyère de 6 mm (1/4 inch) placée normalement à 7,5 cm du front. La poignée du monitor fut enchaînée à deux extenseurs calés entre toit et mur.

Pour figurer l'abatteur, on fixe à la poignée une plaque en contre-plaqué de 1,20 m sur 2,40 m parallèlement au front. Une seconde plaque de 1,2 x 1,2 m fut appuyée à la barre horizontale à la gauche de la première.

Le personnel se plaça le long de la canalisation, pour en surveiller le comportement et l'étanchéité des joints.

Au cours de l'essai, la canalisation resta en place, les joints résistèrent, le calage du monitor aussi. On entendit des particules de charbon et d'eau frapper le contre-plaqué, mais on ne put discerner aucune éraflure sur les plaques.

Le jet avait foré un trou de 5 cm de diamètre, avec parois grossièrement fissurées ; beaucoup de produits encombraient le trou, maintenus en place par la continuité du jet : la profondeur réelle devait donc être plus importante que les 90 cm mesurés.

###### Creusement d'une fente.

La distance entre tuyère et front fut doublée (15 cm). La pression de 280 kg/cm<sup>2</sup> fut maintenue durant deux minutes ; le monitor restait enchaîné, mais pouvait se déplacer de quelques cm le long de la barre.

On creusa ainsi une fente de 5 cm de largeur, 12,5 cm de longueur et 79 cm de profondeur.

###### Effort de poussée nécessaire.

Une tuyère de 1/4 inch (6 mm) fut placée à 30 cm du front ; le monitor pouvait coulisser librement, simplement maintenu à la poignée par l'abatteur.

Sous 70 à 105 kg/cm<sup>2</sup> : l'abatteur peut pousser le monitor en avant, mais l'abatage est nul.

A 140 kg/cm<sup>2</sup> : 2 abatteurs ne parviennent plus à maintenir le monitor ; quelques blocs de charbon sont abattus.

A 210 kg/cm<sup>2</sup> : l'abatage efficace commence.

###### Diamètre de la tuyère.

Si le diamètre augmente jusqu'à 3/8 inch (9 mm), l'efficacité de l'abatage croît parallèlement ; au-delà, la croissance s'atténue, car on atteint la pleine capacité de la pompe dès 238 kg/cm<sup>2</sup> pour de tels diamètres.

###### Forme interne de la tuyère.

L'abatage reste efficace tant que le jet se maintient en faisceau concentré. Deux dimensions de la tuyère peuvent influencer la forme du jet (fig 5) :

— A, l'angle d'inclinaison du cône interne

— L, la longueur de la portion droite à la sortie.

On a donc choisi 7 tuyères dont le diamètre de sortie D = 1/4 inch (6 mm) et la longueur totale = 3 inch (7,5 cm). En faisant varier L de zéro à 6 D, on fait aussi varier A.

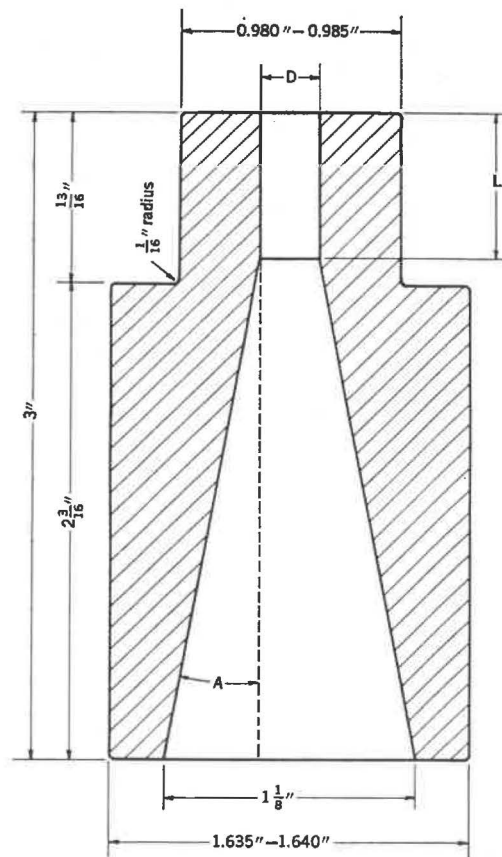


Fig. 5. — Caractéristiques de la tuyère.

Pour	L = O	A = 8°18'
	D	9°2'
	2D	9°55'
	3D	11°
	4D	12°20'
	5D	14°2'
	6D	16°16'

On allait donc pouvoir vérifier l'assertion des Soviétiques, suivant laquelle A n'a pas d'influence s'il reste compris entre 9 et 16°, et L seul a de l'importance.

donc pas d'influence de L ; tout au plus peut-on voir qu'avec  $L = 6D$ , le jet semble le moins dispersé sur une plus grande longueur. Même remarque à d'autres pressions.

### 312. Avec monitor en mouvement.

Dans les essais précédents, la position du monitor reste constante. Il est impossible de juger des possibilités réelles de pénétration en charbon, car l'eau et les produits, maintenus dans le trou par

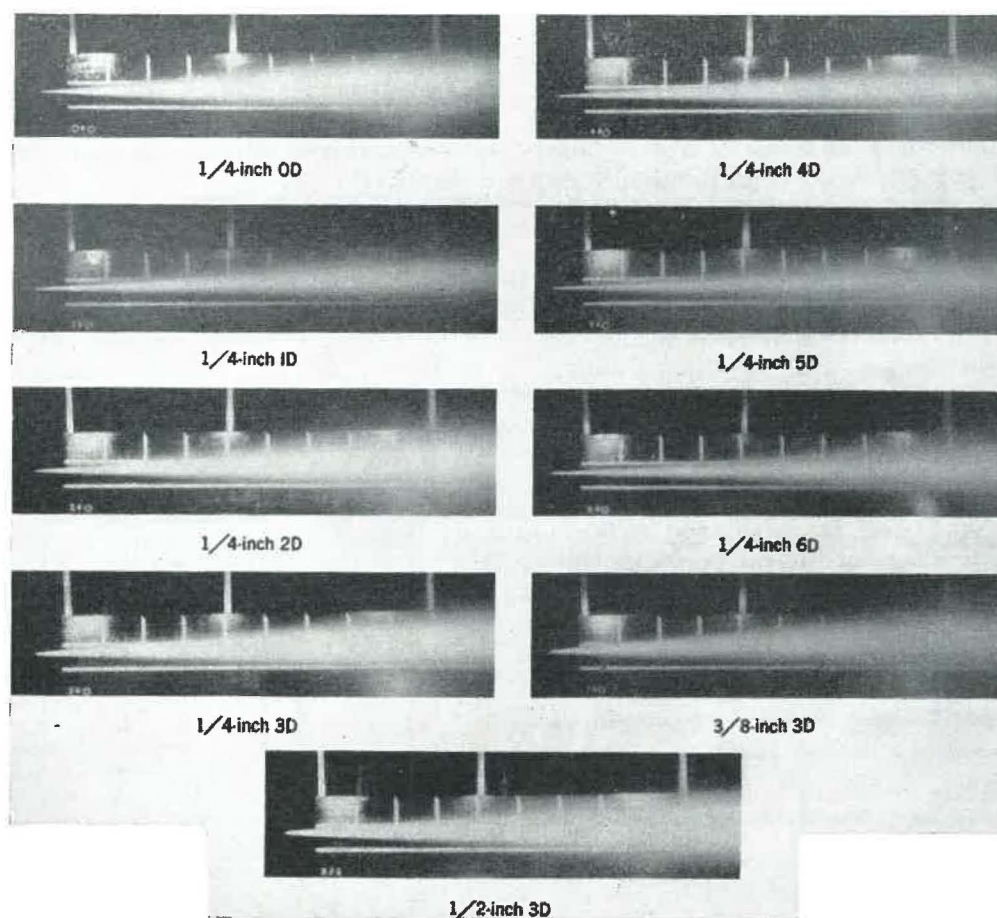


Fig. 6. — Photographies de jets sous 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Le montage expérimental (fig. 6) comprend une latte en contre-plaqué, dont la plus grande dimension (3 m) est horizontale, la hauteur étant de 60 cm, marquée de 2 traits longitudinaux distants de 15 cm et de 9 traits verticaux distants de 30 cm. On dirige le jet parallèlement à la longueur de la latte, en maintenant la sortie de la tuyère à 30 cm en face de l'extrémité de la latte (sur les photos de la figure 6, la sortie semble en arrière : c'est une erreur de parallaxe).

La comparaison des jets à 280 kg/cm<sup>2</sup> (fig. 6) ne relève aucune différence nette ; il n'y aurait

le jet frappant continûment et au même endroit, en absorbant une partie notable de l'énergie.

Le monitor oscillant dans un plan vertical fut utilisé alors à découper des fentes dans la latte de 66 à 76 cm comprise entre les intercalaires durs ; l'évacuation de l'eau et des produits étant assurée, il s'agissait vraiment d'une étude de profondeurs de pénétration.

La distance entre tuyère et front est mesurée en haut, au centre et au bas de la latte et on prend la moyenne. Durant 10 s, la fente est balayée par le jet. La distance entre tuyère et fond de fente



est ensuite relevée en haut, au centre et au bas de la laie, la moyenne de ces trois valeurs est retenue : par différence avec la précédente, on a la profondeur moyenne de pénétration durant ces dix premières secondes. L'opération se répète dans la même fente, 12 fois durant 10 s puis durant 5 min. Le même ensemble d'opérations par fente se répète 18 fois, sous 2 pressions de service (210 et 280 kg/cm<sup>2</sup>) et 9 types de tuyères :

D = 1/4 inch (6 mm)      L = 0,1D, ..., 6D  
 D = 3/8 inch (9 mm)      L = 2D et 3D

La distance entre les fentes est de 35 cm au moins, pour éviter les influences mutuelles. Les profondeurs de pénétration sont reportées cumulativement, par fente, sur la fig. 7, sauf celles des

5 dernières minutes. Seuls les résultats des 3 premières tranches de 10 s figurent en grisé.

Conclusions (tirées de la fig. 7).

- La vitesse de pénétration décroît rapidement après 30 s. On a atteint à ce moment une profondeur croissant avec la pression, mais variable selon le type de tuyère.
- Pour comparer les résultats obtenus après 30 s, on a tracé en pointillé une profondeur de référence égale à 1,20 m (48 inch.) :
  - à 210 kg/cm<sup>2</sup>, elle n'est atteinte qu'avec la tuyère D = 3/8" L = 2D (1,35 m).
  - à 280 kg/cm<sup>2</sup>, elle est atteinte avec toutes les tuyères sauf :  
 D = 1/4"      L = 3D et 5D.

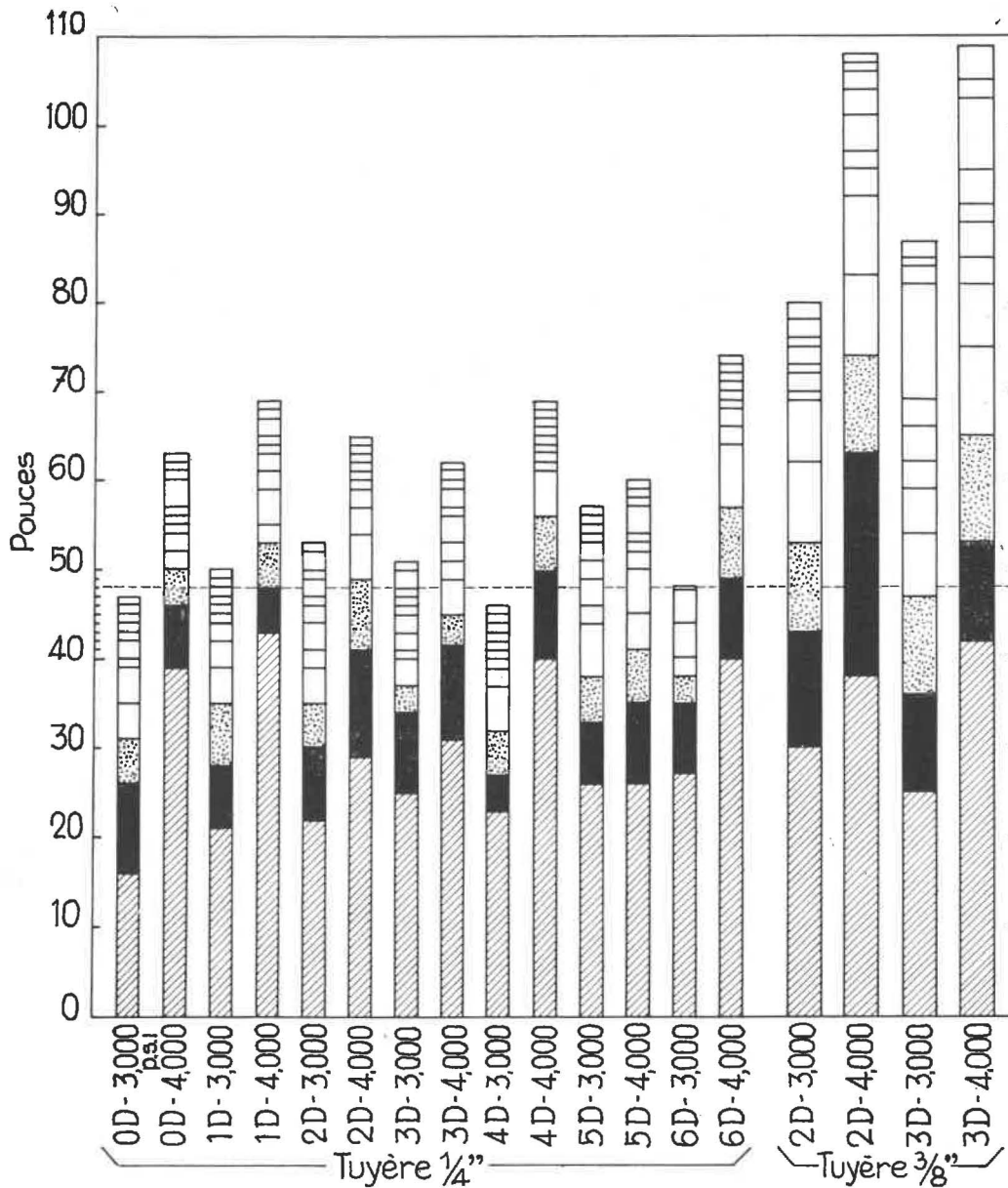


Fig. 7. — Profondeurs de pénétration des jets d'eau sous 210 et 280 kg/cm<sup>2</sup> et pour différents types de tuyères.

1 p.s.i. = 1 pound par square inch = 0,07 kg/cm<sup>2</sup>.  
 1 inch = 2,54 cm.

- la pénétration maxima après 30 s est atteinte avec la tuyère  $D = 3/8''$   $L = 2D$ .  
à 210 kg/cm<sup>2</sup>, elle est de 1,35 m (53 in.)  
à 280 kg/cm<sup>2</sup>, elle est de 1,88 m (74 in.)
- aucune corrélation n'apparaît, dans la série  $D = 1/4''$  entre la vitesse de pénétration et la dimension  $L$ ; ceci confirme les enseignements de la figure 6.

### 32. Abatage complet d'un front.

#### 320. Processus utilisé.

L'efficacité de ce nouveau procédé d'abatage étant certaine, il fallait passer à un essai plus proche de la réalité, l'attaque d'un front de charbon, en étudiant les différents facteurs : dimensions et forme des tuyères, pression d'eau, direction du jet par rapport aux clivages.

Après divers tâtonnements, le processus suivant s'avéra le plus rentable.

On fait d'abord un sous-cavage qui facilite fortement le reste de l'opération. La barre horizontale (fig. 4) est amenée à 20 cm du mur; le monitor,

par pivotements parallèles à la stratification et à partir d'une paroi de l'atelier, entame une saignée au mur de 25 à 55 cm; il se place près d'une paroi, effectue environ 1 m de saignée, puis il est déplacé à l'autre paroi.

Une fois la saignée de 3 m achevée, on relève la barre à 85 cm du sol.

On travaille alors la laie principale par cisaillements non pas parallèles à la stratification mais verticaux, le monitor étant animé de pivotements dans le plan vertical. On commence par une saignée à une paroi, puis le monitor glissant le long de la barre est rapproché progressivement de l'autre paroi. La vitesse optima de déplacement varie avec la couche, l'habileté de l'opérateur doit intervenir.

On relève enfin la barre à 1 m du mur pour abattre le linteau supérieur, le jet étant dirigé sur le plan de séparation avec le toit.

Après abatage complet de cette passe, le calage du monitor est démonté; le charbon est chargé manuellement en berlines et pesé à la surface. Toute la séquence ayant été chronométrée, on peut en déduire les volumes abattus en l'unité de temps.

TABLEAU I.  
Sous-cavage.

Caractéristiques de la tuyère	Pression	Direction du jet	Nombre de coupes	Volume de charbon abattu (m <sup>3</sup> )	Durée totale des coupes (minutes)	Volume moyen (m <sup>3</sup> /min)
$D = 3/8''$ $L = 2D$	280 kg/cm <sup>2</sup>	1	8	24,6	119,5	0,2065
		2	2	4,86	27,1	0,178
		3	3	8,4	29,5	0,283
		moyenne	13	37,86	176,1	0,215
$D = 3/8''$ $L = 3D$	idem	1	4	13,19	40	0,331
		3	1	2,97	17,5	0,17
		moyenne	5	16,16	57,5	0,28
idem	210 kg/cm <sup>2</sup>	1	1	3,57	12	0,297
		2	1	2,7	13,5	0,201
		moyenne	2	6,27	25,5	0,246
<i>Abatage de la laie principale.</i>						
$D = 3/8''$ $L = 2D$	280 kg/cm <sup>2</sup>	1	9	82	137,5	0,595
		2	3	35,6	44	0,81
		3	3	23,5	30	0,78
		moyenne	15	141,1	211,5	0,665
$D = 3/8''$ $L = 3D$	idem	1	4	34,1	41,5	0,824
		2	1	8,6	6,5	1,33
		3	1	9,3	12	0,776
		moyenne	6	52,0	60	0,87
idem	210 kg/cm <sup>2</sup>	1	1	8	11	0,725
$D = 1/4''$ $L = 6D$	280 kg/cm <sup>2</sup>	1		8,25	12	0,69
		1		8,15	15	0,545
		1		10,8	23	0,47
		3		27,2	50	0,545

**321. Résultats des essais.**

Le front étant parallèle aux clivages principaux, des mesures de volumes et de débits abattus ont été effectuées pour 3 directions du jet : normal au front (1), normal au clivage secondaire (2) à 45° avec le front (3) (tableau I).

**322. Conclusions.**

- L'efficacité du jet, lors de l'abatage de la laie principale, atteint le triple de celle du sous-cavage. C'est normal : on possède à ce moment deux faces libres ; la gravité aide ; le charbon abattu et l'eau utilisée s'écoulent régulièrement, sans gêner le jet.
- L'efficacité est très variable d'un essai à l'autre, malgré des conditions apparemment identiques. Prenons le cas de la tuyère  $D = 5/8''$   $L = 2D$ , sous  $280 \text{ kg/cm}^2$ , normale au front (1) :
  - en havage : 0,124 à 0,331  $\text{m}^3/\text{min}$ .
  - dans la laie supérieure : 0,416 à 1,2  $\text{m}^3/\text{min}$ .

En voici les raisons. Sans doute la profondeur de pénétration varie, et l'efficacité également. Il faut incriminer surtout l'hétérogénéité de la couche, sa situation topographique et les qualités de l'opérateur.

Les lits stériles durs influencent fortement le sous-cavage au mur ; les impuretés mêlées au charbon (barrés, escailles) agissent sur l'abatage de la laie supérieure. La résistance du charbon à la rupture peut varier fortement d'un endroit à l'autre.

Si la couche pend vers le front, l'eau stagne dans la saignée de havage ; il en est de même si les produits s'entassent le long du front, à la manière d'une digue. Dans chaque cas, l'eau agit comme un amortisseur vis-à-vis de l'énergie du jet.

L'habileté de l'opérateur a aussi son importance : si l'avancement du monitor est trop rapide, la pénétration sera faible ; si elle est trop lente l'efficacité de l'abatage se ressentira de la pénétration exagérée. Par ailleurs, à cause du brouillard d'eau en suspension, l'opérateur doit autant travailler avec l'ouïe qu'avec la vue.

- Le volume moyen abattu peut être estimé à
 

3,03 $\text{m}^3$	en 13 min.	pour le sous-cavage
9,17 $\text{m}^3$	en 13,4 min.	par la laie supérieure
- 12,20  $\text{m}^3$  en 26,4 min. pour l'abatage de la passe complète, soit :
 

0,46 $\text{m}^3/\text{min}$	ou	0,65 t/min.
------------------------------	----	-------------

Au cours d'une seconde série d'essais, on a abattu 0,76 t/min ; la moyenne bénéficie d'un meilleur éclairage du front, nécessaire au tournage d'un film sur l'abatage du front.

**33. Abatage et chargement simultanés.**

A chaque passe abattue, il fallait retirer le monitor et son calage, avant le chargement manuel des produits en berlines. Le jet sous pression avait rendu ces produits compacts ; il fallait les préparer au pic.

Si, au contraire, le monitor peut progresser à mesure de l'abatage et si le charbon peut être chargé immédiatement, le temps gagné sera précieux.

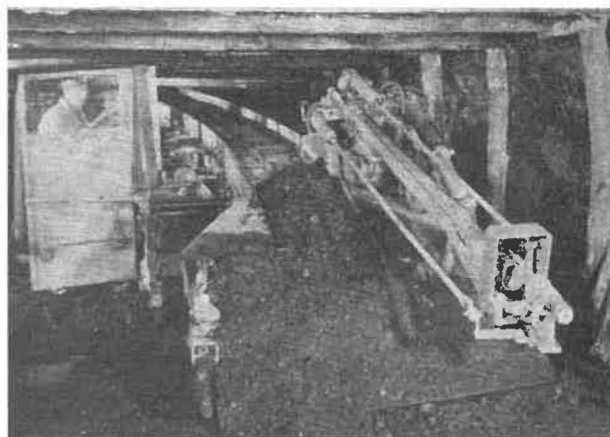


Fig. 8. — Chargeuse avec plate-forme latérale pour le monitor.

Le Bureau of Mines équipe d'abord un tracteur-chargeuse classique (fig. 8) d'une plate-forme latérale recevant le monitor, plate-forme et monitor étant commandés indépendamment par vérins hydrauliques. Ce dispositif ne répondit pas aux espoirs : la plate-forme trop longue empêchait les bras ramasseurs d'approcher suffisamment du front ; seuls quelques gros morceaux étaient chargés, mais toutes les fines passaient sous les chenilles et finalement devaient être chargées à la main, abatage

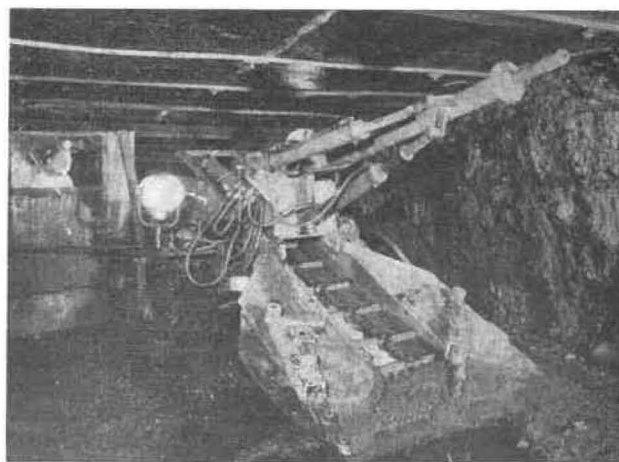


Fig. 9. — Chargeuse avec chariot rétractable, nouveau modèle.

et chargement mécaniques étant arrêtés. Si l'on raccourcissait la plate-forme, la tuyère se trouverait trop loin du front pour abattre efficacement.

Le nouveau calage, installé sur chariot mobile (fig. 9) au-dessus du convoyeur d'évacuation, peut avancer ou reculer de 63 cm par rapport au convoyeur. Le flexible haute pression est réuni au monitor par un tuyau de 10 cm de diamètre, qualité « double extra heavy ». Avec ce nouveau dispositif, la majeure partie des produits est chargée durant l'abatage, mais les fines passent encore derrière la tête, transportées par l'eau.

#### 4. ANNEXE :

##### ESSAI D'ABATAGE HYDRAULIQUE EN GISEMENT PENTE \*

#### 41. Chantier.

L'essai a eu lieu au siège Roslyn n° 9 à Roslyn (Washington) en couche n° 5, de 33 à 36° d'inclinaison, de 1,37 à 1,45 m d'ouverture dont la composition est la suivante :

laie supérieure	76 cm
charbon cendreux + schiste	5 à 15 cm
laie inférieure	50 cm

Les clivages sont verticaux et font 45° d'angle avec le plan de plus grande pente.

Le bas-toit est un schiste tendre, devenant progressivement gréseux, variant de 0 à 0,90 m. Le toit est gréseux, le mur est un schiste gréseux dur. Il s'agit d'un charbon bitumineux à haute teneur en matières volatiles, sans sulfure, de dureté très variable mais généralement assez friable. L'abatage par méthode classique dégage beaucoup de grisou et de poussières.

#### 42. Matériel hydraulique.

La pompe est du type triplex à piston horizontal simple effet (marque : Wilson-Synder), capable de fournir 182 à 190 litres/min sous une pression de 315 à 350 kg/cm<sup>2</sup>, en tournant à 40 ou 42 tr/min. Elle est commandée par une courroie en V à partir d'un moteur électrique de 125 ch sous 440 V. On en vient donc à des puissances beaucoup plus faibles que lors des premiers essais à West Lebanon (900 ch). La pompe est montée sur patins; on peut la déplacer.

Le réservoir d'eau de 680.000 litres est situé 54 m plus haut.

Le flexible réunissant canalisation et monitor comprend deux tronçons de 15 m de 18 mm de  $\phi$ , testés à 560 kg/cm<sup>2</sup> et entourés d'un flexible de protection de 36 mm.

Le monitor a une longueur de 1,80 m pour permettre à l'opérateur de rester sous le boisage à tout moment.

Deux tuyères de même forme interne et de même diamètre à la sortie ne donnent apparemment pas le même jet (type, débit). Actuellement, le meilleur résultat a été obtenu avec une tuyère de 0,15 inch (3,8 mm) de diamètre, débitant 190 litres/min à 280 kg/cm<sup>2</sup>. C'est en même temps la réaction maximum qu'un homme peut maîtriser avec sécurité et sans effort excessif.

L'opérateur porte un vêtement de caoutchouc, une visière en plastique et des lunettes; en plus, on fixe, à 46 cm en arrière de la tuyère, un bouclier en caoutchouc de 46 cm de diamètre (fig. 10).



Fig. 10. — Opérateur tenant le monitor en action.

#### 43. Essais.

Les piliers abandonnés ont 15 à 18 m de longueur (suivant la pente) sur 12 à 15 m de largeur. Depuis la mi-septembre 1961, ils sont tous récupérés par abatage hydraulique. Ce sera bientôt terminé, on s'attaquera alors aux massifs vierges.

On détache du pilier des tranches verticales successives de 1,35 à 1,50 m d'épaisseur (suivant sa largeur), chaque tranche étant elle-même abattue par blocs successifs de 1,35 à 1,50 m suivant sa longueur. L'abatage commence donc par un des deux coins inférieurs du pilier en montant. L'abatage du bloc débute par un havage de 0,75 à 0,90 m de profondeur, de 1,35 à 1,50 m de longueur dans les 50 cm à la laie inférieure; si la pression du toit est suffisante, le reste de l'ouverture s'éboule spontanément; on recommence alors le havage sur les 0,60 m de profondeur restants. Parfois, il faut aider la chute de la laie supérieure. Parfois même, si le charbon est dur et travaille peu, il faudra attaquer au jet la section entière.

Le toit est soutenu par étauçons placés tous les 1,35 ou 1,50 m.

Les produits abattus et l'eau d'abatage glissent sur le mur penté le long du pilier en contrebas, puis sont dirigés par chenaux vers le point de charge-

(\*) Extrait de *Coal Age*, juin 1962, pp. 74 et suivantes - *Mining Engineering*, juin 1962, pp. 41 et suivantes.

ment en berlines, sur l'entrée d'air. Parfois, l'écoulement du charbon doit être amorcé par le jet.



Fig. 11. — Chargement en berlines du charbon et de l'eau d'abatage à la mine Roslyn n° 9.

Pratiquement, toute l'eau consommée (environ 225 litres/t) se retrouve dans les berlines (fig. 11). En cas de gisement penté, les frais d'exhaure sont donc minimes.

**44. Résultats.**

L'attelée des essais comporte :

- un opérateur au monitor et son aide,
- un boiseur,
- un surveillant, qui aide au boisage,
- un chargeur, chargé aussi de la pompe.

On peut distinguer les opérations suivantes :

— abatage proprement dit :	26,2 %
— boisage :	21,4 %
— déplacement vers le bloc suivant :	6,7 %
— nettoyage des lunettes et des visières	6,6 %
— déplacement de l'équipement, au début et en fin de poste	7,7 %
— temps perdus (arrosage du charbon dans les chenaux, etc.)	31,4 %
	100 %

Depuis la mi-septembre 1961 jusqu'à fin mars 1962 (soit 127 jours travaillés), le rendement moyen a atteint 15,4 t/homme-poste.

Ce rendement ne donne pas une idée de la productivité réellement possible étant donné les temps consacrés à des essais purs : tuyères, pression, type de jet, attelées... Par exemple, le tonnage par minute atteint 70 à 82 t les trois derniers mois contre 45 à 57 t auparavant grâce à l'expérience acquise et à l'augmentation de pression (210 à 245 kg/cm<sup>2</sup> en janvier, puis 280 kg/cm<sup>2</sup> en mars).

Durant le mois d'avril, avec une pression de 280 kg/cm<sup>2</sup>, une tuyère de 0,15 inch (3,8 mm) et un débit de 150 litres/min, on a obtenu un rendement moyen de 19,1 t/hp avec maximum de 28,2 t/hp.

**45. Conclusions.**

La productivité a crû de 50 % par rapport aux méthodes classiques d'abatage dans cette couche.

Elle pourra encore s'améliorer si l'on augmente le débit et (ou) la pression d'eau (mais il faudra alors caler le monitor sur un châssis), et si l'on étudie le contrôle du toit et la découpe du gisement (adoption de longues tailles chassantes). On envisage même un transport hydraulique du front jusqu'au jour, puis en canalisations jusqu'au lavoir.

En plus de sa productivité, la méthode offre une sécurité accrue : pas d'arcs électriques ou d'étincelles, pas d'explosifs, peu de poussières dégagées. Elle est aussi fort économique : la pompe étant le seul élément mobile, il n'y a pas de travaux coûteux d'entretien ou de réparation ; on supprime ainsi beaucoup de parties en mouvement, compliquées et coûteuses. Du point de vue investissements et amortissements, on ne peut que se référer à la courte expérience vécue : l'investissement est beaucoup plus faible que dans le cas d'un mineur continu à capacité de production égale.