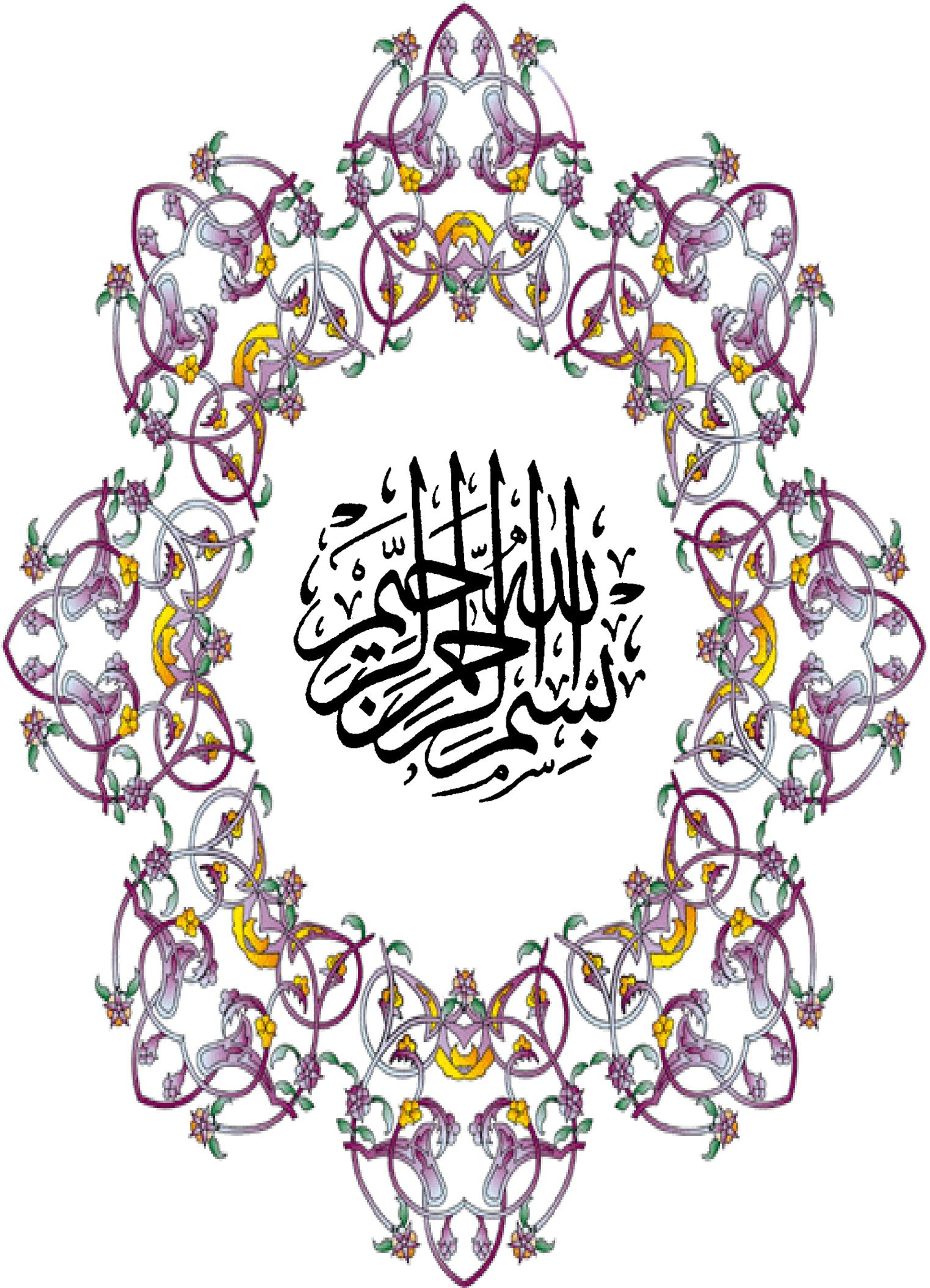


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES ET METALLURGIE

ENSMM-Annaba-



DÉPARTEMENT GÉNIE MINIER

Mémoire de fin d'études

MASTER 2: Contrôle Des Terrains Avancées

Approche économique de l'exploitation des gisements par l'application du model d'OHARA
(Etude de cas gisement de Bled El Hadba -
willaya de Tbessa)

Présenté par :

BENYOUCEF Abdellatif

Dirigé par :

Mr. A. AISSI

Membre de jury :

Président : H.CHENETTI ENSMM.Annaba

Rapporteur : A. AISSI ENSMM.Annaba

Examineurs : Mme. MEHTALLI ENSMM.Annaba

septembre 2017

REMERCIEMENT

Je remercie ALLAH le tout puissant d'avoir donné le courage et la force pour accomplir ce modeste travail.

*Je tiens à exprimer mon profonde reconnaissance à mon encadreur **Dr. AISSI** de ses sages directives, de ses pertinents conseils et de son précieux temps.*

Je remerciements vont également à tous les honorables membres de jury d'avoir accepté de juger ce modeste mémoire.

Je tiens à témoigner mon gratitude envers tous mes respectables enseignants.

Et enfin je remercie toute personne à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce projet de fin de cycle.



ملخص :

الهدف من هذا العمل هو عمل تقريبي اقتصادي لقابلية الاستغلال لمنجم بلاد الحدبة –ولاية تبسة.

باستخدام نموذج "اوهارا" يتم حساب تكلفة الاستثمار وتكاليف التشغيل, مع اخذ في الحسبان معايير التشغيل المختلفة. أدت نتائج هذا النموذج لتحديد العديد من المؤشرات الفنية والاقتصادية, مثل نتائج الاستغلال, التدفق النقدي والتدفقات النقدية المحدثة, تستخدم هذه الاخيرة لحساب معايير القرارات مثل متوسط معدل العائد, صافي القيمة الحالية, معدل العائد, ومؤشر الربحية.

وفقا لهذه النتائج يتم أخذ قرار الربحية وقابلية الاستغلال.

الكلمات المفتاحية : منجم بلاد الحدبة, الفوسفات, الاستغلالية, اوهارا, الاقتصاد المنجمي, تكاليف الاستثمار وتكاليف التشغيل, التدفق النقدي ومعايير القرار, الربحية.

Résumé :

L'objectif de ce travail est de faire une approche économique de l'exploitabilité du gisement de phosphate de Bled El Hadba de Tbesa.

Pour ce faire on a utilisé le modèle d'O'HARA, qui permet de calculer les différents paramètres d'exploitation à savoir : l'effectif, les coûts d'investissement ainsi que les coûts opératoires par unité produite.

Les résultats de ce modèle ont abouti à déterminer plusieurs indicateurs techniques et économiques tels que les résultats d'exploitation et les cash-flows. Une fois ces paramètres sont calculés, ils sont utilisés dans des critères de décision tels que le taux moyen de rentabilité (TMR), la valeur actualisée nette (VAN), taux de rentabilité interne (TRI), indice de profitabilité (IP) et le délai de récupération (DR).

Selon ces résultats, la décision de la rentabilité et donc de l'exploitabilité du gisement est prise.

Mots clés : Gisement de Bled El Hadba, phosphate, exploitabilité, O'HARA, économie minière, les coûts d'investissement, les coûts opératoires, cash-flow, les critères de décision, rentabilité.

Abstract :

The aim of this work is to realize economic approach of exploitability of Bled El Hadba deposit.

Using the model O'HARA, we calculate various operating parameters, the effective, costs of investment and operating costs per unit produced. The results of this model have led to identify several technical and economic indicators such as operating results, cash flow and actualized cash flows. These are used to calculate decision criteria such as average rate of return, the net present value, internal rate of return, profitability index and payback .

According to these results, the decision of the profitability and exploitability of the deposit is taken.

Keywords: Bled El Hadba deposit, phosphate, exploitability, O'HARA, mining economic, investment costs, operating costs, cash flow, the decision criteria, profitability

List des tableaux

Tableau I.01 : Les paramètres d'exploitation	page 18
Tableau I.02 : Cout de l'exploitation souterraine	page 18
Tableau I.03 : Cout de traitement	page 19
Tableau I.04 : Les paramètres d'effectifs	page 19
Tableau I.05 : Cout des services généraux	page 19
Tableau I.06 : Cout total d'investissement	page 20
Tableau I.07 : Cout opératoire d'exploitation	page 20
Tableau I.08 : Cout opératoire de traitement.....	page 20
Tableau I.09 : Cout d'effectif	page 21
Tableau I.10 : Cout opératoire total	page 21
Tableau I.11 : Cout opératoire unitaire	page 22
Tableau I.12 : Cout opératoire unitaire actualisé	page 24

List des figures

FigureII.01 : cash-flow en fonction des années.....	page 28
FigureII.02 : cumul actualisé en fonction des années.....	page 29



SOMMAIRE

ملخص.....	iii
Résumé	iii
Abstract	iv
Liste des tableaux	v
Liste des figures	v
Introduction générale	1
Généralité sur les opérations financières	2
1. Définition.....	2
2. Notio, d'intérêt	2
3. La capitalisation	2
4. Notion d'actualisation	2
5. La notion de flux de trésorerie (cash-flows).....	2
6. Notion d'investissement.....	2
7. Notion économique de l'investissement	3
8. Notion financière de l'investissement.....	3
Chapitre I : Identification des coûts d'investissement et les coûts opératoires	
I.1 Introduction.....	4
I.2 Le Modèle d'O'HARA.....	4
I.2.1 Les paramètres principaux des coûts d'investissement.....	5
I.2.2 Les paramètres principaux des coûts opératoires.....	5
I.3 Description de différentes opérations du modèle et leurs équations d'estimation.....	6
I.3.1 Le coût d'investissement.....	6
I.3.1.1 Exploitation souterraine.....	6
1. Besoins du personnel (effectif d'exploitation)	6
2. Besoin d'énergie électrique.....	8
3. Le coût d'investissement.....	8

I.3.1.2 Traitement.....	12
1. Besoin du personnel.....	12
2. Les coûts d'investissement	12
I.3.1.3 Le coût des services des installations de surface.....	15
I.3.2 Cout opératoires	16
I.3.2.1 Cout d'exploitation Souterrain (Les coûts opératoires par jour).....	16
I.3.2.2 Cout de traitement	17
I.3.2.3 Cout pour l'effectif	17
I.4. Calcul du coût d'investissement total.....	18
I.4.1 Identification des paramètres.....	18
I.4.2 Calcul des coûts d'investissement.....	18
I.5 Le coût opératoire total par jours.....	20
I.6 L'actualisation et conversion en Dinar Algérien des coût.....	22
1. Les coefficients d'actualisations.....	22
2. Le taux de change.....	22
I.7 Le coût global d'investissement.....	23
I.8 Le coût opératoire global.....	23
Chapitre II : Les critères de décision	25
II.1 Introduction.....	25
II.2 Calcul des facteurs principaux.....	25
II.2.1 Prix de vente.....	25
II.2.2 Dépense.....	25
II.2.3 Chiffre d'affaire.....	25
II.2.4 Résultat brute.....	26

II.2.5 Besoin de fond de roulement d'exploitation (BFRE).....	26
II.2.6 Amortissement	26
II.2.7 Montant emprunté	26
II.2.8 Amortissement d'emprunt	26
II.2.9 Capital de début de période.....	27
II.2.10 Charges financières.....	27
II.2.11 Flux de financement.....	27
II.2.12 Flux net d'exploitation.....	27
II.2.13 Flux économique.....	27
II.2.14 Flux Net de trésorerie (cash-flow).....	27
II.2.15 Cash-flow actualisé.....	28
II.3 Les critères de décision.....	29
II.3.1 Taux moyen de rentabilité (TMR).....	30
II.3.2 Délai de récupération du capital investi (DR).....	30
II.3.3 La valeur actuelle nette (la VAN).....	30
II.3.4 Taux de rentabilité interne (T.R.I).....	31
II.3.5 L'indice de profitabilité (IP).....	31
II.4 Interprétation des résultats.....	32
Conclusion générale.....	33
Bibliographie.....	34
Annexe.....	35



INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le secteur minier détenu par les entreprises privées a été nationalisé en 1966, et sa gestion confiée à la Société Nationale de Recherches et d'Exploitation Minières (SONAREM), entreprise publique fonctionnant sur budget de l'état, excluant de fait toute notion de rentabilité. En 1989, avec l'avènement de l'autonomie des entreprises, l'autorité publique s'est désengagée progressivement de la gestion du secteur, ce qui a amené la SONAREM à se restructurer en cinq filiales dont l'Entreprise des Non Ferreux (ENOF). La mondialisation de l'économie a incité les autorités du pays à l'élaboration, en 2001, de la nouvelle loi minière dont l'un de ses principaux objectifs est l'ouverture du secteur minier au privé national et étranger, aussi bien dans l'exploration que l'exploitation. [3]

La production croissante de pétrole, implique une augmentation de la demande des boues de forage, comme le phosphate dans notre cas. SOMIPHOS, la société qui exploite le phosphate en Algérie a décidé d'augmenter la production nationale du phosphate, cette augmentation oblige la société à ouvrir de nouveaux gisements comme le cas de *Bled El Hadba* à Tbessa.

Ce travail a pour but de faire une approche économique de l'exploitabilité du gisement de *Bled El Hadba*, - en concernant la partie sud après la faille - qui est situé dans le contexte géologique de Bir El Ater-Tbessa, de faire une étude économique de l'exploitabilité et la rentabilité de ce gisement, et poser des décisions d'investissement dans ce projet (le chiffre investie, chiffre d'affaire, dépenses, cash-flow, taux moyen de rentabilité, délais de récupération, la valeur actuelle net, taux de rentabilité interne et l'indice de profitabilité) et de voir leur sensibilité à travers les variations des données de base (les réserves exploitables, quantité de tout-venant, quantité produite, l'investissement, prix unitaire de vente, les taux d'actualisation et les index d'actualisation).

Pour mener à bien ce projet, le travail s'articule autour de deux chapitres. Le premier chapitre est consacré à l'identification des coûts d'investissement, les coûts opératoires, l'effectif d'exploitation et le besoin de la mine en utilisant le modèle d'O'HARA.

Le deuxième chapitre sera consacré à l'identification des critères de décision d'investissement, et l'interprétation des résultats, la décision de la rentabilité du gisement. A la fin, on termine ce travail par une conclusion générale.



**Généralité Sur Les
Opérations Financières**

1. Définition

Les opérations financières sont les moyens par lequel une entreprise peut se procurer immédiatement, la contrepartie d'une Créance à terme. Créancier est en général le vendeur ou celui qui présente l'effet commercial.

Dans une opération commerciale, il y'a deux parties: un Vendeur et un Acheteur Quand le règlement n'est pas immédiat, il est alors à terme. Dans ce cas, l'acheteur émet au créancier (Vendeur) un effet commercial. Le montant inscrit sur l'effet, s'appelle Valeur Nominale. La date à laquelle cette valeur est payable est appelée : Échéance. [1]

2. Notion d'intérêts

L'intérêt est la rémunération qui compense l'immobilisation du capital pendant la durée du placement ou de l'emprunt. [5]

3. La capitalisation

Un capital est placé à intérêts composés, lorsque à la fin de chaque période de placement ; généralement l'année ; les intérêts simples produits viennent s'ajouter au capital, pour qu'ensemble capital et intérêts ; produisent des intérêts simples à la période suivante. La distinction fondamentale entre intérêts composés et intérêts simple résidé donc dans la capitalisation.

A la fin de chaque période, les intérêts acquis au cours de cette période ne sont pas exigibles par le bénéficiaire. C'est la Valeur acquise V_n par un capital V_0 placé pendant n périodes à un taux $i\%$ Donc cette valeur, au bout de n années devient: $V_n = V_0(1 + i\%)^n$. [5]

4. Notion d'actualisation

L'actualisation est l'opération inverse de la capitalisation. Il ne s'agit plus de calculer la valeur future d'un capital donné, les intérêts s'accumulant au capital de départ, mais de calculer la valeur actuelle d'une somme payable à l'avenir, les intérêts composés s'en déduisent. [4]

5. La notion de flux de trésorerie (cash-flows) :

L'analyse d'un investissement conduit à étudier les flux de trésorerie strictement liés à cet investissement, en ignorant l'activité d'ensemble de l'entreprise. C'est pourquoi, on parle d'analyse marginale des flux monétaires. [7]

$$\text{Cash} - \text{flows} = (\text{Recettes imputables au projet}) - (\text{Dépenses imputables au projet})$$

6. Notion d'investissement

L'investissement mobilise très souvent d'importants moyens financiers. Cette situation implique qu'un investissement ne peut se réaliser sans étude préalable entraînant des hypothèses et des choix. En économie d'entreprise, les décisions concernant les investissements sont en général les plus risquées. [7]

7. Notion économique de l'investissement

La notion économique de l'investissement englobe non seulement les achats de biens, d'équipement, mais également d'autres dépenses :

- ❖ Formation du personnel.
- ❖ Programme de recherche développement.
- ❖ Construction de prototype. [1]

8. Notion financière de l'investissement

Du point de vue financier, un investissement englobe toute dépense qui générera des revenus ou réalisera des économies sur les périodes plus ou moins longues et qui est capable d'assurer son remboursement.

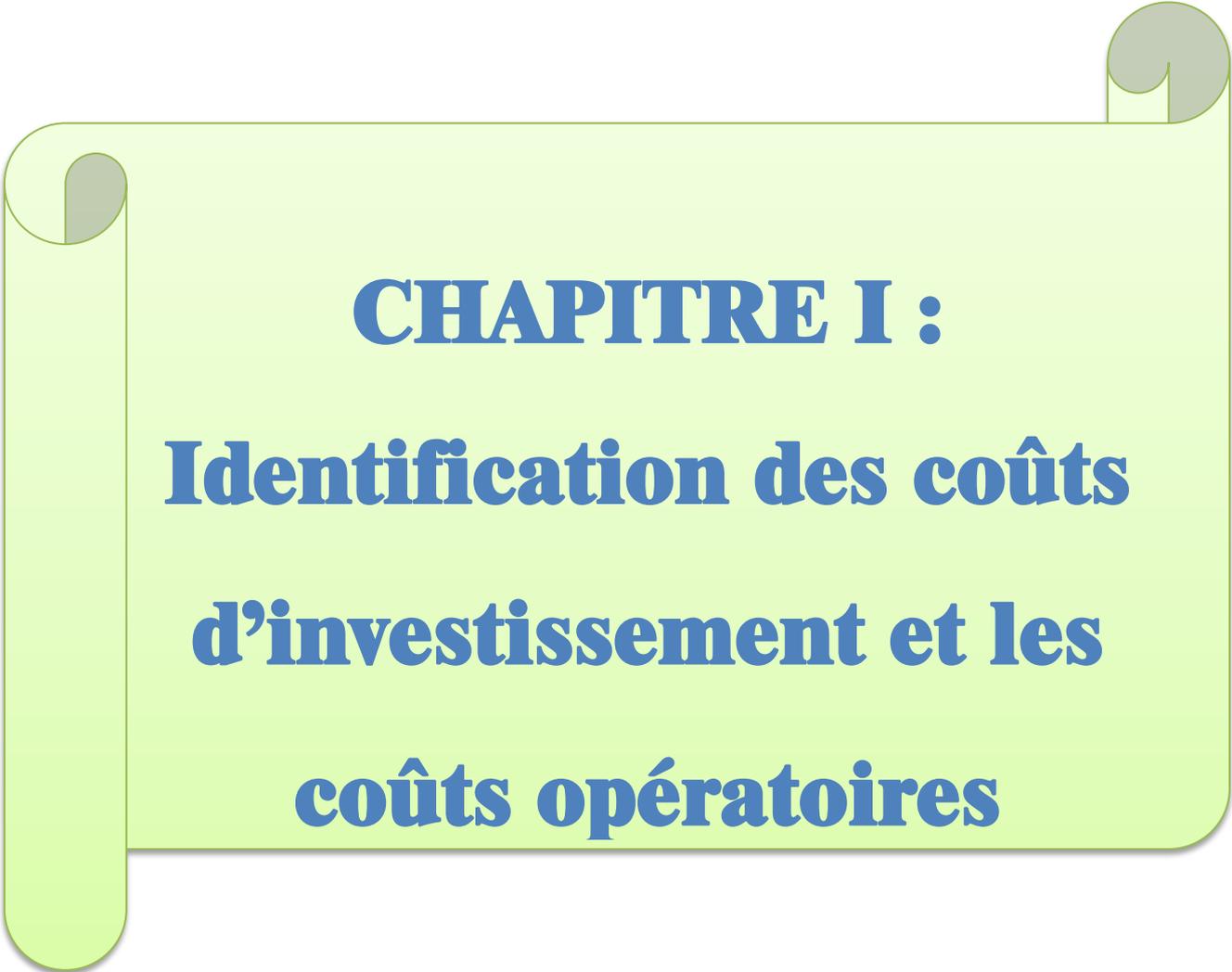
La vision financière de l'investissement met en avant l'équilibre dans le temps entre les ressources et les emplois. L'investissement exige pour sa réalisation, des capitaux permanents en adéquation avec sa nature.

Sur le plan financier, réaliser un investissement ne se limite pas seulement à mobiliser les moyens financiers nécessaires à l'achat des équipements et autres moyens, mais englobe également la mobilisation de moyens financiers supplémentaires en mesure de financer l'augmentation d'activité qui s'en suit.

Ce financement supplémentaire s'appelle « besoin en fonds de roulement d'exploitation (BFRE) ».

Le BFRE se définit comme étant égal à la différence entre :

- ✓ Les besoins nés du cycle d'exploitation.
- ✓ Les ressources provenant du cycle d'exploitation. [5]



CHAPITRE I :
Identification des coûts
d'investissement et les
coûts opératoires

I.1 Introduction

L'estimation est la procédure par laquelle le coût d'un projet minier proposé est déterminé en avance. Il y a plusieurs approches disponibles pour l'estimation des coûts d'un projet minier.

Leur choix dépend du niveau de renseignements détaillés disponibles à l'origine et de la précision exigée pour les coûts :

- ❖ Le modèle STENLY, permet d'estimer uniquement les coûts d'une exploitation à ciel ouvert et spécialement la concentration par flottation et lixiviation en tas. (O'Hara, 1992).
- ❖ Le modèle SINGER, a été conçu pour l'exploitation à ciel ouvert des gisements aurifères. (Singer, 2000).
- ❖ Les modèles qui permettent d'estimer les coûts d'une exploitation à ciel ouvert ou d'une exploitation souterraine et pour différents processus de traitement sont CAMM et O'HARA. Le modèle CAMM est développé par le Bureau Américain de Mines (USBM).

I.2 Le Modèle D'O'HARA [4] [6]

Le Modèle d'O'HARA calcule les coûts attribués aux études de pré faisabilité détaillées. De ce fait, c'est un modèle détaillé impliquant les besoins particuliers de chaque processus d'une opération et d'une installation. Cela inclut l'estimation des exigences de la main-d'œuvre spécifiques, des types de provisions et leur consommation, par jour (ou par tonne), et du matériel (type, nombre) et son utilisation.

Ainsi, il permet d'estimer directement tous les postes bien rattachés à un paramètre (bâtiment, équipement, effectif...) et indirectement les autres postes en :

- ❖ Fonction des effectifs productifs pour les effectifs des services ;
- ❖ Pourcentage des investissements productifs ;
- ❖ Fonction des investissements en matériel et des coûts opératoires.

I.2.1 Les paramètres principaux des coûts d'investissement :

Les paramètres principaux pour l'identification des coûts d'investissement sont les suivantes :

- 1) La production journalière de minerai et de stérile ;
- 2) Le tonnage (ou le volume) de découverte préalable ;
- 3) La dimension des pelles et camions;
- 4) La productivité moyenne pour les effectifs (directement fonction du degré de mécanisation) ;
- 5) Le type d'équipement pour la consommation d'énergie.

A partir de ces paramètres, la plupart des postes d'investissement sont évalués au moins en ordre de grandeur. Le modèle O'HARA permet d'estimer directement tous les postes bien rattachés à un paramètre (bâtiments, équipements, effectifs ...etc.) et indirectement les autres postes, comme les frais généraux en pourcentage des investissements productifs ; effectifs des services surfaciques en fonction des effectifs productifs ; fond de roulement en fonction des investissements en matériel et des coûts opératoires.

I.2.2 Les paramètres principaux des coûts opératoires :

Les paramètres principaux pour l'identification des coûts opératoires sont les suivantes :

- 1) La méthode d'exploitation, pour la mine;
- 2) Les coûts unitaires de main d'œuvre;
- 3) Le rendement du personnel dans les différentes opérations, qui dépend du matériel utilisé et des conditions de chantier, donne accès aux coûts directs de main d'œuvre, en fonction de la production choisie;
- 4) La production journalière du minerai et du stérile.

Ces paramètres, peu nombreux, ne donnent facilement accès qu'aux coûts directs, mais la plupart des coûts indirects ou généraux sont estimés à partir des coûts directs ou d'éléments de l'investissement.

Les coûts opératoires sont évalués soit en fonction des effectifs (services), soit en fonction de la production journalière (mine et laverie), en particulier la laverie par substances traitées et les mines souterraines par la méthode d'exploitation et par la dimension des chantiers.

I.3 Description de différentes opérations du modèle et leurs équations d'estimation [5] [6]

Dans cette partie, nous décrivons les équations d'estimation pour chaque opération d'exploitation et pour chaque procédé de traitement. Ces équations ont été développées sur la base des coûts réels des projets des mines d'Amérique du Nord. Dans chaque opération il y a plusieurs équations d'estimation mais on va choisir les équations qui répondant aux conditions géologiques de notre gisement de Bled El Hadba.

Les coûts opératoires d'un projet minier sont dépendants de beaucoup de facteurs qui doivent être évalués avant l'estimation. Le facteur le plus important simulant les coûts est la taille de la mine et les processus d'usine de traitement.

I.3.1 Le coût d'investissement

I.3.1.1 Exploitation souterraine

1. Besoins du personnel (effectif d'exploitation) :

Les coûts d'investissement et les coûts opératoires sont influencés par le nombre d'employés requis pour le fonctionnement de la mine, de la laverie et les services à n'importe quel tonnage journalier spécifique. En effet, le nombre d'employés exigés varie avec les méthodes d'exploitation utilisées, la géométrie du gisement et la mécanisation ou automatisation d'une opération. En général, le besoin d'effectif est proportionnel à la cadence d'exploitation et inversement proportionnel à la largeur des chantiers d'exploitation du gisement. Il est estimé par l'équation :

$$N_{mn} = \frac{3.2 \cdot T_j^{0.7}}{W^{0.5}} \quad 1$$

Ou

W : la largeur de la couche minéralisée.

T_j : Le tonnage journalier = $\frac{\text{production annuelle}}{\text{nombre des jours ouvrables par an}}$ 2

a) Détermination de la production journalière

Production annuelle :

On peut l'estimer par la relation suivante [10]

$$production\ annuelle = reserves\ mesurées / durée\ de\ vie\ estimé \quad 3$$

La durée de vie de la mine est estimée par la formule de Taylor

$$durée\ de\ vie = 0,2 \times \sqrt[4]{tonnage\ de\ minerai} \quad 4$$

Sachant que le tonnage de minerai pour la partie d'étude vaut 199 097 261 tonne. [9]

Donc :

$$durée\ de\ vie = 0,2 \times \sqrt[4]{199\ 097\ 261} = 23,75 \approx 24\ ans$$

Finalement

$$production\ annuelle = 199\ 097\ 261 / 24 = 8\ 295\ 719\ tonne/an.$$

Nombre de jours ouvrables par an :

La mine n'ouvre que cinq jours par semaine. Donc les jours ouvrables par an seront :

$$N_{jo} = N_{jan} - N_{jf} - N_{jr} \quad 5$$

Ou :

N_{jan} : Nombre de jours par an = 365 jours.

N_{jf} : Nombre de jours fériés par an = 11 jours.

N_{jr} : Nombre de jours de repos par an = 79 jours.

$$N_{jo} = 365 - 11 - 79 = 275\ jours.$$

AN:

$$T_j = 8\ 295\ 719 / 275 = 30\ 166\ tonne/jour$$

2. Besoin d'énergie électrique

La charge maximale en kilowatts est fonction du modèle d'exploitation appliqué et le type de transport de minerai abattu. Elle est estimée par l'équation :

$$K_w = 165 T_j^{0.5} \quad 6$$

3. **Le coût d'investissement** : les couts d'investissement se calcul par le modelé d'O'HARA a partir les équations semi-empiriques qui sont détaillées dans les étapes suivantes

a. Préparation du site

Les coûts d'investissement pour le chevalement minier, la salle de treuil, les vestiaires, et les bâtiments de divers services dépendent de la surface à préparer, en tenant compte de la densité botanique et l'inclinaison de la surface. Le bon choix de l'emplacement de l'installation de levage permet une dépense limitée d'où une flexibilité d'optimiser les coûts de préparation du site, tout en évitant les conditions défavorables des roches pour le fonçage des puits ou le terrain instable pour les infrastructures surfaciques des puits. Ce coût est estimé par l'équation :

$$C_0 = 2000 A^{0.9} \quad 7$$

L'estimation de la superficie du terrain à aménager est proportionnelle à la cadence d'exploitation.

La superficie du site est estimée par l'équation :

$$A = 0.011 T_j^{0.7} \quad 8$$

b) Le fonçage

Les coûts de fonçage d'un puits incluent le coût d'installation de fonçage provisoire et le soutènement du puits et le coût de creusement qui tend à augmenter pendant l'approfondissement du puits à cause de l'évacuation des déblais du fond du puits et l'excavation des stations pendant l'approfondissement du puits. Le volume de fonçage dépend essentiellement de la forme et de la section des puits. L'équation

$$d = 5.5 T_j^{0.15} \quad 9$$

Évalue le diamètre d'un puits de forme circulaire.

Le cout d'investissement évalue par l'équation :

$$C_0 = 214\,900 d^{0.5} + 2\,550 F d^{0.7} \quad 10$$

Ou F : la profondeur de puit.

c) Le développement de la mine et la préparation à l'abattage

Le développement d'une mine souterraine se compose de deux parties :

1) Développement des galeries, des rampes, des cheminées, des cheminées de ventilation, des sous-stations, et des puisards pour fournir les services d'accès à l'exploitation et suffisamment de minerai pendant les premières années de la production.

La préparation des chambres subséquentes aura préparé le minerai en quantité suffisante pour les six mois supplémentaires d'abattage. Ce coût est approprié pour une roche dure exigeant peu ou pas de soutènement.

Le coût de développement de la mine pour un corps de minerai ayant une largeur moyenne W et un taux prévu de production journalière T de tonnes de minerai serait déterminé par l'équation

$$C_0 = \frac{36200 \left(\frac{T_j}{\gamma}\right)^{1.2}}{W^{0.9}} \quad 11$$

γ : la densité du minera

Le coût de préparation initiale au dépilage, équivalent à 125 fois le tonnage journalier prévu du minerai dépend du type de méthode d'abattage à utiliser.

$$C_0 = 10620 T_j^{0.48} W^{0.2} \quad 12$$

d) Les équipements d'abattage

Ce coût inclut tous les équipements de forage, chargement, et transport de minerai, où un tel équipement n'est pas fixé en place ni installé sur des bases.

Le coût d'équipement mobile d'une mine varie avec les tonnes journalières exploitées, mais les mines avec un même tonnage journalier peuvent varier dans le coût et le degré de mécanisation si celles-ci ont des gisements de puissances différentes.

La largeur des chambres d'abattage détermine l'utilisation possible des foreuses mobiles, des chargeurs de grande capacité, et d'équipement de transport. Pour adapter un tel équipement, de grandes ouvertures de développement sont exigées. Le choix de la méthode d'abattage est restreint dans des mines à faible puissance. Le forage est effectué manuellement avec des foreuses commandées, et le chargement ou le raclage de minerai est accompli avec de petits équipements pneumatiques. Le coût d'équipement pour le dépilage est déterminé par l'équation :

$$C_0 = \frac{3600 T_j^{0.8}}{W^{0.3}} \quad 13$$

e) Le système de ventilation:

Pour la puissance totale installée est estimée par l'équation

$$H_p = 0.88 T_j^{0.9} \quad 14$$

La pression typique du ventilateur et les puissances installées peuvent varier considérablement si les ouvertures de la mine sont petites par rapport au tonnage du minerai extrait quotidiennement. Le coût du système de ventilation est influencé par l'ampleur de la mécanisation dans les activités de forage, de chargement, et de transport. Cependant, ce coût sera légèrement diminué par les grandes ouvertures de développement nécessaires à l'adaptation de cet équipement. En général, la mesure la plus fiable du coût du système de ventilation installé est la puissance totale installée de tous les ventilateurs dans le système. Le coût du système de ventilation est calculé d'après l'équation :

$$C_0 = 7500 H_p^{0.6} \quad 15$$

f) Le système d'approvisionnement d'eau

Le coût du système d'approvisionnement en eau dépend principalement du volume de forage et le type de foreuses utilisées pour le développement de la mine. Il est déterminé par la formule :

$$C_0 = 5.3 T_j^{0.4} \quad 16$$

g) L'atelier de réparation souterrain :

On estime le coût d'équiper et de stabiliser une excavation souterraine pour un atelier de réparation avec une production de minerai T en tonnes par jour par l'équation :

$$C_0 = 14.6 T_j^{0.4} \quad 17$$

h) Les installations d'air comprimé

La capacité de l'installation d'air comprimé est évaluée par l'équation

$$C = 130 T_j^{0.5} \quad 18$$

Le coût des compresseurs et de tout équipement accessoire installé dans une installation de compresseur sur des fondations en béton peut être estimé par l'équation

$$C_0 = 920 C^{0.7} \quad 19$$

i) Tuyauterie installée pour la Distribution d'air comprimé et d'eau

Le coût de la tuyauterie installée pour distribuer l'air comprimé et l'eau à tous les lieux de travail dans la mine dépend principalement de la longueur de développement latéral exprimée

$$L = \frac{1276 T_j^{0.6}}{W^{0.4}} \quad 20$$

Le coût de la tuyauterie installée peut être déterminé par

$$C_0 = 2.8 L^{0.9} C^{0.3} \quad 21$$

j) Distribution électrique souterraine :

Le coût des sous-stations et des câbles souterrains d'électricité dépend de la charge maximale de la mine en kilowatts. Puisque la remontée est alimentée de la distribution électrique surfacique, la puissance d'énergie et la charge maximale des équipements de la mine souterraine n'absorberont pas plus de 15% de la charge électrique totale. On estime le coût d'installation des sous-stations et les câbles électriques souterrains à partir de l'équation :

$$C_0 = 1600 K_w^{0.9} \quad 22$$

I.3.1.2 Traitement :

Il est supposé que la laverie traite un tonnage journalier de minerai identique que le tonnage journalier de minerai exploité, La section de concassage fonctionne selon le calendrier de la mine et s'il y a une capacité de stockage de minerai concassé suffisante pour maintenir le processus de traitement en activité quand le concassage est arrêté pour des réparations ou d'entretien régulier. L'estimation des coûts de traitement est fondée sur l'hypothèse que la capacité de traitement est le tonnage journalier exploité. Dans tous les cas où les coûts sont présentés en fonction des tonnes de minerais par jour T, le nombre T est la capacité quotidienne.

1. Besoin du personnel :

Le nombre d'effectif de traitement d'un minerai riche et pour concentration gravimétrique est évalué par l'équation :

$$N_{ml} = 7.2 T_j^{0.3} \quad 23$$

2. Les coûts d'investissement :

a) Le béton des fondations de la laverie :

Le coût de béton des fondations des installations de la laverie, les trémies de stockage du minerai concassé, coûtera probablement entre 350\$ et 900\$/yd³ n. Selon son utilisation, s'il est utilisé pour une forme simple avec peu d'acier de renforcement ou pour une forme complexe fortement renforcée. Le coût réel peut être sensiblement plus haut si le béton est programmé pour être utilisé en hiver.

Il est difficile d'estimer la forme et le volume de béton avant que ces formes aient été conçues, et par conséquent les coûts réels liés au volume concret sont incertains pour l'évaluation préliminaire. Cependant, on peut estimer ce coût pour des laveries traitant T de tonnes de minerai par jour (n'assumant aucune difficulté) par l'équation

$$C_0 = 30\,000 T_j^{0.5} \quad 24$$

b) La section de concassage primaire:

Le coût d'excavation et du béton des fondations de concassage primaire, l'installation du concasseur, construction de la trémie et le grizzly, plus les convoyeurs du minerai sous le concasseur, est calculé par l'équation :

$$C_0 = 15000 T_j^{0.7} \quad 25$$

c) La section de broyage et le stockage du minerai concassé :

Ce coût inclut le bâtiment de la section de broyage, l'équipement installé et les convoyeurs. Les trémies de stockage doivent avoir une capacité suffisante pour fournir l'alimentation du traitement pour au moins le nombre de jours que l'usine de concassage est au repos dans la semaine.

Le coût des trémies de stockage du minerai concassé sera proportionnel au poids d'acier utilisé en construisant ces trémies. La taille et le coût de broyage dépendent des tonnes de minerai par jour à broyer par chaque broyeur, mais également de la dureté du minerai, qui est mesurée par les indices technologiques et la finesse de broyage exigée pour atteindre la concentration et la récupération optimale. Le coût de broyage et des trémies de stockage peut être évalué par l'équation :

$$C_0 = 18700 T_j^{0.7} \quad 26$$

d) Coût de la section de concentration et les sections relatives :

Les coûts d'investissement dans cette section couvrent l'achat et l'installation de tout équipement exigé pour enrichir le minerai ou extraire le métal. Ces coûts d'investissement incluent l'équipement et les réservoirs d'épaississement, filtration, précipitation, lixiviation, extraction par solvants, etc., plus outre la tuyauterie du processus, les câbles électriques, et contrôle du cycle de processus.

Les minerais non sulfureux contenant des métaux qui ne répondent pas à la flottation, et qui sont séparés par des méthodes spécialisées de concentration gravimétrique, sont estimés par l'équation

$$C_0 = 5\,000 T_j^{0.7} \quad 27$$

e) Le stockage initial des rejets :

Il y a beaucoup d'aspects liés au site de stockage des rejets tel que la topographie, la distance de la laverie à l'emplacement des rejets, les contraintes environnementales, etc., qui pourraient rigoureusement changer les coûts de stockage des rejets. Cependant, si tous les aspects défavorables sont absents, et un emplacement approprié, et la nature des rejets n'a pas d'effets néfastes sur l'environnement, le coût minimum de stockage des rejets peut être estimé par la formule :

$$C_0 = 20\,000 T_j^{0.5} \quad 28$$

f) Le système d'approvisionnement d'eau :

Le coût des stations de pompage d'eau douce, des stations de recyclage d'eau, et des dispositions pour l'approvisionnement en eau de protection contre les incendies, plus l'approvisionnement en eau potable, change selon la topographie locale, la proximité et la nature des sources voisines. S'il y a une source appropriée de l'eau à deux miles de la laverie, et la topographie est douce, le système d'approvisionnement en eau peut être calculé par la formule :

$$C_0 = 14\,000 T_j^{0.7} \quad 29$$

g) Les stations électriques :

La charge maximale d'électricité peut être estimée par l'équation :

$$K_w = 78 T_j^{0.6} \quad 30$$

Les coûts d'investissement des équipements électriques pour l'exploitation et les installations de traitement dépendent principalement de la puissance électrique. Le coût de la puissance d'alimentation dépend du cas si la puissance est développée par une charge électrique existante ou par l'installation des génératrices en parallèle. Si la mine est fournie avec la puissance de service, le coût d'une station de service avec les transformateurs abaisseurs sera estimé par l'équation :

$$C_0 = 580 K_w^{0.8} \quad 31$$

Le coût de la distribution de puissance de basse tension englobe la distribution pour la surface de la laverie, la station de concassage, et les installations de surface, y compris l'installation de

levage et du compresseur si c'est une mine souterraine, mais à l'exclusion probable de la distribution pour la surface du champ minier de la mine à ciel ouvert ou le fond de la mine souterraine. Il est estimé par l'équation :

$$C_0 = 1\,150 K_w^{0.8} \quad 32$$

I.3.1.3 Le coût des services des installations de surface :

a) Besoin d'effectif:

Le nombre du personnel administratif et technique exigé pour l'exploitation et le traitement peut être estimé comme un pourcentage du total exigé pour la mine, le traitement, et les services. Est déterminé par :

$$N_{sv} = 20.6 \% (N_{ml} + N_{mn}) \quad 33$$

b) Bureau administratif:

La surface du sol par personne tend à augmenter pendant que le nombre du personnel administratif et technique N_{at} devient plus grand. Ceci reflète les registres complexes de la comptabilité et du personnel technique et de la part d'espace pour les installations informatiques et des plans d'exploitation...etc.

L'évaluation de la surface à préparer et le coût sont déterminés respectivement par les formules :

$$A = 35 N_{sv}^{1.3} \quad 34$$

Et par suit :

$$C_0 = 155 A^{0.9} \quad 35$$

c) Entrepôt de surface :

Ceci devrait s'adapter à tous les approvisionnements et pièces de rechange pour la mine, la laverie, et les équipements de service qui doivent être gardés à l'intérieur. Des approvisionnements volumineux tels que le bois de charpente, l'acier de construction, etc., peuvent être stockés à l'extérieur dans la plupart des climats. Le coût de l'entrepôt est estimé par l'équation :

$$C_0 = 10000 T_j^{0.5} \quad 36$$

d) Installations diverses de surface :

Ceci inclut les véhicules et les garages tout usage, les stations de sécurité et la clôture, parkings et les services divers. Le coût de cet article est déterminé par l'équation :

$$C_0 = 750 T_j^{0.4} \quad 37$$

I.3.2 Cout opératoires

I.3.2.1 Cout d'exploitation Souterrain (Les coûts opératoires par jour) :

Le coût par jour pour d'exploitation inclut le coût de main-d'œuvre et des provisions pour la foration, tir, soutènement, chargement, et le transport du minerai exploité de chaque chambre d'abattage. Ce coût couvre le travail effectué par l'équipe d'abattage et de déblayage seulement et n'inclut pas la main-d'œuvre et les approvisionnements impliqués dans le concassage, le transport. De plus, il n'inclut pas les services généraux de la mine, la surveillance ou les activités générales de la mine qui ne sont pas spécifiques à la méthode d'exploitation, employées pour récupérer le minerai des chambres d'abattage.

Les coûts d'abattage sont estimés par l'équation :

$$C_{op} = 146 T_j^{0.6} \quad 38$$

a) Le levage

Quand le minerai souterrain est remonté, le coût par jour dépend principalement des tonnes de minerai levé par jour. La taille du minerai abattu à remonter influe peu sur le coût de levage journalier. Par conséquent, le type de méthode d'abattage utilisé a peu d'effet sur le coût de levage.

Et la formule calcule le coût de levage

$$C_{op} = 4.7 T_j^{0.8} \quad 39$$

b) Electricité :

Le coût opératoire de consommation d'électricité par jour est estimé par la formule

$$C_{op} = 164 T_j^{0.56} \quad 40$$

I.3.2.2 Coûts de traitement :

a) Concassage primaire :

Ce coût inclut le coût de concassage primaire, le coût de transport du minerai concassé au stock tampon, plus les coûts opératoires du stock tampon. Il est déterminé par l'équation :

$$C_{op} = 7.9 T^{0.6} \quad 41$$

b) Broyage et stockage :

Ce coût inclut les trémies de stockage du minerai fin et les broyeurs à barre, les broyeurs à boulets, et/ou des classificateurs. Il est estimé par la formule :

$$C_{op} = 4.9 T^{0.8} \quad 42$$

c) Concentration :

Ceci inclut les coûts opératoires de toutes les sections qui impliquent la concentration du minerai par gravimétrie, la formule suivante détermine ce coût pour des minerais non-flottables qui répondent à la gravimétrie :

$$C_{op} = 41 T^{0.7} \quad 43$$

Les coûts de stockage des rejets et d'analyse pour différentes concentrations sont estimés respectivement par les formules : $C_{op} = 0.92 T^{0.8}$ et $C_{op} = 1.27 T^{0.8}$

Ou T : le tonnage de phosphate récupérable.

D'après les études d'analyses le taux de récupération égale 0,75.

d) Services généraux :

Ce coût inclut la surveillance et l'entretien et de la consommation énergétique pour différentes concentrations. Il est évalué par l'équation :

$$C_{op} = 40.8 T^{0.6} \quad 44$$

I.3.2.3 Coût pour l'effectif :

Le coût dépend du coût journalier de chaque personne et du nombre d'employés d'entretien et des services généraux. Il est évalué par la formule :

$$C_{op} = C_j \cdot (N_{mn} + N_{ml}) \quad 45$$

Ou C_j : le coût journalier par personne.

I.4. Calcul du coût d'investissement total :

I.4.1 Identification des paramètres :

Les paramètres d'exploitation	Les valeurs	Unité
production annuelle	8 295 719	Tonne
durée de vie	24	Ans
nombre de jours travaillés	275	Jours
T_j : cadence souterrain	30 166	Tonne
W : largeur de chantier	1 525	Pied
d : diamètre de puits	25	Pied
F : profondeur de puits	705 / 215	Pied
H_p : puissance total installée	9 463	Livre
K_w : charge max d'électricité	28 658	Kilowatt
C : capacité de l'air comprimé	22 578	C/m
L : longueur de développement	20 605	Pied
Surface à préparer	14	Acre

Tableau I.01 : Les paramètres d'exploitation [8]

I.4.2 Calcul des coûts d'investissement:

a. L'exploitation souterraine :

Opération	Coûts (\$)
préparation du site	21 505
Fonçage	6 292 891
Développement	4 552 812
préparation de la chambre	6 500 503
Abattage	1 530 860
Ventilation	1 822 546
approvisionnement d'eau	328
atelier de réparation	904
Air comprimé	1 026 520
Tuyauterie installés	432 535
Electricité	16 430 140
Total	38 611 544

Tableau I.02 : Cout de l'exploitation souterraine

b. Calcul du coût de traitement

Opération	Coûts
préparation de la laverie	5 210 509
concassage primaire	20 499 991
broyage et stockage	25 566 655
Concentration	6 833 330
Rejets	3 473 672
approvisionnement d'eau	19 133 325
sous station d'électricité	2 674 682
Distribution en surface	5 303 037
Total	88 695 201

Tableau I.03 : Cout de traitement

c. Services généraux

1. Identification des paramètres :

Les0 paramètres	Les valeurs
effectif d'exploitation souterrain	62
effectif de traitement	158
effectif des services de surface	44
Surface des bureaux [Acre]	4 792

Tableau I.04 : Les paramètres d'effectifs

2. Calcul du coût des services généraux

Construction	Les couts (\$)
Bureaux administratifs	318 297
entrepôt de surface	1 736 836
installation diverse de surface	46 437
Total	2 101 570

Tableau I.05 : Cout des services généraux

d. Le coût total d'investissement

L'opération	Cout(\$)
Le coût d'exploitation en souterrain	38 611 544
coût de traitement	88 695 201
coût des services généraux	2 101 570
Total	129 408 315

Tableau I.06 : Cout total d'investissement

I.5 Le coût opératoire total:

a) Exploitation souterrain

Opération	Cout (\$)
Abattage	71 132
Levage	18 018
Electricité	52 890
Total par jour	142 040
Total par an	39 061 000

Tableau I.07 : Cout opératoire d'exploitation

b) Traitement :

Opération	Cout (\$)
Concassage	3 848
Broyage	18 785
Concentration	56 033
services généraux	19 879
total par jour	98 545
total par an	27 099 875

Tableau I.08 : Cout opératoire de traitement

c) Cout pour l'effectif

	Valeur	unité
Le besoin effectif total	264	Person
Coût moyen par personne/an	12 800	\$/an
Coût des besoins en effectif/an	3 379 200	\$/an

Tableau I.09 : Coûts d'effectif

d) Calcul du total des coûts opératoires :

Le coût global est égal à la somme des coûts suivants :

- les coûts opératoires de la partie en souterrain ;
- les coûts opératoires de traitement ;
- Les coûts de besoins en effectifs.

	Cout (\$/an)
le coût opératoire de souterrain	39 061 000
le coût opératoire de traitement	27 099 875
Coût des besoins en effectif/an	3 379 200
Total par an	69 540 075

Tableau I.10 : Cout opératoire total

e) Le coût opératoire par tonne produite :

Le coût opératoire unitaire par tonne de phosphate produite est égal à la division du coût opératoire global par an sur la quantité produite.

La quantité produite est égale à la quantité de tout-venant produite multiplier par le taux de récupération qui égal à 75%. [9]

	Les valeurs	Unité
quantité de tout-venant produite	8 295 719	Tonne/an
Quantité de phosphate produite	6 221 789	Tonne/an
coût opératoire global par an	69 540 075	\$/an
Le coût opératoire unitaire par tonne de phosphate produite	11,18	\$/tonne

Tableau I.11 : Cout opératoire unitaire

I.6 L'actualisation et conversion en Dinar Algérien des coûts :

Ces valeurs calculées en dollar de 1986 pour les actualiser il faut multiplier par un index d'actualisation de dollar 1986-2017, ensuite les convertir en Dinar Algérien

1. Les coefficients d'actualisations

Les coûts du modèle présentent les coûts réels des mines d'Amérique du Nord de l'année 1986, leur actualisation est accomplie par les index des coûts. Ces derniers permettent de mesurer l'évolution des coûts de l'année de base 1986. La mise à jour des équations est effectuée par :

- La division d'index de l'année spécifiée par l'index de l'année de base (1986) puis, multiplié l'équation par ce facteur.
- Cependant, pour l'Algérie aucune étude n'est faite à présent dans l'actualisation des coûts de l'industrie minière.

On peut calculer maintenant les coûts actualisés, mais il reste une estimation, et on peut calculer les coûts en changeant l'index d'actualisation par la simulation rejointe avec le

rapport $\frac{\text{index } 2017}{\text{index } 1986}$

Tel que Index 2017 égal 244,524 ; et l'index 1968 égal 109.86 [12]

2. Le taux de change :

Le taux moyen de change en 2017 entre dollar et dinar est égal à 109,8. Pour cela la multiplication des valeurs actualisées par le taux de change on obtient le coût d'investissement et le coût opératoire en Dinar Algérien. [13]

I.7 Le coût global d'investissement :

1. Le coût global actualisé en Dollar :

$$\text{Le coût global actualisé en Dollar} = 129\,408\,315 * \frac{244.524}{109.86}$$

Donc le coût total d'investissement s'élève à 288 034 215 \$.

2. Le coût global en Dinar Algérien

$$\text{Le coût global en Dinar} = 288\,034\,215 \times 109.8$$

Donc le coût total d'investissement s'élève à 31 395 729 KDA.

I.8 Le coût opératoire global :

Pour calculer le prix de revient d'un travail effectué ou d'une opération ou le prix d'entreprise, il faut donc faire la somme des dépenses effectuées dans une certaine période (mois, an,...) et diviser cette somme par le nombre d'unités de production obtenues dans la même période.

a. Le coût opératoire en Dollar actualisé

$$\text{Le coût global actualisé en Dollar} = 69\,540\,075 * \frac{244.524}{109.86}$$

Donc le coût total d'investissement s'élève à 154 780 787 \$/an.

b. Le coût opératoire global en Dinar Algérien

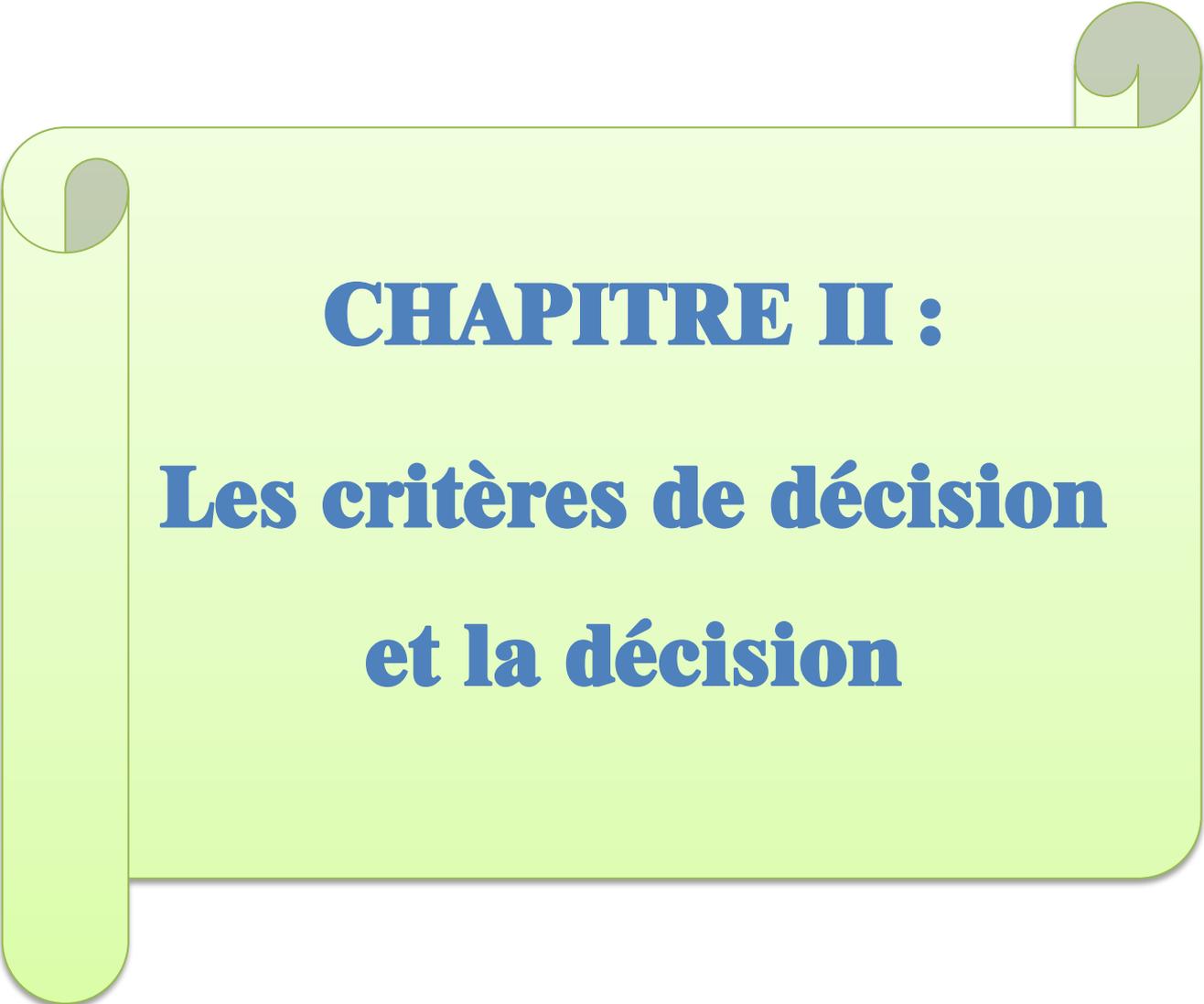
$$\text{Le coût global en Dinar} = 154\,780\,787 \times 109.8$$

Donc le coût opératoire total s'élève à 16 994 930 KDA.

c. **Le coût opératoire par tonne produite :**

	Les valeurs	Unité
quantité de tout-venant produite	8 295 719	Tonne/an
Quantité de phosphate produite	6 221 789	Tonne/an
coût opératoire global par an	16 994 930	KDA/an
Le coût opératoire unitaire par tonne de phosphate produite	2,73	KDA/tonne

Tableau I.12 : Cout opératoire unitaire actualisé



CHAPITRE II :
Les critères de décision
et la décision

II.1 Introduction :

Ce chapitre sera consacré à la décision de l'investissement du gisement de Bled El Hadba, pour cela on calcule les différents facteurs (chiffre d'affaire, dépenses, prix unitaire, cashflow), et on applique les critères de décision (TMR, DR, DA, la VAN, IP, TRI) pour voir la rentabilité de ce gisement.

II.2 Calcul des facteurs principaux [2] [5]

On calcule tous les facteurs permettant d'utiliser les différents critères de décision:

II.2.1 Prix de vente :

Le prix de vent de phosphate brute dans le port d'Annaba est déterminé par la société minier (SOMIPHOS) d'après le complexe de Gbel Onk égale à 73 \$/t.

Les couts de transport sont estimées par les valeurs suivantes :

- Cout de transport ferroviaire : 9,22 \$/t;
- Cout de transport par camions : 8,62 \$/t;
- Coûts portuaires : 4\$/t.

Donc le cout totale vaut : 21,84 \$/t. le prix de vent devient $73 - 21,84 = 51,16$ \$/t qui vaut 5.16 KDA/t [9]

II.2.2 Dépense :

*Dépense = coût opératoire par unité produite * la quantité de tout venant* 46

AN

$$Dépense = 2.73 * 8\ 295\ 719 = 22\ 647\ 313\ KDA$$

II.2.3 Chiffre d'affaire :

Le chiffre d'affaire désigne le total des ventes de biens et de services réalisées par une entreprise sur un exercice comptable. Il est exprimé en unités monétaires. Il constitue généralement la valeur marchande de la majorité des produits.

*chiffre d'affaire = prix de vente unitaire * Quantité de phosphate produite* 47

AN :

Chapitre II : Les critères de décision

$$\text{chiffre d'affaire} = 5.6 * 6\,221\,789 = 34\,842\,018 \text{ KDA}$$

II.2.4 Résultat brute :

$$\text{Résultat brute} = \text{Chiffre d'affaire} - \text{Dépense} \quad 48$$

AN :

$$\text{Résultat brute} = 34\,842\,018 - 22\,647\,313 = 12\,194\,705 \text{ KDA}$$

II.2.5 Besoin de fond de roulement d'exploitation (BFRE)

Le **BFRE** se définit comme étant égal à la différence entre :

- Les besoins nés du cycle d'exploitation.
- Les ressources provenant du cycle d'exploitation

$$\text{BFRE} = \text{Chiffre d'affaire} * \text{Ratio} \quad 49$$

$$\text{Ratio} = 60/275 = 0,21$$

AN :

$$\text{BFRE} = 34\,842\,018 * 0,21 = 7\,316\,823,78 \text{ KDA}$$

II.2.6 Amortissement

$$\text{Amortissement} = \frac{\text{investissement fond propre}}{\text{durée de vie}} \quad 50$$

AN :

$$\text{Amortissement} = \frac{9\,418\,718,7}{24} = 392\,446,61 \text{ KDA}$$

II.2.7 Montant emprunté

$$\text{Montant emprunté} = \text{l'investissement} * t\% \quad 51$$

$$t\% \text{ (taux fond emprunté)} = 70\%$$

II.2.8 Amortissement d'emprunt

$$\text{Amortissement d'emprunt} = \frac{\text{Montant emprunté}}{\text{durée de vie}} \quad 52$$

II.2.9 Capital de début de période

$$\text{Capital début de période} = \text{Montant emprunté} - \text{Amortissement emprunte} \quad 53$$

II.2.10 Charges financières

$$\text{Charges financières} = \text{Capital de début de période} * i\% \quad 54$$

$$i\% (\text{intérêt}) = 6,5\%$$

les valeurs sont données dans le tableau de cash-flow.

II.2.11 Flux de financement

$$\text{Flux de financement} = -(\text{Amortissement d'emprunte} + \text{Charges financières}) \quad 55$$

II.2.12 Flux net d'exploitation

$$\text{Flux net d'exploitation} = \text{Résultat brute} - \text{BFRE} \quad 56$$

II.2.13 Flux économique

$$\text{Flux économique} = \text{l'investissement} + \text{Flux de financement} \quad 57$$

II.2.14 Flux Net de trésorerie (cash-flow)

$$\text{Cash - flow} = \text{Flux économique} + \text{Flux de financement} \quad 58$$

Coefficient d'actualisation :

Le taux d'actualisation est utilisé pour déprécier des flux futurs et déterminer leur valeur actuelle autrement dit à la date d'aujourd'hui. Ce taux est toujours positif. L'actualisation consiste à déterminer la valeur d'aujourd'hui des flux qui se produiront dans le futur : Elle permet de comparer des sommes reçues ou versées à des dates différentes

Ce coefficient est calculé par la formule suivante

$$C = (1 + i\%)^{-n} \quad 59$$

Ou

$i\%$: taux d'actualisation qui égale 12% en Algérie [8].

n : nombre d'année actuelle.

II.2.15 Cash-flow actualisé

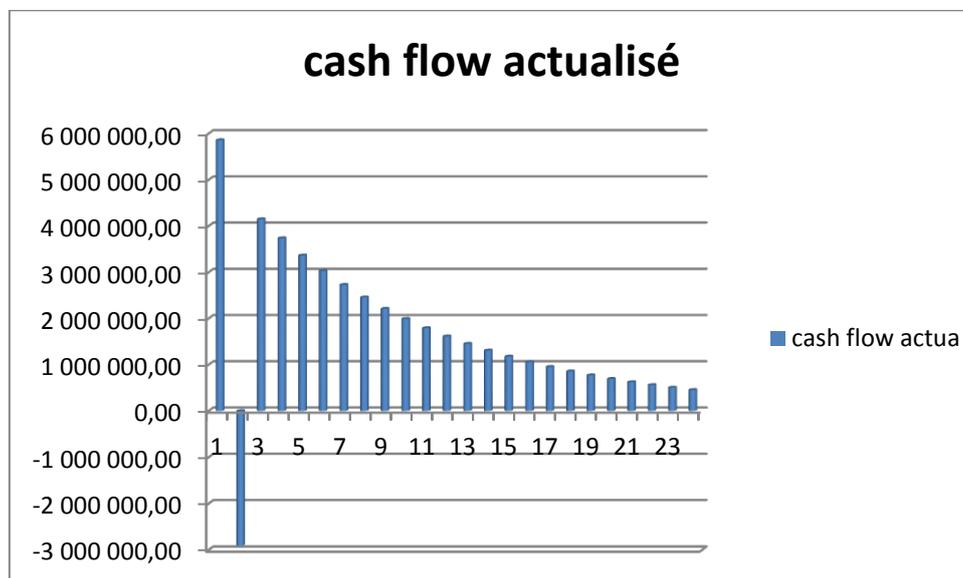
Il est calculé à partir d'une formule mathématique qui est la suivante :

$$CFNA = CFN \times (1 + i\%)^{-n} \quad 60$$

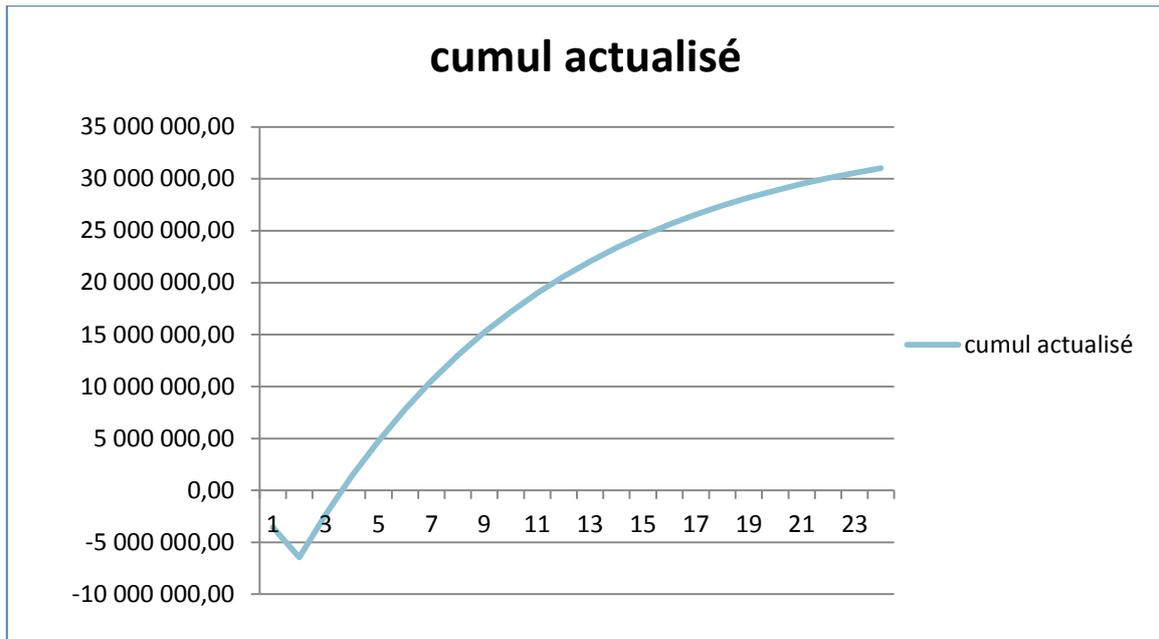
Avec:

- CFN: Valeur future du Cash-Flow net.
- CFNA : Prix actuel du Cash-flow net.
- i : Taux d'actualisation (12%).
- n : Nombre d'années.

Les résultats sont calculés dans le tableau de cash-flow dans l'annexe et représentés dans le figure suivante



FigureII.01 : cash-flow en fonction des années.



FigureII.02 : cumul actualisé en fonction des années.

II.3 Les critères de décision [7] [1]

Le processus décisionnel en matière d'investissement comporte deux phases impératives :

1. Évaluation du coût de l'investissement lui-même ;
2. Évaluation de l'exploitation dans le temps ;

La première étape consiste à évaluer le montant de l'investissement qui comprend non seulement le coût de l'investissement lui-même, mais également le besoin en fonds de roulements d'exploitation.

La deuxième étape consiste à simuler dans le temps l'exploitation de l'investissement réalisé. (Évaluer le chiffre d'affaires attendu, les charges attendues, le bénéfice attendu, les remboursements attendus, etc.).

Le choix s'effectue justement à partir de la comparaison entre le coût global de réalisation et le résultat global attendu.

La décision de l'investissement dépend des résultats obtenus par le calcul des critères de décision suivants :

II.3.1 Taux moyen de rentabilité (TMR)

Le taux moyen de rentabilité est le taux pour lequel on peut avoir combien ramène une unité monétaire investie, il est calculé par :

$$TMR[\%] = \frac{\frac{1}{n} * \sum_{t=1}^n CFN_t}{I_0} = 74 \%. \quad 61$$

Avec:

CFN_t: cash-flow net.

I₀: investissement initial.

II.3.2 Délai de récupération du capital investi (DR):

La méthode du délai de récupération est basée sur les flux nets de trésorerie (cash-flow) et non sur le revenu net.

Le délai de récupération du capital investi (DR, DRC) (encore appelé temps de retour), ou (Pay Back Period) est la date à laquelle le cumul des cash-flows nets (Flux Nets de Trésorerie) est égal au montant de l'investissement initial I₀. Mathématiquement cela se traduit par la formule:

$$DR = K - 1 + \frac{I_0 - S_{k-1}}{CFN_k} = 1,46 \text{ ans} \quad 62$$

Avec $S_k = \sum_{t=1}^k CFN_t$

On arrête le calcul de ces cumuls pour la 1^{ère} valeur de K telle que le cumul associé à S_k dépasse la valeur de l'investissement initial I₀.

II.3.3 La valeur actuelle nette (la VAN):

On appelle valeur actuelle nette, l'excédent du cumul des flux de trésorerie d'exploitation (F.N.T) actualisés, calculés sur toute la durée de vie de l'investissement, sur le montant total du capital investi (I₀).

$$VAN = \sum \text{Flux nets de trésorerie actualisés (FNT}_a) \quad 63$$

$$VAN = -I_0 + \frac{1}{(1+i)^n} * \sum_{t=1}^n FNT_t = 56\,063\,212,03 \text{ KDA}$$

Les dépenses et les recettes de chaque année sont actualisées, qu'il faut comparer soit à l'investissement initial, lorsqu'il s'agit d'un seul projet, soit à comparer entre eux quand il s'agit de deux ou plusieurs projets.

II.3.4 Taux de rentabilité interne (T.R.I) :

Le taux de rentabilité interne est le taux pour lequel la valeur actuelle nette (VAN) est nulle. C'est le taux r , pour lequel il y a équivalence entre :

- ✓ Le capital investi d'une part,
- ✓ La somme des flux nets de trésorerie d'exploitation (cash-flow), y compris la valeur résiduelle de l'investissement d'autre part actualisé au taux (r).

Le taux de rentabilité interne permet :

- De rémunérer le capital investi et non encore remboursé, et ce sur toute la durée de vie de l'investissement.
- De rembourser le capital investi.

On définit le taux de rentabilité interne comme le taux d'actualisation qui annule la VAN du projet, soit : r tel que $VAN = 0$.

$$r\% = \sqrt[n]{\frac{I_0}{\sum_{t=1}^n FNT_t}} - 1 = 19\% \quad 64$$

II.3.5 L'indice de profitabilité (IP):

L'indice de profitabilité permet de classer des projets dont on a mesuré la VAN. On le calcule comme le rapport entre les flux de trésorerie d'exploitation actualisés et l'investissement initial, soit :

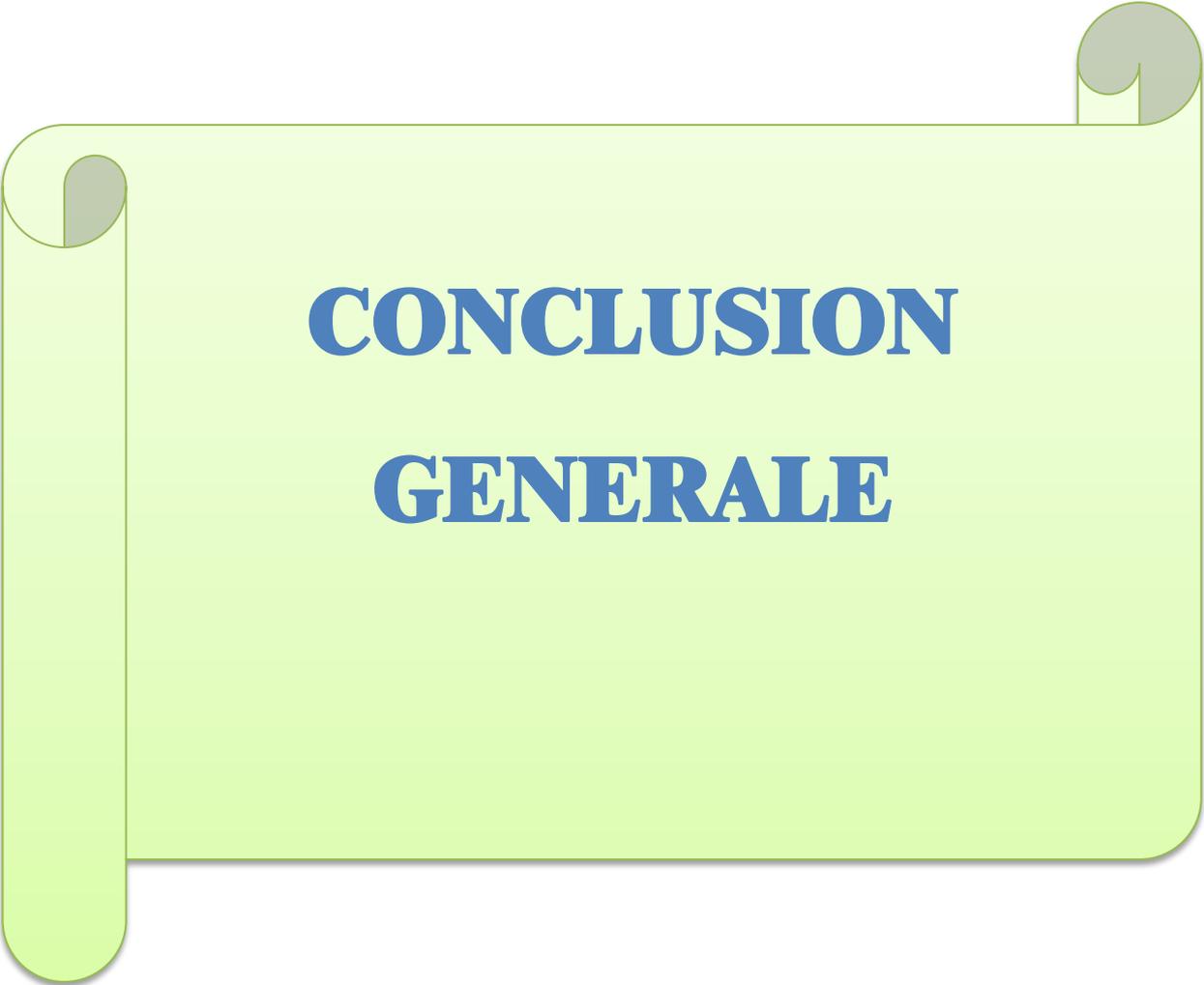
$$IP = \frac{VAN}{I_0} + 1 = 6,95 \quad 65$$

Pour qu'un projet soit acceptable, il faut que son IP soit supérieur à 1. Lorsque plusieurs projets d'investissements sont possibles, on retient celui qui possède l'indice le plus fort, à condition toutefois qu'il soit supérieur à 1.

II.4 Interprétation des résultats :

Avec un taux moyen de rentabilité est égal à 74%, une VAN positif de 56 063 212,03 KDA, un IP positif plus forte supérieur strictement à 1, le projet est économiquement rentable pendant la durée de vie qui est égale à 24 ans. Donc: ce projet est exploitable.

Comme le délai de récupération de la capitale investie est de 1 ans et 8 mois, qui est inférieur strictement à la durée de vie de projet, et le taux de rentabilité interne est de 19%, ce dernier est considéré très petit au taux d'actualisation, alors ce projet est économiquement réalisable.



CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

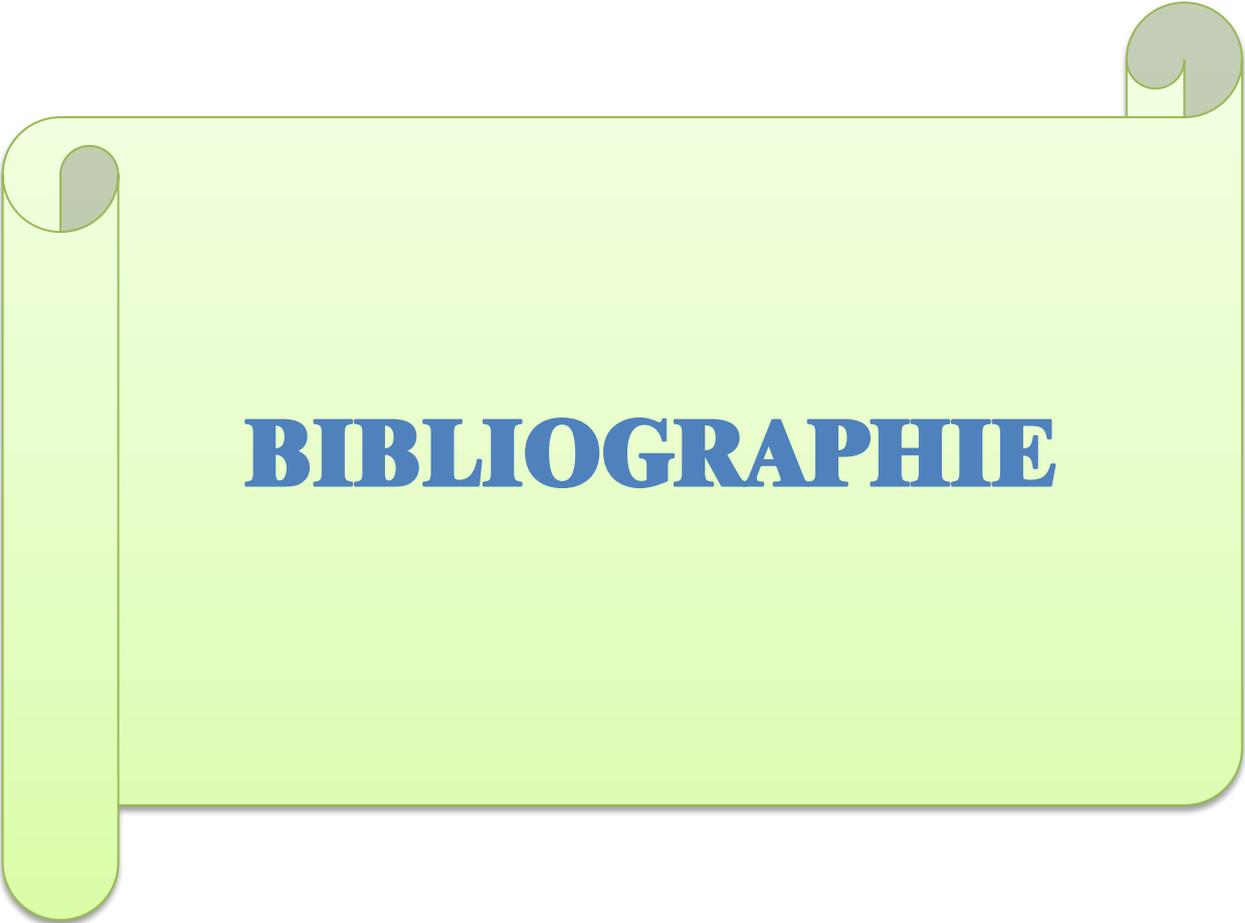
La présente étude a porté sur une réalisation d'une approche économique de l'exploitabilité du gisement de Bled El Hadba.

L'application du modèle d'O'HARA nous a permis de bien définir les paramètres d'exploitation, de traitement et mêmes les services généraux et les installations de surface ; et de calculer les couts d'investissement, les couts opératoires pour toutes les phases d'exploitation.

L'étude qu'on a effectué nous a aidé à simuler les différents cas prédits en longue temps qui sont le taux de récupération, le taux d'actualisation, l'index d'actualisation du Dollar et le taux de change.

La décision de l'exploitabilité de gisement de Bled El Hadba se prend après la détermination des facteurs principaux qui sont représentées dans le prix de vente, le chiffre d'affaire, le résultat brute, l'amortissement, les charges financières, flux de financement, flux économique et calcul de cash-flow.

A partir ce calcul, les cinq critères de décision qui sont le taux moyenne de rentabilité (TMR), le délai de récupération du capital investi (DR), la valeur actuelle nette (VAN), le taux de rentabilité interne (TRI) et l'indice de profitabilité (IP) ; le gisement de Bled El Hadba est rentable parce que la VAN et IP sont positifs ; et aussi économiquement réalisable parce qu'on a un délai de récupération inferieur à la durée de vie de gisement et le TRI considérablement petit.



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

[1] **Dr. AIT YAHIA TENE**, « Cours d'économie d'école doctorale 1^{er} année » Ecole Nationale Polytechnique 2009-2010.

[2] **DR. AIT YAHIA TENE**, « cours d'économie de 5^{ème} année génie minier » Ecole Nationale Polytechnique 2009-2010.

[3] **M. AIT KAID Yassine**, « étude économique d'exploitation de la partie inférieure du gisement de Zn de châabet EL-HAMRA », mémoire de fin d'étude. ENP 2009

[4] **M.DUCHENE**, « conférence d'économie de l'entreprise minier » CESECO 1989, école nationale supérieur des mines de Paris, Modèle d'O'HARA.

[5] **KOSSEIR.A**, « Approche économique de l'exploitabilité du gisement de DRAISSA (Bechar) ». Mémoire de fin d'études. ENP, 2010.

[6] **LARACHI**. « Progiciel d'estimation des coûts d'investissement et des coûts opératoire d'un projet minier en utilisant le modèle O'HARA », mémoire de magister, ENP 2004.

[7] **MC.NATHALIE GARDES**, « cours de finance d'entreprise » chapitre 2 : la décision d'investissement 2006.

[8] **SERAD**. (*Centre de recherche appliqué au développement*) Etude géophysique, topographie et géologie pour le gisement de Bled El Hadba.

[9] **SOMIPHOS**. Documents internes de l'entreprise (documents géographie, géologies hydrogéologies, topographies et tectoniques).

[10] **WILLIAM HUSTRULID; M. KUCHTA et R.MARTIN**. « Open pit mine: planing and design » 3rd edition. 2013.

[11] **DR. WILSON Makaya**, « méthode d'analyse économique des projets » comptabilité générale d'entreprise, système comptable OHADA 2007

Site web :

[12] www.in2013dollars.com/1986-dollars-in-2017

[13] https://fr.coinmill.com/DZD_USD.html

A light green scroll graphic with a dark green outline. The scroll is unrolled, showing a central rectangular area. The word "ANNEXE" is written in a bold, blue, serif font in the center of this area. The scroll has a vertical strip on the left side and a small loop at the top right corner.

ANNEXE

ANNEXE DES COUTS

Tableau 1 :calcul des cash-flows et les cumuls pour le gisement de Bled El Hadba

Année	0	1	2	3	4
investissement fond propre	9 418 718,70	-	-	-	-
montant emprunté	21 977 010,30	-	-	-	-
amortissement d'emprunt	-		392 446,60	392 446,60	392 446,60
Capital de début de période	-	21 977 010,30	21 977 010,30	21 584 563,70	21 192 117,10
charge financières	-	1 428 505,67	1 428 505,67	1 402 996,64	1 377 487,61
flux de financement	-	-1 428 505,67	-1 820 952,27	-1 795 443,24	-1 769 934,21
flux net d'exploitation	-	4 877 881,00	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00
flux économique	-	7 990 213,03	-1 820 952,27	7 623 275,46	7 648 784,49
flux Net de trésorerie (cash-flow)	-	6 561 707,36	-3 641 904,54	5 827 832,22	5 878 850,28
coeff d'actualisation	-	0,89	0,80	0,71	0,64
cash-flow actualisé	-	5 858 667,29	-2 903 304,00	4 148 135,86	3 736 115,63
Cumul	-	-32 260 787,14	-35 902 691,68	-30 074 859,46	-24 196 009,18
cumul actualisé	-	-3 560 051,41	-6 463 355,41	-2 315 219,55	1 420 896,08

ANNEXE DES COUTS

... suite de tableau...

Année	5	6	7	8	9
amortissement d'emprunt	392 446,60	392 446,60	392 446,60	392 446,60	392 446,60
Capital de début de période	20 799 670,50	20 407 223,90	20 014 777,30	19 622 330,70	19 229 884,10
charge financières	1 351 978,58	1 326 469,55	1 300 960,52	1 275 451,50	1 249 942,47
flux de financement	-1 744 425,18	-1 718 916,15	-1 693 407,12	-1 667 898,10	-1 642 389,07
flux net d'exploitation	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00
flux économique	7 674 293,52	7 699 802,55	7 725 311,58	7 750 820,60	7 776 329,63
flux Net de trésorerie (cash-flow)	5 929 868,34	5 980 886,39	6 031 904,45	6 082 922,51	6 133 940,57
coeff d'actualisation	0,57	0,51	0,45	0,40	0,36
cash-flow actualisé	3 364 766,54	3 030 103,18	2 728 527,25	2 456 790,38	2 211 960,46
Cumul	-18 266 140,85	-12 285 254,45	-6 253 350,00	-170 427,49	5 963 513,07
cumul actualisé	4 785 662,62	7 815 765,80	10 544 293,05	13 001 083,42	15 213 043,89

... suite de tableau...

Année	10	11	12	13	14
amortissement d'emprunt	392 446,60	392 446,60	392 446,60	392 446,60	392 446,60
Capital de début de période	18 837 437,50	18 444 990,90	18 052 544,30	17 660 097,70	17 267 651,10
charge financières	1 224 433,44	1 198 924,41	1 173 415,38	1 147 906,35	1 122 397,32
flux de financement	-1 616 880,04	-1 591 371,01	-1 565 861,98	-1 540 352,95	-1 514 843,92
flux net d'exploitation	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00
flux économique	7 801 838,66	7 827 347,69	7 852 856,72	7 878 365,75	7 903 874,78
flux Net de trésorerie (cash-flow)	6 184 958,63	6 235 976,68	6 286 994,74	6 338 012,80	6 389 030,86
coeff d'actualisation	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20
cash-flow actualisé	1 991 391,15	1 792 694,28	1 613 714,96	1 452 508,95	1 307 322,30
Cumul	12 148 471,70	18 384 448,38	24 671 443,12	31 009 455,92	37 398 486,78
cumul actualisé	17 204 435,03	18 997 129,31	20 610 844,27	22 063 353,22	23 370 675,52

ANNEXE DES COUTS

... suite de tableau...

Année	15	16	17	18	19
amortissement d'emprunt	392 446,60	392 446,60	392 446,60	392 446,60	392 446,60
Capital de début de période	16 875 204,50	16 482 757,90	16 090 311,30	15 697 864,70	15 305 418,10
charge financières	1 096 888,29	1 071 379,26	1 045 870,23	1 020 361,21	994 852,18
flux de financement	-1 489 334,89	-1 463 825,86	-1 438 316,83	-1 412 807,81	-1 387 298,78
flux net d'exploitation	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00
flux économique	7 929 383,81	7 954 892,84	7 980 401,87	8 005 910,89	8 031 419,92
flux Net de trésorerie (cash-flow)	6 440 048,92	6 491 066,97	6 542 085,03	6 593 103,09	6 644 121,15
coeff d'actualisation	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12
cash-flow actualisé	1 176 572,86	1 058 833,63	952 817,66	857 364,42	771 427,49
Cumul	43 838 535,69	50 329 602,67	56 871 687,70	63 464 790,79	70 108 911,93
cumul actualisé	24 547 248,38	25 606 082,01	26 558 899,67	27 416 264,10	28 187 691,59

... suite de tableau...

Année	20	21	22	23	24
amortissement d'emprunt	392 446,60	392 446,60	392 446,60	392 446,60	392 446,60
Capital de début de période	14 912 971,50	14 520 524,90	14 128 078,30	13 735 631,70	13 343 185,10
charge financières	969 343,15	943 834,12	918 325,09	892 816,06	867 307,03
flux de financement	-1 361 789,75	-1 336 280,72	-1 310 771,69	-1 285 262,66	-1 259 753,63
flux net d'exploitation	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00	12 194 705,00
flux économique	8 056 928,95	8 082 437,98	8 107 947,01	8 133 456,04	8 158 965,07
flux Net de trésorerie (cash-flow)	6 695 139,21	6 746 157,26	6 797 175,32	6 848 193,38	6 899 211,44
coeff d'actualisation	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07
cash-flow actualisé	694 063,42	624 421,70	561 735,63	505 314,19	454 534,56
Cumul	76 804 051,14	83 550 208,40	90 347 383,72	97 195 577,10	104 094 788,54
cumul actualisé	28 881 755,01	29 506 176,71	30 067 912,34	30 573 226,53	31 027 761,09

