

Lorsque l'Ingénieur des mines a visité le montage, le turbo-ventilateur avait été remplacé et fonctionnait; la ventilation était active; il n'y avait que des traces de grisou et seulement à proximité du front.

A la réunion du Comité d'Arrondissement, le Président a fait observer que le rapprochement des textes des articles 17 et 23 de l'Arrêté Royal du 28 avril 1884 (1), montrait qu'il y avait lieu de rendre inaccessible le montage en question, d'autant plus que le dispositif de ventilation utilisé rendait celle-ci complètement inexistante, en cas d'arrêt ou de suppression du ventilateur.

Il a aussi attiré l'attention des membres du Comité sur l'importance de la stricte application de l'article 74 du Règlement de police des mines et il les a invités à s'assurer de l'observation du paragraphe A de cet article, dans les mines de leur district (2).

(1) Ces articles sont ainsi conçus :

Article 17. — Dans toute exploitation souterraine, l'assainissement de tous les points accessibles aux ouvriers sera assuré par un courant suffisant d'air pur.

La vitesse de ce courant et la section des galeries seront partout réglées en raison du nombre des ouvriers, de l'étendue des travaux et des émanations naturelles de la mine.

Les galeries servant au parcours de l'air devront être facilement accessibles dans toutes leurs parties.

Article 23. — Les voies et les travaux abandonnés et non aérés seront rendus inaccessibles aux ouvriers.

(2) Ce paragraphe est ainsi conçu :

Article 74. — Sous la responsabilité des chefs-mineurs et des sous-chefs, les surveillants ont pour mission, chacun dans les parties qui lui sont assignées :

A) De ne permettre l'accès du travail à tout ou partie de chaque poste d'ouvriers et surtout le lendemain des fêtes et des chômages, qu'après s'être assuré que l'air y est pur, que la ventilation est suffisamment active, que tout est en ordre et qu'il n'existe aucune cause saisissable de danger pour les ouvriers; de veiller à l'exécution des mesures prescrites par les articles concernant l'usage des matières explosives; de visiter avec soin les voies d'aérage et les faire entretenir en bon état.

M É M O I R E

L'Exploitation des Mines de Cuivre aux Etats-Unis et au Canada

PAR

Charles DEMEURE,
Ingénieur au Corps des Mines,
Professeur à l'Université de Louvain.

(1^{re} suite) (1)

CHAPITRE III.

Les mines de cuivre du Montana.

§ I. — Gisements et production.

Les gisements de cuivre de l'Etat de Montana sont situés à Butte, dans les Montagnes Rocheuses, cinq kilomètres environ à l'Ouest de la ligne de partage des bassins fluviaux de l'Atlantique et du Pacifique. Ils s'étendent sur plus de deux kilomètres du Nord au Sud et près de quatre kilomètres de l'Est à l'Ouest (fig. 17), et sont exploités, pour la plupart, par l'« Anaconda Copper Co ».

Ces gisements se sont formés pendant l'ère tertiaire. A la différence de ceux du Michigan, dus à l'imprégnation de bancs poreux, ils proviennent du remplissage de

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, tome XXXIII (année 1932), 3^e livraison.

failles et de cassures par les solutions minéralisantes, et sont ainsi du type filonien.

Le massif rocheux qui les renferme est un batholithe de granit, ou plus exactement de monzonite quartzeux, nommé le batholithe de Boulder. Ce batholithe s'est frayé un passage par intrusion, durant l'époque oligocène, à travers des roches sédimentaires s'étageant depuis l'Algonkien jusqu'au Crétacé supérieur, et aussi à travers un massif d'andésite qui avait déjà fait intrusion dans les mêmes sédiments pendant l'époque éocène. Il a été pénétré à son tour, avant sa complète solidification, par des intrusions d'aplite, provenant du même magma fondu.

Des batholithes semblables se rencontrent en d'autres endroits, dans les montagnes du Montana. Ils sont probablement reliés à une masse-mère profonde qui se trouve sous la région comprise entre Front Range et les plaines de l'Idaho, et forment la crête continentale qui sépare les bassins des deux océans.

La phase d'intrusion fut suivie, pour le batholithe granitique de Butte, d'une phase de fissuration intense, sous l'influence de forces horizontales qui exercèrent leur action en plusieurs stades successifs. Une première fissuration livra passage à du porphyre rhyolitique, qui vint remplir les fractures en formant des dykes. Une seconde fissuration, parallèle à la précédente, donna naissance à la minéralisation. Des solutions sulfoarséniées de cuivre et d'autres métaux, alimentées probablement par les vapeurs issues du magma sous-jacent de porphyre rhyolitique, furent injectées par le bas, à haute température et sous forte pression, dans les fractures qui venaient d'être ouvertes. Les sulfures et sulfoarséniures métalliques se déposèrent, non seulement dans les débris

rocheux qui remplissaient ces fractures, mais aussi dans leurs parois qui furent attaquées sur une certaine épaisseur; ils pénétrèrent même, en faible quantité toutefois, à l'intérieur du massif de granit.

Après une période d'érosion, une troisième fissuration se produisit, en même temps qu'une période d'activité volcanique, pendant l'époque néocène. Elle eut pour conséquence une nouvelle formation de dykes de rhyolite, coupant le gisement précédemment formé.

Enfin, une fracturation post-tertiaire donna naissance à la grande faille continentale, dont le rejet vertical dépasse 1200 pieds à l'Est de Butte, et en même temps aux multiples failles, transversales ou en direction, qui affectent les filons.

* * *

Les solutions minéralisantes, qui attaquèrent la roche en dissolvant ses éléments basiques et feldspathiques, déposèrent à leur place le cuivre sous forme de sulfure noir Cu_2S ou chalcocite (copper glance), de sulfoarséniure ou énargite, et de sulfure pourpre de cuivre et de fer Cu_3FeS_3 ou bornite. Le sulfure jaune CuFeS_2 ou chalcopyrite, qui constitue le minerai essentiel de nombreux gisements de cuivre, est peu abondant à Butte, de même que la covellite CuS , qui se rencontre toutefois dans un filon portant ce nom (1).

D'autres métaux ont été déposés par les mêmes solutions, et à cet égard le gisement de Butte peut être divisé en trois zones. Une zone centrale et méridionale, seule indiquée sur la carte fig. 17, contient principalement les

(1) D'après W. H. Weed, 75 % du minerai de cuivre extrait jusqu'en 1906 des gisements de Butte étaient constitués de chalcocite, 20 % d'énargite, 4 % de bornite, 1/2 % de chalcopyrite et 1/2 % de covellite. (Geology and Ore Deposits of the Butte District, U. S. Geological Survey, Prof. Paper 74, 1912.)

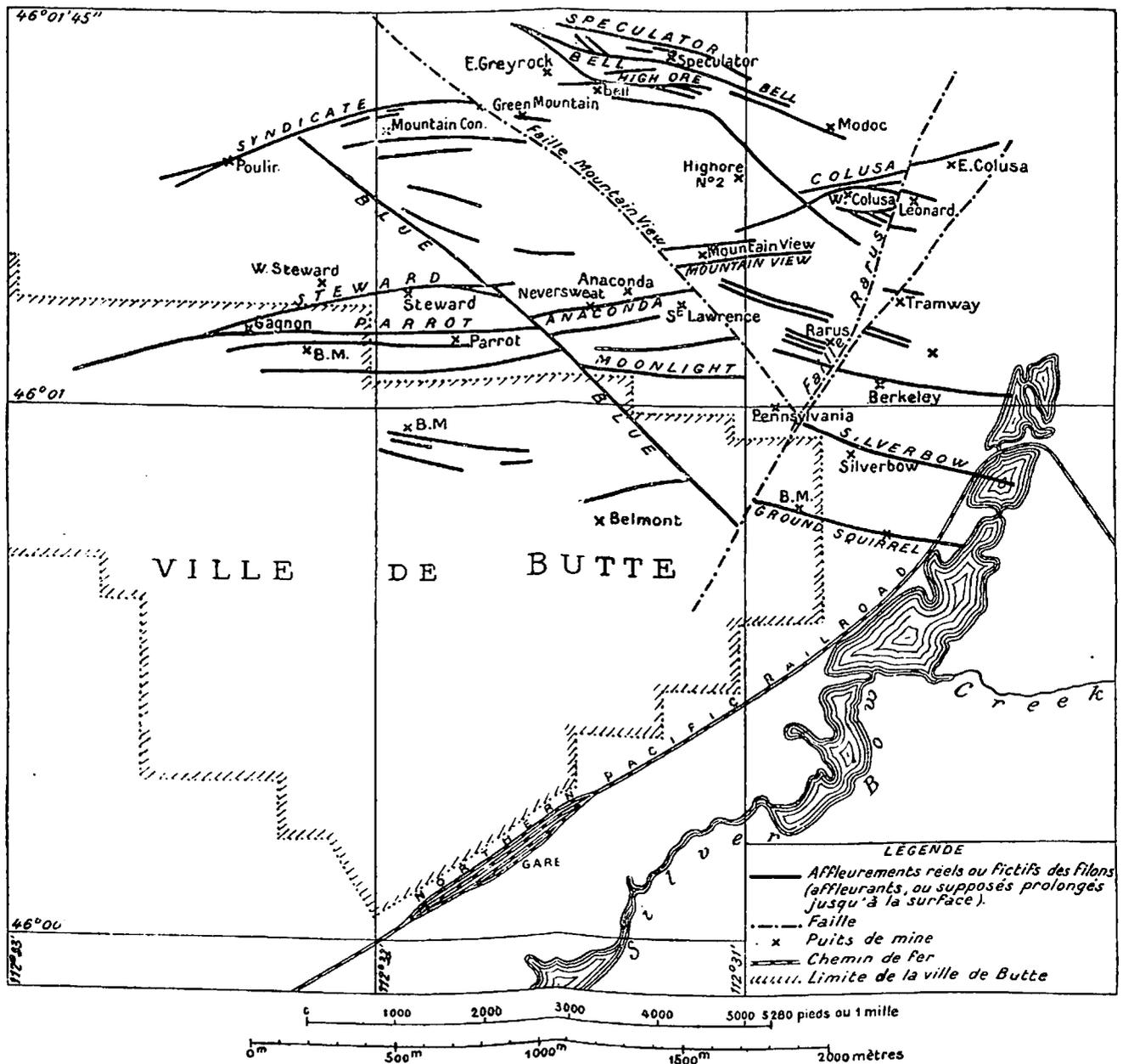


Fig. 17 CARTE DES PRINCIPAUX FILONS CUPRIFÈRES DU DISTRICT DE BUTTE

minerais de cuivre; une zone intermédiaire, bordant la précédente au Nord, à l'Ouest et au Sud, renferme des minerais de zinc, consistant surtout en sphalérite ou blende $Zn S$; enfin la zone extérieure contient des minerais de manganèse (rhodonite et rhodochrosite). Les trois zones contiennent une faible proportion d'argent et une très faible proportion d'or. Ces divers métaux sont récupérés par des traitements métallurgiques, à l'exception du manganèse dont les minerais sont expédiés tels quels aux consommateurs.

C'est d'ailleurs la découverte de placers aurifères et argentifères, en 1864, le long de Silver Bow Creek et de ses affluents, qui attira l'attention sur le gisement de Butte. Ces placers furent exploités jusqu'en 1870, date à laquelle ils furent considérés comme épuisés; mais dans l'entretemps, des gisements filoniens d'argent avaient été trouvés et mis en exploitation, et Butte fut un moment la principale région productrice d'argent du monde. Beaucoup de ces filons, argentifères près de leurs affleurements, se révélèrent en profondeur des filons cuprifères, le cuivre ayant été oxydé et entraîné vers le bas par lixiviation due à l'action des eaux superficielles.

La profondeur de cette zone d'oxydation, où ne se trouve pratiquement pas de cuivre, mais qui peut contenir de l'argent, est en général comprise entre 30 et 120 mètres; les travaux de recherche ultérieurs ont même révélé l'existence d'importants filons de minerai de cuivre et de zinc, dont les extrémités supérieures se trouvent de 150 à 600 m. au-dessous de la surface.

* * *

Les filons cuprifères de Butte sont assez réguliers. Ils peuvent être classés, suivant leur direction et aussi suivant leur âge de formation, en trois systèmes principaux

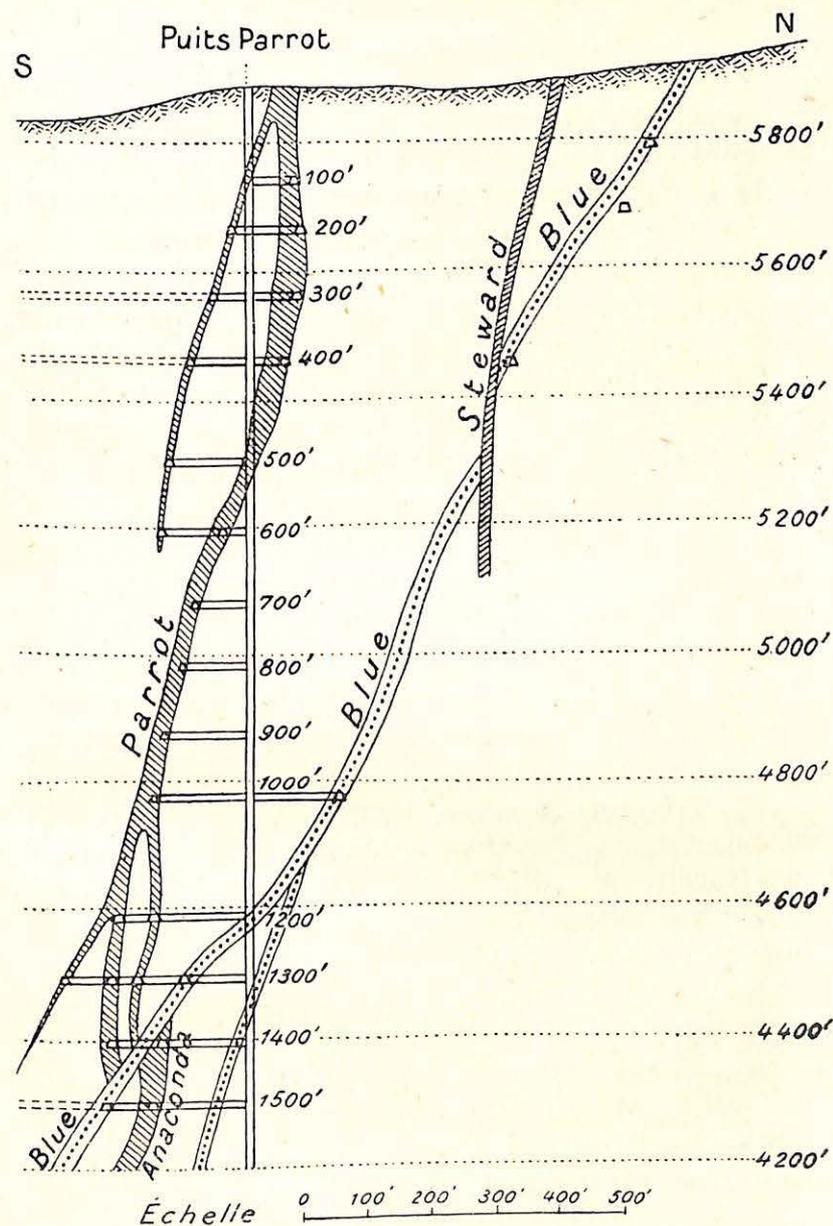


Fig 18 Coupe N-S à travers le puits Parrot, montrant les intersections des trois filons : Anaconda-Parrot, Blue et Steward

Remarque - Les niveaux d'exploitation sont désignés par leurs profondeurs approximatives en centaines de pieds, au-dessous de la surface. Les cotes exactes par rapport au niveau de la mer sont indiquées à droite

auxquels on a donné les noms d'Anaconda, Blue et Steward (fig. 17).

Le système Anaconda, qui est à la fois le plus ancien et le plus important, comprend des filons ayant une direction générale E. W. et un pendage S., à l'exception de quelques-uns situés dans la partie septentrionale du district et ayant un pendage N. Le système Blue, moins ancien, est formé de filons ayant une direction N.W.-S.E. et un pendage S.W.; et le système Steward, le moins ancien et le moins important, est constitué de filons dirigés N.E.-S.W. et inclinés vers le S.

L'âge relatif des trois systèmes de filons est établi par le fait que ceux du second système coupent et déplacent ceux du premier, et sont eux-mêmes coupés et déplacés par ceux du troisième. La fig. 18, qui est une coupe N.S. à travers le puits Parrot, montre que le filon Anaconda-Parrot est coupé et déplacé par le filon Blue, qui est lui-même coupé et déplacé par le filon Steward.

Les filons sont constitués d'une ou de plusieurs bandes de minerai, avec intercalations de granit altéré. Le granit intercalaire est généralement minéralisé lui aussi, de même que celui du mur et du toit, et est abattu dans ce cas avec le minerai, ce qui donne aux chantiers des épaisseurs variant de 4 pieds (1^m,20) à 100 pieds (30 m.), mais comprises en général entre 10 et 30 pieds (3 et 9 m.). Dans la partie E. du district, l'on rencontre assez bien de filons ramifiés, présentant la structure dite « en queue de cheval ». Les intervalles granitiques compris entre les rameaux sont minéralisés, et l'ensemble constitue un véritable stockwerck de grande valeur.

Le pendage des filons est en général très raide et rarement inférieur à 40°, ce qui permet au minerai abattu, à moins qu'il ne soit humide, de descendre par glissement sur le mur du filon. Leur étendue en direction et en inclinaison peut atteindre plusieurs centaines, parfois plu-

sieurs milliers de pieds; mais souvent ils sont divisés en blocs de dimensions relativement faibles par les failles postérieures à la minéralisation, dont le rejet varie de 1 à 90 mètres.

* * *

Le passage du minerai à la roche encaissante stérile est toujours progressif, et les épontes sont mal définies. Il est dès lors nécessaire de procéder fréquemment à l'échantillonnage de la matière à abattre, afin d'éviter l'exploitation de parties non-payantes de la roche.

Le service géologique de l'« Anaconda Copper Co » effectue quotidiennement des prises d'échantillons dans tous les chantiers, à des intervalles longitudinaux et transversaux de dix pieds; leur teneur en cuivre est déterminée et portée à la connaissance des conducteurs des travaux. La Compagnie possède des tables qui indiquent la teneur à partir de laquelle le minerai cesse d'être payant en fonction du prix de vente du cuivre. Ces éléments permettent de diriger l'exploitation des chantiers, de manière qu'elle soit toujours — autant que possible — rémunératrice.

On se garde toutefois de faire varier dans de trop larges limites la teneur du minerai extrait, et l'on s'efforce, dans une pensée de saine gestion, de la maintenir aussi voisine que possible de la teneur moyenne des réserves de minerai restant à exploiter. C'est ainsi qu'en 1929, la teneur des minerais extraits de l'ensemble des mines de l'Anaconda à Butte a été d'environ 4 %, chiffre sensiblement égal à la teneur moyenne des réserves de la Compagnie. Elle a été portée à 4 1/2 % en 1930, et à 5 % en 1931, en raison de la baisse profonde des prix du métal.

Le service géologique de l'Anaconda a aussi comme fonction d'étudier les travaux préparatoires à effectuer, et de surveiller leur exécution. La règle adoptée pour ces

travaux est de mettre chaque année à découvert un tonnage de cuivre égal à celui qui a été extrait pendant l'année. Cette mise à découvert ne peut d'ailleurs s'effectuer trop longtemps à l'avance, en raison de la mauvaise qualité des terrains qui rend dispendieux l'entretien des galeries.

* * *

La production de cuivre des mines de Butte appartenant à l'Anaconda Copper C^o représente la presque totalité de la production de cuivre de l'Etat de Montana, comme le montre le tableau suivant.

*Production de cuivre du Montana, en tonnes courtes,
de 1929 à 1931.*

	1929.	1930.	1931.
Anaconda Copper Mining Co (mines de Butte)	140.969	92.662	85.622
North Butte Mining Co . . .	1.763	2.770	501
East Butte Copper Mining Co.	3.492	—	—
Butte and Superior Min. Co.	633	186	—
Tuolumne Copper Mining Co, et divers	3.090	3.780	832
Product. totale du Montana.	149.947	99.398	86.955

La « Butte and Superior Mining C^o » est principalement une mine de zinc : elle produit accessoirement certaines quantités de plomb, de cuivre, d'argent et d'or. Il en est ainsi, également, de quelques autres mines, reprises au poste « divers » du tableau, et l'Anaconda Copper C^o est elle-même l'un des principaux producteurs de zinc des Etats-Unis.

Les minerais de cuivre de la plupart de ces mines sont concentrés puis fondus dans des usines situées à Anaconda, une vingtaine de milles à l'Ouest de Butte; le cuivre brut est ensuite expédié à l'usine hydroélectrique de Great Falls (Montana) pour y être raffiné. Le zinc pur est obtenu électrolytiquement à Anaconda et à Great Falls.

§ II. — Puits et voies d'accès.

1^o Puits.

Les puits, dont les emplacements sont indiqués pour la plupart sur la carte fig. 17, sont verticaux. Ils ont été établis à proximité des filons, mais de préférence dans des massifs non traversés par des filons ou par des fissures.

Leur nombre est élevé, et il convient d'en chercher la raison, non point tant dans la multiplicité des filons à exploiter, que dans la façon dont s'est constituée l'Anaconda Copper C^o. Cette société a été formée en 1899 par la fusion de sept compagnies minières exploitant trente puits, dont les galeries étaient établies à des niveaux différents (1). La moitié environ de ces puits ont été arrêtés depuis lors en tant que puits d'extraction, et sont affectés exclusivement à l'aérage; mais une quinzaine de sièges subsistent, pour une extraction de minerai qui s'est élevée au chiffre maximum de trois millions et demi de tonnes courtes en 1929. L'extraction moyenne par siège est donc relativement faible (200.000 tonnes de minerai par an).

Les puits ont une section rectangulaire, de 6 m. × 2^m,10 en général (dimensions entre parois nues). Ils sont divisés en quatre compartiments, dont deux pour l'extraction par skips, le troisième pour la translation du personnel et des matériaux, et le quatrième, de section égale à la moitié de celle des autres, pour les canalisations d'air comprimé, d'eau, d'électricité, les câbles des signaux électriques et les échelles. Les skips qui assurent

(1) D'autres fusions, survenues par la suite, ont encore augmenté le nombre des puits que l'Anaconda possède à Butte. La dernière en date est celle de la Davis-Daly Copper Co, absorbée par l'Anaconda en 1924.

l'extraction du minerai dans les deux premiers compartiments peuvent être remplacés rapidement par des cages permettant la descente ou la remonte du personnel au commencement ou à la fin des postes, ainsi que la descente des matériaux.

Le revêtement des puits est constitué de cadres de boisage, recouverts de ciment ou de gunité pour les rendre incombustibles. La plupart des puits d'aérage sont pourvus d'un revêtement lisse.

L'évolution de la machinerie d'extraction s'est effectuée d'une manière assez curieuse. Aux machines à vapeur ont succédé des treuils à air comprimé et, en 1923, dix-sept puits étaient équipés de treuils de ce genre, fonctionnant sous une pression de 3 kg. 1/2, tandis que dix autres étaient encore munis de machines d'extraction à vapeur fonctionnant sous des pressions variant de 7 kg. 1/2 à 9 kg. 1/2, et que six seulement étaient pourvus de machines électriques. L'extraction électrique s'est développée depuis lors, tant sous le rapport du nombre des treuils que sous celui de leur force. C'est ainsi qu'à l'heure actuelle, trois puits sont pourvus de machines d'extraction électriques de 2.150 HP, système Léonard, mais sans volant-tampon, pouvant extraire 1.500 tonnes en dix heures, d'une profondeur de 1.500 mètres.

2° *Galeries d'accès. — Aménagement général d'un étage d'exploitation.*

Les niveaux d'extraction sont établis tous les 100 pieds (30 mètres), quand le filon à exploiter est puissant et rapproché du puits (voir fig. 18). Lorsque l'épaisseur du filon est inférieure à 6 mètres, les niveaux d'extraction sont établis tous les 200 pieds (60 mètres).

Tous les niveaux de roulage sont reliés aux puits : on

évite autant que possible les niveaux aveugles (sub-levels).

Les galeries de niveau, qu'il s'agisse de travers-bancs ou de galeries en direction, sont creusées aux dimensions utiles de 1^m,50 de large sur 2^m,10 de haut, et boisées au moyen de cadres en trois pièces de 30 à 45 cm. de diamètre, placés à des intervalles de 1^m,62 de centre à centre. La direction de l'Anaconda estime qu'il convient de ne pas donner une section plus forte aux galeries, en raison de la mauvaise qualité des terrains.

Le roulage s'y effectue sur rails de 12 kg. au mètre courant, posés à écartement de 0^m,46. Les wagonnets, pouvant contenir 635 kg. de minerai, sont remorqués, en rames de dix unités, par des locomotives électriques de 5 tonnes, à accumulateurs Edison.

Le creusement de ces galeries s'opère à l'aide d'explosifs à 35 % de dynamite-gomme, les déblais étant relevés et chargés mécaniquement dans les wagonnets par des scrapers.

Les cadres de boisage, qui constituent le soutènement des travers-bancs, sont surmontés d'un planchéiage longitudinal (fig. 19a) et leurs chapeaux sont calés au toit et aux parois à l'aide de coins. Dans les galeries en direction, afin d'éviter que les chapeaux des cadres de boisage ne se brisent sous le poids du remblai sus-jacent, on a adopté la disposition représentée fig. 19b. On place, à 14 pouces (35 cm.) au-dessus du chapeau A, un « chapeau de support » B, soutenu par les tasseaux C et calé d'ailleurs entre les montants M' par la pression des terrains. Des longerons D sont placés sur ce chapeau et soutiennent eux-mêmes le plancher E qui supporte le remblai. Toute cette superstructure décharge le chapeau A du poids des remblais, et les pièces qui la composent peuvent être remplacées, lorsqu'elles viennent à se

briser, sans toucher au chapeau A ni aux montants M, qui constituent le cadre de boisage proprement dit de la galerie. Cette disposition permet de pratiquer, sans danger d'interruption, le roulage par locomotives électriques dans les galeries établies dans les filons et jusqu'aux becs des trémies de chargement des wagonnets.

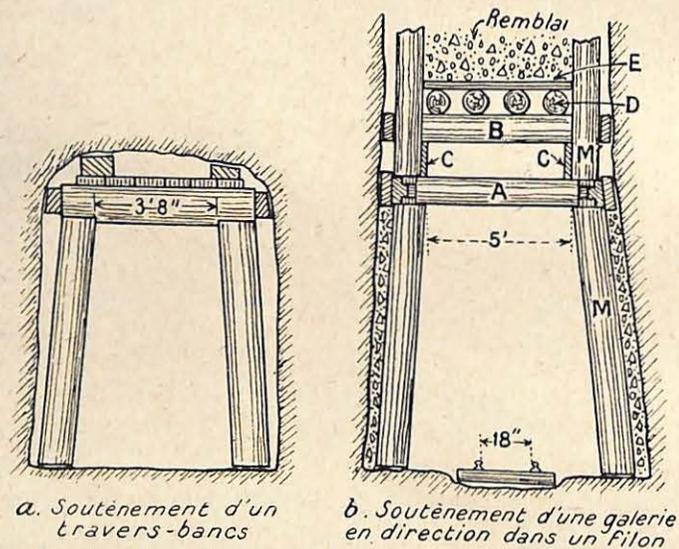


Fig 19 Soutènement des galeries horizontales à la mine Black Rock (Butte and Superior Mining Co)

L'aménagement général d'un étage d'exploitation dans un filon s'effectue d'une manière différente, suivant l'épaisseur de ce dernier.

a) Dans les filons de plus de 6 m. d'épaisseur, la hauteur d'étage est réduite, nous l'avons vu, à 30 mètres. En outre, le massif de minerai à exploiter est divisé — dans le sens de la direction et aussi dans le sens de l'épaisseur, si celle-ci est assez forte — en blocs prismatiques de 30 m. de haut, ayant une longueur de 7^m,50 et une largeur appropriée à l'épaisseur du filon. Ces blocs sont disposés en damier, et on les exploite alternativement, en ayant

soin de remblayer complètement chaque bloc exploité, et d'attendre que le remblai se soit tassé avant d'exploiter les blocs adjacents.

Les travaux d'aménagement sont, dans ce cas, les suivants :

Au niveau de base de l'étage, on creuse à partir du puits un travers-bancs vers le point du filon le plus rapproché. Celui-ci atteint, on creuse une galerie d'allongement en direction (v. fig. 18), soit dans le filon lui-même et au mur (cas d'un filon de moins de 15 mètres d'épaisseur avec bon mur), soit dans le mur lui-même, si le filon a plus de 15 m. d'épaisseur. On branche sur cette galerie d'allongement, à des intervalles de 7^m,50 à 15 m., des galeries horizontales en travers, allant du mur au toit du filon. Ces galeries servent elles-mêmes de points de départ à des montages, espacés de 7^m,50 à 22^m,50, et qui viennent déboucher dans des galeries en travers semblables, établies de même manière dans le filon, au niveau de tête de l'étage.

Les montages ainsi creusés délimitent les blocs prismatiques à exploiter. Chacun d'eux sert à l'exploitation des deux ou des quatre blocs qui le touchent : il permet d'y amener les matériaux et le remblai venant du niveau de tête, et d'assurer la ventilation des chantiers.

b) Dans les filons de moins de 6 m. d'épaisseur, la hauteur d'étage est de 60 m., et le massif de minerai est exploité par des chantiers de 30 m. à 45 m. de longueur, s'étendant sur toute l'épaisseur du filon.

Ce dernier ayant été atteint, comme précédemment, par un travers-bancs issu du puits au niveau de base, on y creuse une galerie en direction, établie dans le filon lui-même et au mur. On creuse directement à partir de cette galerie, à des intervalles de 30 m. à 45 m., des montages établis dans le filon, sur le mur de ce dernier. Ces mon-

tages aboutissent à une galerie en direction semblable, établie de la même manière au niveau de tête de l'étage, et délimitent les chantiers.

§ III. — Méthodes d'exploitation.

Les méthodes d'exploitation, actuellement en usage dans les mines de Butte, sont toutes des méthodes par remblayage. La direction de l'Anaconda estime que ces méthodes s'imposent, eu égard aux circonstances locales, et notamment à la mauvaise qualité des terrains encaissants.

L'altération du granit par les solutions sulfo-arséniées a été, en effet, profonde, de part et d'autre des filons. La décomposition du roc par dissolution de ses éléments basiques et feldspathiques a fortement diminué sa solidité; en outre, de nombreuses failles et cassures, postérieures à la minéralisation, s'y sont produites, de sorte que le toit et le mur des filons tendent à s'écrouler en blocs, lorsqu'ils sont mis à découvert. Cette tendance est accentuée par l'infiltration des eaux superficielles, ou de celles provenant des niveaux supérieurs, dans les fissures dont nous venons de parler: et pour la combattre, un remblayage aussi complet que possible a été jugé nécessaire.

D'autres raisons ont milité en faveur de son adoption, et notamment le pendage généralement très raide des filons, et le désir de protéger les installations de surface ou l'agglomération urbaine.

Les raisons énumérées ci-dessus ont entraîné le rejet « a priori » des méthodes par foudroyage; et la dernière a fait rejeter, de même, les méthodes par sous-cavement, dont il sera question lorsque nous étudierons les mines

de cuivre de l'Arizona. Ajoutons que la méthode des tailles à magasin (shrinkage stoping) a été essayée sans succès à Butte, la mauvaise qualité des terrains encaissants amenant ceux-ci à s'écrouler et à se mêler à la masse de minerai abattu emmagasinée dans les tailles.

Le remblayage est pratiqué le plus souvent au moyen de déblais provenant du creusement des galeries ou du triage sur place du minerai. On a fait usage aussi de tailings provenant des usines de concentration: ces derniers ont été employés plusieurs fois avec succès pour étouffer des incendies souterrains. Enfin, l'on s'est parfois procuré les matériaux nécessaires au remblayage de filons très épais en ouvrant des carrières à la surface, et en reliant directement, par des cheminées, le fond de ces carrières aux chantiers à remblayer, les matériaux parvenant ainsi à leur destination par simple gravité.

L'abatage s'effectue par tranches de 8 pieds (2^m,40) de hauteur: les brèches d'abatage de 2^m,40 progressent horizontalement suivant la direction, ou s'élèvent obliquement sur cette dernière.

On s'efforce de pratiquer l'abatage sélectif, les parties stériles du filon étant laissées en place. En outre, l'on procède au triage sur place de la matière abattue, et l'on jette immédiatement le stérile au remblai: 20 % de la matière abattue sont éliminés d'emblée par ce triage.

Le remblai est mis en place par tranches de même hauteur, de manière à suivre le minerai en couronne à une distance de 2^m,40, et à maintenir efficacement le toit et le mur.

Dans de nombreux cas, il a été, en outre, jugé nécessaire d'organiser, immédiatement après le passage de la brèche d'abatage, le soutènement du minerai en cou-

ronne, lorsque celui-ci manquait de cohésion ou lorsque le filon était épais. Ce soutènement s'effectue le plus souvent au moyen de cadres de boisage appelés « square-sets », parfois aussi à l'aide de « stull-sets ».

Nous allons examiner en détail ces diverses méthodes d'exploitation. Faisons encore remarquer que, dans toutes, l'exploitation d'un chantier commence par l'enlèvement d'une première tranche horizontale de minerai, de 8 pieds de hauteur, prise sur toute l'épaisseur du filon : cette tranche est immédiatement boisée par square-sets et remblayée. Cette opération, dite « silling out », s'effectuait autrefois au niveau même de la galerie de base : on enlevait d'emblée tout le minerai situé, dans les filons épais, entre cette galerie et le toit du filon. Actuellement, on préfère laisser ce minerai momentanément inexploité et prendre la première tranche horizontale immédiatement au-dessus de la galerie de base ; la tranche située au niveau de cette dernière est réservée pour être prise ultérieurement, lors de l'exploitation de l'étage immédiatement inférieur (fig. 22). La galerie de base est pourvue du soutènement spécial décrit fig. 19b.

A. — METHODES PAR REMBLAYAGE,
SANS SOUTÈNEMENT DU MINÉRAI EN COURONNE
= METHODES DITES « CUT-AND-FILL ».

Ces méthodes sont employées pour l'abatage de 15 % environ du minerai extrait dans les mines de Butte. Elles se divisent en « horizontal cut-and-fill » et « inclined cut-and-fill », selon que les brèches d'abatage progressent horizontalement suivant la direction, ou s'élèvent obliquement sur cette dernière.

1° Méthode avec progression horizontale des brèches d'abatage, dite « horizontal cut-and-fill » ou « back filling ».

Cette méthode, dont la fig. 20 donne le schéma, est employée, à Butte, pour l'exploitation de filons épais, dans lesquels le minerai en couronne présente une cohésion suffisante pour se passer de soutènement.

La hauteur d'étage est de 100 pieds (30 m.), et les montages M creusés comme il a été dit plus haut, sont espacés de 25 à 75 pieds (7^m,50 à 22^m,50).

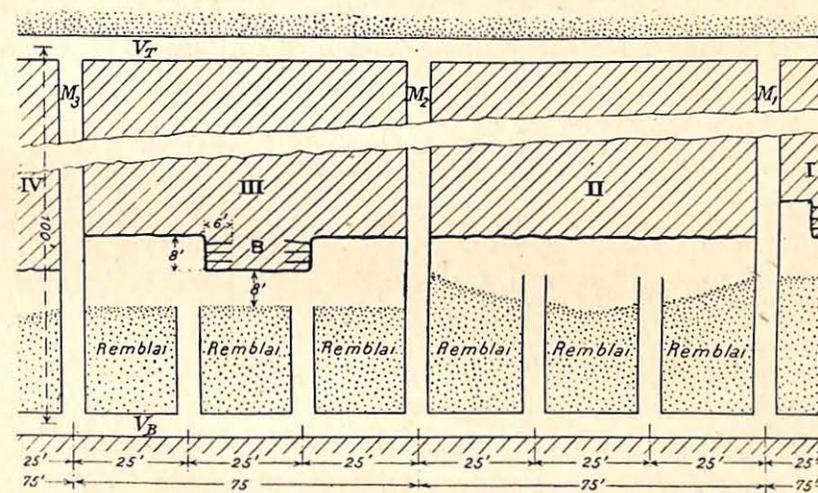


Fig. 20 Schéma de la méthode d'exploitation dite « horizontal cut-and-fill »

On prend, à partir de ces montages, des brèches d'abatage B de 8 pieds (2^m,40) de haut, progressant horizontalement. Le minerai, abattu à l'explosif, tombe sur le remblai situé à 8 pieds en-dessous du massif : il s'y accumule momentanément en tas, sur lesquels les mineurs se tiennent pour pouvoir atteindre la brèche d'abatage. Des aides procèdent au triage de ces tas, et font tomber la matière utile dans les cheminées d'évacuation mé-

nagées tous les 25 pieds (7^m,50) dans le remblai, et fermées à la partie inférieure par des trémies qui permettent de charger les wagonnets circulant dans la voie de base V_B.

Les trous de mine, de 6 pieds (1^m,80) de long, sont forés horizontalement dans la brèche d'abatage B au moyen de marteaux perforateurs ou de perforatrices Leyner à colonne : ces engins sont actionnés à l'air comprimé, et comprennent un dispositif d'humidification du trou de mine pour éviter les poussières. Les explosifs employés contiennent de 30 à 35 % de dynamite-gomme.

Lorsque l'abatage d'une tranche est terminé (cas des massifs II et IV sur la fig. 20), on procède au remblayage sur une hauteur égale de 2^m,40. A cet effet, on exhausse de 2^m,40 le revêtement des cheminées, et l'on fait descendre le remblai de la voie de tête V_T par les montages adjacents au chantier à remblayer (montages M₁ et M₂ pour le chantier II). Le remblai est ensuite mis en place et étalé par pelletage.

Cette méthode offre le désavantage d'exiger une main-d'œuvre abondante pour la mise en place du minerai et du remblai : elle oblige en outre à multiplier le nombre des montages M et des cheminées, de manière à réduire la distance sur laquelle doit s'effectuer ce pelletage.

La distance maxima à laquelle peut s'opérer le pelletage en un seul jet étant de 15 pieds (3 m.), les cheminées sont espacées de 25 à 30 pieds au maximum ; mais un plus grand espacement doit être donné en général aux montages, afin de ne pas trop multiplier leur nombre, et ceci rend difficile la mise en place du remblai.

La méthode suivante permet d'éviter ces inconvénients.

2^o Méthode avec progression inclinée des brèches d'abatage, dite « *inclined cut-and-fill* » ou « *rill cut-and-fill* ».

Elle a pratiquement remplacé la méthode horizontale, à Butte, pour l'exploitation des filons de moins de 6 m. d'épaisseur dans lesquels le minerai est suffisamment cohérent pour ne pas exiger de soutènement. La hauteur d'étage est de 200 pieds (60 m.) et l'espacement des montages peut atteindre 150 pieds (45 m.).

La figure 21 représente les deux variantes de cette méthode, et donne en même temps le détail du boisage des voies de niveau V_B et V_T, des montages M₁ et M₂, et de la cheminée C.

a) Dans une première variante, représentée sur la motié de droite de la figure, l'abatage s'effectue au moyen d'une brèche B de 2^m,40 de hauteur, s'étendant du toit au mur du filon et progressant obliquement vers le haut. Le minerai abattu tombe sur un plancher fait de planches de 2'' placées sur le talus du remblai : il s'y accumule en un tas, sur lequel se tient l'ouvrier mineur pour forer ses mines en B.

On fait écouler le tas de minerai, par simple gravité, vers la grille G et la cheminée d'évacuation C, après triage.

Lorsque la brèche B est arrivée en D, on fait glisser dans la cheminée C ce qui reste de minerai abattu sur le plancher ; on enlève ensuite ce dernier, et l'on procède au remblayage. A cet effet, il suffit de placer, dans le montage M₁, une cloison E : les matériaux du remblai descendant par M₁ de la voie de tête, sont déviés par cette cloison et viennent se placer d'eux-mêmes le long du talus à remblayer. L'inclinaison des tranches doit être

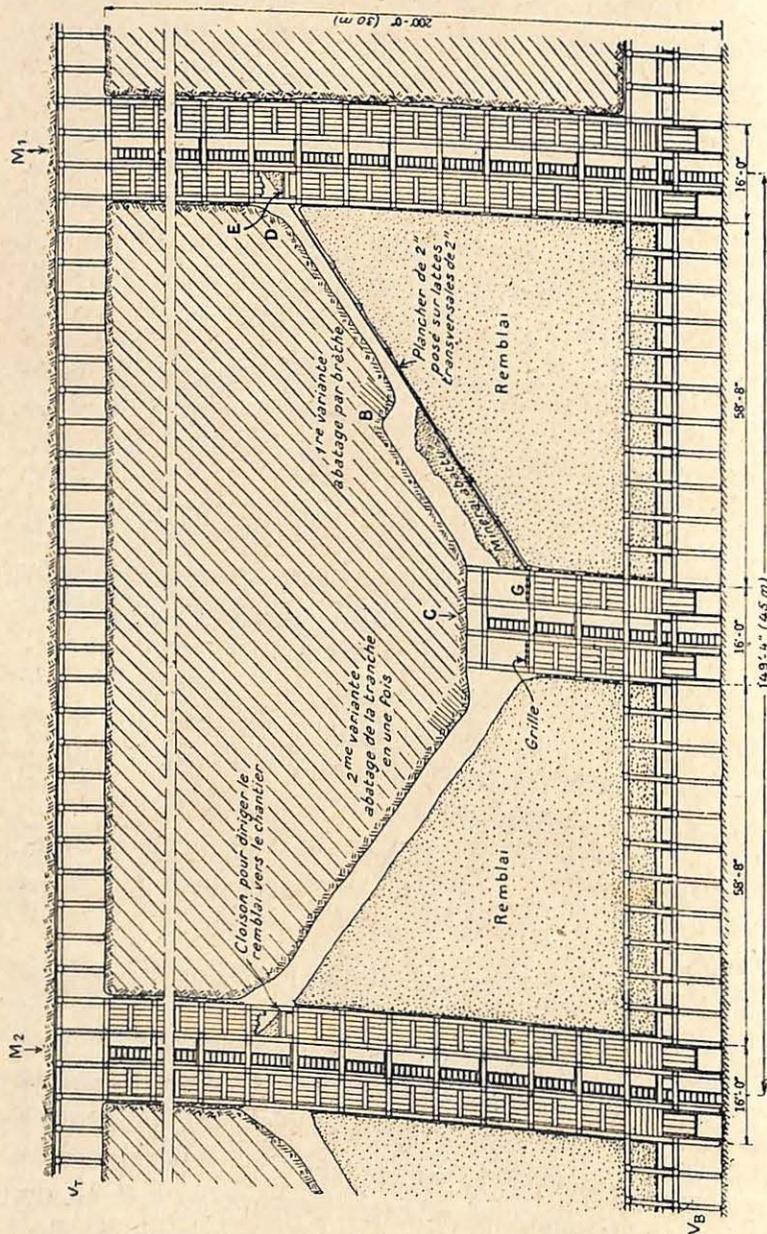


Fig 21 Méthode du "rill stoping", pratiquée dans les mines de Butte

égale, dans ce but, à l'angle de talus naturel des matériaux du remblai.

On fait alterner l'abatage et le remblayage des deux côtés du chantier, de manière que ceux-ci restent symétriques.

b) Dans une seconde variante, représentée sur la moitié de gauche de la figure, la tranche inclinée est abattue toute entière au moyen d'une seule volée de mines; le minerai tombe sur un plancher placé comme précédemment, et descend de la même manière vers la grille et la cheminée d'évacuation. Le remblayage s'opère ensuite comme dit ci-dessous.

Les montages M et la cheminée C sont à trois compartiments, dont deux pour la descente du remblai (ou du minerai) et un compartiment central pour la circulation du personnel.

Cette méthode supprime le pelletage dans les chantiers et permet, en outre, d'espacer beaucoup plus les montages et les cheminées.

B. — METHODES PAR REMBLAYAGE, AVEC SOUTÈNEMENT DU MINÉRAI EN COURONNE

Le soutènement du minerai en couronne s'effectue lorsque ce dernier manque de cohésion ou lorsque, par suite de l'épaisseur du filon, il est mis à découvert sur de grandes portées.

Il s'opère, le plus souvent, au moyen d'un boisage connu sous le nom de « square-sets »; parfois aussi à l'aide de « stull-sets »; lorsque les excavations à boiser ne sont pas trop grandes et qu'elles ont une forme assez régulière.

1° Méthode par square-sets.

Le « square-set system » est un mode de soutènement par cadres de boisage disposés suivant trois directions perpendiculaires et constituant ainsi un réseau de mailles en forme de parallépipèdes rectangles.

De ces trois directions, l'une est toujours verticale, quel que soit le pendage du filon; une seconde est horizontale et suit la direction du filon; et la troisième, horizontale également, se trouve dans le plan vertical de pente.

C'est, on le voit, une disposition passe-partout, qui se prête assez bien :

a) au boisage d'excavations de forme irrégulière (fig. 22) où l'on ne peut déterminer la direction suivant laquelle s'exercera la pression des terrains encaissants.

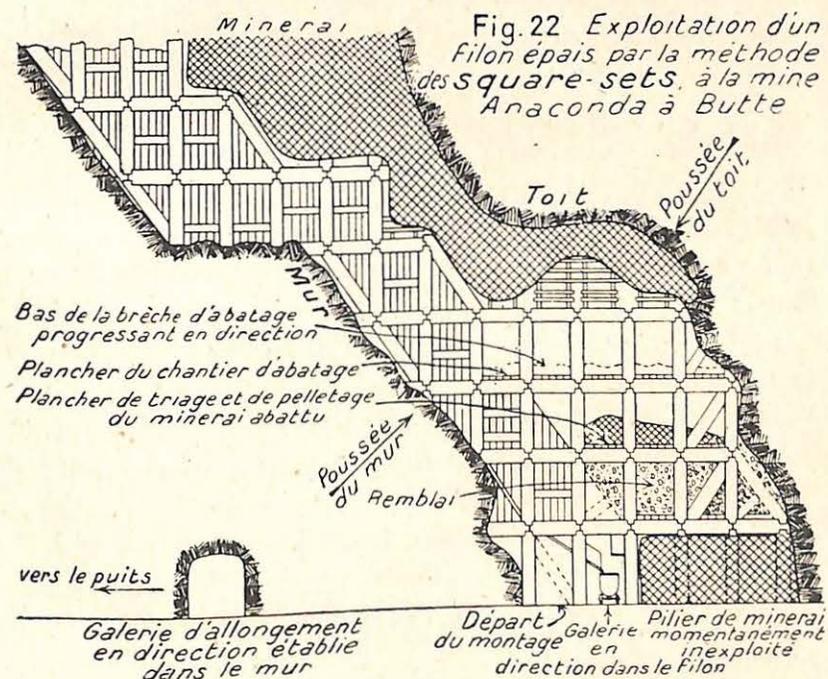
b) au boisage d'excavations trop grandes pour être enjambées par des étaçons d'une pièce (c'est aussi le cas de la fig. 22) (1).

L'abatage du minerai s'effectue par petits blocs parallépipédiques, ayant exactement les dimensions d'une des mailles du réseau de boisage. Sitôt un bloc abattu, la maille correspondante est placée, et le minerai en couronne est ainsi soutenu sans délai. Le méthode se prête donc à l'exploitation de filons contenant un minerai sans cohésion, incapable de se maintenir sans soutènement, même sur de faibles portées.

Le soutènement ainsi réalisé pour le minerai en couronne ne peut d'ailleurs résister à la pression des ter-

(1) C'est d'ailleurs pour permettre l'exploitation d'un renflement de 27 mètres d'épaisseur (s'étendant sur 100 m. de long et 120 m. de haut dans le filon cuprifère Comstock, et appartenant à la mine Ophir, Virginia City, Nevada) que la méthode des square-sets a été inventée en 1860 par l'ingénieur Philip Deidesheimer. (Cf. E. D. Gardner et W. O. Vandenberg. « Square-Set system of mining », I. C. 6691, April 1933, U. S. Bureau of Mines.)

rains encaissants, lorsque celle-ci commence à s'exercer véritablement sur le boisage, parce qu'elle agit suivant des directions qui ne coïncident pas avec les trois directions des square-sets (fig. 22). Il doit donc être complété par un remblayage qui suit d'aussi près que possible le boisage et qui vient noyer complètement les mailles des square-sets.



Très dispendieux à établir, tant comme matière que comme main-d'œuvre, le boisage par square-sets ne convient que pour exploiter des filons à haute teneur. Il rachète alors en partie son coût élevé par la possibilité qu'il offre d'intensifier l'abatage sélectif, en laissant en place les parties non-payantes du filon, le square-set se prêtant au boisage des excavations les plus irrégulières;

et aussi par les facilités qu'il présente pour le triage sur place du minerai à abattre.

Les conditions que nous venons d'énumérer se présentent dans la plupart des filons de Butte, et la méthode des square-sets y a pris une extension peut-être exagérée : 80 % du minerai extrait sont abattus par cette méthode, en chantiers horizontaux ou inclinés. Avant d'étudier en détail ces deux variantes, nous examinerons brièvement la constitution des square-sets et de leurs assemblages.

* * *

On utilise, pour la construction des square-sets, le pin dit « lodgépole », essence peu durable ; et aussi, mais dans une faible mesure, le pin jaune, le sapin, l'épicéa et le tamarack. Deux types de square-set sont employés à Butte.

a) Le « Rocker set », qui utilise les bois ronds, et dont les dimensions de centre à centre des bois sont les suivantes : 5'4" de long \times 5'4" de large \times 7'9" de haut. Les montants (posts) et les chapeaux transversaux (caps) ont 14" de diamètre, et les chapeaux en direction (girts) ont 12" de diamètre. L'assemblage de ces trois pièces se fait à simple ou à double gradin (fig. 23A) ; les extrémités des bois sont taillées à la surface par des machines.

La figure 25 donne en perspective la configuration d'ensemble d'un boisage réalisé par cadres de cette espèce.

b) Le « Butte set », fait de bois équarris de 10" \times 10" ou de 12" \times 12" pour les montants et les chapeaux transversaux, et de 6" \times 10" ou de 8" \times 12" pour les chapeaux en direction. Les distances de centre à centre de ces bois sont de 5' en longueur \times 5' en largeur \times 7'6"

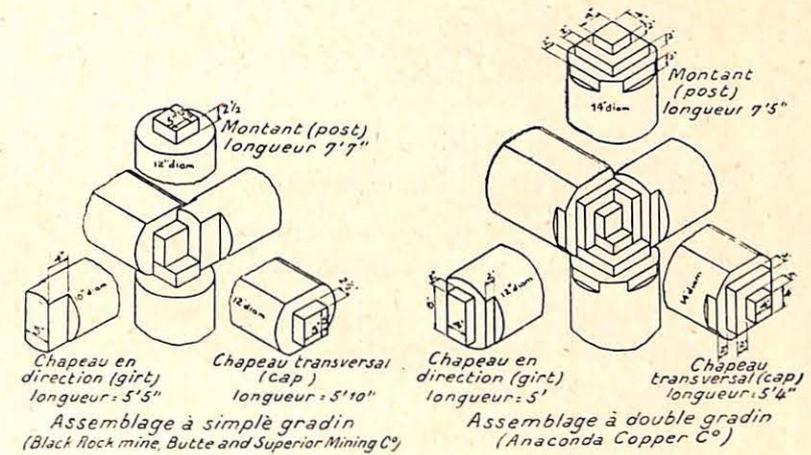


Fig. 23.a Assemblages des square-sets en bois ronds

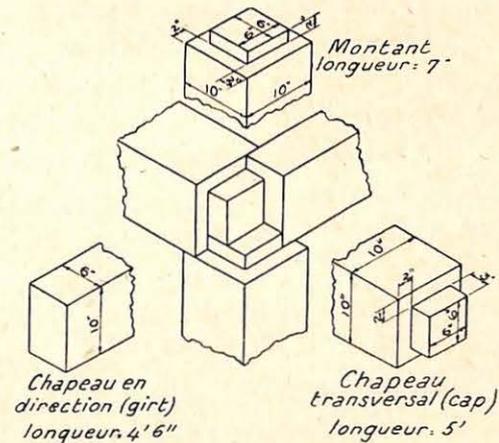


Fig. 23.b. Assemblage des square-sets en bois équarris (Butte sets)

ou 7'8'' en hauteur. L'assemblage se fait à simple gradin (fig. 23b).

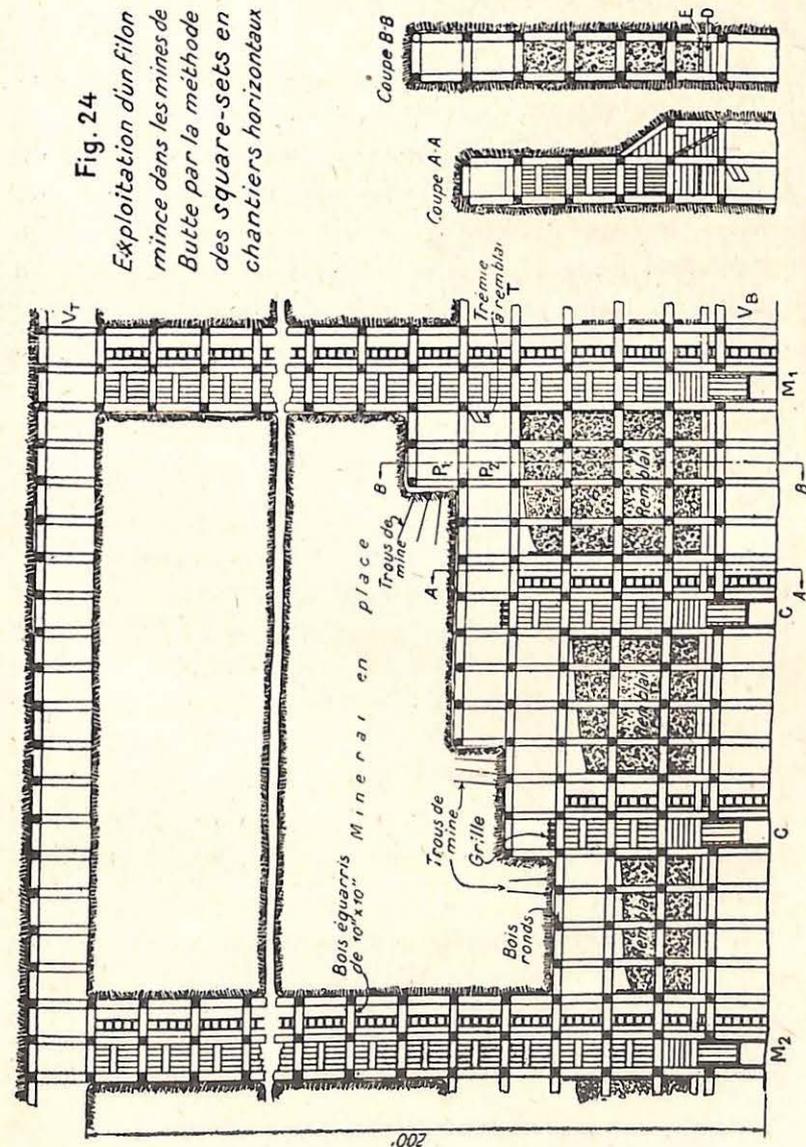
a) *Méthode des square-sets en chantiers horizontaux.*

Cette méthode est employée dans les mines de Butte, pour l'exploitation de filons minces ou épais, contenant du minerai dépourvu de toute cohésion.

La fig. 24 donne la disposition adoptée dans les filons minces. Les montages et les cheminées sont creusés dans le mur, à partir d'évidements latéraux ménagés tous les cinq ou six cadres de boisage dans la mézière du mur de la voie de base en direction V_B (voir coupe transversale AA). Ils comprennent deux compartiments, dont l'un pour la descente du remblai ou du minerai, et l'autre pour la circulation du personnel.

L'abatage s'effectue par tranches horizontales de 8 pieds ($2^m,40$) de haut : le minerai abattu au moyen de mines forées par des ouvriers se tenant sur le plancher P_1 , tombe sur le plancher P_2 où il est trié et pelleté dans les cheminées d'évacuation C . Le remblai est amené de la voie de tête V_T par le montage M_1 et dévié vers le chantier par une cloison et une trémie T : il est mis en place par pelletage. Ce dernier doit s'effectuer, on le voit, sur une distance plus longue que le pelletage du minerai. Le remblai est supporté, à la base du chantier, par un plancher E posé sur des « chapeaux de support » D (voir coupe transversale BB), qui déchargent du poids du remblai les chapeaux des cadres de boisage de la voie de base.

La même méthode est appliquée à l'exploitation de filons épais (fig. 22). La distance entre montges est toutefois diminuée, et parfois réduite à 25 pieds ($7^m,50$). Enfin, dans le cas de filons très épais (d'une épaisseur



supérieure à la longueur d'un chantier), les chantiers, au lieu d'être pris en long, sont pris en travers, du mur au toit.

A la mine Black Rock, appartenant à la « Butte and Superior Mining C^o », les filons épais sont exploités par chantiers pris en long. Le filon est divisé, dans le sens de l'épaisseur, en deux demi-filons, par un plan ou par une surface médiane passant à mi-épaisseur du filon. On prend tout d'abord dans le demi-filon situé au toit un chantier à tranches horizontales, par brèches d'abatage progressant en direction, mais de faible longueur (4 à 10 sets, soit 20 à 50 pieds). Lorsque l'exploitation de ce chantier est terminée, et que son remblai est suffisamment tassé, on prend le chantier adjacent dans le demi-filon situé au mur.

La fig. 25 donne une vue perspective de cette exploitation. Les deux demi-filons ont chacun une épaisseur correspondant à deux sets, soit 10 pieds ou 3 mètres. Le chantier dans le demi-filon au toit a été exploité; la figure représente l'exploitation du chantier adjacent, pris dans le demi-filon au mur. Ce chantier a une longueur de 5 sets, soit 25 pieds ou 7^m,50. La brèche d'abatage B progresse en direction sur cette longueur; elle a une largeur de 2 sets, égale à celle du chantier, et une hauteur d'un set.

Le minerai abattu tombe sur des planchers inclinés qui le font glisser vers la cheminée d'évacuation C. Le remblai est amené du niveau de tête par le montage M. La cheminée C est construite à deux compartiments identiques à ceux du montage M : elle est exhaussée à mesure que l'exploitation du chantier progresse vers le haut. A la fin de cette exploitation, la cheminée C arrive au niveau de tête; elle servira de montage pour l'amenée

des remblais, lors de l'exploitation du chantier qui sera pris en avant de celui qui vient d'être exploité, dans le même demi-filon.

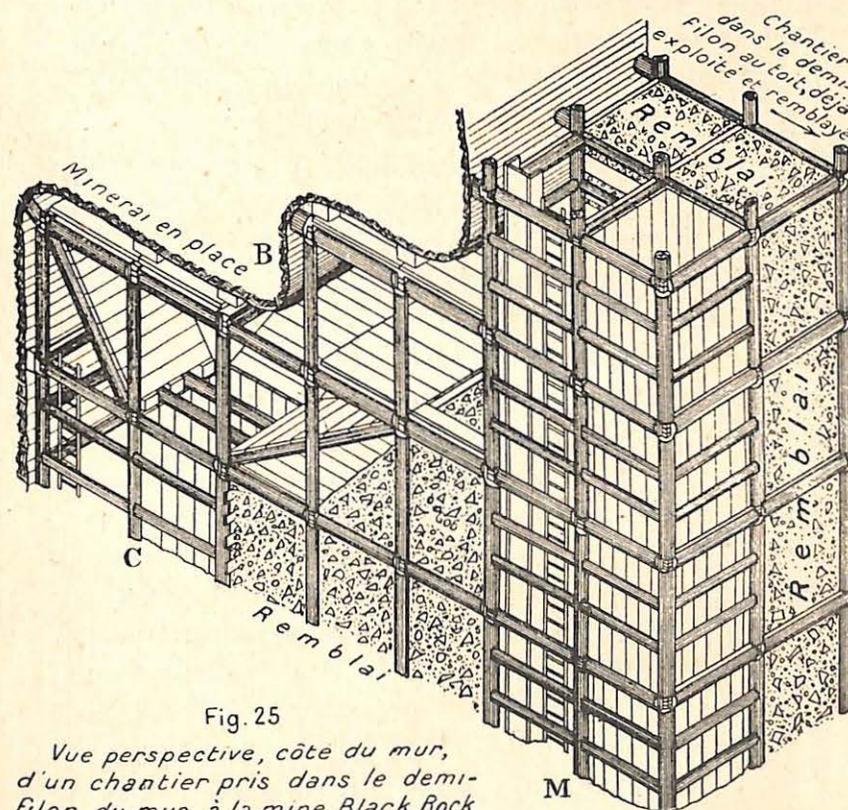


Fig. 25

Vue perspective, côté du mur, d'un chantier pris dans le demi-filon du mur à la mine Black Rock

b) Méthode des square-sets en chantiers inclinés, dite « timbered rill », ou « rill square set ».

Les chantiers inclinés présentent, par rapport aux chantiers horizontaux, l'avantage dont nous avons déjà parlé, de supprimer ou de réduire fortement le pelletage du minerai abattu et du remblai. Ils ne peuvent toutefois être employés sans soutènement pour l'exploitation de

filons de plus de 3 mètres d'épaisseur, lorsque le minerai a peu de cohésion.

L'adjonction d'un soutènement par square-sets les rend utilisables dans ce cas, et l'« Anaconda Copper Co » les emploie avec succès, dans ses mines de Butte, pour l'exploitation de filons de 3 à 6 mètres d'épaisseur, la consistance du minerai étant intermédiaire entre celle qui permet l'utilisation de chantiers inclinés sans soutènement, et celle qui exige l'emploi de square-sets en chantiers horizontaux.

La figure 26 donne le détail de l'exploitation d'un de ces chantiers, dans la phase de mise en train (fig. 26A) et dans celle de marche normale (fig. 26B).

La hauteur d'étage est de 200 pieds (60 m.) et la distance entre axes des montages est de 150 pieds (45 m.). Les montages M_1 et M_2 et la cheminée centrale d'évacuation du minerai C sont à trois compartiments : le compartiment médian sert à la circulation du personnel, les deux compartiments extérieurs servent à la descente du remblai ou du minerai. Chacun de ces compartiments s'étend, dans le sens de l'épaisseur du filon, sur une largeur correspondant à deux cadres de boisage, soit 10 pieds 8 pouces ou $3^m,24$.

Le soutènement du minerai en couronne, dans le chantier, s'effectue au moyen de square-sets en bois ronds du type Rocker (fig. 23A) de $5'4''$ de long \times $5'4''$ de large \times $7'9''$ de haut. La hauteur de tranche est égale à la hauteur d'un square-set, soit $7'9''$ ou $2^m,36$.

On commence la mise en train du chantier sans attendre que les montages M_1 et M_2 , creusés à partir de la voie de base V_B , soient arrivés à la voie de tête V_T . Dès que ces montages se trouvent à une hauteur correspondant à cinq ou six tranches, on enlève horizontalement la pre-

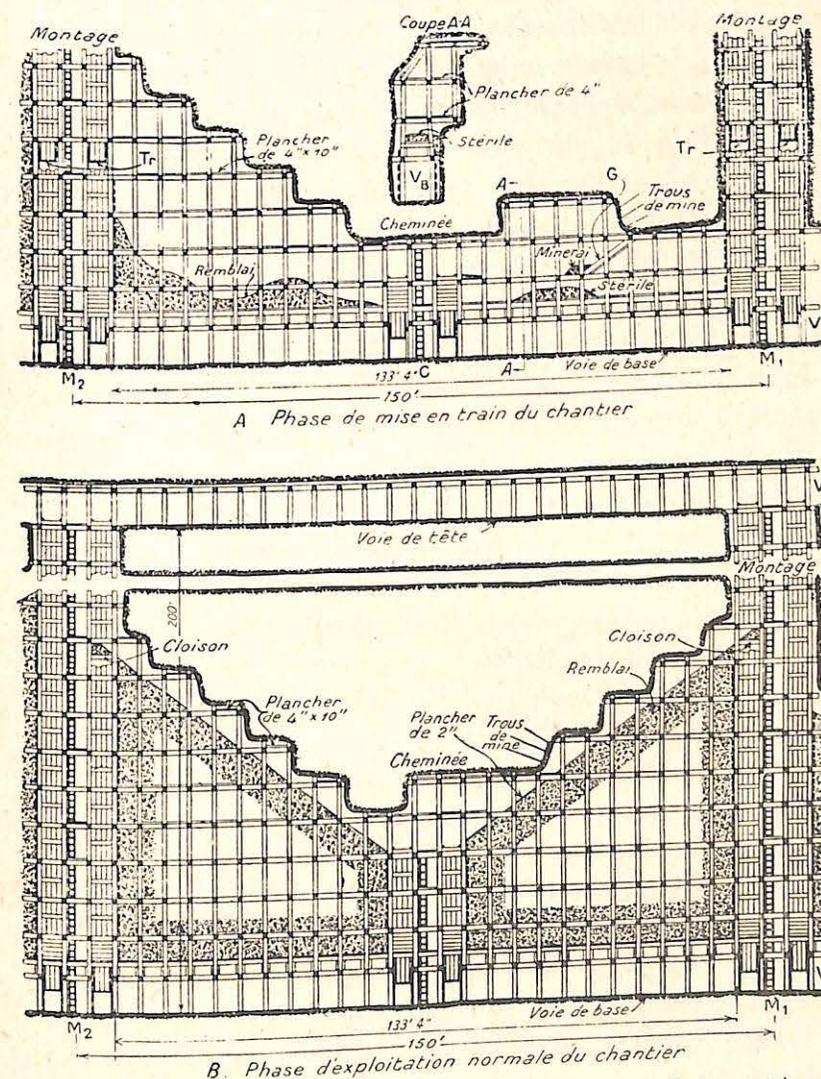


Fig. 26 Méthode des square-sets en chantiers inclinés pratiquée aux mines de l'Anaconda à Butte

mière tranche de 7'9'' de haut sur une épaisseur égale à la largeur de la voie de base, puis la seconde tranche sur une épaisseur correspondant à la largeur de deux sets (10'8''), comme le montre la coupe AA (fig. 26A).

On place ensuite les chapeaux et le plancher spéciaux qui doivent supporter le remblai, et l'on construit la cheminée centrale d'évacuation du minerai C.

On commence alors à donner une allure inclinée à l'ensemble du chantier, en continuant l'abatage par tranches horizontales successives, prises à partir du centre, et se présentant en retrait les unes par rapport aux autres (fig. 26A). Pendant cette phase de mise en train, le minerai abattu descend dans des glissières G sur le plancher de la seconde tranche : il y est trié, puis la matière utile est brouettée jusqu'à la cheminée centrale d'évacuation C, tandis que le stérile tombe sur le plancher de la première tranche.

Lorsque l'abatage s'est élevé jusqu'à la septième tranche (fig. 26A), on dispose d'une hauteur suffisante pour que la mise en place du remblai puisse se faire par simple glissement sur talus. D'autre part, les montages M_1 et M_2 sont parvenus entretemps jusqu'à la voie de tête V_T , et peuvent être utilisés pour l'amenée du remblai. Ce dernier est dévié vers le chantier par des trémies T_r placées à hauteur convenable dans le montage : il s'étend suivant son angle de talus naturel et vient noyer les mailles du réseau de boisage, jusqu'à une distance d'un set en dessous des fronts.

Ce remblayage s'effectue en général d'un côté du chantier, pendant que l'autre côté (côté droit sur la fig. 26A) est encore en préparation.

Lorsque les deux côtés ont été remblayés de cette manière, le chantier est prêt pour l'exploitation normale

(fig. 26B). L'abatage s'effectue alors par petits blocs parallépipédiques correspondant à une maille du réseau de boisage, et disposés en retrait les uns par rapport aux autres, de manière à conserver au chantier une allure inclinée, parallèle au talus naturel du remblai. L'abatage de chacun de ces blocs est suivi immédiatement de la pose de la maille correspondante du réseau de boisage.

Le minerai abattu glisse sur un plancher amovible de 2'' placé sur le talus du remblai : il parvient ainsi jusqu'à la tête de la cheminée centrale d'évacuation C. En cet endroit, il est trié et la matière utile est jetée dans la cheminée.

Le remblayage s'effectue périodiquement sur une hauteur correspondant à celle d'une tranche, soit 7'9'' : on enlève le plancher amovible, on exhausse de 7'9'' la cheminée centrale d'évacuation C et l'on amène le remblai dans le chantier par simple gravité, en le déviant à l'aide d'une cloison placée dans le montage.

2° Méthode par « stull-sets ».

Cette méthode est peu employée à Butte : moins de 5 % du minerai extrait sont abattus dans des chantiers où elle est appliquée. Elle exige d'ailleurs un filon assez régulier et ne convient que pour ceux dont l'épaisseur est inférieure à 16 pieds (4^m,80).

Elle consiste à remplacer les chapeaux transversaux ou « caps » des square-sets, par des étançons horizontaux ou « stulls », qui s'étendent sur deux ou plusieurs cadres de boisage et en général sur toute la distance comprise entre toit et mur. Les extrémités de ces étançons sont le plus souvent calées au toit et au mur.

Des bois de grand diamètre sont nécessaires dans les filons épais. D'autre part, il n'est guère possible d'ame-

ner des bois de plus de 16 pieds (4^m,80) de long dans les chantiers de Butte; aussi est-on parfois forcé de placer deux étançons bout à bout en ligne, en cas d'élargissement local du filon; ce qui diminue fortement la résistance du boisage, les assemblages ne pouvant être exécutés comme dans des square-sets.

La méthode des « stull-sets » est d'ailleurs plus dispendieuse encore que celle des « square-sets » au point de vue de la main-d'œuvre, comme nous le verrons en étudiant le prix de revient des exploitations minières de Butte.

* * *

Appréciation du choix de ces méthodes.

Lorsque l'on examine les méthodes d'exploitation actuellement en usage dans les mines de Butte, on ne peut manquer d'être frappé, d'abord, par la prédominance du système coûteux des square-sets. 80 % du minerai extrait sont abattus par cette méthode, contre 15 % seulement par les méthodes dites « cut-and-fill »; et ces 80 % doivent encore être majorés de près de 5 % abattus par la méthode parente — et plus dispendieuse encore — des « stull-sets ».

En outre, un grand nombre d'exploitations, qu'elles soient faites par « square-sets » ou par « cut-and-fill », s'effectuent en chantiers horizontaux. Le « rill stoping », malgré son rendement supérieur, n'a pu s'implanter que dans les filons de moins de 6 mètres d'épaisseur, et ce n'est que dans ceux de moins de 3 mètres qu'il a maintenant détrôné l'« horizontal stoping ».

Les considérations habituellement employées pour expliquer cette situation sont le manque de consistance du minerai, la mauvaise qualité des terrains encaissants,

l'irrégularité et l'ampleur des excavations à soutenir. On invoque aussi l'extrême souplesse de la méthode des square-sets en chantiers horizontaux, qui s'adapte sans difficulté à n'importe quelle exploitation. Peut-être pourrions-nous faire, à cette occasion, la remarque que le rendement des méthodes d'exploitation, comme celui des hommes, varie souvent en raison inverse de leur souplesse. Nous nous méfions des méthodes passe-partout, et nous estimons que chaque exploitation doit être faite par une méthode appropriée à son cas et étudiée en vue du rendement maximum.

En particulier, les motifs donnés ci-dessus n'expliquent pas suffisamment, à notre avis, pourquoi les chantiers inclinés ou « rill stopes » n'ont pas fait l'objet d'une application plus généralisée. Dans son remarquable traité « Principles of Mining », publié dès 1909, le président Hoover, qui professait alors l'Exploitation des Mines dans les Universités de Stanford et de Columbia, s'exprime textuellement comme suit à leur sujet (1) : « Les » avantages des rill-stopos sont tellement évidents, que » l'on comprend difficilement pourquoi ils ne sont pas » universellement adoptés, lorsque l'inclinaison le permet.... Le système est applicable, moyennant modification, à presque toute épaisseur de filon. Il trouve son » champ d'application le plus économique dans le cas où » la pente est supérieure à 45°, parce qu'alors remblai » et minerai glissent d'eux-mêmes, à l'aide du « rill », » vers leur destination. »

Ce cas est précisément celui des gisements de Butte, et la modification qui rendrait le « rill stope » applicable aux filons très épais pourrait consister en leur subdivision, dans le sens de l'épaisseur, en plusieurs « sous-

(1) Herbert C. Hoover, « Principles of Mining », p. 110. (New-York, Hill Publishing Company, 1909.)

filons », suffisamment minces pour être exploités séparément — et successivement — par chantiers inclinés.

Une autre explication doit donc être cherchée : elle peut être trouvée en partie, à notre avis, dans des considérations historiques. Les exploitations souterraines de Butte commencèrent entre 1870 et 1880. A ce moment, la méthode des square-sets, inventée en 1860 par Philip Deidesheimer, et appliquée avec succès à l'exploitation du filon Comstock, était en pleine faveur : on la considérait à juste titre comme un grand progrès dans l'exploitation des filons épais. Elle fut donc adoptée à Butte, avec la disposition horizontale des chantiers, seule connue à cette époque. On reconnut ensuite que le soutènement pouvait être supprimé dans certains cas, et l'on fut ainsi amené à pratiquer la méthode dite « horizontal cut-and-fill ». Plus tard encore, les avantages de l'inclinaison des chantiers apparurent, et l'on fit du « rill stoping » avec ou sans soutènement. Mais la main-d'œuvre locale resta obstinément attachée aux chantiers horizontaux, auxquels elle avait été formée, et qu'elle continue à considérer comme plus commodes et plus sûrs. Cette raison a vraisemblablement joué, à Butte comme en d'autres régions minières du monde, un rôle non négligeable dans le maintien de méthodes d'exploitation d'un rendement inférieur.

Si les exploitations minières de Butte n'avaient pas de passé et qu'elles dussent être organisées entièrement à l'heure actuelle, il n'est pas téméraire de penser que l'application des chantiers inclinés y serait généralisée ; et qu'en outre, dans quelques massifs de minerai particulièrement épais, non situés sous l'agglomération urbaine, l'on étudierait la possibilité d'une adaptation des méthodes par sous-cavement.

§ IV. — Ventilation et exhaure.

Le degré géothermique des gisements de Butte est, dans les zones supérieures, de 1° Fahrenheit par 70 pieds, soit 1° centigrade par 38^m,30. Il est donc notablement inférieur à celui des gisements du Lac Supérieur, et la température des roches est par suite plus élevée : elle atteint 100° Fahrenheit, soit 37° centigrades, à la profondeur de 3.000 pieds. Le degré géothermique s'élève toutefois en profondeur, et atteint environ 1° Fahrenheit par 100 pieds en dessous de 3.000 pieds.

D'autre part, les abondantes infiltrations d'eau par les fissures du terrain rendent l'atmosphère plus humide que dans les mines du Michigan. Ces deux causes réunies rendent la température pénible à supporter, et nécessitent un aérage puissant au moyen de forts ventilateurs électriques installés à la surface, et de ventilateurs auxiliaires souterrains. Les ventilateurs de surface sont en général aspirants : deux mines font toutefois usage de l'aérage soufflant.

Les dépressions ou les surpressions engendrées par ces ventilateurs varient de 125 à 260 mm. d'eau, les résistances des circuits étant assez grandes, par suite de la profondeur des exploitations et de la mise en série de plusieurs chantiers. Les débits varient de 33 à 120 m³ d'air par seconde, et le débit d'air total qui traverse les mines de Butte en période d'exploitation normale, est de 1.650 m³/sec., soit 235 litres/sec. par ouvrier du fond de toutes catégories.

L'exhaure s'effectue par pompes électriques à piston plongeur, construites en métaux résistant aux acides (principalement en bronze, en fonte ou en fer incorrodable), les eaux à exhaurer étant chaudes et chargées de

sulfate de cuivre. Pour la même raison, les conduites de refoulement de ces pompes sont pourvues d'un revêtement intérieur en plomb ou en bois.

Le cuivre contenu dans ces eaux est précipité à la surface sur des déchets de fer : 95 % de ce cuivre sont récupérés de la sorte, ce qui représente environ 3.000 T. de cuivre par an, obtenues à un prix de revient extrêmement bas.

§ V. — Prix de revient.

Les rapports de l'« Anaconda Copper Co » ne permettent pas d'évaluer exactement le prix de revient de ses mines de Butte, les éléments nécessaires étant fournis pour l'ensemble des entreprises contrôlées par la Compagnie, et non pour chacune d'elles séparément.

L'Anaconda possède, en dehors des Etats-Unis, des mines de cuivre importantes, telles que l'« Andes Copper », la « Chile Copper » et la « Greene Cananea Copper », dont les prix de revient sont relativement bas (1). Ses mines de Butte ont, par contre, un prix de revient assez élevé qui, d'après certains éléments recueillis sur place, aurait dépassé 11 c., 5 par lb. de cuivre électrolytique en 1929, 10 c., 5 en 1930 et 9 c., 5 en 1931. Il n'est pas sans intérêt d'en rechercher les raisons.

Les deux facteurs prédominants, dans le prix de revient d'une entreprise minière et métallurgique, sont le

(1) D'après S. D. Strauss, le prix de revient de la lb. de cuivre électrolytique (y compris le coût des opérations minières et métallurgiques, les frais généraux, dépenses d'administration, de direction et de vente, les intérêts sur emprunts et les impôts — mais non compris les amortissements, dépenses et revenus divers), se serait élevé, en 1930, à 8 c. 69 pour l'« Andes Copper », à 7 c. 22 pour la « Chile Copper » et à 9 c. 47 pour la « Greene Cananea Copper ». (S. D. Strauss, « Copper Production Costs in the Americas », *Engineering and Mining World*, September 1931.)

prix de revient de la tonne de minerai, et la teneur de métal y contenue.

Le second de ces éléments est naturellement favorable à Butte, et l'on s'efforce de l'améliorer encore par l'abatage sélectif et le triage sur place. On arrive, de cette manière, à des teneurs de l'ordre de 5 % (en 1931) contre 2 % dans les mines du Michigan.

Il n'en est pas de même du prix de revient de la tonne de minerai, et les mines de Butte sont en infériorité marquée sur ce point, par rapport à celles du Lac Supérieur.

Le tableau V contient les principaux éléments du prix de revient minier, dans les mines de l'Anaconda, à Butte, et dans la mine Black Rock, située dans le même district et appartenant à la « Butte and Superior Mining Co ». Les chiffres qu'il renferme peuvent être rapprochés de ceux du tableau III, que nous avons donné au chapitre précédent, et qui contient les mêmes éléments pour la mine Calumet et pour la mine Champion, situées toutes deux dans le Michigan.

On voit que la production d'une tonne courte de minerai exige, dans ces deux dernières mines, respectivement 2 h. 612 et 3 h. 16 de main-d'œuvre totale du fond — contre 3 h. 9531 aux mines de l'Anaconda, à Butte, et 4 h. 738 à la mine Black Rock. La comparaison des chiffres du rendement journalier, en tonnes courtes de minerai, par ouvrier du fond toutes catégories, n'est pas moins convaincante, en la défaveur des mines de Butte.

Le prix de revient minier relativement élevé du district de Butte est dû à la multiplicité des sièges d'extraction et des chantiers d'abatage du minerai, ainsi qu'aux méthodes d'exploitation dispendieuses qui y sont employées.

TABLEAU V.

Principaux éléments du prix de revient de la tonne de minerai dans les mines de l'Anaconda et dans la mine Black Rock, à Butte

	Mines de l'Anaconda, à Butte (1)	Mine Black-Rock (Butte & Superior Mg. Co.) (2)
Tonnage approximatif de minerai extrait en 1929 (en tonnes courtes)	3.500.000 t. soit 200.000 t. par siège	190.000 t.
I. — Main-d'œuvre du fond (heures de travail par tonne courte de minerai).		
1. Abatage (forage et tir des mines) . . .		0 h, 940
2. Boisage et remblayage		1 h, 170
3. Pelletage et triage sur place du minerai . . .		0 h, 740
4. Transport souterrain et extraction . . .		0 h, 870
5. Surveillance		0 h, 208
6. Services généraux		0 h, 810
Main-d'œuvre totale du fond (heures de travail par tonne courte de minerai)	3 h, 9531	4 h, 738
Tonnage de minerai extrait par ouvrier du fond toutes catégories et par poste . . .	1 t, 82	1 t, 700
Pourcentage de la main-d'œuvre dans le prix de revient d'une tonne de minerai	68 %	69,8 %
II. — Matières et énergie.		
1. Explosifs (consommation en lbs par tonne de minerai)	1 lb 07	1 lb, 73
2. Bois (consommation en « board feet » par tonne de minerai)	22 board feet, 05	14 board feet, 8
3. Énergie (en kwh. par t. de minerai)		
a) Compression de l'air		29 kwh, 8
b) Extraction		10 kwh, 3
c) Exhaure		4 kwh, 2
d) Aérage		8 kwh, 1
e) Éclairage		1 kwh, 3
4. Autres matières, en % de la consommation totale de matières et d'énergie		41,7 %
Pourcentage des matières et de l'énergie dans le prix de revient d'une tonne de minerai (3)	32 %	30,2 %

(1) D'après E. D. Gardner et W. O. Vanderburg, « Square-Set System of Mining » (I. C. 6691, April 1933, p. 73.).

(2) D'après D. B. Mc Gilvra et A. J. Healy, « Methods of Mining at the Black Rock Mine » (I. C. 6370, December 1930, p. 15.).

(3) Le prix de revient de la tonne de minerai, considéré dans ce tableau, est un prix de revient partiel, qui ne comprend que les dépenses de main-d'œuvre, de matières et d'énergie.

Ces dernières sont caractérisées, nous l'avons vu, par la prédominance du système des square-sets et l'importance trop grande de l'exploitation en chantiers horizontaux. L'infériorité de cette dernière, au point de vue du rendement, est mise en évidence par les chiffres du tableau suivant, qui donne les rendements en tonnes courtes, par heure et par ouvrier de chantier, dans les diverses méthodes employées à Butte (1).

Méthode d'exploitation	Rendement en tonnes courtes de minerai, par heure et par ouvrier de chantier (2)
A Méthodes par remblayage sans soutènement	
1 ^o Horizontal cut-and-fill (ou « backfilling ») =	0 t, 6106
2 ^o Inclined cut-and-fill (ou « fill cut-and-fill ») =	0 t, 8017
B. Méthodes par remblayage avec soutènement	
1 ^o Méthode des square-sets	
{ a) En chantiers horizontaux « horizontal square-sets » } =	0 t, 6313
{ b) En chantiers inclinés « rill square sets » } =	0 t, 7796
2 ^o Méthode des stull-sets =	0 t, 5075
Rendement moyen pour les diverses méthodes employées à Butte	0 t, 6515

On comprend dans ces conditions que, malgré la teneur plus élevée de leur minerai, les mines de Butte n'aient pas enregistré de résultats plus favorables que celles du

(1) D'après W. B. Daly and others, « Mining Methods in the Butte District » (Trans. Am. Inst. Min. Eng., vol. 72, 1925, p. 282.).

(2) Le personnel de chantier comprend tous les hommes employés à l'abatage, au forage et au tir des mines, au boisage et au remblayage, au pelletage et au triage sur place du minerai.

Michigan, dont les exploitations sont plus concentrées et les méthodes plus économiques. Le prix de revient de la lb. de cuivre pur y est sensiblement le même qu'à la mine Calumet (voir tableau II du chapitre précédent). Elles se sont donc trouvées en déficit dès l'année 1931, et fortement déficitaires en 1932; et cette situation, en se combinant avec l'accroissement de leurs stocks, les a contraintes à une réduction considérable de leur production. Le rapport de l'Anaconda Copper Co pour 1932 indique que la production des mines de Butte appartenant à cette Compagnie a dû être ramenée à 48.787 tonnes courtes, contre 85.622 tonnes courtes en 1931 et 140.969 en 1929. A l'heure où nous écrivons ces lignes, et où il semble que l'on peut entrevoir la fin de la profonde dépression cyclique qui a suivi la crise déclenchée en 1929, on ne doit pas se dissimuler qu'une prolongation de cette dépression eût entraîné, probablement à bref délai, l'arrêt complet des mines de cuivre du Montana.

A suivre.

NOTES DIVERSES

Aperçu sur l'activité des mines de houille du Bassin du Nord de la Belgique au cours du deuxième semestre 1932

PAR

M. J. VRANCKEN.

Ingénieur en Chef-Directeur du 10^e Arrondissement des Mines à Hasselt.

1. — CONCESSION DE BEERINGEN-COURSEL.

Siège de Kleine Heide, à Coursel.

En fait de **travaux d'aménagement des puits**, il n'y a à signaler que le début d'exécution, à l'accrochage Est de l'étage à 727 mètres du puits I, d'un rampant d'aérage, analogue à celui de l'accrochage Ouest, terminé le semestre précédent.

Les **travaux préparatoires de reconnaissance** ont consisté dans le prolongement des divers boueux principaux, notamment : les boueux Nord — 1^{re} et 2^e directions — à 789 mètres et leurs correspondants à 727 mètres; les travers-bancs Est à 789 et 727 mètres; enfin, les boueux Sud-Est n° 3 à 789 mètres et 727 mètres. Au cours de ces travaux, la couche 72 a été recoupée par le boueu Sud-Est n° 3 à 727 mètres et la couche 64 par le travers-bancs Est à 789 mètres. D'autre part, une reconnaissance partant du boueu Nord première direction à 727 mètres, a recoupé la faille de l'Ouest.

Les longueurs creusées au cours du semestre s'élèvent à 507^m,90 pour l'étage de 789 mètres et 566^m,43 pour l'étage de 727 mètres, portant les longueurs totales respectivement à 4.487^m,60 et 3.283^m,53.

Les **travaux préparatoires d'exploitation** ont consisté principalement :

Au Sud, en un boueu de recoupe vers la couche 75 au delà de la première faille de l'Est, et la poursuite du creusement des balances B.S. 3 et B.S. 5 pour la préparation d'un chantier en veine 71;