

9/97
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTCHNIQUE

Projet de fin d'Etude
En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
En Génie Minier



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT DE GENIE MINIER

Thème

*REALISATION D'UN MODELE DE DETERMINATION
DES COÛTS OPERATIONNELS D'UNE EXPLOITATION
MINIERE A CIEL OUVERT*

Proposé et Encadré par:
Dr. AIT YAHIATENE A.

Présenté par:
BEHLOUL Rachid

Année Universitaire 1996/ 1997

E.N.P. 10, Avenue Hassen Badi - EL HARRACH - ALGER

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Projet de fin d'Etude

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

En Génie Minier



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT DE GENIE MINIER

Thème

REALISATION D'UN MODELE DE DETERMINATION

DES COÛTS OPERATIONNELS D'UNE EXPLOITATION

MINIERE A CIEL OUVERT

Proposé et Encadré par:
Dr. AIT YAHATENE A.

Présenté par:
BEHLOUL Rachid

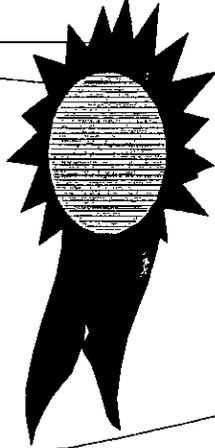
Année Universitaire 1996/1997

E.N.P. 10, Avenue Hassen Badi - EL HARRACH - ALGER

Dédicace

je dédie ce modeste travail

- * à ma très chère mère.*
- * à mon chère père.*
- * à la mémoire de ma grande mère.*
- * à mes chers frères, spécialement Hocine.*
- * à mes chères sœurs, et à leurs enfants spécialement Yasmîna.*
- * à mes plus proches amis : Larbi, Mounir, M^{ed} Rédha, et à A. Brahim*
- * Et à tous mes amis, spécialement ceux de la RUBA (El Harrach)*



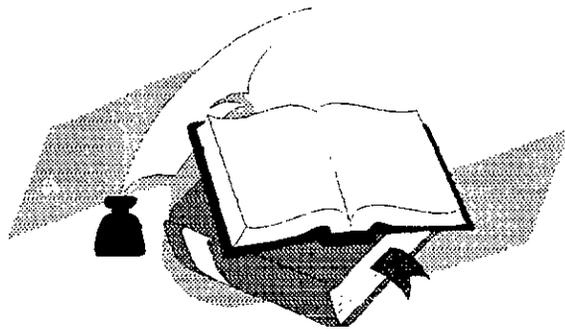
B. Rachid

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement mon promoteur Mr. AIT YAHIA TENE A. pour ses conseils et ses orientations durant toute l'année afin de réaliser ce projet.

Je tiens à remercier aussi M^{me}. CHABOU Chef de département. Mr. MERIAM D.D., Mr. HAFIDI, Mr. AGUID M.B., Mr. DJAADOUN, et tous les enseignants de département Génie Minier.

Mes remerciements vont également à mes chers amis OTMAN M., LAÏBE M., DAHMANI S. et à tous mes copains de la spécialité surtout MEGADDEM Y..



Sommaire

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION GENERALE

1) INTRODUCTION	1
2) PROBLEMATIQUE	2

I) IMPORTANCE DES INFORMATIONS SUR LE GISEMENT POUR SON EXPLOITABILITE

I.1) DEFINITION	4
I.2) INFLUENCE DE LA PROSPECTION SUR L'INVESTISSEMENT.....	4
I.3) LA RECONNAISSANCE.....	5
I.4) LE PRIX DE LA PROSPECTIONMINIERE	6
I.5) ASPECT GEOLOGICO-ECONOMIQUE D'UN GISEMENT.....	8
I.5.a) Formes et dimension	8
I.5.b) Les éléments du gisement	8
I.5.c) La nature de la minéralisation	12

II) LES RESERVES MINIERES

II.1) INTRODUCTION.....	13
II.2) CLASSIFICATION DES RESERVES	14
II.2.1) Classification	14
II.3) CALCUL DES RESERVES	15
II.3.1) Paramètres de calcul des réserves	16
II.3.2) Méthodes de calcul	16
II.4) PARAMETRES D'EXPLOITABILITES	19

III) OUVERTURE DES GISEMENTS

III. 1) SYSTEMES D'OUVERTURE	22
1. Ouverture par tranchées isolées	23
2. Ouverture par tranchées communes	23
3. Ouverture par tranchées de groupes	24
4. Ouverture par tranchées doublées	24
5. Ouverture sans tranchées	24

6. Ouverture par ouvrages souterrains	25
7. Méthode mixte	25

IV) SYSTEMES D'EXPLOITATION DES GISEMENTS A CIEL OUVERT

IV. 1) CLASSIFICATION	27
IV.1.1) Eléments du système d'exploitation	28
IV.2) SYSTEME D'EXPLOITATION AVEC TRANSPORT	29
IV.2.1) Rendement de l'excavateur	29
IV.2.2) Paramètres d'un camion	31

V) APPROCHE DU PRIX DE REVIENT TECHNIQUE

V.1) INTRODUCTION	33
V.2) DEPENSES DE L'ENTREPRISE	34
V.2.1) Les charges directes et les charges indirectes	34
V.2.2) Les coûts fixes et les coûts variables	37

VI) LES COÛTS OPERATIONNELS DE LA MINE

VI.1) CLASSEMENT DES COÛTS OPERATOIRS DE LA MINE	39
VI.2) ESTIMATION DES COÛTS OPERATOIRS DE LA MINE A CIEL OUVERT	42

VII) DESCRIPTION DE LA METHODE DE TRAVAIL SUR EXCEL

VII.1) INTRODUCTION	46
VII.2) GENERALITES	46
VII.3) LE TRAVAIL DE SAISIE	48
VII.4) PRESENTATION DU MODELE	49
VII.5) METHODE DE CALCUL	51

CONCLUSION GENERALE	57
----------------------------------	-----------

INTRODUCTION GENERALE

I.1) Introduction

Les prix de revient techniques, appelés généralement coûts opérationnels font partie des coûts variables, qui sont difficilement maîtrisables.

Ces coûts représentent l'une des grosses dépenses journalière de l'entreprise minière, seulement ils ne répondent pas à une loi de distribution bien définie.

La précision de leurs calculs représente l'un des problèmes majeurs de la gérance de l'entreprise en question.

L'objectif de notre travail est d'arriver à décomposer le coût total, généralement utilisé dans les entreprises minières algériennes, en coûts opérationnels. Cette décomposition nous permettra le contrôle de chaque dépense de l'entreprise liée à un type de coûts bien déterminé et à un instant bien précis.

En utilisant le tableur Excel, nous avons réalisé un modèle dont on a essayé de mettre le maximum d'informations concernant les dépenses de l'entreprise. De cette façon le calcul du coût opérationnel ou du prix de revient technique sera automatiquement fait puisque l'utilisateur fera entrer toutes les données nécessaires pour son calcul dans le modèle.

I.2) Problématique:

Vu que l'exploitation minière est risquée non pas à cause de l'insuffisance des informations qu'ont peut avoir sur le gisement, -et cela est vraie quelque soient les méthodes utilisées¹, mais aussi à cause du minerai qu'ont veut exploiter, à savoir :

Son prix sur le marché national et international,

Les coûts des méthodes de récupération,

Les coûts des méthodes de traitement.

En plus de ces facteurs exogènes la méthode d'exploitation envisagée pour un tel minerai peut présenter aussi des risques, qui suivant la méthode d'exploitation peuvent être plus ou moins importants.

En effet l'exploitation peut être :

1) exploitation à ciel ouvert pour les gisements en surface et peu profonds

2) exploitation souterraine pour les gisements profonds, les gisements en dressants ,...

Mais l'influence du système d'exploitation sur la rentabilité du gisement n'est pas seulement caractérisée par le rendement des opérations ou les exigences de sécurités ou autres... Mais principalement liée aux coûts opérationnels de tel ou tel système appliqué.

¹ les méthodes d'explorations et de recherches d'indices jusqu'à la mise en évidence d'un gisement rentable coûte très cher ; et leurs prix peuvent aller jusqu'à [30 M \$ US].....[4] .

Cela nous laisse à dire qu'après une mise en valeur du gisement (c'est à dire la détermination des facteurs qualitatifs et quantitatifs du gisement) la décision d'exploiter doit être prise suivant le critère de la rentabilité économique.

Cela veut dire qu'il faut contrôler les paramètres économiques suivants:

- a) La situation du marché.
- b) Les investisseurs.
- c) Les coûts opérationnels d'exploitation.
- d) Les coûts de concentration et de traitement.

Notons seulement que les coûts opérationnels d'exploitation représentent l'un des facteurs les plus difficile à déterminer et aussi même à contrôler, et cela revient essentiellement à leurs origines, à la grande diversité des gisements, et aux différentes méthodes appliquées pour leur exploitation.

Et c'est pour cela que l'objectif de notre modeste travail est La détermination des coûts opérationnelles d'une exploitation minière.

Avant d'aborder le sujet de la détermination des coûts opérationnels, nous devons avoir quelque notions sur :

- ◇ La géologie
- ◇ Les méthodes de prospection et le degré de reconnaissance
- ◇ Les méthodes utilisées pour l'estimation des réserves
- ◇ L'influence des paramètres précédents sur la rentabilité du projet.

L'importance d'aborder les points déjà cités ci-dessus se situe dans leurs rôles dans la décision de lancer une exploitation minière, ou de dire seulement qu'on a découvert une concentration qui n'a pas de valeur économique (dans cette période et/ou dans les conditions naturelles dont elle se présente).

CHAPITRE I

**IMPORTANCE DES INFORMATIONS
SUR LE GISEMENT POUR SON
EXPLOITABILITE**

1.1) DEFINITION

QU'EST CE QU'UN GISEMENT ?

« Un bloc de minerai de quelque kilogrammes ou même de quelques tonnes de minerai de cuivre à très haute teneur, s'il est isolé au milieu de roches ne contenant pratiquement pas de cuivre, ce n'est qu'une curiosité minéralogique mais non un gisement, la masse de cuivre est insuffisante »¹ [7]

Une montagne entière de quelque kilomètres cubes de roches contenant 70 g de Cu par tonne ne constitue également pas un gisement, car 70 g de Cu/tonne, est la teneur moyenne du Cu dans la croûte terrestre (le clarke).

On conçoit donc que pour pouvoir parler d'un gisement, il faut être en présence d'une *accumulation anormale* d'une substance minérale utile ,et elle peut faire l'objet d'une exploitation minière rentable, sinon immédiatement, du moins dans un avenir pas trop éloigné.

Pour retrouver ces gisements et le coût de leurs recherches (de la prospection systématique jusqu'à la mise en valeur définitive du gisement) il est nécessaire de voir l'influence du prix de la prospection minière sur l'investissement.

1.2) INFLUENCE DE LA PROSPECTION SUR L'INVESTISSEMENT

Après la sélection des premiers indices de l'anomalie et celle ci sera faite par des chercheurs ou des compagnes dans des zones où la probabilité de trouver un gisement (anomalie) est forte à la suite des études géologiques au sens large (géochimiques et géophysique).

¹ Définition de : CALLAT FRANCOIS -- Les richesses minières mondiale [7]

Parfois on réalise une (des) prospection (s) aveugle dans des régions non connues, et l'exemple de cette prospection est celui de la prospection géophysique aéroportée.

Une fois ces indices sélectionnés, il faut ensuite les contrôler, ce contrôle s'effectuant en deux phases.

- La première est une approche géologique, géochimique, et géophysique, qui a pour but de délimiter le contour de l'enveloppe minéralisée, et donne une première idée sur la dimension et le tonnage du gisement potentiel.
- La deuxième phase consiste à réaliser les premiers sondages et les autres travaux proches de la surface [tranchées, galeries, petits puits ...] et éventuellement des essais de traitement au laboratoire.

A la fin de cette deuxième phase on commence à avoir une idée plus claire et plus précise sur les teneurs moyennes, les distributions de celle-ci, et les caractéristiques géotechniques, minéralogiques du gisement et celles des terrains qui l'entourent. Ces dernières influent considérablement sur les procédés d'ouverture et les systèmes d'exploitation et donc automatiquement sur les coûts opérationnels d'une tonne de minerai.

1.3) LA RECONNAISSANCE

Après le contrôle d'indices vient l'étape de la reconnaissance avec des sondages à maille systématique, travaux miniers plus importants (le forage des puits, la réalisation des petits travers bancs, et des galeries dans le corps minéralisé), des essais de valorisation et enfin une étude de préfaisabilité s'impose.

Au cours de cette phase on définit avec plus de précision une(les) méthode(s) d'exploitation, les grandes lignes de l'infrastructure possible et une estimation déjà plus précise des coûts opérationnels et des coûts d'investissements .

A la fin de cette phase intervient le cubage et l'évaluation définitive du gisement en question.

1.4) LE PRIX DE LA PROSPECTION

Pour donner un sens économique aux notions de prospection et de reconnaissance, il faut voir les coûts dépensés pour la découverte d'un gisement rentable, et en sachant aussi que sur le plan pratique la plupart des investigations s'arrêtent sur la non découverte de l'objet recherché.

A titre d'exemple citons la découverte du gisement de TIMMINS, en U.S.A. « La découverte du gisement de TIMMINS rapporté par *CLAUDE STEPHENS* de 1959 à 1965 dans le *GOLF de TEXAS*, sur 1500 miles linéaires de prospection géophysique aéroportée, inspectera plusieurs milliers d'anomalies dont 60 furent sondées. en considéra 7 comme gisements potentiels sur lesquels d'importants travaux furent entrepris, un seul fut exploité: TIMMINS »² [4]

En se basant sur des chiffres, ou bien des données expérimentales, VENTURA D. suggère l'existence d'un rapport de 4 à 1 entre le coût statistique et le coût moyen d'exploration, cela veut dire que sur 4dollards (\$)

² L'exemple est donné par DAMAY J. lors d'une conférence à Paris [4]

consacrés à la recherche minière 1 dollars(\$) seulement serait finalement dépensé sur un sujet économiquement exploitable.

Le tableau suivant montre clairement la théorie de VENTURA D.

Tableau 1 : Répartition des coûts suivant la phase de prospection

	indices prospectés (nombres)	répartition des dépenses en %	répartition des coûts en 10 ⁶ \$ US
Recherche sélection d'indices			
contrôle d'indice			
• Phases (géologique, géochimique, géophysique)	125	15	4.5
• Phase premiers sondages et travaux.	25	25	7.5
Reconnaissance sensu stricto (gisement potentiel)	5	27	8.1
Cubage évaluation (gisement)	1	18	5.4
<u>Ensemble</u>		100	30.0

CONCLUSION

- Après cette petite approche sur le coût de la prospection, on réalise bien le déficit de mettre en évidence un gisement exploitable (rentable) et aussi même de lancer une exploitation minière (opération longue à haut risque).

1.5) ASPECT GEOLOGICO-ECONOMIQUE D'UN GISEMENT

1.5.a) FORME ET DIMENSION

Dés le début il faut noter que les formes et les dimensions du gisement jouent un rôle primordial dans le choix de la méthode d'exploitation³ du gisement, et aussi conditionnent le rendement des équipements utilisés, ce qui veut dire, qu'elles influent sur les coûts opérationnels de différentes opérations minières, telle que l'abattage, le chargement, et le transport.

D'autre part, les dimensions du gisement prédéterminent le volume des réserves exploitables et le sens d'évolution des travaux miniers, ce qui va influencer sur l'opération du transport (que ce soit pour le minerai ou bien pour le stérile), cette opération est très importante et elle représente 30 à 70 % des coûts opérationnels.⁴

1.5.b) LES ELEMENTS DU GISEMENT

L'aspect économique des éléments du gisement, en d'autre terme, l'influence des éléments du gisement sur les coûts que ça soit ceux d'investissement ou opérationnels font l'objet de ce paragraphe.

Ces éléments sont classés de plusieurs manières et cela revient essentiellement à la diversité des types de gisements sur l'échelle mondiale, nous nous limitons à trois éléments qui sont les plus répandus.

³ On reviendra sur cette idée au chapitre III « systèmes d'ouvertures »

⁴ Cette opération va être étudiée ultérieurement.

1. La profondeur par rapport au niveau du jour.
2. Le pendage, et la direction.
3. La puissance ou l'épaisseur de la couche minéralisée.⁵

1) La profondeur:

Ce paramètre joue un grand rôle dans la détermination du mode exploitation et aussi dans le choix de la méthode avec la quelle notre exploitation sera plus avantageuse

La profondeur influe négativement sur le coefficient de découverte (K_d)

$$K_d = \frac{V_s}{V_m}$$

avec

V_s : Volume du stérile à dégager

V_m : Volume de la couche minéralisée

Et le schéma suivant montre bien la relation entre la profondeur (P) et le coefficient de découverte (K_d)[9]

⁵ le chapitre II consacré au tonnage, type de réserves et leurs méthode de calcul expliquera bien cet élément.

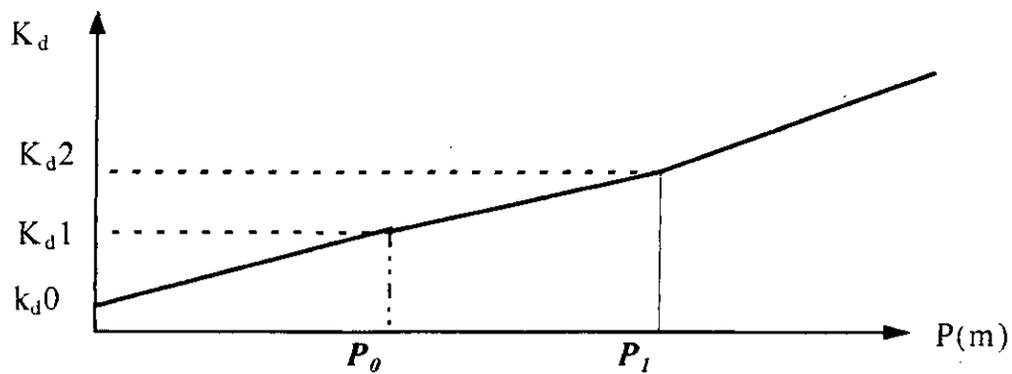


Fig (1): La relation entre le coefficient de découverte (K_d) et la profondeur (P).

En outre la profondeur influe aussi sur les dimensions du champ de la mine. C'est à dire sur la facilité ou la difficulté d'exécution de différentes opérations minières, et donc, le prix de revient du minerai croit avec l'augmentation de la profondeur de gisement .

2) Le pendage:

Les gisements peuvent être classés en trois catégories selon leurs angles de pendages (θ°), cette classification est illustrée dans le tableau qui suit.

Tableau 2 : Type de gisement suivant l'angle de pendage

ANGLE DE PENDAGE	TYPE DE GISEMENT
$\theta^\circ < 10^\circ$	GISEMENTS EN PLATEURS
$10 < \theta^\circ < (30^\circ, 45^\circ)$	GISEMENTS SEMI DRESSANTS
$\theta^\circ > 45^\circ$	GISEMENTS DRESSANTS

REMARQUE

Comme l'exploitation à ciel ouvert est généralement plus avantageuse à cause des conditions de travail qu'elle nous offre, comme le grand rendement des engins miniers, et autres ... , alors de même on peut dire que les gisements en planteurs sont généralement les plus facile à exploiter et surtout quand leur profondeur n'est pas assez grande, cela est vrai pour un même type de roche.

- Les gisements semi-dressants, ne peuvent être exploités à ciel ouvert au delà d'une certaine profondeur et cela à cause de :

1. Problèmes de stabilité des terrains

2. Augmentation des prix opérationnels

3) La puissance:

On a déjà parlé de l'influence du volume (puissance en d'autre terme) sur le choix du système d'exploitation, mais aussi la puissance de la couche minéralisée détermine la durée de vie de la mine ou du projet, et à ce titre on constate que cette durée doit être supérieure à dix (10) ans pour pouvoir parler d'un gisement économiquement rentable, car la durée optimale de récupération du capital investi pour les mines souterraines est d'environ 08 ans.

REMARQUE

L'exploitation n'est pas seulement influencé par les éléments du gisement mais aussi par de nombreux paramètres tels que :

- ◆ Le minerai lui même ⁶
- ◆ La composition minéralogique et chimique
- ◆ Les conditions techniques
- ◆ L'état général (politique), social, et économique du pays ...

I.5.c) LA NATURE DE LA MINERALISATION

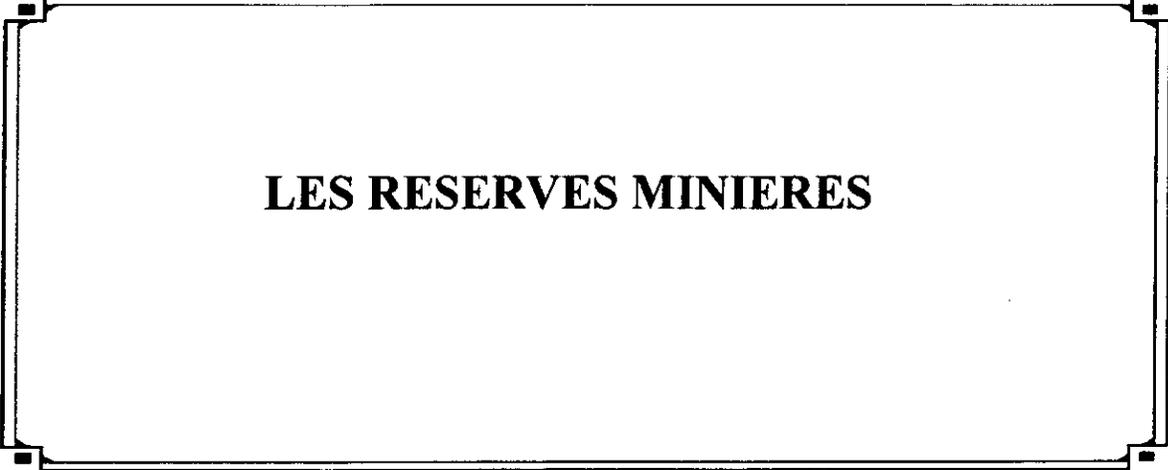
La composition minéralogique influe considérablement sur les propriétés physico-chimiques du minerai qui va influencer à son tour sur le choix de la mécanisation complète de l'exploitation.

Par exemple, la teneur en silice est liée directement à l'abrasivité du minerai, donc un choix particulier du matériel de chargement et de transport doit être fait, en conséquence les coûts de ces deux opérations vont augmenter et en conséquence le prix de revient de la tonne du minerai va automatiquement augmenter.

D'autre part la composition chimique du minerai et la distribution des teneurs en métal valorisable et en produits pénalisants va influencer directement sur les procédés de concentration et de traitement, donc sur le prix de revient technique total.

⁶ Exploitation d'un filon d'OR ou de CUIVRE même s'il est en dressant peut être réalisé contrairement à celle d'un filon de PLOMB--ZINC dans les mêmes conditions.

CHAPITRE 2



LES RESERVES MINIERES

II.1) Introduction

Après la mise en évidence du gisement, par les différents travaux de prospection et d'évaluation vient la deuxième phase soit la préparation du projet d'exploitation.

Cette phase va être accomplie par l'estimation et l'évaluation des réserves, et sera basée aussi sur la délimitation du contour du gisement, le projet d'exploitation sera réalisé en tenant compte des facteurs suivants:

- ◆ le calcul des réserves et leurs classifications (tonnage).
- ◆ La teneur moyenne du gisement, et la teneur minimum d'exploitation.
- ◆ La répartition des différents types du minerai dans l'espace et dans le temps.

Ainsi la première tâche que le géologue doit réaliser c'est la délimitation du gisement, cela sera fait par les tranchées à la surface et par des sondages réalisés sur la base des données géologiques.

Durant cette phase il faut déterminer :

- Les limites du corps minéralisé.
- Type de contact avec la roche encaissante.
- La puissance d'exploitation .

La forme et les dimensions du corps minéralisé (morphologie).

II.2) Classification des réserves :

III.2.1) Classification :

Selon l'étape de prospection et le degré d'étude, on peut classer les réserves comme suit¹ [10] :

réserves à vue ou certaine, réserves probable, et réserves possibles .

1. Réserves certaines[catégorie A] :

Elle sont utilisées pour les gisements les mieux étudiés et prospectés avec détail et étudiés à l'aide des galeries minières. Toutes les données relatives à la qualité et à la quantité du minerai sont déterminées rigoureusement avec une précision acceptable .

2. Réserves probables[catégorie B et C1] :

Dans cette catégorie font partie :

- **Catégorie B:** Utilisées pour les gisements qui sont moins étudiés que la 1^{ère} catégorie elle englobe les réserves délimitées par les galeries de prospection, permettant d'élucider les caractéristiques générales du gisement et la qualité à l'exception de détails concernant leur répartition à l'intérieur du gisement.

Les conditions géologiques et hydrologiques du gisement sont connues à leur grand trait.

¹Cette classification n'est pas la même et diffère d'une société à une autre, et d'un pays à un autre.[10]

- **Catégorie C₁** : Réserves étudiés avec des mailles larges, et les réserves sont déterminés sur la base données de quelques galeries de prospection isolés, quand à la technologie du traitement elle est étudiée seulement au laboratoire.

3. Les réserves possibles[catégorie C2] :

L'erreur de détermination de ces réserves varie de (-80 % à 300 %) ces réserves seront mise en évidence dans les premières phases de prospection.

- **Catégorie C2** : Concerne les réserves appréciées seulement par les données géologiques, et vérifiées par un échantillonnage de la matière première minérale.

On peut retrouver cette catégorie dans les parties moyennes (près de la limite) de la partie du gisement contenant des réserves de catégorie A, B, ou C₁.

Remarque

Le projet d'exploitation peut être réalisé dans certaines sur la base des données de prospection de la catégorie C2.

II.3) CALCUL DES RESERVES

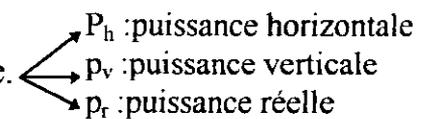
La détermination de la quantité et la qualité (s) d'un minéral utile est la dernière tâche de l'exploration détaillée (mailles de sondage très serrées avec des travaux miniers en profondeur) et ce calcul même constituera la base d'étude pour le financier qui va prendre la décision

d'adopter le projet d'exploitation ou de ne pas l'adopter, et aussi pour estimer le capital d'investissement nécessaire.

II.3.1) PARAMETRES DE CALCUL DE RESERVES

S : surface réelle du gisement (l :longueur ; L :largeur) .

H : la profondeur.

m : la puissance de la couche minéralisée. 

t : la teneur moyenne des éléments.

δ: le poids volumétrique de la roche.

II.3.2) METHODE DE CALCUL .

Plusieurs méthodes de calcul de réserves sont utilisées parmi les quelles :

II.3.2.1) Méthode de la moyenne arithmétique .

Selon que les paramètres de calcul des réserves ont été déterminés, c'est à dire avec la moyenne arithmétique ou avec la moyenne pondérée, les réserves seront calculés par la formule suivante :

$$Q = 0.001 * S * \bar{m} * \delta$$

Cette méthode est valable à condition d'avoir :

- une régularité de la puissance et de la teneur du gisement.
- une régularité de la qualité du minerai.

II.3.2.2) Méthode des blocs géologiques :

La surface du gîte est subdivisée en bloc suivant la puissance, la teneur moyenne, la qualité dans le groupe. Dans chaque bloc on détermine les paramètres moyens du calcul de réserves.

II.3.3.3) Méthode des panneaux :

Cette méthode est valable pour les gisements de forme irrégulière ; les sondages de reconnaissance nous définissent des sections ou des panneaux.

Le but de cette méthode est de déterminer deux grandeurs :

le volume, et la teneur.

- **Détermination du volume :**

Le volume est déterminé par la formule :

$$V = D * \sum \frac{(S_i + S_{i+1})}{2} \quad [m^3]$$

D : Distance entre deux sections adjacentes.

S_i, S_{i+1} : surfaces de deux sections adjacentes.

- **Détermination de la teneur :**

La détermination de la teneur, se fait par différentes méthodes suivant la variabilité de ce dernier. Cette variabilité peut être déterminé par le coefficient de variabilité C_v suivant :

$$C_v = \left(\frac{\sigma}{t_{moy}} \right) * 100$$

Avec : σ : l'écart type de l'échantillon.

t_{moy} : teneur moyenne arithmétique.

Tableau 3 : Méthodes de calcul de la teneur moyenne arithmétique selon le coefficient de variabilité

C_v faible	C_v très faible	Composition minéralogique de \neq teneurs
Teneur moyenne arithmétique $t_{\text{moy}} = 1/n * \sum t_i$	Teneur moyenne pondérée par la longueur $t_{\text{moy}} = \sum t_i * l_i / \sum l_i$	Teneur moyenne pondérée par la longueur et le poids volumique $t_{\text{moy}} = \sum t_i * l_i * \delta_i / (\sum l_i * \delta_i)$

t_i : Teneur de l'échantillon

l_i : Longueur de l'intervalle de l'échantillon

δ_i : Poids volumique de l'échantillon.

II.3.3.4) Méthode des polygones :

Cette méthode est avantageuse lorsque nous avons à faire à un gisement (étudié) prospecté par des sondages de maille large, tel que chaque sondage définit une teneur moyenne de la section influencée par le sondage. Cette section est assignée à un bloc polygonal de minerai défini à la base de la demi distance du sondage adjacent.

Chaque teneur est pondérée par la surface du polygone correspondant :

$$t_{\text{sec}} = \frac{\sum t_i S_i}{3 \sum S_i}$$

II.4) PARAMETRES D'EXPLOITABILITE

Remarque : Il existe de nombreuses méthodes d'estimation et de calcul de réserves, on se limite aux principales, mais le but de ce calcul est de déterminer d'autres paramètres (paramètres d'exploitabilité) qui vont influencer sur le projet d'exploitation dans sa dimension économique. Ces paramètres sont :

II.4.1) La durée de vie de la mine :

De point de vue d'investissement, on estime qu'une mine doit pouvoir produire durant 10 ans pour atténuer les effets cycliques des fluctuations des prix des métaux. La durée de vie de la mine peut être estimée par deux formules empiriques² : [6]

La 1^{ère} est donnée par :

$$\text{Vie de la mine (années)} = \pm 6.5 \sqrt[3]{\text{tonnage (million de tonnes)}}$$

La 2^{ème} est donnée par :

$$\text{Vie de la mine (années)} = \pm 0.2 \sqrt[3]{\text{millions de tonnes de réserves}}$$

Cette durée de vie peut être exprimée par une autre formule théorique.

² Les deux formules sont données par GOOSSENS P. J. page 100 Economie minière [6]

$$T_c = \frac{R_{ind}}{A}$$

R_{ind} : réserve industrielle

A : production annuelle (Roches abattues)

T_c : durée de vie de la mine.

II.4.2) La production annuelle : (puissance annuelle)

Elle est déterminée en tenant compte de deux coefficients :

a) - P_e : Pertes d'exploitation

b) - d : dilution

$$A = R_{ind} \frac{(1 - P_e)}{[T_T * (1 - d)]}$$

T_T : durée de vie du projet

$$T_T = T_c + T_d + T_f$$

T_d : temps de démarrage

T_f : temps de fermeture

II.4.3) La teneur de coupure :

La simple définition de la teneur de coupure c'est la teneur d'une exploitation blanche (sans perte et sans gain) en minerai utile de la tonne abattue (extraite). En d'autre terme on peut la définir comme étant la valeur du contenu en minerai d'une tonne extraite qui permet de couvrir les coûts opératoires directs. Pour calculer la teneur limite on doit respecter la condition suivante :

$$\frac{C_0}{[T_r * (P_v - C_v - R_0)]} = 1$$

C_0 : coûts opératoire d'une tonne de minerai

T_r : taux de récupération

P_v : Prix de vente

C_v : coût de vente

R_0 : royalties (des taxes).

II.4.4) La dilution (Salissage)

C'est la diminution de la teneur en minerai utile par le stérile, la dilution est liée à la méthode d'exploitation, et varie généralement de 5 % à 20 %, et peut être aussi liée au travaux de délimitation du gisement et à sa puissance .

Pour les mines souterraines, on ajoute le coefficient de récupération, car on ne peut jamais récupérer 100 % du minerai, et cela est lié à la méthode d'exploitation également à titre d'exemple on cite les bernés de sécurité et les piliers si la méthode d'exploitation est celle de : “ Chambre et Piliers”

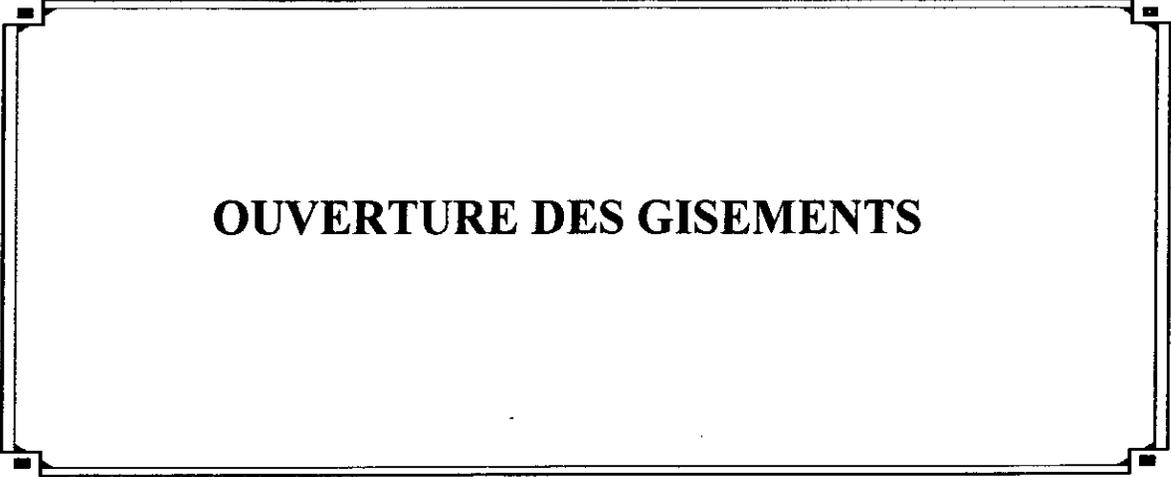
$$\beta = \frac{R_r}{R_{exp}} * 100 \quad [6]$$

β : Coefficient de récupération

R_r : Réserves récupérées

R_{exp} : Réserves exploitables

CHAPITRE 3



OUVERTURE DES GISEMENTS

III. 1) EXPLOITATION A CIEL OUVERT

III.1.1) Systèmes d'ouverture

L'ouverture de gisement à ciel ouvert se fait généralement par les tranchées et plus rarement par des ouvrages souterrains. La tranchée est une excavation à ciel ouvert dont la longueur est très grande par rapport à la largeur et à la profondeur avec une section trapézoïdale.

Dans les carrières on distingue trois types de tranchées :

1. - Tranchée principale qui donne accès au gisement
2. - Tranchée de découpage qui prépare le champ minier pour l'exploitation, c'est à dire la réalisation d'un front initial d'exploitation.
3. - Tranchées spéciales destinées à la recherche, le drainage etc...

Pour les systèmes d'ouverture, il en existe plusieurs suivant le type d'ouvrage, leurs dispositions par rapport au champ de la carrière, et suivant leurs nombres et leurs destinations mais les plus répandues sont les suivants [8]

1. Par tranchées isolées
2. par tranchées communes
3. Par tranchées de groupe
4. Par tranchées doublées
5. Sans tranchées
6. Par ouvrages souterrains
7. Méthode mixte.

1) Ouverture par tranchées isolées

Ce système peut être réalisé par des tranchées extérieures, mais dans tous les cas, on creuse une tranchée indépendante à chaque niveau d'exploitation.

L'avantage de ce système d'ouverture, réside dans le fait qu'il permet un transport indépendant de chaque gradin, mais son inconvénient c'est le grand volume des travaux des tranchées ce qui va augmenté le prix de revient de la tonne extraite.

Ce système est utilisé généralement pour les gisements en planteurs de faible profondeur, ainsi pour les gisements à flanc de coteau.

2) Ouverture par tranchées communes

Ce système d'ouverture consiste à accéder au gisement par un système unique de tranchées dépendantes appelées tranchées communes . Dans ce cas là, chaque tranchée accédant au gradin inférieur est creusée à l'intérieur de la tranchée desservant le gradin supérieur.

Les tranchées communes extérieures sont utilisées pour des gisements horizontaux et peu inclinés dont le nombre de gradins est de 2 à 3 .

Tandis que les tranchées communes intérieures sont appliquées pour des gisements profond de n'importe quelle forme et de pendage quelconque .

3) Ouverture par tranchées de groupe

Le but de ce système d'ouverture est d'améliorer l'opération de transport du minerai et de faire en quelque sorte une indépendance entre le niveau supérieur et le niveau inférieur.

Ce système d'ouverture s'effectue de la façon suivante :

- Une tranchée commune va assurer la liaison entre les gradins au rocher est la surface tandis que l'autre tranchée commune va servir pour l'évacuation du minerai provenant des gradins d'exploitation.

4) Ouverture par tranchées doublées

Ce système d'ouverture est caractérisé par un transport délicat, de façon est ce que le transport plein et celui vide de chaque gradin sera réaliser par des tranchées indépendantes.

Ce système est applicable pour des gisements peu profonds(**carrières**) avec un rendement très important.

5) Ouverture sans tranchées

Par fois il est bien commode de ne pas utiliser les tranchées du tout et cela lors d'une **exploitation sans transport** (avec remblayage) .

Dans ce cas les terrains recouvrant la (les) couche (s) minéralisées sont déplacés et remis en place en arrière, c'est à dire qu'on exécute un remblayage des zones arrières exploitées. Le minerai abattu va être chargé par des excavateurs sur les engins de transferts comme les convoyeurs.

6) Ouverture par ouvrage souterrains

Ce système est utilisé pour des gisements de montagne et parfois pour les gisements profonds, quand le creusement des tranchées va coûter très cher .

La communication entre les niveaux de travail et la surface peut être réalisé par : **des tunnels, des galeries au jour, ou bien par, des puits.**

7) Ouverture combinée(mixte)

La grande diversité des types de gisements d'une part et leurs grandes complexités exige parfois la combinaison de deux ou plusieurs systèmes d'ouverture.

Ces exigences sont liées le plus généralement aux facteurs suivants :

- * **naturel** (le relief)
- * **géologique**
- * **techniques**
- * **économiques**

Remarque:

Dans le cas d'une exploitation à ciel ouvert la 2^{ème} phase en souterrain est appliquée quand le taux de découverte devient important et l'exploitation souterraine s'avère plus économique, le schéma suivant (Figure 1) montre le point de changement de la méthode d'exploitation du ciel ouvert au souterrain, qui correspond à H_0 sur le schéma.

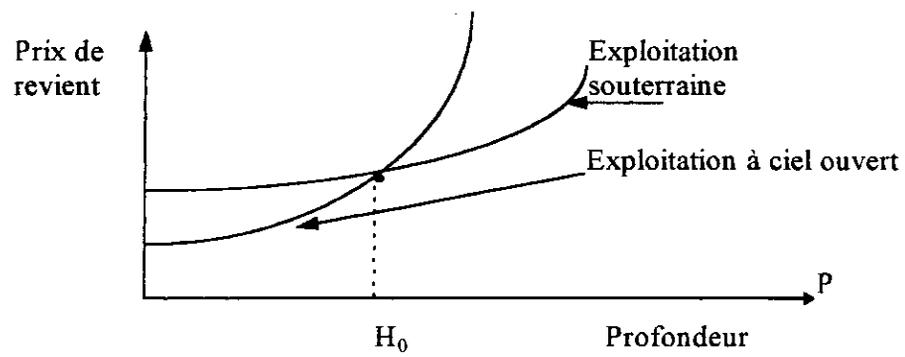


FIG (1) : *Choix de la méthode d'exploitation en fonction du prix de revient*

CHAPITRE 4

**SYSTEMES D'EXPLOITATION DES
GISEMENTS A CIEL OUVERT
(LES CARRIERES)**

V.1) CLASSIFICATION

En fait il existe plusieurs critères de classification des systèmes d'exploitation, en ce basant sur le critère de déplacement des stériles on distingue les trois systèmes suivants à savoir.

1) La direction du déplacement des roches stériles

- En direction
- En direction transversale
- Combiné

2) La mécanisation des travaux de découverte

- Sans transport
- Avec transfert
- Avec transport
- Spécial
- Combiné

3) L'évaluation du front de travail

- En direction
- En direction transversale
- En éventail
- Circulaire

En adoptant le deuxième système d'exploitation, on réalise que pour chaque système il existe des sous-systèmes d'exploitation qui sont les suivants¹:

¹ La classification à été donnée par CHIBCA M. [12]

- 1) Système d'exploitation sans transport
 - * Simple
 - * Avec remaniement de déblais
- 2) Système d'exploitation avec engins de transfert
 - * Avec sautereille
 - * Avec pont de transfert
- 3) Système d'exploitation avec transport des déblais
 - * Par wagons et locomotives
 - * Par convoyeurs
 - * Par camions
 - * Par transport combiné
- 4) Système d'exploitation mixte.

V.1.a) Eléments du Système d'exploitation

Chacun de ces Systèmes d'exploitation est caractérisée par un ensemble d'éléments appelés : **éléments du système d'exploitation**

Les éléments du Système d'exploitation envisagée n'ont lieu qu'après les travaux de d'ouverture de la carrière, c'est à dire après l'élargissement de la tranchée dans les morts terrains, puis l'enlèvement progressif de la couche ainsi découverte, ces éléments sont :

- La hauteur du gradin
- La largeur de la plate forme
- La longueur et le sens de marche du front de travail

Dans le cadre de notre travail, on a choisi la méthode d'exploitation avec transport car c'est la méthode la plus répandue pour l'exploitation des carrières Algérienne.

V.2) SYSTEME D'EXPLOITATION AVEC TRANSPORT

Le transport par camions est le mode le plus utilisé en ALGERIE.

La capacité du camion varie de 5 à 20 tonnes et peut aller dans des cas appropriés jusqu'à 50 tonnes .

Les camions chargés surmontent une pente de 10% avec une vitesse relativement grande, tandis que la pente peut aller jusqu'à 15% pour les camions à vides.

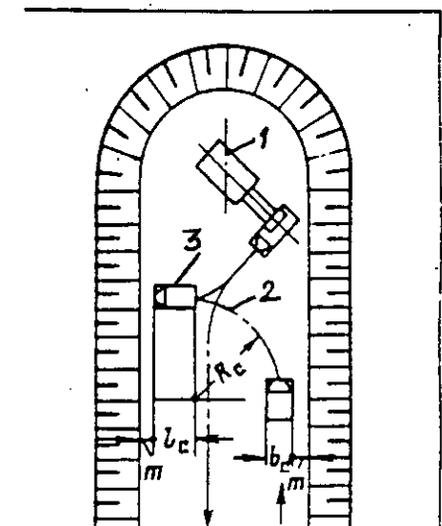
L'intérêt d'utiliser le transport par camion est de pouvoir affronter le problème de la complexité naturelle du gisement ; en d'autre termes l'exploitation des niveaux inférieurs peut être réalisée facilement grâce à la facilité de manoeuvre du camion, à ce titre, leurs rayons de braquage varie de 12 à 20 mètre selon le type du camion et les caractéristiques de la taille à exploiter.

V.2.1) Rendement de l'excavateur

Le rendement de l'excavateur dépend en premier lieu de la disposition des camion (s) dans la taille, [c'est à dire qu'il dépend des conditions de travail et aussi des conditions du gisement].

En ce qui concerne la disposition des camions dans la taille, on distingue deux dispositions principales :[8]

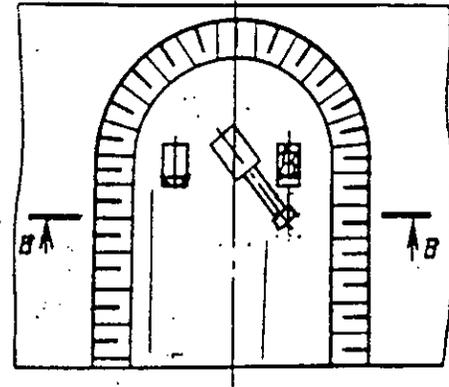
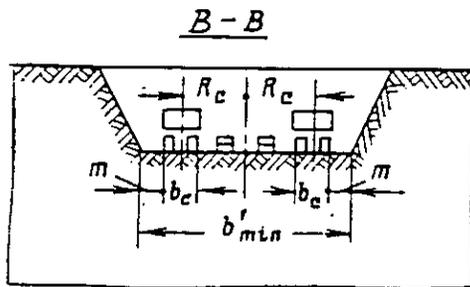
1. Disposition séparée
 - * $\alpha = 90^\circ$
 - * $90^\circ < \alpha < 100^\circ$



2. Disposition appariée

* Côte à côte

* De part et d'autre de l'excavateur

Légende

1 : Chargeuse

2 : Ligne de déplacement

3 : Camion

 R_c : Rayon de manoeuvre du camion L_c, R_c : Longueur et largeur du camionRemarque

Il faut noter que la dernière disposition (disposition appariée de part et d'autre de l'excavateur) permet la plus grande utilisation de l'excavateur, mais malheureusement ceci n'est possible que dans certaines conditions de la taille.

V.2.2) LES PARAMETRES D'UN CAMION

Le rendement d'un camion

$$R_c = n * G \quad \text{tonne/poste} \dots\dots\dots (1)$$

n : nombre de cycle réellement effectuer par le camion

G : capacité du camion en tonne

Le nombre de cycles (n)

$$n = T \frac{K_u}{T_c} \dots\dots\dots (2)$$

Avec : - T : durée de poste

- k_u : coefficient d'utilisation pratique du camion

- T_c : temps de cycle complet

Le temps d'un cycle: Il est donné par la formule suivante

$$T_c = T_{ch} + T_m + 60 * \frac{L}{V_1} + 60 * \frac{L}{V_2} + T_d \dots\dots\dots (3)$$

T_{ch} : temps de chargement en (mn)

T_m : temps nécessaire au manœuvre en (mn)
généralement il est compris entre 2 et 3 mn

L : distance de transport en (Km)

V_1 : vitesse à charge (Km/h) ; généralement $V_1 = V_{max} / 3$

V_2 : vitesse à vide (Km/h) ; généralement $V_2 = V_{max} / 2$

T_d : durée de déchargement compris généralement entre 0.7 et 1.0 mn

Le temps de chargement de camion est calculé par la formule

$$T_{ch} = T_{ex} * m \quad (mn) \dots\dots\dots (4)$$

T_{ex} : durée de cycle de l'excavateur en (mn) .

m : nombre de godets de l'excavateur pour le chargement d'un camion.

Le nombre de godets de l'excavateur(m)

$$m = \frac{G * K_f}{E * K_r * N_c} \dots\dots\dots (5)$$

E : capacité du godets (m^3)

K_r : coefficient de remplissage de godet.

k_f : coefficient de foisonnement de la roche.

Le nombre de camions pour un excavateur

$$N_c = \frac{T}{T_{ch}} + T_p \dots\dots\dots (6)$$

T_p :le temps des pauses de l'excavateur en attendant le chargement (mn).

CHAPITRE 5

**APPROCHE DU PRIX DE REVIENT
TECHNIQUE**

V.1) INTRODUCTION

L'ancien modèle de l'entreprise, fait toujours appel au prix de revient complet ou (prix de revient professionnel). le gestionnaire de l'entreprise peut faire des contrôles périodiques (année, mois, jours), sur le prix de revient de la production d'une unité de produit.

Mais seulement, ce contrôle peut répondre uniquement à la question : est ce que le prix de revient a diminué ou bien il a augmenté ?, et ne pourra donc pas trouver ou détecter la cause de cette augmentation (ou diminution).

Afin d'affronter ce problème, l'entreprise moderne utilise le prix de revient technique comme un moyen de contrôle de la rentabilité d'un produit, le prix de revient technique est lié à chaque opération (tâche) de la production du produit concerné, et ce n'est qu'à la fin qu'on peut avoir le prix de revient total de notre produit.

Le contrôle du prix de revient technique d'une unité produite se fera alors pour chaque tâche, tout en sortant **les frais généraux et les frais sur le capital** comme un ensemble qui influence toute la chaîne de production.[3]

•Définition d'une tâche de production :

La tâche de production représente une unité de travail dans la production d'un produit ou d'un service donné, mais entre temps on peut avoir une tâche, dont l'exécution nécessite une autre subdivision en sous tâche, c'est pour cela que la définition de la tâche est liée à quelques facteurs tels que :

- ◇ le temps d'exécution
- ◇ la position de la tâche dans la chaîne de production, (avant, avec ou après) une (plusieurs) autre tâche (s)
- ◇ L'ordre de sa répétition pendant la production d'une unité de produit
- ◇ Le coût engendré par la tâche en question

VI.1) DEPENSE DE L'ENTREPRISE

Les dépenses d'une entreprise quelconque peuvent être divisées dans le cas général comme suit : [3]

1. les charges du capital
2. Les frais généraux
3. Les frais d'exploitation

Les deux premiers volets sont communs pour toute l'activité de l'entreprise avec ces différents services, et ces dépenses ont comme caractéristique essentielle leurs indépendances du volume de production, et quelque soit la production ses dépenses restent pratiquement inchangeables.

Tandis que le 3^{ème} type concernant « les frais d'exploitation » ils sont liés directement à la production, et c'est là généralement que l'on peut intervenir pour réguler l'écart entre un prix de revient technique de référence et celui de notre production.

V.2.1) LES CHARGES DIRECTES ET INDIRECTES

Le prix de revient technique d'une opération est constitué de deux types de charges, charges directes et charges indirectes :

A) - Charges directes : ce sont l'ensemble des dépenses liées directement à la production ; on peut trouver dans cette rubrique les coûts suivants : [3]

1) Les coûts de fournitures Les coûts d'achat des matières consommées, on les appelle par fois aussi les frais du consommables.

2) Les coûts de magasinage : dans le cas où l'entreprise procède à une production discontinue (traitement des produits semi-finis)

3) Les coûts de la main d'oeuvre directe : Partie affectable des charges salariales. Les charges salariales comprennent : les salaires de base les heures supplémentaires, les congés payés, les primes, indemnités ou prestations directes, les charges patronales (versement forfaitaire, cotisation sociales).

4) Les coûts d'énergie (eau, électricité, gaz, ...)

5) Les amortissements du matériel

B) - Charges indirectes : Les charges indirectes sont imputées aux coûts de production après traitement dans les centres d'analyses. En ce qui concerne les coûts de production, il s'agit des charges indirectes issues du tableau de répartition final et concernant les charges des centres de production et éventuellement les charges des centres « études techniques et recherches ». La répartition des charges définitives de ces centres entre dans les coûts de production.

La particularité de ces charges se distingue par le fait que l'origine de leurs dépenses ne permet pas de les imputer directement à une opération unique et donc la répartition de ces charges va être faite suivant des clés de répartition selon le type de l'entreprise et le type de son activité.

A titre d'exemple on peut avoir une répartition suivant :

- *le nombre d'ouvrier (les salaires)
- *le nombre des machines (l'amortissement)
- *la puissance installée (l'énergie)
- *la production
- *Les prestation fournies (nombres d'unités d'œuvre fournies) .

L'imputation peut se faire suivant la formule suivante :

Imputation aux coûts de production	=	Coût de l'unité d'œuvre du centre de production	×	Nombre d'unités d'œuvre fournies
---------------------------------------	---	--	---	-------------------------------------

Le schéma suivant représente la répartition des différent coûts et aussi l'imputation des coûts indirects d'une entreprise quelconque.

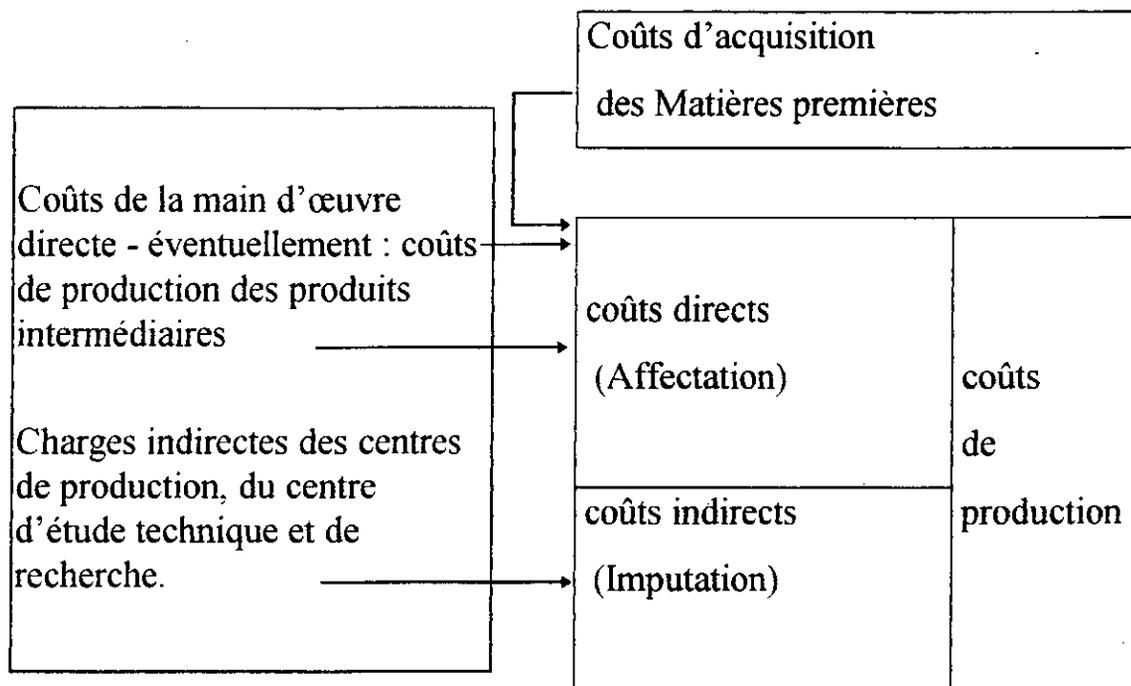


Tableau 4 : Répartition et imputation des coûts indirects [3]

Les coûts indirects sont généralement répartis comme suit.

- ◊ Les salaires de la maîtrise et de l'ingéniering
- ◊ Les frais du transport des matériaux

La difficulté de trouver des critères permettant une répartition juste et opérationnelle des charges indirectes a conduit les économistes américains à proposer un modèle ou une méthode qui s'appelle le « **direct costing** » ou les coûts directs.

Cette méthode se base sur le fait de ne considérer que les charges directes comme élément de prix de revient, et les autres charges constituent un tronc commun au niveau hiérarchique immédiatement supérieur.

V.2.2) Les coûts fixes et les Coûts variables

1) Les coûts fixes (C.F.) : les coûts fixes sont l'ensemble des coûts qui ne varient pas avec le volume de la production de l'entreprise. C'est par exemple :

- Les salaires liés directement au processus de production
- Les amortissements du matériel productif
- Les frais d'entretien systématique

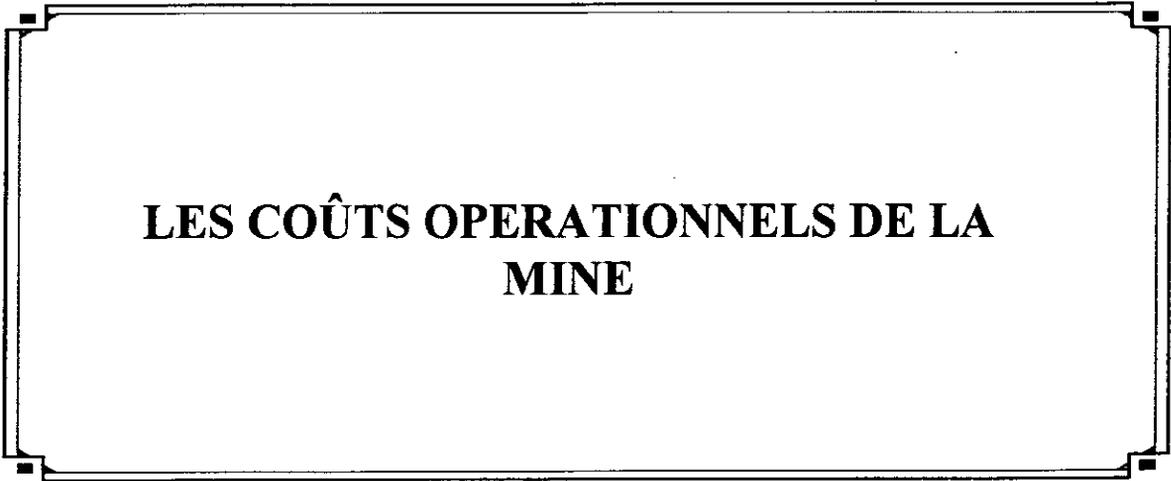
2) Coûts variables (C.V.) : Ce sont ceux qui varient avec le volume de production, citons par exemple :

- Les matières premières, ou les produits semi-fini
- L'énergie, lubrifiant
- Pièces de rechange et frais de réparation non systématique
- Primes de production

REMARQUE

La comptabilité à prix de revient direct considère qu'il convient de retenir dans les dépenses afférentes à un produit, uniquement les frais (coûts) variables, en considérant les frais fixes de production comme des frais de période qui, doivent être recouvert par les résultats de la même période, *et ne doivent plus être inclus dans le prix de revient.*

CHAPITRE 6



LES COÛTS OPERATIONNELS DE LA MINE

• **Définition** : Les coûts opératoires d'une mine, sont l'ensemble des dépenses liées directement ou indirectement à une tâche d'exploitation, remarquons ici que les charges sur le capital ne sont pas incluses dans cette rubrique, mais elle sont liées à l'investissement.

• **Paramètres des coûts opératoires**

Les coûts opératoires d'une exploitation minière dépendent de quelques paramètres, et la détermination de ces coûts est liée directement au bon contrôle de ces paramètres, ces derniers sont [6]:

- ◆ Le rendement du personnel .Il est lié généralement aux matériels utilisés, et aux conditions de travail (internes ou externes)
- ◆ Les coûts unitaires de la main d'œuvre (salaires +charges connexes)
- ◆ Méthode d'exploitation envisagée pour la mine
- ◆ La structure de l'entreprise pour les coûts indirects et généraux

VI.1) Classement des coûts opératoires

En fait il n'y a pas une grande diversité dans la division des coûts opératoires, mais on a adopté celle de Goossens Pierre j.[6], car c'est la répartition la plus récente qu'on a pu trouver jusqu'à présent.

Les coûts opératoires se classent généralement en **trois catégories** :

A) Les coûts directs : C'est l'ensemble des dépenses liées directement à l'exploitation ou (la quantité produite), on les appelle aussi les coûts variables.

1. Main d'œuvre : personnel d'exécution et d'entretien, d'encadrement pour la production et les travaux préparatoires associés
2. Matériel : entretien, pièces de rechange, atelier de mécanisation, consommables (énergies, eau, lubrifiants, huile).
3. Royalties : (taxes qui varient généralement entre 0 & 3% de **bénéfice.**
4. développement

B) Les coûts indirects : composés de :

- 1) Mains d'oeuvres : administration, sécurité, service technique, magasins
- 2) Assurances
- 3) Dépréciation (amortissement)
- 4) Intérêts
- 5) Taxes
- 6) Equipement de bureau
- 7) Voyages, meeting
- 8) Relations publiques
- 9) Développement

c) les coûts généraux : Ils peuvent concerner plusieurs exploitations (par exemple dans le cas d'un gisement polymétalliques), et plusieurs services ou unités de l'entreprise. Ils sont composés de :

1) Recherche de marché, vente (marketing) : Vendeurs, équipe d'analyse de marché, supervision, voyages et loisirs.

2) Administration : Ingénieur de contrôle, comptabilité, contrats avec firmes spécialisée (bureau d'étude extérieur) , firmes d'avocat, recherche et développement, relations publiques, et la direction générale avec le personnel non administratif (chauffeur, femme de ménage, et autres ...)

REMARQUE :

Les coûts directs sont généralement facile à estimer et à calculer et donc à contrôler, mais ce n'est pas le cas pour les coûts indirects et généraux, et c'est pour cette raison que *l'estimation de ces coûts sera faite en pourcentage(%)des coûts directs ou d'éléments d'investissement*.

A ce sujet on peut donner l'exemple proposé par -Gentry et O'Neil - de la répartition des coûts indirects et généraux en pourcentage (%) des coûts directs [5] :

<i>DISCRIPTION</i>	<i>LE TAUX</i>
Entretien et réparation	2à5% de la valeurs des matériels
Coûts indirects	10à30% des coûts directs
Coûts généraux	2% des ventes

Tableau 5 : Répartition des coûts indirects. et coûts généraux en pourcentage(%) des coûts directs.

LE MODELE DE O'HARA 1989

Le modèle de M^f : O'HARA est un modèle simple, dans le quel, le coût de la main d'oeuvre est calculé à partir des effectifs de chaque sous ensemble (Mine, Usine, Entretien, Services généraux) et d'un coût de main d'oeuvre (Salaire + charge par poste travaillé) [5].

Généralement on prend un salaire moyen et pondéré par la production .

Les fournitures sont évaluées de deux manières :

- 1-soit en fonction des effectifs (services)
- 2-soit en fonction de la production journalière.

Notons simplement que dans le cadre de notre étude l'évaluation des coûts de fournitures (consommables), est faite en fonction de la production.

VI.2) ESTIMATION DES COUTS OPERATOIRS DE LA MINE A CIEL OUVERT

D'après NAGLE A.A. [5] cette estimation est décomposée en deux parties :

- Le coût de la main d'œuvre
- Le coût des fournitures

Le coûts de la main d'œuvre par tonne dépendra de facteurs suivants :

- * Effectif
- * Salaire journalier
- * Production journalière

Les coûts de la main d'œuvre et de fourniture seront exprimer en même unité (DA/Homme*post) .Vu la stabilité de la monnaie Américaine, les calculs sont généralement fais en dollars Américain (\$U.S.).

La décomposition des effectifs de la mine à ciel ouvert, d'après Duchene M. [5] est donnée comme suit.

Opérateur	Etam
82 %	18 %

Tableau 6 : Décomposition des effectifs de la mine en pourcentage(%)

Le modèle donné par O'HARA illustré dans le tableau à la fin de ce chapitre, est basé sur une étude pratique de longues années ; il montre l'estimation des effectifs de la mine à ciel, de l'usine de concentration, de l'entretien, des services généraux, et du service administratif. Seulement que dans ce tableau il y a un intervalle de validité, en ce qui concerne la production journalière de la mine. Il reste à l'utilisateur de choisir les équations qui lui conviennent .

Les coûts opératoires de la mine, vont être donnés par la formule suivants .

$$\text{Coûts opératoire de la mine} = \sum (\text{MO}_i + \text{F}_i) + \text{C}_{\text{Ee}}$$

Avec : MO_i =coût de la main d'œuvre

F_i = coûts de la fourniture

C_{Ee} : coût d'énergie électrique

Les coûts d'énergie électrique ne sont pas présentés dans le tableau, l'équation utilisée à l'estimation de ces coûts pour l'ensemble de la mine et l'usine de concentration sont données par le tableau suivant [5]:

Type d'exploitation	MODE DE PRODUCTION		
	Générateur diesel	Générateur à charbon	A Partir de ligne de transmission publique *
Mine à ciel ouvert	$128.6 * T^{-0.5}$	$90.5 * T^{-0.5}$	$1780 * (T^{-0.5}) * KWh$

Tableau 7 : Les coût d'énergie électrique - Mine + usine -

T (t/j) = capacité de l'usine de traitement

KWh =coût d'un KWh d'électricité en DA

* Dans le cas de la transmission publique, les équations du modèle ont été modifiées pour fournir uniquement la consommation d'énergie électrique en KWh/t traitée. Cette valeur, multipliée par le coûts du KWh (fourni par l'utilisateur) donne le coût de l'énergie par tonne traitée.

REMARQUE

Dans le cadre de notre étude on n'a pas pris en considération les coûts engendrés, par l'usine de traitement (on l'appelles aussi usine de concentration) , sachant qu'elle représente le principal consommateur de l'énergie électrique.

Le tableau suivant montre l'estimation des coûts opératoires de différent parties de la mine, ce tableau à été donné par M^f.Duchene, de l'école des mines de Paris.

Tableau 8: ESTIMATION DES COÛTS OPERATOIRES - MINE ,USINE,ET SERVICES GENERAUX- (d'après O'HARA 1987) [5].

	Paramètre	Intervalle de validité	Estimation du coûts de m.o. (DA/t)	Partie	Remarque
1.Mine à ciel ouvert	<p>E_1=effectif mine c.o.</p> <p>R_{co}= (DA/h*j) salaire journalier</p> <p>T_t (t/j) = Production minerais + stérile</p>	10^3 à 10^5 t/j	$MO_1 = E_1 * R_{co} / T_t$	$F1 = 13.9 * T_t^{-0.3}$	/
2.usine de concentration	<p>E_2=effectif usine de concentration</p> <p>R_u= (DA/h*j) salaire journalier</p> <p>T (t/j) =capacité de l'usine</p>	500 à 7000 t/j	$MO_2 = E_2 * R_u * T^{-1}$	<p>$F21 = 32.1 * T^{-0.3}$</p> <p>$F22 = 27.4 * T^{-0.3}$</p> <p>$F23 = 30.2 * T^{-0.3}$</p>	Traitement de l'OR, Métaux de base-minerais simple ou complexe
3.Entretien	<p>E_3=effectif entretien</p> <p>R_e (DA/h*j) salaire journalier</p>	/	$MO_3 = E_3 * R_e * T^{-1}$	$F3 = 12.6 * E_4$	/
4.Services généraux	<p>E_4=effectif service généraux</p> <p>R_g (DA/h*j) salaire journalier</p>	/	$MO_4 = E_4 * R_g * T^{-1}$	<p>$F41 = 17.6 * E_4$</p> <p>$F42 = 29.5 * E_4$</p>	<p>Projet développement dans des régions minières</p> <p>Projet développement dans des régions sans infrastructure</p>
5.Service administratif	<p>E_5=effectif services généraux</p> <p>R_a (DA/h*j) salaire/j</p>	/	$MO_5 = E_5 * R_a * T^{-1}$	$F5 = 31.5 * E_5$	/

CHAPITRE 7

**DESCRIPTION DE LA METHODE DE
TRAVAIL SUR EXCEL**

VII.1) INTRODUCTION :

Le tableur est un programme permettant de manipuler des feuilles de calcul. C'est l'application quotidienne qui a fait entrer le micro-ordinateur dans le monde professionnel.

Une feuille de calcul est un ensemble de cellules groupées en lignes et en colonnes, ces cellules peuvent contenir des nombres du texte ou des formules. Toute modification d'une valeur entraîne automatiquement un nouveau calcul des formules.

Excel travail avec des menus déroulants permettant l'utilisation des différentes fenêtres et aussi avec la souris.

VII.2) GENERALITES

Après le démarrage de microsoft-excel.5 nous nous trouvons en face de l'écran principal d'Excel, donc un nouveau classeur est affiché. Il est nommé «class1.xls » par défaut. Un classeur contient 16 feuilles par défaut, chaque feuille contient 16384 lignes et 256 colonnes, et reste à l'utilisateur de modifier le nombres de ces feuilles. Sur la feuille activée il existe toujours une seule cellule dite activée, et la frappe effectuée sera saisie dans cette cellule.

La feuille de calcul

En cliquant sur une cellule de la feuille activée nous obtenant la cellule active. Cette cellule est encadrée par un rectangle noir et son fond est blanc.

La cellule active est celle où seront entrer les données, texte, ou les formules que nous saisissons.

Si nous sommes intéressés à appliquer des commandes sur une cellule ou plusieurs(plage), ces dernières doivent être sélectionnées, pour se faire on peut procéder de deux manières, avec le clavier ou avec la souris.

Les cellules sélectionnées peuvent être l'objet de commandes divers, formatage, copie, effacement, etc...[2]

Déplacement dans un classeur

Un classeur contient plusieurs feuilles de calcul et pour le déplacement de l'une à l'autre il suffit de cliquer sur son onglet.

VII.3) LE TRAVAIL DE SAISIE

VII.3.1) Saisie des titres

On clique dans une cellule choisie pour y placer notre titre, puis on tape le titre, en suite on valide en appuyant sur la touche entrer, si on veut centrer le titre sur plusieurs cellules on a qu'a les sélectionnées puis en clique sur le bouton centrer sur plusieurs colonnes pour avoir la commande désirée.

VII.3.2) Saisie des formules

Il existe plusieurs types de formules, certaines contenant uniquement des opérations arithmétique simples comme l'addition la multiplication, ..., et d'autre fonction allons de la simple somme sur une plage jusqu'aux fonction mathématique les plus complexes. Il est également de définir nous propres formules.

Il est nécessaire de taper le signe « = » puis faire entrer une ou plusieurs expressions pour indique à Excel qu'il s'agit d'une formule à saisir.

A) Fonctions principales utilisées

1. la fonction « Somme »

syntaxe : Somme (argument1, argument2, ...)

argument1, et argument2, ... peuvent être des nombres, des références de cellules ou plage de cellules.

La fonction Somme retourne le total de tous les nombres spécifiés par la liste des argument vers la cellule qui contient l'expression de la formule.

2. La fonction « SI »

Syntaxe : SI (test - logique, si-vrai, si-faux)

la fonction « SI » a pour rôle d'évaluer si le teste logique est vrai. Dans le cas contraire, elle évalue l'expression si faux. L'argument si faux est facultatif, s'il est omis, la fonction « SI »renvoie la valeur faux dans le cas ou test-logique est faux. Les arguments si-vrai, si-faux peuvent être des valeurs, des expressions ou un autre test logique « SI ».

VII.3.3) LES MACROS

1. *INTRODUCTION:*

Les macros commandes, ou macros permettent d'automatiser toutes fonctions, sélections, déplacements dans le classeur comme dans la feuille, et elle peut même faire des appels à des liens dynamiques(entre classeur).

2. *ENREGISTREMENT D'UNE MACRO*

Pour enregistrer une macro nous devons dérouler le menu (outil) et cliquet en suit sur la commande (enregistrer une macro), dans le sous menu on sélectionne [nouvelle macro]. Dans la boite de dialogue on saisie le nom de la macro puis on clique sur (option) pour activer l'option " Touche de raccourci" et on tape une lettre quelconque pour la macro que nous avons créer sera exécutée avec la commande "Ctrl+(La lettre saisie)"

VII.4) PRESENTATION DU MODELE

Le modèle réalisé à été crée avec le tableur Excel 5.0, dans le but d'automatiser le calcul du prix de revient technique d'une tonne de minerai exploité à ciel ouvert.

Le modèle est constitué d'un ensemble de feuilles d'un même classeur, et le résultat sera donné dans ce classeur.

La première feuille c'est la feuille du menu principal, dont la quelle on trouve cinq(5) macros(boutons) qui ont été crée par l'option des macros, ces boutons représentent des adresses d'autre feuilles, seulement les feuilles des destinations ne sont pas des feuilles de calcul mais des feuilles de menu pour les différents coûts (direct, indirect, généraux et opératoire), le cinquième bouton à pour rôle l'appel de la feuille « donnée de la mine ».

Le premier bouton ' coût direct ' appel la feuille du menu des coûts directs, cette feuille contient à son tour (06) boutons criés de la même façon précédente, (04) boutons sont les adresses des quatre feuilles de calcul qui sont pour fonctions le calcul d'un seul coût bien déterminé soit : les salaires, le matériel, les consommables et le développement.

Les deux dernier boutons on les retrouve sur les toutes les feuilles de menus, le premier est celui de retour au menu principal et la deuxième représente l'adresse de la feuille donnée.

Les quatre boutons déjà cités ont la même fonction c'est l'appel de la feuille choisie 'adresse écrite sur le bouton' et ils ont le même mode d'actionnement et cela se fait par un simple clique sur le bouton en question.

L'utilisateur a pour travail la saisie des feuilles de calcul pour chaque coût et cela se fait séquentiellement, c'est après l'appel de la feuille 'salaire' avec le bouton 'salaire' l'utilisation fait entrer toutes les données nécessaire après ça, il revient au menu des coûts directs avec le bouton de retour pour choisir de nouveau un autre bouton qui appel une autre feuille donc un autre coût 'consommable' par exemple.

Après la saisie de toutes les données concernant les coûts directs, l'utilisateur revient au menu principale cliquant sur le bouton **MENU PRINCIPAL** qui se figure dans la feuille des coûts directs, une fois la feuille du menu principal est apparaît, l'utilisateur clique sur un autre bouton représentant un autre type du coût.

De la même manière on fait entrer toutes les données concernant les coûts indirects vu les frais généraux.

REMARQUE:

* Le bouton 'donner de la mine' qui figure sur chaque feuille des menus des coûts directs, indirects et généraux facilite le retour à la feuille des données pour confirmer ou ajouter une donnée quelconque.

* Le bouton 'COUT OPERATIONNEL' figurant sur la feuille du menu principal a pour fonction l'appel de la feuille qui donne le résultat final du coût opératoire.

VII.5) METHODE DE CALCUL

Le coûts opératoire est divisé en trois types de coûts: directs, indirects et généraux, et le calcul se fait pour chaque type pour arriver à un coûts opérationnel total.

A) *COÛTS DIRECTS:*

Dans notre modèle on a pris en considération les salaires, le matériel 'amortissement', les consommables et le développement

1.) LES SALAIRES

La masse salariale entrant dans la rubrique des coûts directs est donnée en deux parties: salaire de base donné suivant une échelle standard de l'entreprise et la deuxième partie représente les primes directs donnée en pourcentage (%) du salaire de base.

2.) LES AMORTISSEMENTS

L'amortissement du matériel de production fait partir des coûts directs et il est calculé en fonction de la durée de vie du matériel lui même et des frais d'acquisition de ce derniers.

3.) LES CONSOMMABLES

Généralement les frais des consommables varient avec la production journalière et suivant le schéma d'exploitation suivi, donc les frais des consommables constitue la plus grande partie des frais variables, et l'utilisateur

doit faire entré toutes les données requises quotidiennement dans le modèle tout en respectant l'unité du type du consommable.

4.) LE DEVELOPPEMENT

Les frais destiné au développement sont calculés avec un certain pourcentage de la somme des différents coûts directs, et ce pourcentage varie d'une entreprise à une autre selon son activité et son volume.

5.) LES ROYALTIES

Les royalties sont des taxes imposée par l'état et calculée avec un faible pourcentage qui varie entre (2-5)% des revenus de l'entreprise.

Cette taxe est fixe, et elle n'est pas prise en considération en ALGERIE.

B) COÛTS INDIRECTS:

Les coûts indirects sont constitués des de la main d'oeuvres, les frais d'assurance, les charges financières, les taxes, les frais d'équipement et ceux des relations publique.

1)LES SALAIRES:

Ce sont les salaires de l'ensemble du personnel qui n'intervient pas directement dans le processus de production, et qui ne fait pas partir du personnel administratif de l'entreprise. La formule de calcul reste la même que celle de calcul des salaires pour les coûts directs, mais le pourcentage des primes est différent et l'utilisateur peut saisir le pourcentage convenable dans le modèle.

2) LES ASSURANCES:

Les frais d'assurance représentent une charge financière qui peut dans certain cas être très lourde, l'assurance est faite pour le matériel comme elle faite pour le personnel, la période considérée pour le calcul dans le modèle est une année. Les frais d'assurance sont calculés sur la base d'un pourcentage des frais d'acquisitions pour le matériel et sur la base d'un pourcentage de salaire de base pour le personnel.

3) LES CHARGES FINANCIERES:

Dans le cas où l'entreprise à effectuer des empreintes pour une période donnée, donc elle aura à faire à des remboursements périodiques avec des intérêts sur le capital empreinte, la charge financière de l'année(C.F.a) peut être calculée donc en fonction de nombres de jours ouvrable de l'entreprise minière(Nbre J.O.).

La formule de calcul sera donc: $C.F.j = C.F.a / \text{Nbre J.O.}$

4) LES TAXES:

Il existe deux types de taxes:

- La taxe fixe: Elle est généralement représentée par la taxe sur la valeur ajoutée (T.V.A.), pour les entreprises minières la T.V.A. = (14%) de la facture des ventes, on trouve aussi une autre taxe fixe (T.A.I.C.).
- La taxe variable: Dans le domaine minier il existe une taxe variable c'est à dire en fonction de la production, pour les agrégats elle vaut **8DA/1m³** de la roche foisonné.

5) LES COÛTS D'EQUIPEMENT

Le coût d'équipement, est liés aux relations publiques qui font parti des coûts indirects, mais la particularité de ces coûts c'est qu'il ne répondent pas lois donnée, et c'est pour cette raison qu'on prend des petits pourcentage (%)de la sommes des autres coûts indirects pour leurs calcul.

REMARQUE

Il faut remarquer que le dernier type de coûts est parfois sous-estimé mais son total annuel peut influencer sur les revenus de l'entreprise.

C) LES FRAIS GENERAUX

D'après Gentry et O'Neil les frais généraux ne doivent pas dépasser 18% des dépenses totales de l'entreprise (c'est à dire du coût opératoire). Cette barre peut nous servir comme un moyen de contrôle des frais généraux. Les frais généraux sont constitués généralement de:

1) LES SALAIRES DE LA MAINS D'OEUVRE ADMINISTRATIVE.

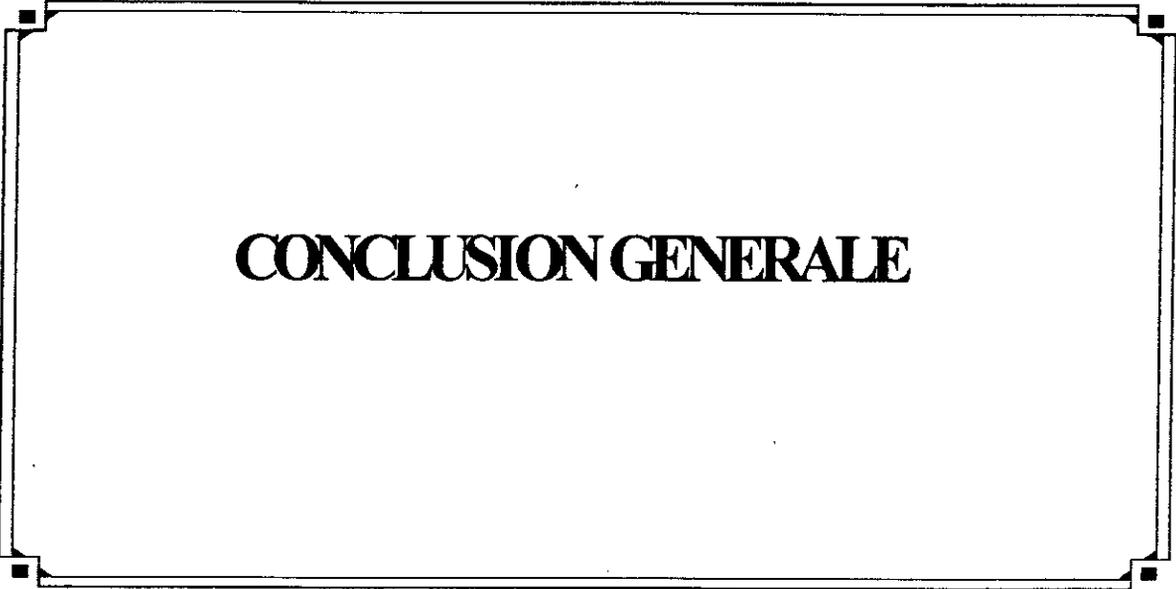
La masse salariale administrative ne doit jamais être sous estimée mais elle doit être contrôlée et cela suivant les besoins de l'entreprise. La formule de calcul est la même que pour les types de salaires, seulement il y a une différence dans les taux des primes et dans les salaires de bases.

2) LES FRAIS DE MARKETING: "frais de vente"

Les frais de l'équipe d'analyse et de recherche des marchés(vendeurs), et les frais des voyages, ainsi que les prises en charges des spécialiste sont appelés frais de marketing, ces frais sont calculés sur la base d'un petit pourcentage (%) des ventes.

3) LES FRAIS DES CONTRATS:

Les différents contrats effectués avec les agences, les firmes spécialisées, firmes d'avocats,... engendrent des faibles dépenses fixes non négligeables, le but de ces contrats est de minimiser le nombre des cadres de l'entreprise.



CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION

La détermination des coûts opératoires en utilisant la méthode des coûts opératoires reste insuffisante, car cette tâche doit être complétée avec une étude expérimentale sur le terrain pour mieux voir l'évolution de ces coûts pendant une durée de production donnée .

En utilisant le modèle réalisé avec le tableur Excel présenté sur la disquette le contrôle des coûts opératoires peut être exécuté à n'importe quel moment, et le travail du financier ou du responsable de contrôle de prix de revient, consiste à analyser les différents rapports venant de différent services correspondant aux divers types des coûts de la mine.

Après la phase d'analyse, vient la phase de contrôle, qui sera faite en comparant le prix de revient calculé (de la journée en question) avec un prix de revient de référence. Ce dernier peut être théorique, moyen sur une période donnée d'exploitation, ou bien un prix de revient précédant tout cours.

La dernière phase du financier alors, sera de détecter l'emplacement exact de l'augmentation (ou de la diminution) du prix de revient, pour informer les responsables de l'entreprise d'une part et les chefs de services concernés par cette anomalie d'autre part.

BIBLIOGRAPHIE

[9] **BOOKY**

« Exploitation des mines »

Edition Mir Moscou 1968

[3] **BOUGHRA Abdellah**

« Comptabilité analytique »

Edition Berti (2^{ème} édition) 1994

[7] **CALLOT François**

« Les richesses minières mondiales »

Edition du Seuil 1970

[12] **CHIBKA**

« Exploitation des gisements métallifères »

Université de Annaba

Edition O.P.U d'Alger 1980

[4] **DAMAY.J**

« Séminaire sur : L'analyse technico-économique des projets miniers »

Ecole National Supérieure des Mines de Paris 1989

[5] **DUCHENE.M**

« Economie de l'entreprise minière »

Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris 1989

[2] **D'HARDANCOURT**

« Excel.5 pour windows »

Edition sybex 1994

[6] **GOOSSEMS.Pierre J**

« Economie minière »

Université de Liège-Edition 1993

[1] **KICHANE C.**

« Utilisation pratique de Excel.5 »

Edition connaissance 1996

[

[8] V.KOVALINKO

« Exploitation des carrières »

Edition O.P.U d'Alger 1986

[10] SANDIER

« Mise en valeur des gisements »

Edition Masson & Cie Paris 1962

[11] TEMTCHENKO

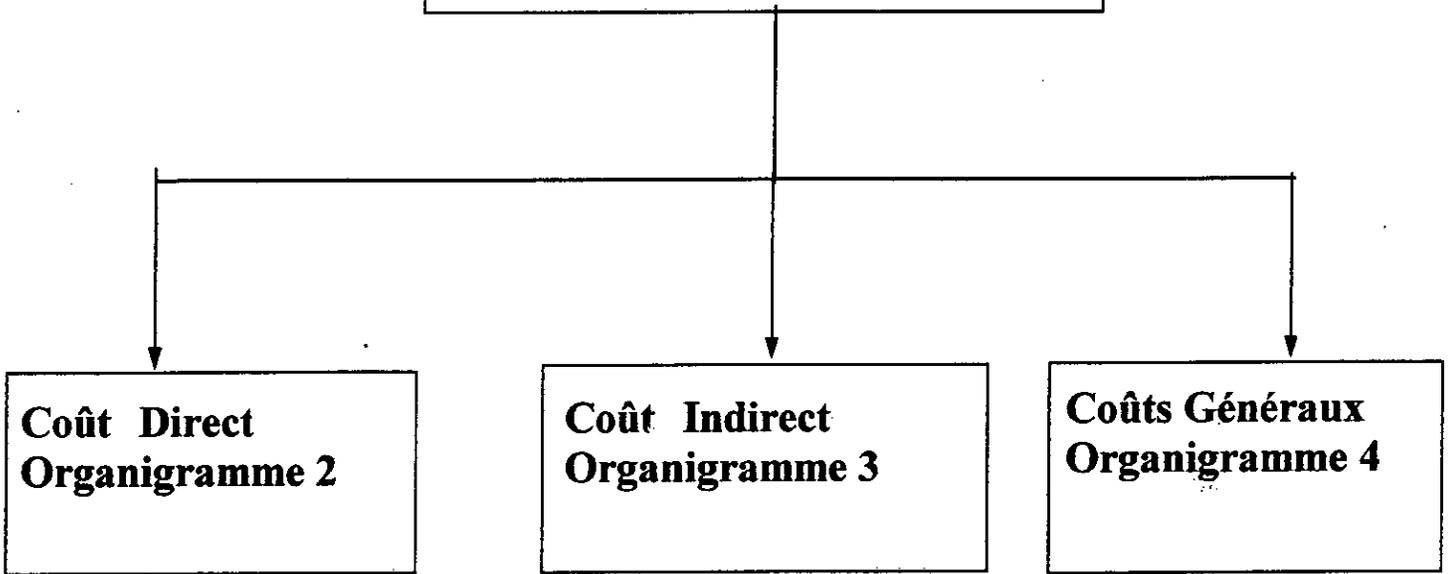
« Principe d'élaboration des projets miniers »

Université de Annaba

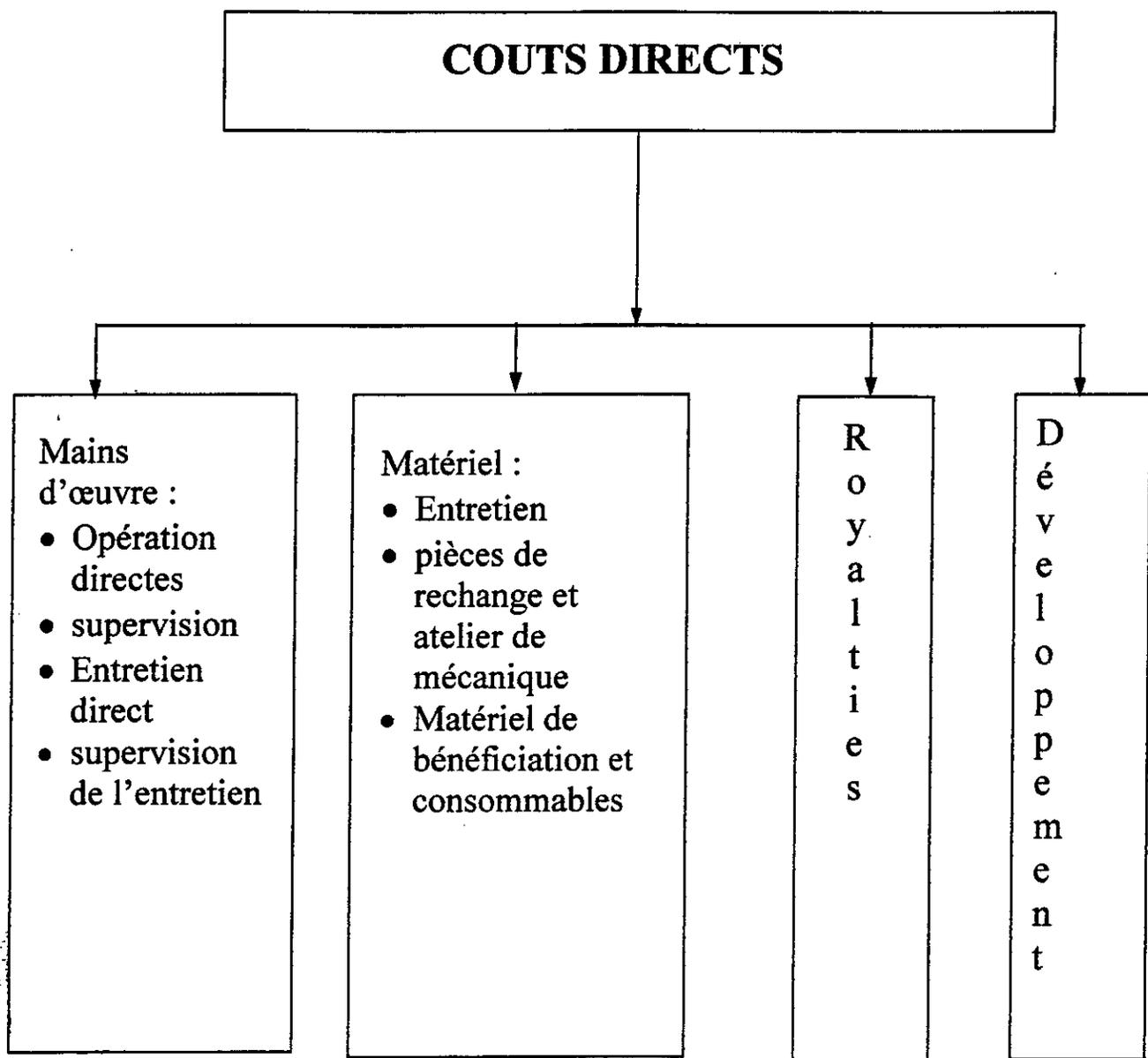
Edition O.P.U. d'Alger 1980

ANNEXE S

COUTS OPERATOIRES

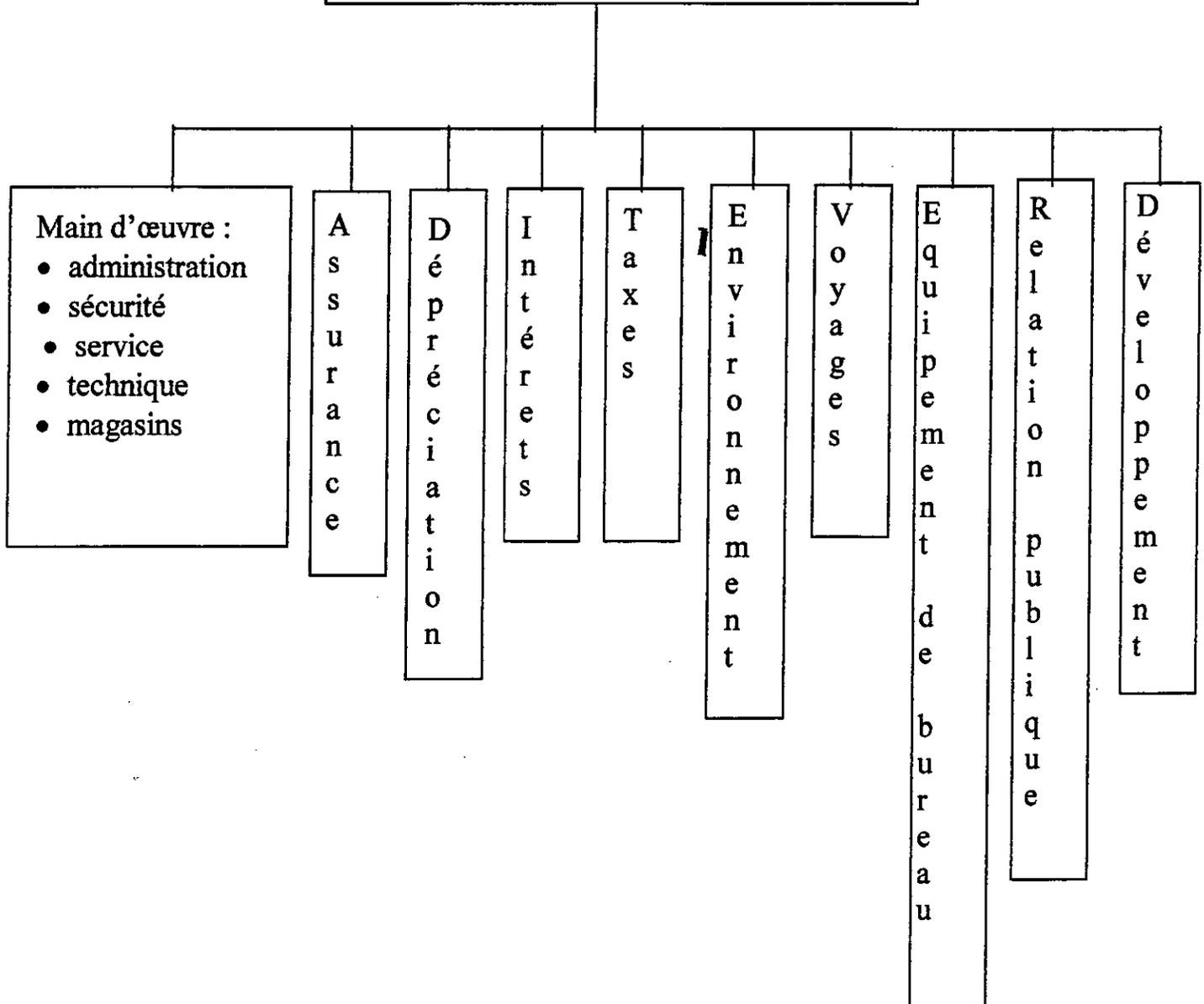


ORGANIGRAMME 1



ORGANIGRAMME 2

COUTS INDIRECTS



ORGANIGRAMME 3

COUTS GENERAUX

```
graph TD; A[COUTS GENERAUX] --- B[ ]; B --- C[Recherche de marché, vente :]; B --- D[Administration :];
```

Recherche de marché, vente :

- Vendeurs
- équipe d'analyse de marché
- Supervision
- Recréation

Administration :

- ingénieur de contrôle
- comptabilité extérieure
- contrat avec firmes spécialisées
- firmes d'avocat
- recherche et développement
- relation publique
- contribution

ORGANIGRAMME 4