

MÉMOIRES

L'ESTIMATION

DES

Mines et des Valeurs minières

(minerais, charbon, pétrole)

PAR

LÉON DEMARET

Inspecteur général des Mines (Lg.)

Docteur en Sciences (l.g.)

Ingénieur électricien (Me).

PRÉFACE

L'estimation des mines est une science qui a encore été peu étudiée en Belgique, où cependant de fréquentes transactions sont faites en mines de charbon.

Les Anglais et les Américains ont depuis longtemps cherché à établir des formules rationnelles pouvant fixer les prix de vente tant en mines métalliques qu'en mines de charbon et en puits de pétrole, en ramenant les déterminations des prix à des arbitrages.

M. Herbert C. Hoover, Ingénieur sorti de la Stanford School of Mines, ancien membre de l'U. S. Geological Survey, ayant dirigé avec un succès marqué des affaires minières en Chine, Autriche et Russie, et plus tard Président de la Belgian Relief Commission, puis Administrateur des vivres des Etats-Unis, actuellement Secrétaire d'Etat pour le Commerce, dans son ouvrage, « Principles of Mining » (1909), a fait un exposé magistral du sujet, en ce qui

concerne les mines métalliques. Son livre qui restera un monument de méthode, de clarté et d'élégance de style, écrit surtout à l'usage des praticiens, ne fait pas emploi des mathématiques.

Mon exposé qui s'est inspiré, *pour les mines métalliques*, de l'ouvrage si captivant de M. Hoover, s'adresse aux Ingénieurs; il comprend un développement mathématique dans lequel, après avoir généralisé les formules de Hoskold et de King, que j'ai présentées sous des symboles simplifiés, j'ai proposé des formules donnant des valeurs moyennes entre celles obtenues par les deux auteurs, de façon à contenter les deux intérêts en présence, celui de l'acheteur, et celui du vendeur.

J'ai fait quelques applications, qui font voir l'utilité des formules que j'ai proposées.

Je renseigne encore les ouvrages suivants dont la lecture m'a été profitable :

- T. A. RICKARD. *The Economics of Mining* (1903)
et *Sampling and Estimation of ore in a mine* (1904);
J. MAURICE. *Etude économique d'une affaire minière* (1914);
C. S. HERZIG. *Mine Sampling and Valuing* (1914);
Henry LOUIS. *Mineral valuation* (1923);
R. W. BROWN. *Valuation of oil and gas land* (1924).

Je pense que mon travail peut être utile aux Ingénieurs-experts chargés de faire rapport sur les affaires minières, aux exploitants de mines pour l'établissement de leur bilan, pour les aider à décider s'il y a lieu de développer leurs installations, ou pour estimer des concessions à fusionner, à l'Administration de l'Enregistrement pour le calcul des droits de mutation, à l'Administration des Contributions pour connaître la valeur des mines, enfin aux banquiers pour l'évaluation, soit des valeurs minières de leur portefeuille, soit du degré de sécurité d'un prêt qui leur est demandé par une société minière.

ESTIMATION DES MINES

Sciences dont il fait application

Le sujet emprunte les connaissances de plusieurs sciences.

D'abord la *géologie économique* ou science des gisements permet de préjuger de la valeur du gisement étudié, de sa continuité et de son extension en profondeur.

L'*exploitation des mines* enseigne les procédés d'extraction, la *préparation mécanique*, ceux d'enrichissement des minerais, et la *métallurgie*, ceux qui permettent la production du métal au moyen des concentrés.

L'*économie industrielle* donne des bases pour l'estimation de la valeur commerciale de la tonne de métal dans la période de la vie de la mine.

Enfin l'*actuarie* permet l'évaluation du capital représenté par la mine : ici la *finance industrielle* aussi entre en action.

Rappel des éléments de la géologie économique (1)

FORME DES GISEMENTS

1. Les *couches* sont des dépôts formés par la sédimentation au fond des lacs ou des mers; leur exploitation donne des résultats relativement constants qui peuvent être évalués avec beaucoup de certitude (notamment à l'aide des sondages) surtout en ce qui concerne leur extension, tant en direction qu'en profondeur.

Nous citerons les couches de houille, de lignite et de schistes bitumineux (2), de minerai de fer de la Lorraine,

(1) Voir : *La Genèse des gisements*, par L. D. — « Annales des mines de Belgique », t. XI, 1906.

(2) Voir : *Les gisements, l'exploitation et la distillation des schistes bitumineux*, par L. D., « Bulletin de la Société belge des Ingénieurs et des Industriels ». Tome VI, 1925, n° 5.

du banket aurifère du Witwatersrand (1), de grès et conglomérats cuprifères du Lac supérieur (E.-U.-A.) (2), de schistes bitumineux cuprifères de Mansfeld (3), de carbonate de fer du Cleveland (Angleterre) (4).

2. Les *amas* ont été formés par le remplissage de cavités de forme irrégulière; les sondages les explorent aisément.

Tels les amas de minerai de fer de Mesabi (Minnesota E.-U.-A.) (4); les gisements porphyriques d'oxydes et de sulfures de cuivre du Nevada (E.-U.-A.). (Voir page 20).

3. Les *filons* sont des fractures ou failles minéralisées, délimitées par deux surfaces ondulées parfois imprécises.

La puissance et la richesse sont variables, de sorte que l'exploitation donne des résultats fort aléatoires. Généralement inclinés à plus de 60° sur l'horizon, les filons ne peuvent pas être explorés par sondages. Leur extension en direction et en profondeur est toujours hypothétique.

Théorie génétique des gisements

Origine des métaux : le noyau central de la terre.

Classement des gisements :

I. *Gisements volcaniques*, formés par les fumerolles des volcans. Valeur économique faible;

II. *Gisements de ségrégation magmatique*, formés par la cristallisation ignée dans les roches éruptives;

(1) Voir: *Une Etude technique sur les mines d'or du Witwatersrand*, par L. D., « Annales des mines de Belgique ». T. II, 1897 et *L'or dans l'Afrique du Sud*, « Rev. univ. des Mines ». T. XXX, 3^e série, par L. D.

(2) *Les gisements des minerais de Cuivre*, « Rev. univ. des mines », 1900, par L. D.

(3) *Le gisement et le traitement des minerais de Cuivre du Mansfeld*, par L. D., « Annales des mines de Belgique ». T. XIV, 1909.

(4) *Les principaux gisements de minerais de fer du monde*, par L. D. — « Annales des Travaux publics ». Avril 1902.

III. *Gisements de sublimation*, formés par la condensation des fumerolles fluorées et chlorurées, émises par les roches éruptives incandescentes :

a) Amas métamorphiques de contact, formés par la substitution de molécule à molécule (métasomatisme);

b) Les filons;

IV. *Gisements hydrothermaux*, formés par la circulation des eaux chaudes, résultant de la condensation des fumerolles émises par les roches éruptives dont le refroidissement est plus avancé :

a) Filons;

b) Amas;

c) Imprégnations dans les roches stratifiées et dans les roches éruptives;

V. *Gisements formés par les eaux météoriques*.

C'est une classe fort importante.

A. Eau de pénétration :

a) Gisements secondaires, près de la surface au-dessus du niveau hydrostatique, ou niveau des eaux souterraines :

Zone d'oxydation (gozzan);

Zone de concentration;

Zone primaire.

La détermination de ces trois zones est souvent la base de toute évaluation.

b) Concentration dans la profondeur.

B. Eaux de ruissellement :

a) Amas superficiels;

b) Placers;

c) Couches dans les mers et les lacs (cuivre, charbon, pétrole, etc.).

VI. *Gisements métamorphiques*, formés en profondeur par l'intervention de la chaleur et de la pression.

I. — Mines développées

Nous appelons ainsi celles où des travaux de premier établissement et des travaux préparatoires, ou bien où des sondages méthodiques ont été exécutés qui permettent à l'ingénieur-expert de tirer des déductions quant à la valeur du gisement.

A. — Détermination du bénéfice annuel et de la vie de la mine

Détermination des quantités de minerai et de la teneur moyenne.

Trois classes de minerai.

Si nous considérons une mine tracée, c'est-à-dire où des étages sont préparés, contenant chacun des massifs de minerai, nous y distinguons :

Q_a , la quantité de minerai assuré, qui constitue le revêtement ou croûte des massifs et où l'échantillonnage peut être fait. Ce revêtement a une épaisseur variable suivant les espèces de gisements ; dans un filon de quartz aurifère, nous admettons 10 mètres, dans un amas de minerai de cuivre 30 mètres, etc.

Q_p , la quantité de minerai probable qui constitue le noyau des massifs, où aucune prise d'échantillon ne peut être faite ; ou bien c'est le minerai déterminé par des recherches superficielles dans les affleurements.

Ces deux classes, Q_a et Q_p constituent le *minerai en vue*, Q_v , quoique la deuxième classe ne soit pas visible et ait, par conséquent, jusqu'à un certain point, un caractère aléatoire ; mais cet aléa diminue d'importance en proportion du rapprochement des galeries et des descenderies.

Nous écrirons donc :

$$Q_v = Q_a + Q_p \quad (1)$$

Q_e la quantité du minerai en perspective ou en *espérance* qui ne peut non plus être vu sauf sur une face ; ce minerai est celui qui est supposé exister soit sous l'aire de la galerie inférieure, soit dans les extensions en direction, c'est-à-dire dans d'autres colonnes riches non encore explorées, soit encore au-dessus des régions exploitées.

C'est dans la détermination du minerai espéré que le tact de l'ingénieur-expert, chargé d'évaluer la mine, joue le plus grand rôle ; ses prévisions doivent se baser sur la géologie économique, sur l'exploitation des mines, et sur l'expérience acquise dans les mines voisines.

Formules des praticiens. — D'aucuns admettent pour Q_e le minerai délimité par une surface triangulaire S dont

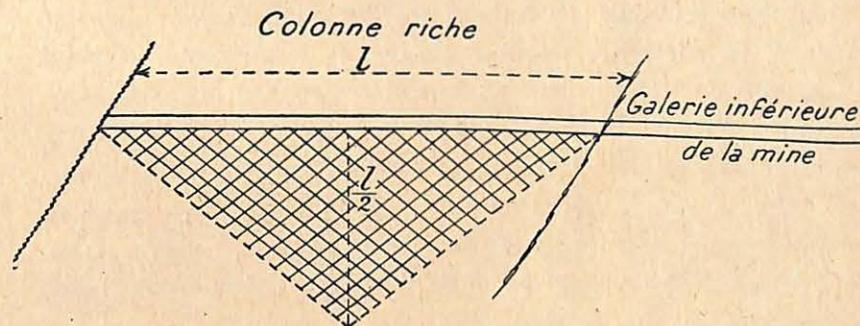


FIG. 1. — Plan dans la couche.

la base est la largeur l de la colonne riche dans la galerie inférieure (fig. 1) et la hauteur la moitié de cette longueur, soit $\frac{l}{2}$; cette valeur de

$$S = \frac{l^2}{4}, \quad (2)$$

paraît ainsi prudemment calculée.

D'autres praticiens prennent :

$$Q_e = \frac{1}{3} (Q_a + Q_p) \quad (3)$$

alors qu'il est évident que le rapport de Q_e à $(Q_a + Q_p)$ ne peut être une constante, et que la valeur actuelle de Q_e dépend entre autres, de la quantité de minerai précédemment extraite.

a) Méthode d'échantillonnage de la mine

Principe. — La méthode présuppose la régularité de la distribution de la minéralisation de telle manière que la prise d'échantillons permet la détermination de la teneur moyenne.

Etudes préliminaires. — La première chose que l'ingénieur-expert doit faire, est de se familiariser avec le minerai à la surface et dans la mine.

A la surface il examinera les tas de minerais, et dans les tas de débris, les gangues et les roches encaissantes, puis il procèdera à l'étude de la carte géologique ou de la géologie sur le terrain, et, ensuite, du plan de la mine.

Enfin, il parcourra autant que de besoin, les travaux miniers accessibles, pour arrêter le plan qu'il suivra dans l'échantillonnage ; il s'aidera dans cette visite du marteau géologique, de la loupe, etc.

Ces visites lui permettront de juger, si la mine vaut d'être échantillonnée, si notamment le niveau inférieur n'est pas en étreinte ou en zone d'appauvrissement, auquel cas, il considérera souvent sa mission comme terminée.

Après avoir examiné ces points, il procèdera le cas échéant, à l'échantillonnage.

Echantillonnage. — Supposons qu'il s'agisse d'une mine de filon aurifère.

Sur les faces du massif n° 1, les échantillons, sont pris à la distance de 1 mètre, 1^m,50 ou 6 mètres.

Lorsque les variations de teneur ou de puissance sont grandes sur de courtes distances, l'écartement des points échantillonnés ne peut dépasser 1 mètre.

Les puissances aux points où le minerai est abattu sont mesurées ; les puissances sont celles de la partie du filon qui est destinée à être abattue par le mineur ; ce sont les puissances utiles.

Si la puissance dépasse 1^m,20, plusieurs échantillons sont pris de 1 mètre de hauteur.

Si la puissance du filon est inférieure à l'ouverture d'abatage, par exemple : 0^m,60, il faut prendre l'échantillon sur la hauteur de l'ouverture d'abatage, et trier sur place à la main, autant que possible comme le mineur fera le triage à la main dans la mine, lors de l'exploitation ; en un mot, l'échantillon doit être l'image du minerai brut ou sortant.

Abatage. — La prise d'échantillons se fait sur les faces du massif, au moyen de rainures régulières, normales entre toit et mur, ou horizontales, de 0^m,10 de largeur et de 0^m,05 de profondeur exécutées au moyen d'un fleuret et d'un marteau, ou mieux, au moyen d'un marteau à air comprimé.

La régularité de la rainure donne la confiance que l'échantillon a été prélevé sans égard à la dureté de la roche ; cette régularité ne peut être obtenue par l'emploi du pic ou du marteau ; ces instruments, en effet, choisissent les endroits de moindre résistance qui souvent dans le gozzan des filons, sont les plus riches.

La régularité de la rainure est encore nécessaire pour la conservation de la proportionnalité des différentes laies composant le filon ou la couche.

L'emploi de la dynamite doit être prohibé, à cause de l'irrégularité de l'excavation produite et de la possibilité de

la fraude par l'introduction de poudre d'or dans les cartouches (1).

Si la couche ou le filon comprend des laies de richesses différentes, et que les laies puissent être séparées par le mineur dans l'exploitation, il y a lieu de prélever des échantillons séparés dans chacune des laies.

Le minerai abattu est recueilli sur une toile ou dans un sac en toile.

Dans le cas d'un puits ou d'une galerie dans un amas, les rainures sont effectuées alternativement sur quatre parois et une quantité de minerai y est prélevée; les quatre échantillons sont mélangés en un échantillon unique.

Dans le cas d'une mine en marche, des échantillons sont prélevés au pied des cheminées de chargement, et dans les wagonnets à l'œil du puits; ces wagonnets portent le numéro de la cheminée. Ces échantillons servent à contrôler ceux qui sont prélevés dans les massifs et les tailles.

Poids des échantillons. — 5 kilogrammes par mètre de puissance.

Traitement des échantillons. — Les échantillons sont broyés à la surface, réduits de volume par des divisions répétées en quartiers de cône jusqu'au poids qui est nécessaire pour 4 ou 5 analyses quantitatives; cette réduction peut être aussi opérée à l'aide d'un appareil.

Le chimiste fait généralement deux analyses par échantillon, et prend la moyenne des résultats, si l'écart des deux n'est pas trop grand; si cet écart est trop grand, le chimiste fait une troisième analyse. Il est prudent de diviser l'échantillon en trois et de charger deux chimistes des analyses et, en cas de désaccord, de les faire départager par un troisième.

(1) Cet emploi est admissible dans les gisements de minerais de fer, de pyrite, etc.

Plan d'essais. — Les endroits des prises des échantillons, les puissances utiles et les teneurs sont inscrits sur un plan à grande échelle; les endroits des échantillons ont été dans ce but marqués à la craie, dans la mine, pour pouvoir être repris dans un levé de détails.

Calcul des tonnages des trois classes de minerais

Q_a , Q_p et Q_e

1° Minerai assuré Q_a .

Détermination des volumes.

Sur le plan du massif n° 1 tracé à grande échelle, suivant le plan du mur de la couche ou du filon, nous partageons la surface de la croûte en blocs de surface s , s' , s'' (fig. 2) dont les côtés sont fixés dans les intervalles des prises d'essai, lesquels sont équidistants; dans ces blocs nous supposons la puissance normale constante e , e' , e'' ; le volume des blocs est donc se , $s'e'$, etc.

Rainures horizontales. — Dans le cas des grandes puissances, l'exécution de rainures normales au plan de la couche ou du filon (telle CE, de la fig. 2) présente de grandes difficultés et de même la mesure de la puissance normale; ces opérations exigent alors la construction d'échafaudages.

Il est à conseiller de faire dans ce cas les rainures horizontalement à hauteur d'homme ou sur le sol, ou sur le toit de la galerie (telle CD); le volume du bloc s'obtient en multipliant la longueur de la rainure horizontale CD par DF et par longueur horizontale du bloc (1).

Dans le cas de structure rubannée, les échantillons doivent être pris séparément dans chaque catégorie de minerai.

(1) $CD \times DF = DG \times CE$.

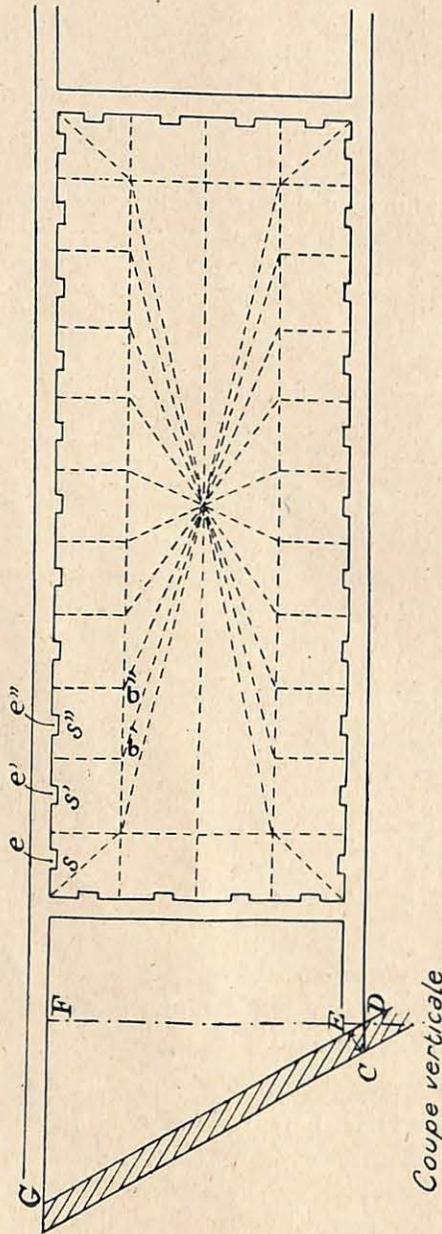


FIG. 2. — Plan du massif n° 1 dans le plan de la couche ou du filon

Coupe verticale

Si la voûte de la galerie est en arc (fig. 3), la prise de l'échantillon suivant l'horizontale, qui n'est pas possible sur

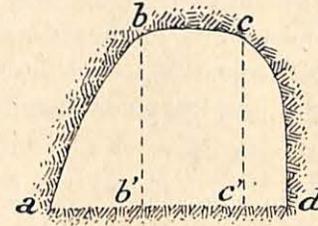


FIG. 3. — Coupe verticale.

l'aire de la galerie souillée de boue, est faite par le prélèvement des échantillons suivant ab , bc et cd considérés comme rectilignes, et par la composition d'un échantillon unique au moyen de quantités proportionnelles à ab' , $b'c'$ et $c'd$.

Exemple. — Mine de minerai de cuivre d'Anaconda (2) (Montana, E.-U.-A.).

Gisement, filon dans le granite ; puissance 15 mètres.

Minerai primaire : chalcosine $\text{Cu} = 14$ à 26 %.

Minerai secondaire : rendement moyen : $\text{Cu} = 4$ %, bandes de granite minéralisées de diverses richesses.

L'échantillon s'y effectue par des rainures horizontales divisées en plusieurs segments.

Tonnage. — Pour le massif n° 1 constitué de n blocs, le tonnage du minerai assuré est, en désignant par p , p' les poids spécifiques des échantillons, $q_a = \Sigma_1^n sep$, et le tonnage du minerai de n blocs est $Q_a = \Sigma_1^n q_a$.

Si le minerai est suffisamment homogène, $p = p'$ et une valeur moyenne sera adoptée.

(2) Atlas de Géologie économique, par L. D. fig. $\frac{41}{190 \text{ à } 191}$, DUNOD, Paris.

2. *Minerai probable* Q_p .

Dans le massif n° 1, par exemple (fig. 2), nous joignons au centre du noyau un côté de chacune des surfaces des blocs de la croûte, et nous obtenons des blocs de surface $\sigma, \sigma', \sigma''$ dans lesquels nous supposons les épaisseurs égales à : $0,9 e, 0,9 e', \text{etc.}$, et les poids spécifiques p, p' ; d'où $\Sigma_1^n q_p = \Sigma_1^n \sigma 0,9 e p = Q_p$.

3. *Minerai en vue*.

Le coefficient 0,9 que nous avons introduit, nous permet de réunir le minerai probable au minerai assuré et d'écrire : $Q_v = Q_{(a+p)} = \Sigma_1^n q_a + \Sigma_1^n q_p$.

Dans ces calculs de tonnages, il ne faut évidemment faire entrer que les massifs ou parties de massif qui sont exploitables, ce qui est indiqué par les teneurs.

4. *Minerai espéré* Q_e .

Il se calculera comme le minerai probable au moyen des 0,9 des épaisseurs constatées dans la galerie inférieure et en divisant en blocs le massif triangulaire de la figure 1.

Massifs réservés. — Du tonnage calculé, il y a lieu de déduire le tonnage réservé pour la conservation des puits et des galeries principales.

Piliers abandonnés. — Si le système d'exploitation laisse des piliers, le tonnage de ces piliers est aussi à déduire.

Cheminées ou colonnes riches. — Certains filons ou certaines couches ne sont exploitables que dans des colonnes riches (1), c'est évidemment le seul minerai de ces colonnes qui doit être évalué.

Détermination des poids spécifiques p, p',.....

Les poids spécifiques peuvent être déterminés par l'aéromètre de Nicholson, ou bien par la pesée du minerai

(1) Voir « La genèse des gisements », par L. D. loc. cit.

abattu dans un espace mesuré, ou bien par un calcul de la moyenne géométrique des poids spécifiques des éléments, gangue et différents minerais, suivant la proportion en volume de leur répartition; cette proportion peut être estimée au microscope sur le minerai broyé. La plus grande exactitude sera donnée par la détermination, au moyen de l'aéromètre de Nicholson du poids spécifique d'un élément moyen, prélevé dans chaque échantillon, avant son broyage, et remis au degré d'humidité que le minerai a dans la mine.

Calcul de la teneur moyenne

Il s'agit de calculer les moyennes géométriques des teneurs d'un massif composés de blocs de poids connus, puis celle de l'ensemble des massifs.

Dans le calcul, il faut avoir soin d'écartier, comme entachés d'erreur les résultats des essais qui sont notablement plus élevés que les essais voisins et leur substituer la moyenne des essais voisins; en effet le gisement est supposé homogène, sans quoi la méthode de l'échantillonnage ne lui serait pas applicable.

Correction des teneurs pour le degré d'humidité

Nous avons dit que les poids spécifiques adoptés étaient ceux des minerais en place; c'est au degré d'humidité de ces minerais, qu'il faut ramener les teneurs que le chimiste a fixées pour le minerai desséché à 100° C.

Si T est la teneur déterminée par le chimiste et 10 % le degré d'humidité du minerai en place ou abattu, nous adoptons :

$$t_b = 0,9 T.$$

En effet, si le minerai de teneur t_b , et contenant 10 % d'humidité est chauffé à 100° C, la quantité de métal t_b se

concentre dans la quantité de minerai $100 - 10 = 90$, de sorte que nous pouvons écrire :

$$t_b = T \frac{90}{100} = 0,9 T.$$

Correction du tonnage pour le degré d'humidité

Au lieu de corriger la teneur, on agit parfois sur le tonnage supposé desséché à 100° ; les Anglais appellent le tonnage ainsi obtenu, le *tonnage sec*.

Il me semble qu'il vaut mieux conserver le tonnage du minerai en place ou abattu sortant de la mine, avec son degré d'humidité ; il s'agit ainsi du minerai réel, que l'on voit, tandis que le minerai desséché à 100° C. ne se voit à aucun moment du traitement.

Durée de l'échantillonnage

L'opération est très délicate ; elle doit être faite sous les yeux de l'ingénieur chargé de l'étude ; elle constitue un travail ardu et pénible.

L'ingénieur et son aide opérant avec un poste d'ouvriers peuvent chacun prélever par jour, 5 échantillons de roches dures, ou 10 échantillons de roches de dureté moyenne.

Ces données permettent de calculer, au moyen du plan de la mine le temps nécessaire à l'échantillonnage.

Coût de l'échantillonnage

Le coût impose une limite au nombre des échantillons ; l'opération entraîne, en effet, de grands frais surtout dans les gisements puissants, comme nous l'avons déjà dit, à cause des nombreuses analyses.

L'échantillonnage de grandes mines a coûté aux Etats-Unis d'Amérique jusque 35.000 francs-or et même 60.000

francs-or, non compris les honoraires de l'ingénieur-expert. Aussi ne faut-il pas entreprendre les essais en grand sans avoir procédé à des essais préliminaires, d'après un programme restreint, et exécutés par de jeunes ingénieurs.

Emploi des sondages pour l'échantillonnage

1. Sondages au diamant.

Comme les témoins n'ont que 2,5 à 5 centimètres de diamètre, le procédé ne peut être appliqué que dans les gisements où le minerai est finement disséminé.

Il faut aussi que le minerai soit assez résistant pour donner une carotte.

L'avantage du système est que le sondage peut s'adapter à toutes les inclinaisons.

Le défaut est la petitesse du diamètre de la carotte, qui représente mal le minerai, mais ce défaut peut être compensé par le nombre de prises d'essai.

Les sondages ne peuvent être employés dans les fronts de taille des couches ou filons à structure zonaire.

2. Sondages au trépan (diamètre 2,5 à 5 cm.)

Les échantillons remontés à la cuiller à l'état de boues sont prélevés de distance en distance, et desséchés au feu.

Des précautions sont nécessaires pour éviter la déviation des trous, le détachement des parois de fragments de minerais riches ou roches stériles qui tombent au fond du trou sans qu'ils puissent être repris dans l'échantillon auquel ils appartiennent. Les avantages sont : moindre coût que les sondages au diamant, et meilleurs échantillons.

Disposition des sondages

Ils sont disposés aux sommets de carrés, et sont reportés sur un plan côté.

Cas des amas. — Chaque sondage a sa coupe ; elle représente la puissance des diverses catégories de minerais, telles qu'elles sont traitées, par exemple, catégorie A : $Cu = 0,5 \%$, catégorie B : $Cu = 1 \%$, etc.

Calcul des tonnages.

1. Méthode des coupes verticales.

Dans les coupes N S. par exemple, les mêmes catégories de minerai sont raccordées, et de même dans les coupes O-S ; dans l'un et l'autre de ces deux systèmes de coupes, les volumes de minerai de chacune des catégories sont calculés, compris dans les tranches verticales, ayant pour épaisseur ab dans le premier cas, et cd dans le second cas (fig. 4)

Si les résultats des deux calculs sont suffisamment concordants, leurs moyennes sont adoptées.

2. Méthode des coupes horizontales.

Son application est analogue.

3. Méthode des prismes triangulaires (1).

Un prisme tel ABC (fig. 4) est constitué d'une série de prismes superposés formés par chacune des catégories de minerais ; les volumes de chacun de ces prismes partiels s'obtiennent en prenant comme hauteur la moyenne des hauteurs des 3 arêtes. Il restera à multiplier chacun des volumes, par le poids spécifique.

S'il s'agit d'un minerai uniforme, la hauteur du prisme total ABC est la moyenne des longueurs en minerais des sondages A, B et C.

Ces procédés par sondages permettent d'expertiser dans une certaine mesure les mines non développées avec un degré de certitude égal à celui obtenu dans l'estimation des mines développées.

(1) Prouty and Green (Mining and Metallurgy, nov 1922).

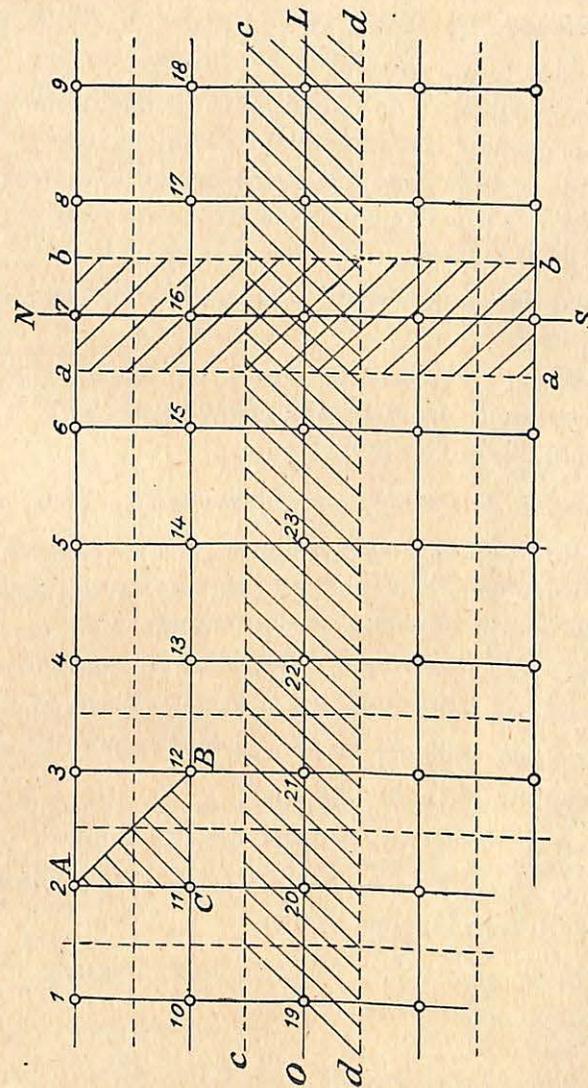


FIG. 4. — Plan des sondages.

EXEMPLES.

1. *Gisement porphyrique de minerais de cuivre* (1).
[[*Utah, Nevada, Arizona, New-Mexico (E.-U. A.)*]]

Amas dans le porphyre.

Minerai secondaire de l'affleurement : chalcocine.

Minerai primaire en profondeur : chalcopirite.

Profondeur de la zone d'enrichissement 60 mètres.

Distance des trous de sonde (au trépan disposés en échiquier 30 à 60 mètres).

Distance des prises d'essai dans les sondages : 1,50, 6 ou 9 mètres.

Mine Ray. Surface explorée : 140 hectares par 353 trous de sonde de profondeur moyenne égale à 125 mètres, ayant coûté 82 dollars le mètre.

2. *Minerai de fer du Lac Supérieur* (2) (E.-U. A.).

Gisement. — Amas en exploitation jusqu'à la profondeur de 30 à 60 mètres, et s'étendant jusqu'au niveau hydrostatique situé à la profondeur de 600 mètres.

Minerai : hématite rouge, en laies de richesses diverses.

Réserves. — 3.500 · M. T. — $F_e = 0,54$ (0,57 à 0,60)

Distance des sondages en échiquier 60 à 90 mètres.

Délimitation de l'aire d'un amas.

- a) Contour à 30 mètres des sondages productifs.
- b) Contour à une distance égale à la moitié de la longueur utile du trou de sonde voisin.
- c) Contour à une distance fonction de la longueur utile du trou de sonde voisin :

(1) Atlas de Géologie économique, par L. D., fig. $\frac{39}{182}$

(2) Atlas de Géologie économique, par L. D., fig. $\frac{1}{182}$ aussi Wolf, Derby and Cole. — (Mining and Metallurgy, sept. 1922).

Longueur utile : 15 mètres distance : 30 mètres

» 9 » 9 »
» 9 » 7,50 »

Distance des coupes verticales dressées : 30 mètres.
L'adoption d'une puissance utile moyenne permet une vérification.

Rendement de l'exploitation : 0,80.

3. *Minerai de P_b et de Z_n du Missouri* (1) (E.-U. A.).

Gisement. — Filons, couches (*flats* ou plateaux) reliés par des clivages minéralisés (*itches* ou droits).

Minerai. — Au-dessus du niveau hydrostatique : Smithsonite et galène ; en profondeur : blende et marcasite.

Les sondages au trépan sont prolongés jusqu'au mur, lequel est constitué par un lit d'argile.

La boue des sondages est analysée pour Z_n et F_e ; les résultats permettent de calculer les teneurs en $Z_n S$ et $F_e S^2$; le rendement en métal de la concentration est pris, pour la blende $r_e = 0,70$, et pour le pyrite $r_e = 0,50$.

Le contour du gisement est déterminé par les sondages utiles extrêmes.

4. *Montagne de minerai (magnétite, hématite, etc.)*.

Un plan coté de la surface est établi sur lequel les sondages sont reportés ; la méthode par coupes horizontales est appliquée.

(1) Atlas de Géologie économique, par L. D., loc. cit. fig. $\frac{62}{299}$ et « Les Principaux Gisements de Minerais de Zinc des Etats-Unis », par L. D.—R. U. M. 1904 et Bäericke. (Trans. of Am. Inst. of Mg and Met. Eng. Feb. 1922.)

Les fraudes (Salting) et leurs remèdes.

1. Fraudes dans les plans et dans les travaux.

a) Omission sur les plans, de travaux préparatoires en faille ou en minerai pauvre, ou de travaux d'exploitation terminés en minerai riche.

Un exemple de ce dernier cas est celui où le noyau d'un massif, avait été exploité, sans que le plan y renseigne des remblais.

Dans les deux cas évidemment des mesures avaient été prises par le vendeur pour dissimuler les voies d'accès, soit par des éboulements provoqués, soit par des noyades.

Remèdes. — Visiter la mine avec le plus grand soin ; demander le rétablissement si possible de certaines voies, ou l'épuisement des eaux ; mais le plus souvent le coût de ces travaux est prohibitif.

M. T. A. Rickard dit : « Il n'est pas déplacé de demander au directeur de la mine en fonction, de signer une déclaration qu'il a signalé à l'ingénieur-expert tous les travaux pratiqués et de donner une description avec plan de tous les travaux inaccessibles, pour cause d'éboulement ou pour d'autres motifs. »

Une telle déclaration mettra l'ingénieur-expert à couvert et fixera la responsabilité du directeur qui aurait fait de fausses déclarations dans un but de tromperie.

Il est à conseiller aussi de demander au directeur des travaux, une copie signée du plan des travaux.

b) Inscription sur les plans de fausses indications de richesse ou de puissance, de façon à fausser les idées sur les allures des colonnes riches.

c) Tentative de restauration du minerai à front d'une galerie, par application au moyen d'un plafonnage de boues, de bandes de minerai prises à un front riche.

d) Edification d'affleurements artificiels.

e) Tir d'un coup de fusil à front avec une charge contenant de la poudre d'or.

f) Emploi de la dynamite où de la poudre d'or a été incorporée.

g) Introduction de chlorure d'or dans le front en minerai tendre, comme le gozzan d'un filon.

Les fraudes c à g sont découvertes par l'œil vigilant du géologue, et par le chimiste qui aura soin de laver le minerai avant de l'analyser.

2. Fraudes dans les échantillons.

a) Introduction de fragments de minerai riche dans le minerai abattu pour l'échantillonnage ou de chlorure d'or au moyen d'une seringue hypodermique, à travers les sacs des échantillons.

Remèdes. 1. Opérer soi-même, ou par son aide, ou sous une surveillance constante.

2. Garder sous clef jusqu'au moment d'emploi les sacs destinés à recevoir les échantillons.

3. Retourner et secouer vivement les sacs avant de les remplir.

4. Ne pas numéroter les sacs extérieurement, mais placer à l'intérieur des planchettes en bois tendre permettant l'écriture au moyen d'un crayon dur, ou d'étiquettes en fer blanc.

Le numérotage extérieur donne au fraudeur qui est en possession de la liste de l'opérateur, le moyen de choisir les échantillons à enrichir.

Ne pas perdre de vue l'échantillon jusqu'à ce qu'il soit dans le sac plombé.

5. Plomber les sacs avec des plombs portant une marque.

6. Placer les sacs dans une valise fermant à clef, construite en un cuir d'une seule pièce, pour empêcher qu'on ne démonte le fond.

7. Prélever des échantillons des roches stériles des épontes et joindre aux sacs des échantillons quelques sacs de minerai analysés d'avance ; de la sorte s'il y a adultération des échantillons, elle sera établie par la seconde analyse de ces sacs ajoutés, qui servent d'appât pour prendre les fraudeurs.

8. Faire déclarer par le chimiste qu'il a trouvé intacts les plombs des sacs.

9. Opérer toujours d'une manière uniformément défiante.

3. Fraudes dans les analyses.

Addition de poudre d'or dans la litharge ou aux fondants.

Remèdes. — Analyser pour or ces produits.

CONCLUSION. — L'ingénieur-expert doit avoir un œil vigilant et être très défiant.

S'il s'aperçoit d'une supercherie, le mieux est pour lui d'abandonner l'examen, parce qu'une supercherie ne va jamais seule.

Autres méthodes de détermination de la teneur moyenne que par l'échantillonnage

b) *Adoption de rendements antérieurs.* — Lorsque le minerai est réparti irrégulièrement, comme c'est le cas avec le cuivre natif du Lac Supérieur, avec la blende et la galène du Missouri, il n'y a de renseignements à récolter que dans les livres du vendeur, et c'est une affaire à conclure en confiance.

c) *Marche d'essai.* — L'ingénieur-expert fait marcher la mine en extrayant le minerai abattu dans les différents massifs en des endroits convenablement choisis et prélever

ainsi un échantillon monstre ; (dans ce cas l'emploi d'appareils échantillonneurs spéciaux s'impose, pour la prise des échantillons à analyser).

C'est le procédé le plus exact théoriquement ; mais il est coûteux et expose à la fraude parce que la surveillance complète des opérations en grand est impossible.

d) *Système combiné.* — L'échantillonnage, l'adoption de rendements antérieurs et la marche d'essai sont trois méthodes à appliquer concurremment, quand il y a moyen ; comme elles se contrôlent l'une l'autre, la conclusion déduite de la combinaison de leurs résultats gagne beaucoup en certitude.

Dans ce système, l'échantillonnage sert à se garantir des fraudes, et l'adoption des rendements antérieurs et la marche d'essai font voir sous son vrai jour l'industrie qu'il s'agit d'apprécier.

J'ai eu l'occasion d'appliquer en différentes circonstances, notamment dans une importante mine d'or de filon, en marche, dans l'Amérique du Sud, et dans une mine de zinc et de plomb en Algérie, les trois méthodes *a*, *b*, *c* concurremment, ce que j'ai appelé le système combiné *d* et j'ai été très satisfait du contrôle réciproque que chacune des méthodes *a* *b* et *c* m'a donné.

Fixation de l'extraction annuelle K_v .

Cette détermination doit tenir compte de l'espèce et de la richesse du gisement, par comparaison avec des mines similaires, et aussi des conditions de main-d'œuvre des matériaux de consommation et d'une foule d'autres facteurs.

La *vie de la mine*, v , est le nombre d'années nécessaires à l'exploitation du minerai en vue :

$$v = \frac{Q_v}{K_v} \quad (4)$$

Choix du procédé de traitement.

Ce choix décide de l'avenir de l'affaire ; s'il est fait judicieusement le succès est probable.

Il est à peine besoin de conseiller ici à l'ingénieur-expert de repousser avec énergie l'adoption de procédés nouveaux n'ayant pas encore fait leurs preuves dans l'industrie ; c'est aux affaires en pleine prospérité à risquer les frais des essais.

Détermination des rendements des diverses opérations

Opérations successives. — Le minerai en vue doit subir les opérations suivantes :

1. Exploitation et triage dans le fond ;
2. A la surface, concassage et triage à la main ;
3. Préparation mécanique ou concentration ;
4. Traitement métallurgique.

Notations.

- K_v extraction annuelle du minerai en vue ou en place, de teneur t_v
 K_b extraction annuelle du minerai brut, de teneur t_b .
 K_t production annuelle de minerai trié à la main, de teneur t_t .
 K_c production annuelle de concentrés, de teneur t_c
 K_m production annuelle de métal fin, de teneur t_m .
 Q_v, Q_b, Q_t, Q_c, Q_m , quantités totales correspondantes.
 $n_{b,t}$ nombre de tonnes de minerai brut donnant 1 tonne de minerai trié.
 $n_{t,c}$ nombre de tonnes de minerai trié donnant 1 tonne de concentrés.
 $n_{c,m}$ nombre de tonnes de concentrés donnant 1 tonne de métal fin.
 $n_{b,m}$ nombre de tonnes de minerai brut donnant 1 tonne de métal fin.

Formule des rendements*1° Exploitation des mines.*

1. *Rendement en poids r_e .* — L'abatage fait en grand, laisse du minerai dans les remblais, dans les piliers abandonnés, les massifs réservés.

$$r_e = \frac{Q_b}{Q_v} = \frac{K_b}{K_v}$$

Voici quelques chiffres de la pratique :

| | | | |
|---------|---|--|-------------|
| Couches | } | Charbon Couche ten Yards, Staffordshire (1) $r_e = 0,50$ | |
| | | » Angleterre, en moyenne | 0,80 |
| | | Fer Minerai du Cumberland | 0,65 |
| | | » Minerai du Northampshire | 0,85 - 0,90 |
| | | » Minerai du Lancashire | 0,75 |

Amas. — Blende et galène du Wisconsin (E-U A) 0,90.

2. — *Extraction annuelle de minerai brut :*

$$K_b = \frac{Q_v r_e}{v} \quad (5)$$

3. — *Teneur de minerai brut t_b .*

On pourra généralement adopter $t_b = 0,9 t_v$.

En effet les résultats des analyses des échantillons prélevés dans la mine sur le minerai en vue, sont en général plus élevés, que ceux du minerai brut donné par l'abatage en chantier, ou autrement : le minerai brut est moins riche que le minerai en vue.

Analysons ce qui se passe dans un abatage en chantier.

1. — *Mélange de stériles.* — L'abatage des minerais en chantier ne peut se faire avec les mêmes soins de propreté de la part de l'ouvrier mineur, que l'abatage du minerai de l'échantillon par l'ingénieur-expert. En d'autres termes, le

(1) L'exploitation de la couche ten Yards, par L. D. *Annales des Travaux publics de Belgique*, t. XVII.

trriage dans la mine du minerai abattu par le mineur ne peut être aussi bien fait que le triage de l'échantillon, surtout dans le cas où la faiblesse de la puissance du gisement exige l'abatage par le mineur d'une partie du toit ou du mur.

2. *Perte de sulfures.* — Dans l'abatage en chantier une partie riche de minerai — les sulfures aurifères notamment, très friables — se perdent aisément dans les remblais, et ne peuvent jamais, quoique fasse l'ouvrier mineur, être recueillis avec le soin mis dans la prise de l'échantillon.

2° *Triage à la main à la surface.*

Le minerai extrait de la mine, ou minerai brut de teneur t_b subit d'abord un triage à la main, avec ou sans concassage au marteau ; le triage a pour but d'éliminer les morceaux de stérile que des gamins ou gamines peuvent saisir.

Caractéristiques du triage à la main.

a) Production annuelle :

$$K_t = \frac{1}{n_{b,1t}} K_b$$

b) Degré de triage.

t_w teneur du stérile rejeté.

Si nous égalons les quantités de métal contenues d'une part, dans $n_{b,1t}$ tonnes de minerai brut, et d'autre part dans 1 T de minerai trié et dans $(n_{b,1t} - 1)$ tonnes de stérile, nous déduisons :

$$n_{b,1t} = \frac{t_t - t_w}{t_b - t_w}$$

Cette formule permet la détermination au laboratoire chimique, sans aucune pesée, de $n_{b,1t}$.

c) Rendement en métal du triage à la main r_t . C'est le rapport de la quantité de métal contenue dans une tonne de

minerai trié à la quantité de métal contenue dans $n_{b,1t}$ de minerai brut.

$$r_t = \frac{t_b - t_w}{t_t - t_w} \frac{t_t}{t_b} \quad (6)$$

Nous avons aussi directement :

$$r_t = \frac{K_t t_t}{K_b t_b}$$

Aucune valeur numérique ne peut être renseignée pour r_t .

d) Perte en métal π_t ; c'est le complément à l'unité, du rendement :

$$\pi = \frac{t_w (t_t - t_b)}{t_b (t_t - t_w)}$$

3° *Concentration ou préparation mécanique.*

Le minerai brut avant de subir le traitement métallurgique, doit être enrichi dans un atelier ; par exemple, un minerai brut d'étain (cassitérite) qui tient $t_b = 0,02$, est enrichi en un concentré de teneur $t_c = 0,70$.

Caractéristiques de la concentration :

a) production annuelle.

$$K_c = \frac{1}{n_{b,1t}} \times \frac{1}{n_{t,1c}} K_b$$

b) degré de concentration.

t_{st} teneur du stérile rejeté.

$$n_{t,1c} = \frac{t_c - t_{st}}{t_c - t_b}$$

Cette formule donne dans un laboratoire de préparation mécanique, et sans aucune pesée, la valeur de $n_{t,1c}$.

c) rendement en métal de la concentration.

$$r_c = \frac{t_c - t_{st}}{t_c - t_{st}} \frac{t_c}{t_t} \quad (7)$$

Le rendement pratique est $r_c = \frac{K_c t_c}{K_t t_t}$

La détermination de r_c peut être faite expérimentalement dans un laboratoire de préparation mécanique.

d) perte en métal.

$$\pi = \frac{t_c - t_t}{t_c - t_{st}} \frac{t_{st}}{t_t}$$

Renseignements pratiques. Valeurs de r_c .

Minerais :

Or : 0,80 à 0,95 — Ag : 0,70 à 0,90

Sn : 0,60 à 0,80 — Cu : 0,65 à 0,90

Zn : 0,60 à 0,90 — Pb : 0,75 à 0,95 (1)

4° Traitement métallurgique.

Caractéristiques du traitement.

a) Production annuelle.

$$K_m = \frac{1}{n_{b,1t} \times n_{t,1c} \times n_{c,1m}} K_b$$

b) degré de traitement.

t_1 teneur du laitier ou des déchets.

$$n_{c,1m} = \frac{t_m - t_1}{t_c - t_1}$$

c) rendement métallurgique.

$$r_m = \frac{t_c - t_1}{t_m - t_1} \cdot \frac{t_m}{t_c} \quad (8)$$

d) Données pratiques. Valeurs de r_m .

Pb : 0,90 à 0,95 — Zn : 0,90 à 0,95

Cu : 0,90 à 0,95 — Sn : 0,98

(1) Truscott.

5° Traitement général.

(trriage, concentration, traitement métallurgique)

Caractéristiques.

Rendement général.

$$r_g = r_t r_c r_m = \frac{1}{n_{b,1t} \times n_{t,1c} \times n_{c,1m}} = \frac{1}{n_{b,1m}} \frac{t_m}{t_b} = \frac{K_m t_m}{K_b t_b} = \frac{t_b - t_w}{t_t - t_w} \frac{t_1 - t_{st}}{t_c - t_{st}} \frac{t_c - t_1}{t_w - t_1} \frac{t_m}{t_b} \quad (9)$$

Le rendement général peut donc être déterminé par le calcul d'une formule où n'entrent que les résultats des analyses des produits des opérations et de leurs déchets.

Renseignements pratiques. Valeurs de r_g .

Or : 0,95 — Ag natif : 0,85 — Ag Min. oxydé : 0,40 à 0,60 — Sn : 0,60 à 0,96 — Cu : 0,80 — Pb, Galène : 0,85 à 0,90 — Zn, blende : 0,40 à 0,90.

Cas particuliers.

a) Concentration, traitement métallurgique.

Dans le cas où il n'est pas procédé à un triage à la main, les formules deviennent :

1. Concentration.

$$a) \text{ degré ; } n_{b,1c} = \frac{t_c - t_{st}}{t_c - t_t}$$

$$b) \text{ rendement ; } r_c = \frac{t_b - t_{st}}{t_c - t_{st}} \frac{t_c}{t_b}$$

2. Traitement métallurgique.

$$a) \text{ degré ; } n_{c,1m} = \frac{t_m - t_1}{t_c - t_1}$$

$$b) \text{ rendement ; } r_m = \frac{t_c - t_l}{t_m - t_l} \frac{t_m}{t_c}$$

3. Rendement général.

$$r_g = \frac{t_c - t_{st}}{t_c - t_{st}} \cdot \frac{t_c - t_l}{t_m - t_l} \frac{t_m}{t_b}$$

b) *Triage à la main, traitement métallurgique, donc pas de préparation mécanique.*

1° Triage.

$$a) \text{ degré ; } n_{b,1t} = \frac{t_t - t_w}{t_b - t_w}$$

$$b) \text{ rendement ; } r_t = \frac{t_b - t_w}{t_t - t_w} \frac{t_t}{t_b}$$

2° traitement métallurgique.

$$a) \text{ degré ; } n_{t,1m} = \frac{t_m - t_l}{t_t - t_l}$$

$$b) \text{ rendement ; } r_m = \frac{t_t - t_l}{t_m - t_l} \frac{t_m}{t_t}$$

3° Traitement général.

$$r_g = \frac{K_m t_m}{K_b t_b}$$

c) *Triage à la main, concentration.*

La mine ne sera pas pourvue d'une usine métallurgique.

$$r_g = r_t r_c$$

Prix de revient général.

Prix de revient séparés par division. — Dans une affaire minière et métallurgique bien conduite, le prix de revient de la mine, celui du triage à la main, celui de la concentration, celui de l'usine métallurgique, sont établis séparément ; de la sorte, chacune des divisions de l'établissement est soumise à un contrôle, et il est facile, par la comparaison avec les résultats des établissements similaires, de découvrir le département dont le prix de revient élevé cause la hauteur anormale du prix de revient général.

Amortissements. — Nous considérons les prix de revient comme non chargés des amortissements que nous ferons plus tard.

Adoption des prix de revient. — a) Les prix de revient donnés par les installations existant éventuellement, peuvent servir, après des ajustements convenables, à estimer le prix de revient général qui sera obtenu avec les installations prévues dans le rapport.

b) S'il n'y a aucune installation encore, les prix de revient sont à estimer, d'après des situations comparables, après égards aux différences des conditions de la main-d'œuvre, des combustibles, des transports, etc.

Prix de revient général à la tonne de minerai, ou à la tonne de métal fin. — Dans chacune des divisions de l'établissement à créer, le prix de revient est estimé à la tonne du produit fabriqué dans cette division.

Il est nécessaire de pouvoir déduire de ces divers prix de revient, le prix de revient du traitement général rapporté soit à la tonne du minerai extrait, soit à la tonne de métal fin.

Notations.

p_b prix de revient de l'exploitation de 1 T. de minerai brut

p_t » du triage » » trié

p_c prix de revient de la concentration de 1 T. de minerai concentré.

p_m prix de revient du traitement métallurgique de 1 tonne de métal fin.

Les prix de revient comprennent :

1° les dépenses des travaux préparatoires nécessaires pour maintenir les réserves de minerai en vue.

2° les amortissements du matériel qui est à renouveler périodiquement.

3° l'intérêt du capital roulant.

4° la redevance à l'Etat et éventuellement au concessionnaire-propriétaire, les contributions, etc.

5° les dépenses ordinaires en salaires, fournitures de magasins, frais de vente, frais généraux, etc.

1. *Prix de revient général à la tonne de minerai brut.*

$$P_b = p_b + \frac{p_t}{n_{b,1t}} + \frac{p_c}{n_{b,1t} n_{t,1c}} + \frac{p_m}{n_{b,1t} n_{t,1c} n_{c,1m}} \quad (10)$$

2. *Prix de revient général à la tonne de métal fin.*

$$P_m = p_b n_{b,1t} n_{t,1c} n_{c,1m} + p_t n_{b,1t} n_{t,1c} + p_c n_{c,1m} + p_m$$

et en effet $P_b n_{b,1m} = P_m$ (11)

Généralement le prix de revient se conçoit mieux par tonne de minerai brut, surtout par le mineur ; le métallurgiste préfère le prix de revient par tonne de métal fin. Quand il s'agit de l'or, mineur et métallurgiste s'accordent à estimer le prix de revient par gramme d'or.

Cas particuliers.

a) *Exploitation, concentration, traitement métallurgique.*

$$P_b = p_b + \frac{p_c}{n_{b,1c}} + \frac{p_m}{n_{b,1c} n_{c,1m}}$$

$$P_m = p_b n_{b,1c} n_{c,1m} + p_c n_{c,1m} + p_m$$

b) *Exploitation, triage à la main, traitement métallurgique.*

$$P_b = p_b + \frac{p_t}{n_{b,1t}} + \frac{p_m}{n_{b,1t} n_{t,1m}}$$

$$P_m = p_b n_{b,1t} n_{t,1m} + p_t n_{t,1m} + p_m$$

c) *Exploitation, triage à la main, concentration.*

Il est parfois plus profitable pour un exploitant de mine de vendre ses concentrés à un fondeur, qui, en situation de faire des mélanges de minerais de diverses provenances, peut payer un prix élevé.

Ou bien, l'exploitant de mine peut manquer de capitaux pour créer une usine métallurgique.

$$P_b = p_b + \frac{p_t}{n_{b,1t}} + \frac{p_c}{n_{b,1t} n_{t,1c}}$$

$$P_m = p_b n_{b,1t} n_{t,1c} + p_t n_{b,1c} + p_c$$

Choix du cours du métal fin. $C \frac{f_{rs}}{T}$. — Les valeurs des métaux sont soumises à des fluctuations ; leurs cours sont cotés à la Bourse de Londres.

L'or seul, au point de vue qui nous occupe, a une valeur fixe.

Les cours de métaux fins, adoptés pour l'évaluation de la mine, doivent évidemment être diminués des frais de transport des métaux, depuis la mine jusque Londres.

Cours normal. — Une méthode assez suivie est d'adopter la moyenne du cours minimum de la dernière décade, et du cours moyen de cette période ; c'est le cours dit *normal*.

Cours normal corrigé. — Le mieux est de chercher à tenir compte pour chacun des métaux, d'une part, de l'importance des gisements mondiaux en exploitation ou connus, ou qui viennent d'être découverts, et d'autre part, des applications nouvelles ; et ayant ainsi estimé d'une part les réserves mondiales, et d'autre part les consommations probables, d'essayer de prédire le cours moyen qu'observera le métal pendant la période qui constituera la vie de la mine.

Cette détermination est fort délicate, et est de la compétence de l'économiste.

A moins de motifs spéciaux, il est bon d'adopter un cours voisin du cours normal ; ce sera le *cours normal corrigé*.

Bénéfice par tonne de minerai brut ou par tonne de minerai fini.

$$b_b = Ct_b r_g - P_b \quad (12)$$

$$b_m = Ct_m - P_m \quad (13)$$

Cas particuliers.

a) *Exploitation, concentration, traitement métallurgique.*

$$b_b = Ct_b \frac{1}{n_{b,1c} n_{c,1m}} - P_b$$

$$b_m = Ct_m - P_m$$

b) *Triage à la main, traitement métallurgique.*

$$b_b = Ct_b \frac{1}{n_{b,1t} n_{t,1m}} - P_b$$

$$b_m = Ct_m - P_m$$

c) *Exploitation, triage à la main, concentration.*

V_c valeur à la tonne des concentrés.

$$b_b = V_c \frac{1}{n_{b,1t} n_{t,1c}} - P_b$$

$$b_c = V_c - P_c$$

La valeur de V_c est calculée au moyen des formules de vente admises par le vendeur et l'acheteur, et où entrent la teneur t_c , le cours du métal C et les frais de traitement, transport, etc, (returning charges).

Ces formules sont à la base des marchés des minerais.

Bénéfice annuel de la mine.

$$B_b = K_b (Ct_b r_g - P_b) \quad (14)$$

$$B_m = K_m (Ct_m - P_m) \text{ où } K_m t_m = K_b t_b r_g \text{ et}$$

$$K_m = \frac{K_b t_b}{t_m} r_g \quad (15)$$

$$\text{Il est évident que } B_b = B_m \quad (16)$$

Cas particuliers.

a) *Exploitation, concentration, traitement métallurgique.*

$$B_b = K_b b_b \quad B_m = K_m b_m$$

b) *Triage à la main, traitement métallurgique.*

$$B_b = K_b b_b \quad B_m = K_m b_m$$

c) *Exploitation, triage à la main, concentration.*

$$B_c = K_c (V_c - P_c)$$

Cas des métaux accessoires. — Lorsque des métaux accessoires, par exemple l'or et l'argent, accompagnent le plomb ou le cuivre, la valeur produite, par tonne de minerai, par les métaux accessoires qui restent incorporés dans le métal principal, est ajoutée simplement au bénéfice par tonne de minerai, établi pour le plomb ou le cuivre, en fonction de son cours.

La stabilité relative de la valeur de l'argent et la stabilité de la valeur de l'or, permettent d'en agir de la sorte avec les métaux accessoires.

Le procédé revient à reporter tous les frais sur le métal de base, plomb ou cuivre, et d'exonérer les métaux précieux de tous frais.

Ce mode de calcul donne donc l'expression du bénéfice total obtenu par l'extraction de tous les métaux en fonction des cours variables des métaux principaux, plomb ou cuivre.

Calculs directs. — La généralisation des formules que j'ai présentées pour les rendements et les prix de revient n'a pour but que de montrer la méthode à suivre dans les calculs.

L'Ingénieur-expert calculera directement son cas concret, puis comparera ses résultats à ceux que lui donneront les formules générales, appliquées au cas dont s'agit.

B. — Capitalisation des bénéfices.

La méthode que nous allons exposer, due à Hoskold et à King pour estimer les mines, doit être considérée comme un guide pour le vendeur et l'acheteur dans les transactions ; elle donne une base rationnelle, technique et mathématique à l'estimation, de manière que le *prix du marché* puisse être considéré comme le *juste prix, fixé par un arbitre*.

Il est évident que, ainsi que nous le répéterons, des points de vue spéciaux, comme les besoins d'argent du vendeur ou comme l'intérêt indirect que l'acheteur peut avoir à conclure l'affaire, l'emporteront sur toutes les considérations de formules ; néanmoins acheteur et vendeur ont toujours intérêt à connaître le *juste prix* pour apprécier s'ils ont fait une bonne affaire.

La solution des formules sous la forme que je leur ai donnée demande l'emploi de tables d'intérêts composés, de tables d'annuités, et d'une machine à calculer.

Mines développées, non équipées :

Ces mines sont celles où des travaux de traçage ont été exécutés, permettant la détermination de la quantité de minerai en vue, mais non encore pourvues de machinerie importante, ni d'installations superficielles de préparation mécanique et de métallurgie.

C'est le cas de la mise à fruit d'un gisement où il n'y a qu'une installation rudimentaire d'extraction, ayant permis l'exécution de travaux de traçage, mais devant être tenue comme inexistante pour la mise en exploitation.

Notations :

$M(v)$ mine à une phase de vie v (années), armée pour la production.

$M(n_0, v_1)$ mine à deux phases, une préparative n_0 et une productive v_1

I_0 installations à faire dans la phase n_0 et à payer l'an $\frac{n_0}{2}$, pour que la mine puisse produire la première année de la phase v_1

$M(n_0, v_1, v_2 \dots v_n)$ mine à $n+1$ phases, une préparative et n productives

v_1 phase productive durant laquelle a lieu l'exécution des installations I_1 , à payer par exemple au milieu de la phase v_1

$v_2, v_3 \dots v_{n-1}, I_2, I_3 \dots I_{n-1}$, signification analogue.

v_n phase productive durant laquelle aucune installation n'est à réaliser.

B , bénéfices annuels de la mine $M(v)$

A prix d'achat.

$$r_d = \frac{B}{A}, \text{ taux du bénéfice intégral annuel} \quad (14)$$

r_b , taux de l'intérêt bénéficiaire que veut toucher l'acheteur

Ar_b , part bénéficiaire annuelle, que l'acheteur veut toucher, à prélever sur le bénéfice annuel B .

$B - Ar_b$, part que l'acheteur emploiera annuellement à amortir son achat.

$B_1, B_2 \dots B_n$ bénéfices annuels dans les phases $v_1, v_2, v_3 \dots v_n$ de la mine $(n_0, v_1, v_2 \dots v_n)$

α taux de l'intérêt des fonds d'Etat, devant servir de base aux calculs d'amortissements

$$\sigma(\alpha, v) = \frac{(1+\alpha)^v - 1}{\alpha}, \text{ somme produite à intérêts composés au taux } \alpha, \text{ au bout de } v \text{ années par une annuité de 1 franc payée à la fin de chaque année.} \quad (15)$$

$$\frac{1}{\sigma(\alpha, v)} = \frac{\alpha}{(1+\alpha)^v - 1}, \text{ annuité amortissant 1 fr. en } v \text{ années au taux } \alpha. \quad (16)$$

Méthode d'Hoskold.

$M(v)$.

Principe. — L'acheteur veut avoir à sa disposition une partie du bénéfice B , savoir l'intérêt du prix d'achat Ar_b ou prime bénéficiaire qu'il pourra dépenser, et il veut en outre, en plaçant dans une caisse d'annuités au taux α , tous les ans, le reste du bénéfice, soit $B - Ar_b$, retrouver dans cette caisse au bout de la vie de la mine, le prix d'achat A , ou plus simplement, l'acheteur veut toucher les intérêts de son argent, et retrouver son argent au bout de la vie de la mine.

Le prix d'achat est donc déterminé par l'équation d'amortissement :

$$(B - Ar_b) \sigma(\alpha, v) = A \quad (1)$$

$$\text{d'où} \quad A_{18} = \frac{1}{r_b + \frac{1}{\sigma(\alpha, v)}} B. \quad (18)$$

$$\text{ou} \quad A_{19} = \frac{1}{r_b + \frac{\alpha}{(1+\alpha)^v - 1}} B \quad (19)$$

(1) *Amortissement d'un emprunt.* — Dans ce cas, l'annuité doit amortir le capital définitif, c'est-à-dire le capital emprunté augmenté de ses intérêts composés ou $A(1+\alpha)^v$.

Quand il s'agit d'une mine qui payera des dividendes à l'acheteur, il n'y a à amortir que le prix d'achat sans plus, c'est-à-dire le capital primitif A .

ou
$$A_{20} = \frac{(1 + \alpha)^v - 1}{\alpha + r_b [(1 + \alpha)^v - 1]} B \quad (20)$$

Si
$$m = \frac{1}{r_b + \frac{1}{\sigma(\alpha, v)}} = \frac{1}{r_b + \frac{\alpha}{(1 + \alpha)^v - 1}}$$

$$= \frac{(1 + \alpha)^v - 1}{\alpha + r_b [(1 + \alpha)^v - 1]} \quad (21)$$

les formules A₁₈, A₁₉ et A₂₀ deviennent :

$$A_{22} = m B \quad (22)$$

Certaines tables d'annuités donnent *m*.

D'autre part
$$r_d = \frac{B}{A} = \frac{1}{m} = r_b + \frac{1}{\sigma(\alpha, v)} \quad (23)$$

D'après la formule (22) la mine s'achète par le paiement d'un certain nombre de dividendes (1); *m* est un nombre d'années; c'est le *number of years purchase* des Anglais.

Exemple :

$$r_b = 0,07, \alpha = 0,05, v = 10, \frac{1}{\sigma(\alpha, v)} = 0,079$$

$$r_d = 0,07 + 0,079 = 0,149$$

$$m = \frac{1}{r_d} = 6,7 \text{ années}$$

La mine doit donc rapporter 14,9 % dont 0,07 pourront être consommés par l'acheteur, et dont 0,079 lui serviront à reconstituer son prix d'achat en 10 ans; elle s'achetera par le paiement de 6,7 dividendes.

(1) Le mot *dividende* signifie ici *bénéfice annuel intégral*, l'actionnaire étant supposé faire lui-même son amortissement.

Importance du multiplicateur m.

Cette importance ressort du tableau suivant pour *r_b* = 0,08, par exemple :

| | |
|---------------|------------------|
| <i>v</i> = 1 | <i>m</i> = 0,92 |
| <i>v</i> = 2 | <i>m</i> = 1,75 |
| <i>v</i> = 3 | <i>m</i> = 2,5 |
| <i>v</i> = 10 | <i>m</i> = 6,124 |
| <i>v</i> = 15 | <i>m</i> = 7,695 |
| <i>v</i> = 20 | <i>m</i> = 8,804 |

pour *v* = 1, et *v* = 2 (mines peu développées), il est possible de faire usage simplement des deux formules A = B, et A = 2 B, respectivement.

A partir de *v* = 3, l'écart entre A = 3 B et le résultat de la formule *m*₂₂ devient sensible, et l'intervention de calcul des intérêts composés s'impose de plus en plus, sinon le prix d'achat atteindrait une hauteur vertigineuse.

$$M(n_0, v_1, v_2, \dots, v_n)$$

a) *L'acheteur exige de toucher la même prime bénéficiaire Ar_b dans chacune des périodes productives.* — L'application du principe de Hoskold permet de déduire la valeur A₂₄ qui, étant à payer au commencement de la période *n*₀, est à considérer comme un paiement anticipé, retenue devant être faite au vendeur des valeurs actuelles des diverses installations :

$$A_{24} = - I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} - I_1 (1 + \alpha)^{-\left(n_0 + \frac{v_1}{2}\right)}$$

$$- I_{n-1} (1 + \alpha)^{-\left(n_0 + v_1 + \dots + \frac{v_{n-1}}{2}\right)} + (1 + r_b)^{-n_0} \times$$

$$\times \frac{\sigma(\alpha, v_1 + v_2 + \dots + v_n) - \sigma(\alpha, v_2 + v_3 + \dots + v_n)}{1 + r_b \sigma(\alpha, v_1 + v_2 + \dots + v_n)} B_1$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\sigma(\alpha, v_2 + v_3 + \dots + v_n) - \sigma(\alpha, v_3 + v_4 \dots + v_n)}{\text{id.}} B_2 \\
 & + \dots \dots \dots \\
 & + \frac{\sigma(\alpha, v_n)}{\text{id.}} B_n \left. \vphantom{\frac{\sigma(\alpha, v_n)}{\text{id.}} B_n} \right\}^{(1)} \quad (24)
 \end{aligned}$$

Taux de risque r_b . — Nous l'avons admis pour le calcul de la valeur actuelle du prix d'achat, et non le taux α .

Il nous paraît qu'il doit en être ainsi, parce que dès que l'acheteur a décaissé, au commencement de la période n_0 , son risque court; en effet il ne saurait plus retirer son argent de l'affaire.

Si le vendeur n'admet pas le taux r_b , nous lui proposerons, dans un but de conciliation, d'admettre le taux $r'_b = \frac{r_b + \alpha}{2}$ (pour le calcul de la valeur actuelle seulement); dans ce cas la formule (24) devient :

$$\begin{aligned}
 A_{24} = & I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} - I_1 (1 + \alpha)^{-\left(n_0 + \frac{v_1}{2}\right)} \\
 & - I_{n-1} (1 + \alpha)^{-\left(n_0 + v_1 + \dots + \frac{v_{n-1}}{2}\right)} + (1 + r'_b)^{-n_0} \times \\
 & \frac{\sigma(\alpha, v_1 + v_2 + \dots + v_n) - \sigma(\alpha, v_2 + v_3 \dots + v_n)}{1 + r_b \sigma(\alpha, v_1 + v_2 \dots + v_n)} B_1 \\
 & + \frac{\sigma(\alpha, v_2 + v_3 + \dots + v_n) - \sigma(\alpha, v_3 + v_4 \dots + v_n)}{\text{id.}} B_2 \\
 & + \dots \dots \dots \\
 & + \frac{\sigma(\alpha, v_n)}{\text{id.}} B_n \left. \vphantom{\frac{\sigma(\alpha, v_n)}{\text{id.}} B_n} \right\} \quad (26)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & \sigma(\alpha, v_1 + v_2 \dots + v_n) - \sigma(\alpha, v_2 + \dots + v_n) \\
 & = \sigma(\alpha, v_1) (1 + \alpha)^{(v_2 + v_3 + \dots + v_n)} \quad (25)
 \end{aligned}$$

Il semble préférable de laisser subsister les σ dans les formules pour l'uniformité des calculs; une soustraction est du reste plus facile qu'une multiplication.

Cas particuliers.

1° $M(n_0, v_1) \dots n = 1 \ v_2 = v_3 = \dots = v_n = 0$, (bénéfices annuels constants).

$$A_{27} = - I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + (1 + r_b)^{-n_0} \frac{\sigma(\alpha, v_1)}{1 + r_b \sigma(\alpha, v_1)} B \quad (27)$$

$$A_{28} = - I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + (1 + r'_b)^{-n_0} \frac{\sigma(\alpha, v_1)}{1 + r_b \sigma(\alpha, v_1)} B \quad (28)$$

2° $M(n_0, v_1) \quad n = v$, (bénéfices annuels variables).

$$v_1 = v_2 = \dots v_n = 1 \quad v_1 + v_2 + \dots + v_n = v.$$

Les formules A_{24} et A_{26} concernent une mine dont les périodes v_1, v_2, v_n comprennent plusieurs années où les bénéfices sont constants; dans la période de création d'une mine, le bénéfice annuel va croissant d'année en année; d'autre part il est des mines dont le bénéfice décroît d'année en année par suite de la diminution de l'extraction; la plupart sont dans ce cas, mais surtout les puits de pétrole.

Nous écrivons :

$$\begin{aligned}
 A_{29} = & - I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + (1 + r_b)^{-n_0} \times \\
 & \times \frac{(1 + \alpha)^{v-1} B_1 + (1 + \alpha)^{v-2} B_2 + \dots + B_v}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)} \quad (29)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{30} = & - I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + (1 + r'_b)^{-n_0} \times \\
 & \times \frac{(1 + \alpha)^{v-1} B_1 + (1 + \alpha)^{v-2} B_2 \dots + B_v}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)} \quad (30)
 \end{aligned}$$

3° $M(v)$ (bénéfices annuels variables).

$$n = v, \quad v_1 = v_n \dots = v_n = 1 \quad n_0 = 0$$

$$A_{31} = \frac{(1 + \alpha)^{v-1} B_1 + (1 + \alpha)^{v-2} B_2 + \dots + B_v}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)} \quad (31)$$

4° M (v) (bénéfices annuels constants).

$$n=v, v_1=v_2=\dots=v_n=1, n_0=1 \quad B_1=B_2=B_n=B$$

$$A_{11} = \frac{(1 + \alpha)^{v-1} + (1 + \alpha)^{v-2} + \dots + (1 + \alpha)^{v-v}}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)} B$$

$$= \frac{\sigma(\alpha, v)}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)} B$$

Nous retrouvons ainsi la formule de Hoskold (A_{11}) comme cas particulier de la formule générale (A_{24}).

Il nous est donc permis de conclure que les formules générales A_{24} et A_{25} ont été établies par une application rationnelle du principe de Hoskold.

b) *L'acheteur n'exige pas de toucher une prime bénéficiaire constante et égale dans chacune des périodes productive.*

Nous écrirons, en considérant des mines successives.

$$M(n_0, v_1 + v_2 + \dots + v_n) = M(n_0, v_1) + M(n_0 + v_1, v_2) + \dots$$

$$+ M(n_0 + v_1 + v_2 + \dots + v_{n-1}, v_n) \quad (32)$$

et appliquant les formules d'Hoskold (27) et (28) à chacune des mines

$$A_{33} = -I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} - I_1 (1 + \alpha)^{-(n_0 + \frac{v_1}{2})} + \dots + I_{n-1} \times$$

$$\times (1 + \alpha)^{-(n_0 + v_1 + \dots + \frac{v_{n-1}}{2})} + (1 + r_b)^{-n_0} m_1 B_1 +$$

$$(1 + r_b)^{-(n_0 + v_1)} m_2 B_2 + \dots$$

$$+ (1 + r_b)^{-(n_0 + v_1 + \dots + v_{n-1})} m_n B_n \quad (33)$$

$$A_{34} = -I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} - I_1 (1 + \alpha)^{-(n_0 + \frac{v_1}{2})} + \dots + I_{n-1} \times$$

$$\times (1 + \alpha)^{-(n_0 + v_1 + \dots + \frac{v_{n-1}}{2})} + (1 + r'_b)^{-n_0} m_1 B_1 +$$

$$(1 + r'_b)^{-(n_0 + v_1)} m_2 B_2 + \dots$$

$$(1 + r'_b)^{-(n_0 + v_1 + \dots + v_{n-1})} m_n B_n \quad (34)$$

Cas particuliers.

1° M (n_0, v), $n = 1$, (bénéfices constants).

$$v_1 = v_2 = \dots = v_n = 0$$

$$A_{27} = -I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + (1 + r_b)^{-n_0} m B$$

$$A_{28} = -I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + (1 + r'_b)^{-n_0} m B$$

2° M (n_0, v) $n = v$ (bénéfices annuels variables).

$$v_1 = v_2 = \dots = v_n = v \quad v_1 + v_2 + \dots + v_n = v$$

$$m_1 = m_2 = \dots = m_n = (1 + r_b)^{-1}$$

$$A_{35} = -I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + (1 + r_b)^{-(n_0+1)} B_1 + \dots$$

$$+ (1 + r_b)^{-(n_0+v)} B_v \quad (35)$$

$$A_{36} = -I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + (1 + r'_b)^{-(n_0+1)} B_1 + \dots$$

$$+ (1 + r'_b)^{-(n_0+v)} B_v \quad (36)$$

3° M (v) (bénéfices annuels variables).

$$n = v \quad v_1 = v_2 = \dots = v_n = 1 \quad n_0 = 0$$

$$A_{37} = (1 + r_b)^{-1} B_1 + (1 + r_b)^{-2} B_2 + \dots$$

$$+ (1 + r_b)^{-v} B_v \quad (37)$$

$$A_{38} = (1 + r'_b)^{-1} B_1 + (1 + r'_b)^{-2} B_2 + \dots$$

$$+ (1 + r'_b)^{-v} B_v \quad (38)$$

Ces deux formules ne contiennent plus le taux α ; le principe d'amortissement est ainsi éliminé. Ce résultat prouve l'illogisme du principe des mines successives qu'admettent beaucoup d'auteurs.

4° M (v) (bénéfices annuels constants).

$$n = v \quad v_1 = v_2 = \dots = v_n = 1 \quad n_0 = 1 \quad B_1 = B_2 = \dots = B_n$$

$$A_{39} = [(1+r_b)^{-1} + (1+r_b)^{-2} \dots + (1+r_b)^{-v}] B \quad (39)$$

$$A_{40} = [(1+r'_b)^{-1} + (1+r'_b)^{-2} \dots + (1+r'_b)^{-v}] B \quad (40)$$

Nous ne retrouvons donc pas, dans ces deux formules la formule de Hoskold, A_{18} ; nous concluons que la formule A_{33} , admise par plusieurs auteurs, n'est pas rationnelle; une « succession de mines » dont l'exploitation donne des bénéfices B_1, B_2, \dots, B_n durant des vies v_1, v_2, \dots, v_n en laissant à l'acheteur des parts bénéficiaires différentes $A_1, r_b, \dots, A_v, r_b$, n'est pas conforme au principe de Hoskold. Nous rejetons donc les formules de A_{33} à A_{40} .

Méthode de King

M (n_0, v_1)

Principe. — Les bénéfices annuels de la période v_1 sont versés dans une caisse d'annuités.

Au bout de la vie de la mine, cette caisse doit contenir le prix d'achat A et la somme produite par les annuités égales aux parts bénéficiaires que l'acheteur était en droit de toucher, pendant la période $n_0 + v_1$.

Evidemment les versements des bénéfices ne peuvent effectivement se faire que dans la période productive v_1 , mais l'acheteur qui paiera la mine au commencement de n_0 veut toucher théoriquement des parts bénéficiaires dès ce moment.

Nous écrivons donc :

$$B_1 \sigma(\alpha, v_1) = A + Ar_b \sigma(\alpha, n_0 + v_1) \quad (41)$$

d'où

$$A_{42} = \frac{\sigma(\alpha, v_1)}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v_1)} B_1 \quad (42)$$

$$\text{ou} \quad A_{43} = \frac{(1 + \alpha)^{v_1} - 1}{\alpha + r_b [(1 + \alpha)^{n_0 + v_1} - 1]} B_1 \quad (43)$$

Le but de la méthode est d'éviter l'emploi du coefficient de risque r_b que Hoskold introduit dans le calcul de la valeur actuelle, et que j'ai proposé de remplacer par $r'_b = \frac{r_b + \alpha}{2}$ dans la formule de Hoskold.

Enfin nous écrivons :

$$A_{44} = -I(1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + \frac{\sigma(\alpha, v)}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v_1)} \quad (44)$$

M (v).

Si dans la formule (44) nous faisons $n_0 = 0$, $I_0 = 0$, $v_1 = v$, $B_1 = B$, nous retrouvons la formule de Hoskold,

$$A_{18} = \frac{\sigma(\alpha, v)}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)} B = \frac{1}{r_b + \frac{1}{\sigma(\alpha, v)}} B$$

De même pour $n_0 = 0$ et $v_1 = v$, l'équation (41) devient

$$B \sigma(\alpha, v) = A + Ar_b \sigma(\alpha, v), \quad (45)$$

et s'énonce d'après le principe de King; elle peut aussi s'écrire $(B - Ar_b) \sigma(\alpha, v) = A$ (17) et sous cette forme, son énoncé nous rend le principe de Hoskold.

Donc le principe de King coïncide avec le principe de Hoskold, dans le cas d'une mine à une seule période productive; cette coïncidence résulte de ce que dans ce cas, la période des parts bénéficiaires est la même que celle des amortissements.

M (n₀, v₁, v₂ . . . v_n)

a) L'acheteur exige de toucher la même prime bénéficiaire Ar_b dans chacune des périodes productives.

L'application du principe de King donne :

$$\begin{aligned}
 A_{46} = & - I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} - I_1 (1 + \alpha)^{-\left(n_0 + \frac{v_1}{2}\right)} - \dots \\
 & - I_{n-1} (1 + \alpha)^{-(n_0 + v_1 + \dots + \frac{v_{n-1}}{2})} \\
 & + \frac{\sigma(\alpha, v_1 + v_2 + \dots + v_n) - \sigma(\alpha, v_2 + v_3 + \dots + v_n)}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v_1 + v_2 + \dots + v_n)} B_1 \\
 & + \frac{\sigma(\alpha, v_2 + v_3 + \dots + v_n) - \sigma(\alpha, v_3 + \dots + v_n)}{\text{idem}} B_2 \\
 & + \dots \\
 & + \frac{\sigma(\alpha, v_n)}{\text{id.}} B_n
 \end{aligned} \tag{46}$$

Cas particuliers.

1° M (n₀, v), n = 1, v₁ = v v₂ = v₃ = v_n = 0 (bénéfices annuels constants)

$$A_{44} = - I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + \frac{\sigma(\alpha, v)}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v)}$$

2° M (n₀, v₁) (bénéfices annuels variables).

$$v_1 = v_2 \dots = v_n = 1 \quad v = n$$

$$A_{47} = - I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} \frac{(1 + \alpha)^{v-1} B_1 + (1 + \alpha)^{v-2} B_2 \dots + B_v}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v)} \tag{47}$$

3° M (v) bénéfices annuels variables)

$$n = v, \quad v_1 = v_2 = \dots = v_n = 1 \quad n_0 = 0$$

$$A_{31} = \frac{(1 + \alpha)^{v-1} B_1 + (1 + \alpha)^{v-2} B_2 + \dots + B_v}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)}$$

4° M (v) (bénéfices annuels constants).

$$n = v \quad v_1 = v_2 \dots = v_n = 1 \quad n_0 = 0 \quad B_1 = B_2 = \dots = B_n = B$$

$$A_{18} = \frac{\sigma(\alpha, v)}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)}$$

Les formules A₄₆, A₄₇ sont rationnelles, parce qu'elles se ramènent à la formule de King — Hoskold A₁₈.

b) L'acheteur n'exige pas de toucher une prime bénéficiaire constante et égale dans chacune des périodes productives.

Nous aurons donc en appliquant la notion (32) des mines successives.

$$\begin{aligned}
 A_{48} = & - I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} \dots - I_1 (1 + \alpha)^{-\left(n_0 + \frac{v_1}{2}\right)} \dots \\
 & - I_{n-1} (1 + r_b)^{-(n_0 + v_1 + \dots + \frac{v_{n-1}}{2})} + \frac{\sigma(\alpha, v_1)}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v_1)} B_1 \\
 & + \frac{\sigma(\alpha, v_2)}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v_1 + v_2)} B_2 \dots \\
 & + \dots \\
 & + \frac{\sigma(\alpha, v_n)}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v_1 \dots + v_n)} B_n
 \end{aligned} \tag{48}$$

Cas particuliers.

1° M (n₀, v₁) n = 1, (bénéfices annuels constants)

$$A_{44} = -I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + \frac{\sigma(\alpha, v_1)}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v_1)}$$

2° M (n₀, v₁) (bénéfices annuels variables)

$$v_1 = v_2 = \dots = v_n \quad v = n$$

$$A_{49} = -I_0 (1 + \alpha)^{-\frac{n_0}{2}} + \frac{1}{1 + r_b (\sigma, n_0 + 1)} B_1 + \dots + \frac{1}{1 + r_b \sigma(\alpha, n_0 + v)} B_v \quad (49)$$

3° M (v) (bénéfices annuels variables).

$$n = v, \quad v_1 = v_2 \dots = v_n = 1 \quad n_0 = 0$$

$$A_{50} = \frac{1}{1 + r_b} B_1 + \frac{1}{1 + r_b \sigma(\alpha, 2)} B_2 + \dots + \frac{1}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)} B_v \quad (50)$$

4° M (v) (bénéfices annuels constants).

$$n = v, \quad v_1 = v_2 \dots = v_n = 1, \quad n_0 = 0, \quad B_1 = B_2 \dots = B_n = B$$

$$A_{51} = \left(\frac{1}{1 + r_b} + \frac{1}{1 + r_b \sigma(\alpha, 2)} + \dots + \frac{1}{1 + r_b \sigma(\alpha, v)} \right) B \quad (51)$$

Nous ne retombons plus sur la formule de Hoskold-King A₁₈; nous estimons donc que les formules A₄₈ à A₅₁ sont à rayer, bien qu'elles soient acceptées par certains auteurs.

Choix des formules

| Types de mines | 1 | | 2 | | 3 | |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------|--|---------------|---|
| | Méthode de Hoskold | | Méth. de King | | Méth. de King | |
| M (v) bénéfices annuels constants | (A ₁₈) | (A ₁₈) | (A ₁₈) | | | 1 |
| M (n ₀ , v) bénéfices annuels constants | r _b A ₂₇ | r' _b (A ₂₈) | A ₄₄ | | | 2 |
| (1 mine) | A ₂₄ | (A ₂₆) | A ₄₆ | | | 3 |
| M (n ₀ , v ₁ ...v _n) bénéf. annuels constants (n mines successives) | [A ₃₃] | [A ₃₄] | [A ₄₈] | | | 4 |
| (1 mine) | (A ₃₁) | (A ₃₁) | (A ₃₁) | | | 5 |
| M (v) bénéfices annuels variables (n mines successives) | [A ₃₇] | [A ₃₈] | [A ₃₂] | | | 6 |
| (1 mine) | A ₂₉ | (A ₃₀) | A ₄₇ | | | 7 |
| M (n ₀ , v) bénéf. annuels variables (n mines successives) | [A ₃₅] | [A ₃₆] | [A ₄₉] | | | 8 |

Les formules de Hoskold (colonne verticale 1) sont celles de l'acheteur; les formules de King (colonne verticale 3) sont celles du vendeur. Les formules de Hoskold modifiées (colonne verticale 2) sont celles que je préconise comme transactionnelles.

Je rebute les formules basées sur la notion des mines successives (32) (colonnes horizontales 4, 6, 8, [les numéros sont entre crochets]).

En conclusion, je conseille l'emploi des formules placées entre parenthèses dans le tableau, (A₁₈), (A₂₈), (A₂₆), (A₃₁), (A₃₀); ces cinq formules résolvent tous les cas.



Les exemples qui suivront feront voir l'importance des différences des résultats donnés par les formules d'Hoskold (colonnes verticales 1 et 2) et celles de King (colonne verticale 3).

Enfin les formules doivent, le cas échéant, être augmentées de la valeur à la liquidation, ainsi que nous allons l'exposer.

Valeur à la liquidation, à la fin de la vie de la mine. Il y a à considérer :

a) *les installations de surface, machinerie, etc.* Leur valeur à la liquidation est généralement à négliger, elle couvrira à peine les frais de démolition et ceux du comblement des puits.

b) *la valeur des terrains.* Dans la conception de Hoskold-King la jouissance des terrains pendant la vie de la mine est comprise dans le prix d'achat, ces terrains étant une dépendance de la mine, mais la propriété en revient au vendeur à la liquidation. Il se peut que cette valeur T soit grande à ce moment; la valeur actuelle $T(1 + \alpha)^{-v}$ peut être ajoutée au prix rationnel donné par les différentes formules.

L'acheteur retrouvera cette valeur T en vendant les terrains au bout de la vie de la mine.

L'Ingénieur-expert préférera toujours conserver la valeur des terrains comme une réserve latente, pour compenser les imprévus et voudra en faire abstraction.

Il faut remarquer, du reste, que la valeur de T est difficile à prévoir parce qu'il se peut que l'arrêt des travaux de la mine cause une crise dans la région par suite du départ des ouvriers, et amène la baisse des prix des terrains à bâtir. Le contraire peut aussi arriver.

Evidemment le vendeur voudra faire intervenir la valeur des terrains dans les formules; c'est là encore un point à débattre.

v, Vie de la mine.

Les formules précédentes ne font entrer dans les calculs que le minerai en vue Q_v , lequel a déterminé la vie de la mine (formule 4).

Le vendeur entend souvent qu'il soit tenu compte, d'une partie du minerai espéré, ce qui donne à la mine une survie et à la transaction un caractère spéculatif que l'Ingénieur-expert a le devoir de signaler à l'acheteur, comme nous le répéterons.

Pour le moment bornons-nous à dire que la valeur de la mine est à recalculer au moyen de la nouvelle vie et ce, à l'aide d'un intérêt bénéficiaire r_b supérieur à celui primitivement admis: cette élévation de r_b est nécessaire pour couvrir le risque.

Notons ici que certains ingénieurs n'admettent pour le calcul qu'une vie de 10 années, quelle que soit l'importance des réserves; c'est là une mesure de précaution contre les surprises des variations des conditions économiques mondiales, comme celles qui ont suivi la grande guerre de 1914 à 1918; mais cette limitation restreinte à 10 ans, si elle est admissible pour beaucoup de mines métalliques, n'est pas de mise pour les gisements de charbon; ici cependant une limitation s'impose aussi; elle peut être exprimée, soit par un nombre d'années, soit par une profondeur maximum.

B. — *Bénéfices annuels.*

Considérons le cas d'une mine à une phase $M(v)$ dont la valeur A_{18} est donnée par la formule King-Hoskold.

Nous allons montrer qu'il est possible d'arriver à une valeur supérieure à celle de la formule en question par un projet comprenant le développement des installations, qui permettra le traitement d'un tonnage supérieur, et abaissera le prix général de revient à la tonne.

Dans une mine, il y a les frais dits « fixes », d'administration, d'épuisement, qui sont à peu près fixes, estimés à 10 à 25 % du total ; ces frais n'affectent plus les tonnes de l'accroissement de l'extraction ; ce qui revient à dire que le bénéfice annuel B_2 après l'exécution durant la période v_1 des installations complémentaires, sera supérieur au bénéfice $B_1 = B$ prévu primitivement, et qui continuera à être réalisé pendant l'exécution de ce complément d'installations.

Cet accroissement de bénéfices permettra dans la période v_2 , des amortissements plus élevés, qui amortiront outre le prix d'achat, les installations complémentaires. Et comme la vie de la mine sera diminuée, l'acheteur rentrera plus tôt dans son capital et pourra le réemployer.

Toute cette combinaison laisse à la transaction le même degré de sécurité et même lui donne un degré de sécurité supérieur, en ce sens que le capital reste moins longtemps exposé.

Le premier projet relatif à la mine $M(v)$ concluait à la valeur A_{18} de la mine ; le second projet relatif à la mine $M(v_1, v_2)$ conclura à la valeur A_{26} (pour $n_0 = 0, v_3 = v_n = 0$) ; dans cette dernière valeur, intervient le coût des installations complémentaires.

La comparaison des valeurs A_{18} et A_{26} fera voir s'il y a avantage pour le vendeur à développer les installations ; tout dépend en somme de la hauteur des dépenses.

Il faut noter que si la période v_1 est une donnée, la période v_2 doit résulter d'un calcul.

Si K est l'extraction annuelle primitivement prévué, $K_1 = K$, celle pendant la période v_1 et K_2 de même dans la période v_2 , nous écrirons $K_1 v_1 + K_2 v_2 = K_v$

$$v_2 = \frac{K(v - v_1)}{K_2}$$

Un autre moyen pour essayer de donner satisfaction aux exigences du vendeur est parfois de comprendre dans la réserve Q_v une partie de minerai plus pauvre qui avait été écartée.

Cette mesure entraînera aussi peut-être un développement des installations, mais en même temps une augmentation de la vie et une variation dans le bénéfice, qui sera influencé en sens contraire par le développement des installations et par l'appauvrissement du minerai.

Extension des installations d'une mine en marche.

Dans une mine en marche, où le développement des réserves est fortement en avance, la question se pose généralement de l'extension des installations dans le but de diminuer le prix de revient.

La solution du problème est donnée très simplement comme dans le cas précédent, par la comparaison entre les valeurs A_{18} et A_{26} .

α , taux de repos.

Ce taux ne peut guère faire l'objet de discussions, il est variable dans le temps, suivant les situations financières du pays ; c'est celui des fonds de l'Etat.

r_b , taux de risque.

Ce taux est en relation avec le taux de repos.

Si Q_v seul est considéré, $r_b = 1,5$ à 3α .

Si $Q_v + Q_c$ détermine la vie de la mine, $r_b = 3$ à 5α .

En d'autres termes, l'intervention du minerai espéré fait élever le taux de risque, qui fera toucher au moins pendant quelques années à l'acheteur un intérêt supérieur à même d'affaiblir sa perte en cas d'insuccès.

Exemples numériques

1. M (v) (bénéfices annuels constants).

$$B = 1.000.000 \text{ fr. } v = 10 \quad r_b = 0,10 \quad \alpha = 0,05$$

$$A_{18} = 5.570.000 \text{ francs.}$$

2. M (v) (bénéfices annuels constants).

$$B = 1.000.000 \text{ fr., } v = 10, \quad r_b = 0,15, \quad \alpha = 0,04$$

$$A_{18} = 3.868.000 \text{ francs}$$

3. M (v) (bénéfices annuels constants).

$$B = 1.000.000 \text{ fr. } v = 6 \quad r_b = 0,12 \quad \alpha = 0,04$$

$$A_{18} = 3.693.000 \text{ francs.}$$

4. M (v) (bénéfices annuels constants).

$$B = 1.000.000 \text{ fr. } v = 4 \quad r_b = 0,12 \quad \alpha = 0,04$$

$$A_{18} = 2.813.000 \text{ francs}$$

5. M (n_0, v_1)

$$B_1 = 1.200.000 \text{ fr., } n_0 = 4, \quad v_1 = 10, \quad r_b = 0,10, \quad \alpha = 0,05$$

$$I_0 = 3.000.000 \text{ fr. à payer l'an } \frac{n_0}{2}, \text{ en moyenne.}$$

$$A_{27} = 1.866.000 \text{ fr.; } (A_{28}) = 2.307.000 \text{ fr.;}$$

$$A_{44} = 2.400.000 \text{ francs.}$$

6. M (n_0, v_1)

$$B_1 = 2.000.000 \text{ fr. } n_0 = 2, \quad v_1 = 8, \quad r_b = 0,12, \quad \alpha = 0,04$$

$$I_0 = 3.000.000 \text{ francs à payer l'an } \frac{n_0}{2}$$

$$A_{27} = 4.127.000 \text{ fr.} - A_{28} = 4.650.000 \text{ f.} - A_{44} = 4.700.000 \text{ f.}$$

7. M (n_0, v_1, v_2)

$$B_1 = 1.000.000 \text{ fr. } B_2 = 2.000.000 \text{ fr.}$$

$$n_0 = 2, \quad v_1 = 4 \quad v_2 = 6 \quad r_b = 0,12 \quad \alpha = 0,04$$

$$I_0 = 2.000.000 \text{ francs à payer l'an } \frac{n_0}{2}$$

$$I_1 = 1.000.000 \text{ francs à payer l'an } n_0 + v_1 - 2$$

$$A_{24} = 3.323.000 \text{ fr.; } (A_{26}) = 3.802.000 \text{ fr. } A_{46} = 3.904.000 \text{ fr.}$$

$$[A_{33}] = 3.240.000 \text{ fr.; } [A_{34}] = 4.321.000 \text{ francs.}$$

8. M (n_0, v_1, v_2, v_3) *Charbonnage.*

Le bénéfice annuel est supposé B_1 pendant la période v_1 ; l'an $v_1 - 2$ une installation complémentaire est payée qui porte le bénéfice à B_2 dans la période v_2 ; enfin l'an $v_1 + v_2 - 2$, une 2^{me} installation est payée portant le bénéfice au but de l'an $v_1 + v_2$ à B_3 dans la période v_3 .

$$B_1 = 1.000.000 \text{ fr. } B_2 = 2.000.000 \text{ fr. } B_3 = 3.000.000 \text{ fr.}$$

$$n_0 = 0, \quad v_1 = 10, \quad v_2 = 40, \quad v_3 = 60$$

$$I_1 = 10.000.000 \text{ fr. } I_2 = 15.000.000 \text{ fr.}$$

$$r_b = 0,08 \quad \alpha = 0,05 \quad n = 3$$

$$A_{24} = 9,325.000 \text{ f. } (A_{26}) = 11.713.000 \text{ f. } A_{46} = 14.354.000 \text{ f.}$$

Ce cas simple s'écarte de la pratique parce que le bénéfice ne peut passer brusquement de B_1 à B_2 .

9. M (v) (bénéfices annuels variables). *Charbonnage.*

La période préparative n_0 est précédée d'une période d'attente N_0 , au commencement de laquelle le paiement de l'achat doit être fait, et durant laquelle une ligne de chemin de fer sera construite, qui permettra l'établissement d'un raccordement.

En prenant comme origine des temps, le commencement de la période productive, les bénéfices annuels seront croissants B_1, B_2, B_3, B_4 , puis seront constants, B_5, B_6 pendant un certain nombre d'années; puis décroissants. La vie est v .

Les installations d'un siège dans la période préparatoire n_0 coûteront I_0 , à payer l'an $\frac{n_0}{2}$.

L'an 20, par exemple, le renouvellement partiel de l'installation coûtant I_{18} , devra être prêt, étant payé au milieu de l'an 18, etc.

$$r_b = 0,10, \quad \alpha = 0,05, \quad r'_b = 0,075, \quad r_d = 0,10 + \frac{1}{\sigma(0,05 v)}$$

$A = 1,05 - N_0 A_{30}$; dans A_{30} entrent I_0 et I_{18} .

A représente la valeur de la concession où sera installé le siège; si la concession comporte la création de plusieurs sièges dans l'avenir, les valeurs actuelles des autres parties de la concession sont à ajouter, si l'on n'a pas égard à ce que j'ai dit à la suite des formules A_{30} et A_{40} .

Il me paraît préférable dans le cas de plusieurs sièges marchant simultanément, d'appliquer la formule A_{30} à la mine dont les bénéfices annuels sont les résultantes de la marche combinée des différents sièges.

Achat d'une partie de concession voisine. — Charbonnage.

Ce cas se présente fréquemment pour la rectification d'une limite, ou pour la cession d'une partie de concession à laquelle le vendeur ne peut avoir accès que par des travaux de premier établissement dispendieux, tandis que les travaux de l'acheteur arrivent à limite au contact du lambeau à acquérir.

L'application des formules d'achat permet l'arbitrage du prix d'achat et la fixation soit à une somme à payer au moment de la prise de possession, soit au paiement d'une redevance à la tonne extraite de ce lambeau, durant un certain nombre d'années, qui est celui supposé de la vie de ce lambeau.

Bases du Rapport de l'Ingénieur-Expert

I. Cas des mines développées.

Il faut que le capitaliste soit renseigné sur les risques qu'il court.

Pour cela, le rapport de l'Ingénieur doit mentionner une première valeur A_v de la mine, le *prix rationnel*, basé sur le minerai en vue seul Q_v pour une extraction annuelle K_v de teneur t_v .

Ce prix doit être donné pour différents cours du métal.

1° pour le *cours normal* (voir page 512).

2° pour le *cours normal corrigé* (voir page 512).

Le rapport doit mentionner une seconde valeur A_{v+e} , le *prix de spéculation*, basé sur le minerai en vue Q_v et sur les extensions en profondeur admissibles géologiquement et pratiquement, c'est-à-dire sur Q_{v+e} et pour les deux mêmes cours du métal que ci-dessus.

Conclusion de la vente.

Alors le capitaliste dûment éclairé, adoptera pour l'achat la valeur d'estimation que son tempérament optimiste ou pessimiste lui suggérera et qui, en tout cas, devra être comprise entre la valeur rationnelle et la valeur de spéculation.

Il est bon que le capitaliste sache que la concurrence entre acheteurs rend presque impossible l'achat d'une mine au prix rationnel A_v , c'est-à-dire, basé sur le minerai en vue seul, et que généralement les transactions se font à un prix intermédiaire entre le prix rationnel A_v et le prix de spéculation A_{v+e} .

Des considérations spéciales interviennent souvent pour influencer le prix,

La mine à acquérir peut être une extension nécessaire de la mine de l'acheteur dont le gisement s'épuise, alors que les installations sont en pleine capacité de production;

le vendeur au courant de la situation exigera un prix supérieur à A_v .

Le vendeur peut être désireux de se débarrasser de son affaire qu'il n'a pas le moyen de mettre à fruit ; il se contentera d'un prix inférieur, etc.

II. *Cas des mines non développées.*

C'est le cas des prospections, celui le plus fréquent où malheureusement pour lui, l'Ingénieur-expert est consulté.

Il ne peut être question ici d'établir une base rationnelle pour le prix d'achat.

Par exemple, dans le cas d'une prospection où la quantité de minerai en vue est presque nulle, mais où cependant la quantité de minerai espéré Q_e est sérieuse, l'intérêt total à exiger pour couvrir le risque peut être au moins $r_d = 0,50$, et les calculs d'amortissement deviennent superflus ; l'acheteur voit bien de suite qu'il y a possibilité qu'en deux ans il soit rentré dans son débours d'achat.

Du risque des placements dans les affaires minières

I. *Mines développées.*

A_v . *Evaluation basée sur le seul minerai en vue Q_v .*
Les mines développées dont l'évaluation n'a été basée que sur le minerai en vue, sont un placement qui, sans avoir la sécurité des fonds d'Etat de première classe, présente le même degré de sécurité que bien des affaires commerciales, basées par exemple sur une clientèle, sur l'exploitation d'un brevet.

A_{v+e} . *Evaluation basée sur le minerai en vue et sur le minerai espéré $Q_v + Q_e$.*

Le capitaliste de tout ordre doit retenir que les mines métalliques qui ont besoin d'une extension en profondeur pour justifier le prix d'achat, rentrent dans la catégorie des placements aléatoires.

II. *Mines non développées.*

Ce sont de simples prospections où il y a peu ou point de minerai à découvert.

Les prospections sont un jeu dont les petits capitalistes doivent s'abstenir, c'est le jeu de tout ou rien, qui doit être réservé aux Princes de la Finance ; il faut dire que c'est à l'audace de ces spéculateurs que le monde doit la création des mines les plus riches, qui ont eu la plupart des commencements pénibles.

Expertise par l'étude du gisement dans les mines voisines. — Il ne faut pas ranger dans la catégorie des mines spéculatives, les mines sans minerai en vue, qui sont à créer dans des extensions de mines voisines en exploitation, notamment dans les gisements en couche, et nous avons montré (page 536) que les formules d'achat s'appliquaient à l'achat d'une partie de concession de charbon voisine.

Paiement en actions. — Généralement dans le cas de mines non développées, l'acheteur qui ne veut pas faire de la spéculation, propose au vendeur de lui donner une option de plusieurs années, temps pendant lequel il exécutera des travaux afin de mettre en vue du minerai en une quantité pouvant servir de base à un calcul de la valeur rationnelle du gisement.

Mais la rédaction de pareil contrat est délicate ; le mieux ce me semble, est encore de rembourser au propriétaire du terrain, les premières dépenses qu'il a faites et de l'intéresser par des actions d'apport dans la Société d'études ou d'exploitation à créer.

Estimation des gisements de pétrole

Rappel des principes de la géologie du pétrole (1)

Les gisements sont compris dans une couche perméable insérée entre deux couches imperméables et sont ainsi délimités par des parois ayant arrêté la migration du pétrole hors de la couche.

Les roches perméables sont : grès, sables, calcaire, schistes fissurés, rarement roches éruptives (cavités).

De par la force ascensionnelle du pétrole, les gisements affectent la forme générale d'une cloche.

Il faut distinguer les gisements suivants :

1. Dans un *anticlinal* ; au sommet, le gaz, par dessous, le pétrole, par dessous l'eau soumise à la pression hydrostatique.

Le *dôme* est un anticlinal en tous sens ; c'est le type parfait de la cloche.

2. Dans un *synclinal* ; lorsque le volume de gaz de l'anticlinal est considérable, le pétrole est refoulé dans la partie inférieure de l'aile, qui est en même temps l'aile du synclinal voisin.

3. Dans une *terrasse*, ou plissement d'une couche horizontale pétrolifère ; le pétrole s'est accumulé sous ce plissement, caractérisé par une diminution de la porosité.

4. Dans un *monoclinal*, le pétrole a été arrêté par un changement de la porosité, ou par la terminaison en coin de la couche pétrolifère.

5. Contre une *faille*, ayant rejeté une couche pétrolifère en donnant lieu à la formation d'une cloche.

(1) Voir aussi ;

Les principaux gisements de pétrole du monde, par L. D. « Annales des travaux publics de Belgique » oct. 1903.

Les gisements pétrolifères de la Roumanie, par L. D. « Annales des Mines de Belgique », t. XIII, 1908.

6. Contre un *dyke* de roches éruptives, ayant joué le même rôle qu'une faille, ou ayant servi d'écran au pétrole qui s'est amassé à son contact avec les couches pétrolifères et les autres.

Différentes natures des eaux extraites d'un sondage de pétrole (1)

Il faut distinguer :

1. L'eau *supérieure*, c'est-à-dire celle provenant de couches supérieures à la couche pétrolifère.

2. L'eau *intermédiaire*, provenant d'une couche comprise entre deux couches pétrolifères.

3. L'eau *inférieure*, provenant des couches inférieures à la couche pétrolifère.

Ces diverses eaux sont plus ou moins arrêtées dans l'exploitation par des tubages ou des bouchons.

4. L'eau *intérieure*, ou eau d'aval-pendage, existant sous le pétrole dans les versants de l'anticlinal.

La ligne de l'eau intérieure sépare donc le gisement de pétrole du gisement d'eau qui lui est inférieur dans la couche pétrolifère.

Généralement le niveau de l'eau intérieure est le plus élevé dans le versant le plus raide de l'anticlinal.

A mesure que le pétrole est extrait, le niveau de l'eau intérieure monte dans la couche ; cette ascension a lieu avec une vitesse qui dépend de la porosité du sable, de la pression hydrostatique et de la température.

Cette ascension se marque le plus dans le plan de coupe passant par la ligne de plus grande pente de la couche pétrolifère ; de sorte que la ligne de l'eau intérieure fait un

(1) Underground Conditions in oil fields by A.-W. Ambrose.

« saillant » (*b c*), en regard du sondage qui extrait du pétrole à sa proximité (fig. 5).

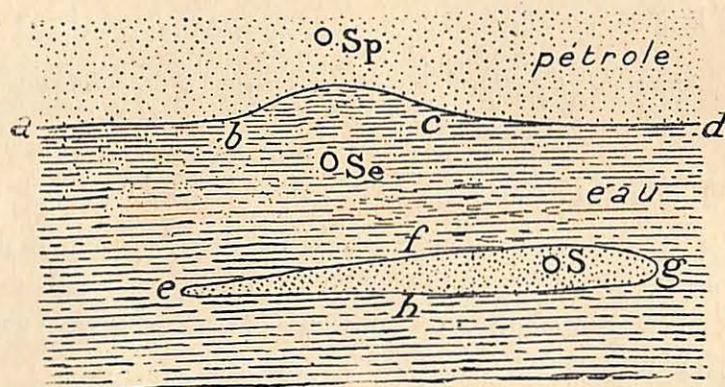


Fig. 5. — Plan suivant le mur de la couche pétrolifère

Sp sondage donnant du pétrole ; *Se* sondage noyé ; *S* sondage donnant du pétrole dans une île (*efgh*) entourée d'eau, île de terrain moins poreux.

La ligne de l'eau intérieure *abcd* est représentée sur le plan côté de la couche pétrolifère.

La nature des différentes eaux 1, 2, et 3, extraites d'un sondage, est déterminée par des analyses ; celle de l'eau intérieure est déterminée par des détecteurs (fluorescéine) introduite par le sondage *Se*.

L'emploi de la dynamite ou l'application du vide dans le sondage *Sp*, l'emploi de la pression d'eau, ou de la pression d'air sur le sondage *Se*, surexcitent la production du sondage *Sp*.

Programme de l'étude d'une évaluation

I. Cas d'un champ développé.

1. Etudier la géologie superficielle et la géologie souterraine.

2. Consulter le plan de surface côté, où la position de tous les sondages est figurée.

3. Etudier les plans côtés des couches pétrolifères, les modèles représentatifs du gisement, les coupes géologiques passant par les sondages, afin de déterminer un horizon stratigraphique qui permette d'établir la synonymie des couches pétrolifères dans les différents sondages ; étudier sur ces plans les tracés datés de la ligne d'eau intérieure.

4. Consulter la documentation comprenant les tableaux de la production journalière en pétrole et en eau de chacun des sondages (anciens ou en production), ou à leur défaut, de l'ensemble des sondages du champ, la profondeur des tubages, la nature des accidents, venues d'eaux, réparations, etc., de même, si possible, la documentation des sondages des champs voisins.

5. Consulter les graphiques des productions mensuelles en pétrole et en eau.

6. Jauger la production en pétrole et en eau de chacun des sondages, en un temps donné, pour en déduire la production annuelle, à titre de vérification ; relever l'âge de chacun des sondages jaugés.

7. Relever des échantillons de pétrole et d'eau dans chacun des sondages et les faire analyser, afin, en ce qui concerne l'eau, de déterminer si les sondages sont en bon état, ou si l'eau intérieure commence à envahir le sondage.

Estimer le temps dans lequel cet envahissement aura lieu.

8. Examiner si les dépôts de parafine ne menacent pas de boucher les sondages.

9. Tracer la courbe du *sondage-type*, à cet effet, dresser une courbe des productions moyennes annuelles d'un sondage, d'après les éléments moyens de la documentation, s'il en existe, d'après des éléments recueillis dans les champs voisins, et d'après les jaugeages de vérification sur les sondages en exploitation dont les âges sont relevés

(abscisses : les années : ordonnées : les productions annuelles.)

Il faut faire attention que diverses causes particulières peuvent avoir modifié les couches des sondages servant de comparaison ; Ces causes résident dans les modes d'exploitation, tels que l'emploi de la dynamite, du vide, de la pression d'eau ou d'air comprimé, etc. (Voir page 542.)

La *Loi de Beal* (1) est la suivante : « Si deux sondages, dans des conditions semblables, ont la même production dans une année donnée, les quantités qu'ils produiront ensuite en moyenne chacun, seront approximativement égales, quel que soit l'âge relatif des deux sondages. »

En d'autres termes, pour un sondage donné, la production totale qui suivra, est une fonction de la production actuelle, et la connaissance de la production actuelle d'un sondage dans un champ permet de prédire la production totale qu'il donnera ultérieurement, si la courbe de décroissance du sondage-type est connue. Il suffit pour cela de porter sur cette courbe une ordonnée égale à la production annuelle du sondage envisagé ; le prolongement de la courbe de décroissance au delà du point de la courbe recoupé par l'ordonnée, représente les productions annuelles qui suivent.

*Exemple d'un sondage-type aux Etats Unis
pour un champ donné*

| | |
|---|--|
| 1 ^{re} année $K_1 = 15.000$ barils | 6 ^{me} année $K_6 = 2.850$ barils |
| 2 ^{me} » $K_2 = 10.500$ » | 7 ^{me} » $K_7 = 2.700$ » |
| 3 ^{me} » $K_3 = 7.250$ » | 8 ^{me} » $K_8 = 1.700$ » |
| 4 ^{me} » $K_4 = 5.100$ » | 9 ^{me} » $K_9 = 1.300$ » |
| 5 ^{me} » $K_5 = 3.750$ » | 10 ^{me} » $K_{10} = 900$ » |

(1) « Law of equal expectations » ou loi des « égales prévisions », elle ne s'applique qu'aux sondages produisant sous la pression variable du gaz ; elle ne s'applique pas aux sondages donnant une production constante sous la pression hydrostatique, sondage où cette constante persiste jusqu'à l'invasion par l'eau. (Willard W., Cuttler.)

Si le sondage envisagé dans le même champ produit actuellement, annuellement, 5.100 barils ($= K_4$), par exemple, sa production totale future sera $Q = K_5 + K_6 + \dots + K_{10}$.

Souvent il permis d'adopter pour chaque champ une loi de décroissance de la production du sondage-type ; par exemple, celle de la décroissance de 5, 10, 15..., 50 p. c. par an ; dans ce cas, nous écrirons :

$$K_1 = K_1 \quad K_2 = 0,95 K_1 \quad K_3 = 0,90 K_1$$

Si le champ comprend un grand nombre de sondages, il y a utilité à dresser en regard de la courbe du sondage-type, une autre *courbe cumulative*, dont les années sont les abscisses et les totaux des productions annuelles qui suivront, les ordonnées ; cette courbe permet de lire immédiatement pour un sondage donné dans le champ, la production totale qu'il donnera dans la suite.

10. Détermination des réserves d'un champ : Q.

A) A l'aide des productions annuelles antérieures du champ ou des sondages séparés.

Généralement les extractions de tous les sondages d'un champ sont déversées dans des réservoirs communs et la documentation ne renferme aucun renseignement sur les productions annuelles séparées des divers sondages en production.

Dans ce cas, le tracé de la courbe du sondage-type s'impose ; c'est-à-dire qu'il y a lieu de chercher, comme nous l'avons dit, la loi de décroissance des productions annuelles d'un sondage, qui caractérise le champ.

Rarement la documentation donne les productions annuelles séparées par sondage.

Supposons qu'il s'agisse de déterminer les réserves du champ dans les conditions suivantes :

Considérons le moment de l'achat, comme l'origine du temps, l'achat donc comme se faisant au temps présent.

Depuis 5 ans, un sondage est en état de production dans le champ, et un autre sondage depuis 3 ans. Soit le sondage-type déterminé comme il a été dit, défini par les productions annuelles $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$, la production a_8 est supposée devenue négligeable, parce qu'elle ne peut plus se faire avec bénéfice (c'est la limite économique).

En étudiant le champ, l'Ingénieur-expert est arrivé à déterminer que deux sondages restent à exécuter pour compléter le développement du champ, l'un, la première année de l'achat, de façon que le sondage produise dès la deuxième année, l'autre la deuxième année de l'achat de façon que le sondage entre en production dès la troisième année.

L'évaluation des productions annuelles après l'achat $K_1, K_2 \dots K_v$ se fait à l'aide du tableau ci-après.

Il y a lieu de remarquer que la documentation renseigne certainement la production des deux premières années du sondage n° 1 ; donc a_1 et a_2 sont connus ; la documentation renferme aussi $K_{-3} = a_3 + a_1$, d'où a_3 ; donc de même $a_4 \dots a_7$.

Ces valeurs de a_1 à a_7 ont dû servir à la détermination de la courbe du sondage-type.

1° Nous pouvons opérer sur le champ, en faisant l'addition des colonnes verticales, puis $Q = K_1 + K_2 + \dots + K_9$. Il est des cas où le nombre de sondages en exploitation et de ceux à creuser est tel qu'il est possible d'envisager une constance pendant la vie, par exemple dans l'exploitation faite à bail ; alors simplement $Q = K_v$.

| ANNÉES | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sondage n° 1 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 | a_7 | | | | | | | |
| » 2 | | | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 | a_7 | | | | | |
| » 3 | | | | | | | | | | a_4 | a_5 | a_6 | a_7 | |
| » 4 | | | | | | | | | | | | | | a_7 |
| Productions annuelles du champ | K_{-5} | K_{-4} | K_{-3} | K_{-2} | K_{-1} | K_1 | K_2 | K_3 | K_4 | K_5 | K_6 | K_7 | K_8 | K_9 |
| Nombre de sondages productifs | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Production annuelle moyenne par sondage | K_{-5} | K_{-4} | K_{-3} | K_{-2} | K_{-1} | K_1 | K_2 | K_3 | K_4 | K_5 | K_6 | K_7 | K_8 | K_9 |
| Bénéfices annuels après l'achat | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | | | | | | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 | B_7 | B_8 | B_9 |

Moment de l'achat. — Origine des temps

Courbe du sondage moyen, ou plus exactement de la moyenne des productions annuelles des sondages du champ.

Divisons K_{-5} , K_{-4} , ... K_{-1} respectivement par le nombre des sondages en activité durant l'année; nous aurons les moyennes annuelles par sondage indiquées au tableau ci-dessus.

Si nous reportons les productions annuelles moyennes sur une courbe, nous aurons pour les cinq années depuis l'ouverture du champ, une courbe dont les ordonnées annuelles multipliées par le nombre de sondages en activité cette année donneront les productions annuelles du champ.

Et si après l'achat, aucun nouveau sondage n'était exécuté, il suffirait de prolonger cette courbe par une courbe symétrique pour avoir par ses ordonnées annuelles multipliées par le nombre de sondages en activité chaque année, les productions annuelles dans les années qui suivront l'achat, jusqu'à l'épuisement du champ.

Mais si comme nous l'avons supposé dans le cas précédent, de nouveaux sondages sont à creuser (n° 3 et 4), il faut estimer alors séparément leurs productions annuelles par la courbe du sondage type; puis les ajouter aux productions annuelles respectives données par la courbe du sondage moyen.

En somme, puisqu'il faut dans ce cas en revenir quand même au sondage-type, il me semble préférable de ne pas avoir recours à la courbe du sondage moyen, et de faire usage du tableau de la page 547.

2° Nous pouvons considérer les sondages séparément et totaliser leurs productions annuelles, en additionnant les colonnes horizontales du tableau à partir de l'année de l'achat; nous aurons ainsi les productions séparées pour chacun des sondages n° 1 à n° 4, et en ajoutant les produc-

tions totales de ces sondages nous aurons les réserves du champ.

Au lieu d'avoir recours au tableau, nous pouvons nous servir de la courbe de sondage-type et de la couche cumulative.

B. *Estimation de Q par la méthode expérimentale de la saturation.*

S^m , surface de la couche pétrolifère dans le champ;

e^m , puissance de la courbe;

p , degré de porosité;

s , degré de saturation;

δ , densité de pétrole brut;

R_e , rendement en poids de l'exploitation.

Nous avons : $Q^{\text{Tonnes}} = S, e, p, s, R_e, \delta$.

$p = 0,12$ à $0,24$ est à déterminer expérimentalement.

$s = 0,10$, $R_e = 0,10$ à $0,60$, moyenne $0,20$.

C) *Estimation de Q par celle du rendement au mètre cube de couche pétrolifère, à déterminer par comparaison avec des concessions voisines.*

Les trois méthodes A, B, C, sont à appliquer concurremment à titre de vérification.

11. *Prix du pétrole brut.*

La prévision des prix du pétrole est une opération délicate pour laquelle l'Ingénieur fera bien de consulter des spécialistes du commerce.

12. *Prix de revient de l'exploitation.*

Il est à estimer d'après celui des exploitations voisines ou similaires, en tenant compte des différences du coût de la main-d'œuvre, des matières premières, etc.

Ce prix de revient fixe le temps auquel l'extraction doit être arrêtée dans un sondage au déclin.

13. Bénéfices annuels.

La constance du bénéfice au baril est admise pour la vie du sondage ou du champ.

Dès lors les bénéfices annuels sont la production annuelle multipliée par le bénéfice au baril.

14. Capitalisation des bénéfices.

a) L'exploitation des différents sondages du champ est considérée comme une affaire unique dont les bénéfices annuels sont $B_1, B_2 \dots B_n$.

Si nous reprenons le cas du tableau (page 547), la valeur d'achat sera donnée par A_{31} , où $n = 9$ et où les installations à déduire sont celles des sondages n° 3 et n° 4, c'est-à-dire $I_1 (1 + \alpha)^{-\frac{1}{2}}$ et $I_2 (1 + \alpha)^{-(1+\frac{1}{2})}$

$$\text{où } r_b = 0,10 \quad \alpha = 0,05 \quad r'_b = 0,075$$

et les valeurs actuelles des terrains à la liquidation à ajouter pour le sondage

$$\begin{array}{ll} \text{n° 1 :} & I_1 (1 + \alpha)^{-2} \\ \text{n° 2 :} & I_2 (1 + \alpha)^{-4} \\ \text{n° 3 :} & I_3 (1 + \alpha)^{-8} \\ \text{n° 4 :} & I_4 (1 + \alpha)^{-9} \end{array}$$

Si le développement du champ est complet au moment de l'achat, $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 0$

Si la production peut être considérée comme constante pendant le bail, il faut prendre A_{18} .

b) La capitalisation peut se faire séparément par sondage; c'est la notion des mines successives (voir formule 32), que je n'approuve pas.

Dans ce cas la valeur de chacun des sondages est donnée par la formule A_{37} pour les sondages n° 1 et n° 2, et A_{35} pour les sondages n° 3 et 4, où les installations des son-

dages et les valeurs à la liquidation, citées plus haut, sont à déduire et à ajouter respectivement.

La formule A_{37} est celle qui est employée aux Etats-Unis d'Amérique sous le nom de « *méthode des valeurs actuelles* ». La somme des valeurs de A_{35} et A_{37} de chacun des sondages est prise pour la valeur du champ.

Conclusion. — Il ne semble pas que la méthode d'évaluation d'un champ de pétrole présente le même degré de précision que celui que nous avons exposé pour l'évaluation d'une mine.

Dans le cas du pétrole, la base de l'estimation est la détermination de la courbe du sondage-type; dans la détermination de cette courbe, des causes multiples interviennent pour influencer l'ingénieur-expert, qui n'a, en somme, dans cette courbe qu'un outil hypothétique; aussi ne descendra-t-il jamais pour r_b , en dessous de $r_b = 0,10$.

II. Cas des mines non développées

Dans le cas où aucun sondage n'a été exécuté dans le champ à acquérir, l'étude des champs voisins permettra soit d'appliquer la méthode de la saturation, soit la méthode de rendement au mètre cube de couche pétrolifère, pour la détermination des réserves de pétrole du champ. Puis un plan d'exploitation sera dressé, qui fixera la position, le nombre des sondages, leur date d'exécution, leur coût. Pour l'estimation, il faudra prendre dans ce cas $r_b = 0,20$ à $0,50$. Il est évident que cette estimation de la valeur du champ manquera de base sûre, et sera donc spéculative.

L'ESTIMATION DES ACTIONS MINIÈRES

Les mêmes considérations que celles exposées pour la détermination de la valeur d'une mine sont appliquées à l'évaluation des actions minières; il doit donc en être ainsi, puisqu'une action n'est autre chose qu'une partie de la valeur de la mine.

Utilisation des rapports des sociétés. — Les éléments recueillis dans la mine par l'Ingénieur-expert et utilisés dans l'estimation de la mine sont remplacés ici par les éléments extraits des rapports sociaux par l'Ingénieur-conseil des propriétaires d'actions,

A cet égard, il est remarquable que presque tous les rapports annuels des sociétés anglaises ou américaines contiennent la plupart des éléments utiles à cette détermination, notamment la valeur des réserves, et des données permettant le calcul des rendements en métal des diverses opérations : triage, concentration et traitement métallurgique et les prix de revient.

L'étude comparative de toutes ces données permet au moins à l'ingénieur de contrôler la véracité des chiffres publiés.

Bénéfice du bilan. — Il faut noter qu'il n'est pas permis pour le calcul de la valeur de l'action, de prendre le bénéfice du bilan. En effet le bénéfice résulte le plus souvent d'une marche incohérente des diverses divisions de l'affaire ; mine, triage, concentration et traitement métallurgique ; par exemple, la concentration a traité d'une façon temporaire, outre les minerais triés provenant de l'extraction de l'année, des résidus pris au tas des tailings,

ou des tailings achetés, ou bien tout le minerai extrait dans l'année n'a pas été traité, etc.

En outre, rien ne dit que le bénéfice actuellement renseigné et résultant du cours actuel du métal va se maintenir tel pendant le reste de la vie de la mine. Il y a donc lieu d'estimer le bénéfice annuel en fonction du cours du métal.

Marche théorique de l'affaire. — Il faut donc en disséquant le rapport, calculant les coefficients des rendements des diverses opérations, appliquer le cycle complet du traitement, au tonnage annuel extrait, et déterminer dans ces conditions le bénéfice annuel, en adoptant pour le cours du métal fin le cours normal ou le cours normal corrigé.

A) Détermination du bénéfice annuel et de la vie de la mine

Tonnage des réserves de minerai brut et teneur moyenne. — Parfois le rapport permet de calculer le rendement en minerai brut, par mètre carré exploité, ce qui donne le moyen avec l'aide du plan des travaux, et du coefficient de rendement de l'exploitation de contrôler le tonnage déclaré des réserves.

Extraction annuelle en minerai brut; elle est généralement donnée dans le rapport.

Rendement des diverses opérations, et rendement général; ces rendements sont à calculer au moyen des productions des divers ateliers; ce sont les rendements pratiques.

$$\begin{aligned} \text{Rendement du triage à la main :} & \quad r_t = \frac{K_t t_t}{K_b t_b} \\ \text{» de la concentration :} & \quad r_c = \frac{K_c t_c}{K_t t_t} \\ \text{» du traitement métallurgique :} & \quad r_m = \frac{K_m t_m}{K_c t_c} \\ \text{» général :} & \quad r_g = \frac{K_m t_m}{K_b t_b} \end{aligned}$$

Bénéfice à la tonne et bénéfices annuels : Ils s'établissent par les formules (12), (13), (14) et (15).

Capitalisation des bénéfices : c_b cours d'une action en bourse.

c_v cours rationnel ou valeur comprenant un intérêt bénéficiaire qui peut être consommé, et une prime d'amortissement qui, placée à intérêts composés, reforme la valeur c_v au bout de la vie v fixée pour le *minerai en vue*.

c_{v+e} cours spéculatif calculé d'après le *minerai en vue* et le *minerai espéré*, $Q_v + Q_e$ $c_v = \frac{A_{18}}{N}$

N , nombre d'actions.

Dans le calcul de A_{18} il convient d'adopter pour r_b une valeur en rapport avec le risque de l'entreprise.

Il n'y a lieu de considérer parmi les cours de bourse dépassant c_v , que ceux qui sont inférieurs à c_{v+e} .

Exemples numériques

1. — Gisement de minerai de fer du Lac Supérieur (1)

2. — Gisement de cuivre du Lac Supérieur (2).

Nature : couches de diabase, grès et conglomérats porphyriques et filons de fracture. Minerai : cuivre natif.

Ces gisements de fer et ces gisements de cuivre ont été évalués pour le fisc sur rapports par une Commission présidée par l'Inspecteur des mines M. F. Finlay en 1911, et les évaluations ont été pour $r_b = 0,05$.

Fer : $A_{18} = \$ 119.485.000$

Cuivre : $A_{18} = \$ 69.615.000$.

3. Gisement de minerai de cuivre du Mansfeld (3).

Gisement. — Imprégnation de sulfures dans un schiste bitumineux ; épaisseur réduite $0^m,01888$.

(1) Voir page 496.

(2) Voir les gisements de Cu par L. D., R. U. M., t. L, 1900.

(3) Le gisement et le traitement des minerais du cuivre du Mansfeld par L.D. Annales des Mines de Belgique, 1909, t. XIV.

Traitement. — Triage à la main, traitement métallurgique par fusion et raffinage.

Calcul de la valeur du gisement en 1907 par l'auteur.

$Q_b = 8.116.800^T$ $K_b = 676.400^T$ $v = 12$ ans

$t_t = 0,033$.

$n_{t,1m} = 37^T,5$ $K_m = 19.140^T$ $t_m = 0,996$ $r_m = 0,80$

$P_b = 63^{m.-or},52$ $P_m = 2079^{m.-or},80$ $C = 2732^{m.-or},93$

$B_m = 653^{m.-or},13$ $B_a = 12.500.000^{m.-or}$

$r_b = 0,05$ $\alpha = 0,04$ $m = 8,6$

$A_{18} = 107.500.000^{m.-or}$.

Conclusions

Principe de la méthode

La méthode exposée pour l'évaluation des actions minières est une méthode de mesure qui fixe la valeur d'une action ; c'est comme un mètre que le marchand applique sur une pièce d'étoffe pour en connaître la valeur.

D'une part, le cours rationnel est la valeur qui, basée uniquement sur le minerai en vue, donne à l'acheteur de l'action un intérêt bénéficiaire en rapport avec le risque, inhérent à la nature du gisement et une prime d'amortissement devant lui rendre le prix d'achat au bout de la vie de la mine.

La fixation de ce cours rationnel est un moyen de traduire en francs par une commune mesure, la valeur industrielle des différents gisements de façon à rendre les diverses actions minières comparables, en les réduisant au même degré de sécurité.

D'autre part le cours de spéculation est la valeur basée à la fois sur le minerai en vue et sur le minerai espéré ; il est calculé de même, de façon à donner un intérêt bénéficiaire et à permettre l'amortissement du prix d'achat.

Emploi de la méthode

a) *par les petits capitalistes.* — Le taux rationnel C_v basé sur le minerai en vue seul, est le cours maximum pour les petits capitalistes ; ils ne peuvent le dépasser sans faire de la spéculation.

b) *par les spéculateurs.* — Le cours rationnel C_v , basé sur le minerai en vue seul, est un poteau indicateur de la route.

Le cours de spéculation C_{v+e} , basé sur le minerai en vue et sur le minerai espéré, est un poteau-limite que les spéculateurs ne peuvent dépasser sans faire de la haute fantaisie.

En d'autres termes, le domaine entre les deux poteaux, celui du cours rationnel et celui du cours de spéculation, est la chasse réservée des spéculateurs.

c) *par les exploitants de mines.* — L'application annuelle de la méthode devrait servir à corriger les inventaires et à dresser le bilan.

Peu de sociétés amortissent leur gisement, et l'on en voit venant de distribuer de gros dividendes, liquider pour manque de minerai, à la grande surprise des actionnaires qui n'ont pas été mis à même de juger des réserves.

Je suis d'avis que la loi devrait obliger les exploitants de mine à amortir leur gisement et à publier annuellement la somme des réserves de minerai.

d) *par les banques.* — La détermination du cours rationnel et du cours de spéculation des actions minières est de la plus haute importance pour les banques possédant un portefeuille minier. Cette détermination devrait être faite au moins chaque année et servir à dresser l'inventaire du portefeuille. Elle ne peut être faite que par un Ingénieur-expert, car il est évident que la question est toujours ramenée, malgré le jeu des chiffres de la finance, à l'application

au choix des facteurs des formules, des connaissances géologiques, minières et métallurgiques.

Cet Ingénieur-expert doit être indépendant de la Direction de la banque, de façon à ne pouvoir être influencé par aucune considération.

Degré d'exactitude de la méthode.

Comme dans toutes les expériences où des instruments sont maniés, l'équation personnelle de l'opérateur met sur l'application de la méthode son empreinte optimiste ou pessimiste, prudente ou audacieuse, de sorte que le tempérament de l'Ingénieur-expert a sur les évaluations, considérées séparément, autant d'influences que ses connaissances techniques. Mais, si la méthode est appliquée par le même opérateur à différentes mines, elle permet de fixer celles qui sont les meilleures pour la même sécurité, c'est-à-dire de faire un classement raisonné.

Il faut donc conclure que l'Ingénieur-conseil d'un établissement financier peut, par l'application judicieuse de la méthode, utilement renseigner les meilleurs placements et ceux qu'il convient de conserver en cas de réalisation partielle du portefeuille.

TABLE DES MATIÈRES

| | Pages |
|---|-------|
| PRÉFACE. | 477 |
| PREMIÈRE PARTIE. — Estimation des mines | 479 |
| Sciences dont il est fait application | 479 |
| Rappel des éléments de la géologie économique. — Forme et genèse des gisements | 479 |
| Mines développées | 482 |
| A. — Détermination du bénéfice annuel et de la vie de la mine | 482 |
| Détermination des quantités de minerai et de la teneur moyenne | 482 |
| a) Echantillonnage des gisements. | 484 |
| Les fraudes et leurs remèdes | 498 |
| b) Adoption des rendements antérieurs | 500 |
| c) Marche d'essai | 500 |
| d) Système combiné | 501 |
| Fixation de l'extraction annuelle. — Vie de la mine | 501 |
| Choix du procédé de traitement | 502 |
| Détermination des rendements des diverses opérations. | 502 |
| Prix de revient général | 509 |
| Choix du cours du métal fin | 511 |
| Bénéfice par tonne. — Bénéfice annuel. — Cas des métaux accessoires | 512 |
| B. — Capitalisation des bénéfices | 515 |
| Formule de Hoskold et de King et leur généralisation | 517 |
| Choix des formules. — Tableau. | 529 |
| Valeur des terrains à la liquidation | 530 |
| Vie de la mine. — Bénéfices annuels | 530 |
| Extension des installations d'une mine. | 533 |
| Taux de repos. — Taux de risque | 533 |

| | |
|--|-----|
| L'ESTIMATION DES MINES ET DES VALEURS MINIÈRES | 559 |
| Exemples numériques. | 534 |
| Achat par un charbonnage d'une partie de la concession voisine | 536 |
| Bases du rapport de l'ingénieur-expert. | 537 |
| Du risque de placements dans les valeurs minières | 538 |
| — | |
| Estimation des gisements de pétrole | 540 |
| — | |
| DEUXIÈME PARTIE. — Evaluation des valeurs minières | 553 |
| Exemples numériques. | 555 |
| CONCLUSIONS. — Principe de la méthode; son emploi par les petits capitalistes, par les spéculateurs, les exploi- tants de mines et les banquiers. | 556 |
| Degré d'exactitude de la méthode | 558 |

CARTE GÉNÉRALE
ET
Abornements des Concessions minières
DU
BASSIN DE LA CAMPINE

PAR

M. DEHALU

Professeur à l'Université de Liège.

—
(6^{me} Suite) (1)

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, t. XXII, 1^{re} et 2^e livraisons. —
Tome XXIII, 1^{re}, 2^e et 4^e livraisons. — Tome XXVI, 1^{re} liv.