

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Minier

Entreprise Nationale des Produits Miniers Non Ferreux et des Substances Utiles (ENOF)

Mémoire de projet de fin d'études

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier

**Evaluation Economique des Modes de Transport
de tout-venant de la carrière d'IFRI vers les
installations de traitement de KEDDARA**

Lamine MECHACHE

Zehreddine HAMIS

Sous la direction de M. Rezki AKKAL MCA

Présenté et soutenu publiquement le (15/06/2016)

Composition du Jury :

Président	M . Mohamed Aguid BACHAR ASSED,	MCA	ENP
Rapporteur	M . Rezki AKKAL,	MCA	ENP
Examineur	M . A. AIT YAHIATENE,	MCA	ENP

ENP 2016

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Minier

Entreprise Nationale des Produits Miniers Non Ferreux et des Substances Utiles (ENOF)

Mémoire de projet de fin d'études

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier

**Evaluation Economique des Modes de Transport
de tout-venant de la carrière d'IFRI vers les
installations de traitement de KEDDARA**

Lamine MECHACHE

Zehreddine HAMIS

Sous la direction de M. Rezki AKKAL MCA

Présenté et soutenu publiquement le (15/06/2016)

Composition du Jury :

Président	M . Mohamed Aguid BACHAR ASSED,	MCA	ENP
Rapporteur	M . Rezki AKKAL,	MCA	ENP
Examineur	M . A. AIT YAHIATENE,	MCA	ENP

Remerciement

Nous tenons à remercier en premier lieu ALLAH, le tout puissant, qui nous a donné le courage et la volonté pour bien mener ce modeste travail.

Nous voudrions plus particulièrement exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur : Dr. Rezki AKKAL d'avoir dirigé ce travail et pour ses conseils scientifiques judicieux, sa disponibilité, son aide et sa bonne humeur tout au long de notre travail.

Nous remercions les membres du jury : Dr. BACHAR ASSED Mohamed Aguid et Dr. A. AIT YAHYATENE pour nous avoir fait l'honneur de juger notre travail.

Nous remercions aussi Mr. MAHSAS (ENOF) qui nous a réservé le meilleur accueil et nous a fourni par la documentation nécessaire pour accomplir ce travail.

Ainsi que l'ensemble des enseignants qui nous ont suivis durant notre cycle d'étude, plus spécialement ceux du département Génie Minier.

Nos remerciements s'adressent aussi, à tout le personnel de l'unité de Keddara.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة الى التقييم الاقتصادي لطرق نقل المواد الأولية في وحدة قدارة لإنتاج الحصى، و تركز على تقييم تكلفة نقل المادة الاولية من محجرة جبل افري الى محطات المعالجة الميكانيكية بوحدة قدارة، باستعمال طرق نقل مختلفة تقترحها الشركة الوطنية (انوف)، للمقارنة بينها على أساس اقتصادي، اعتمادا على سعر تكلفة النقل، بهدف اختيار الطريقة الأنسب و الأكثر مردودية من جهة و الأقل تكلفة من جهة أخرى مع العناية بعامل امن و سلامة العمال و تجهيزات الشركة.

كلمات مفتاحية :

التقييم، الاقتصادي، سعر تكلفة، مردودية، امن، تجهيزات.

Abstract :

The objective of this work is to carry out an economic assessment to select an internal mode of transport from all comers of the on the face of an open pit quarry to the crushing stages stations in the IFRI career in Keddara unity. This study is based on the evaluation of several alternatives proposed by the ENOF, comparing to one another viewpoint economic criteria represented by the cost per ton of ore transported by the transport and loading their performance, their profitability and security. Based on the data collected at the unit of Keddara , this helped us to optimize and choice a transportation mode most suited from the working face to the ore processing stations.

Key words:

Economic, open pit quarry, crushing, evaluation, criteria, cost, optimize.

Résumé :

L'objectif de ce travail est de réaliser une évaluation économique afin de choisir un mode de transport interne du tout-venant allant du front de taille aux stations de concassages au sien de l'unité de KEDDARA. Cette étude est basée sur l'évaluation de plusieurs variantes proposées par l'ENOF, en comparant entre-elles de point de vue critères économiques représentés par le prix de revient de la tonne du minerai transportée par les engins de transport et de chargement, leurs rendement, leurs réalisabilités et sécurité. En se basant sur les données rassemblées au niveau de l'unité de KEDDARA, ceci nous aide pour optimiser et choisir choix le mode de transport le plus adapté pour le cas du gisement d'IFRI.

Mots clés :

Evaluation économique, tout-venant, variantes, prix de revient, rendement, réalisabilité, optimisation.

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Glossaire

Introduction générale :	13
I Présentation générale	15
I Présentation de l'unité de Keddara	15
I.1 Historique :	15
I.2 Localisation	15
I.3 Production	16
I.4 Le personnel	18
II Présentation du gisement d'IFRI	18
II.1 Localisation du gisement IFRI	18
II.2 Travaux réalisés à IFRI	20
III Géologie du site	24
III.1 Cadre géologique régional	24
III.2 Caractéristiques hydrogéologiques	25
III.3 Tectonique régionale	25
III.4 Cadre géologique local du gisement	25
III.5 Tectonique locale	26
IV Evaluation des réserves du gisement de calcaire d'IFRI	26
IV.1 Les réserves :	26
IV.2 La durée de vie de la carrière :	27
II Exploitation & traitement	28
I Introduction	28
II Exploitation	28
II.1 Situation actuelle de la carrière :	28
II.2 Travaux d'exploitation :	29
II.2.1 Méthode d'exploitation :	29
II.2.2 Régime de fonctionnement de la carrière :	29
II.2.3 Objectif de l'exercice 2016 :	30
II.2.4 Développent et programmation des travaux :	30
II.2.5 Paramètres de l'exploitation :	31
II.2.6 Principaux éléments du système d'exploitation :	31
II.2.7 Technologie d'exploitation du gisement	32
III Le traitement du minerai :	33

III.1	Installation BABITLESS :	34
III.1.1	Installation secondaire ARJA :	36
III.1.2	Installation de sable ARJA :	37
III	Chargement & Transport	39
I	Introduction	39
II	Le chargement	39
III	Classification des moyens de transport de la roche minière	40
IV	Les exigences principales du transport	41
V	Modes de transport de la roche minière	43
V.1	Transport par camions	43
V.2	Transport par voie ferrée	44
V.3	Transport par convoyeur à bande	45
V.4	Transport par téléphérique	46
V.5	Déplacement de roche par culbutage	48
VI	Les variantes de transport proposé pour la carrière d'IFRI	48
VI.1	La variante (1)	48
VI.2	Variante (2) :	49
VI.3	La variante (3)	50
IV	Evaluation économique	52
I	Introduction :	52
II	Processus d'évaluation économique :	52
III	Différences entre l'évaluation économique et l'analyses financière	53
IV	Critères d'évaluation	54
V	Coût de revient	54
VI	Les investissements et les amortissements	55
VI.1	Introduction	55
VI.2	Investissement	55
VI.3	Amortissement	56
VI.3.1	Les investissements nécessaires	56
V	Cacul des paramètres techniques et économiques	59
I	La variante (1) (la méthode de culbutage par couloir)	59
I.1	Introduction	59
I.2	Calcul des rendements et des nombre d'engins de chargement et de transport	61
I.2.1	Les engins de chargement	61
I.2.2	Les engins de transport	66
I.3	Les coûts fixes et semi fixes de transport et de chargement	71
I.3.1	Les amortissements des engins et d'autres charges amor- tissables	71

	I.3.2	Les frais du personnel	72
	I.3.3	Récapitulative des charges fixes et semi fixes	76
I.4		Les coûts variables du transport	77
	I.4.1	Le gasoil	78
	I.4.2	L'entretien préventif	79
	I.4.3	Récapitulative des charges variables	80
I.5		Récapitulative des charges liées au chargement et au transport de TV par la première variante (1)	81
I.6		Le prix de revient d'une tonne de minerai transportée :	82
II		La variante (2) (Installation d'un concasseur dans la zone des virages) . .	83
	II.1	Calcul des rendements et des nombres d'engins de chargement et de transport	85
	II.1.1	Les engins de chargement	85
	II.1.2	Les engins de transport	87
II.2		Les coûts fixes (et semi fixes) de chargement et de transport (Va- riante 2)	90
	II.2.1	Les amortissements des engins et d'autres charges amor- tissables	90
	II.2.2	Les frais du personnel	91
	II.2.3	Récapitulative des charges fixes	93
II.3		Les coûts variables du transport	94
	II.3.1	Le gasoil	94
	II.3.2	L'entretien préventif	95
	II.3.3	Récapitulative des charges variables	96
II.4		Récapitulative des charges liées à l'utilisation de la variante (2) pour le transport de TV	96
II.5		Le prix de revient d'une tonne de minerai transportée	97
III		Variante 3 (piste d'accès au gisement d'IFRI) :	98
	III.1	Introduction	98
	III.2	Calcul des rendements et des nombre d'engins de chargement et de transport	99
	III.2.1	Les engins de chargement	99
	III.2.2	Les engins de transport	99
III.3		Les coûts fixes (et semi fixes) de chargement et de transport (Va- riante 3)	100
	III.3.1	Les amortissements des engins et d'autres charges amor- tissables	100
	III.3.2	Les frais du personnel	101
	III.3.3	Récapitulative des charges fixes	103

III.4	Les coûts variables du transport	104
III.4.1	Le gasoil	104
III.4.2	L'entretien préventif	104
III.4.3	Récapitulative des charges variables pour la variante(03)	104
III.5	Récapitulative des charges liées à l'utilisation de la variante (3) pour le transport de TV	105
III.6	Le prix de revient d'une tonne de minerai transportée	106
IV	Variante 4 (Déplacement du concasseur primaire vers la zone des virages)	106
IV.1	Introduction	106
IV.2	Calcul des rendements et de nombre d'engins de chargement et de transport	107
IV.2.1	Les engins de chargement	107
IV.2.2	Les engins de transport	109
IV.3	Les coûts fixes (et semi fixes) de chargement et de transport (Va- riante 4)	110
IV.3.1	Les amortissements des engins et d'autres charges amor- tissables	110
IV.3.2	Les frais du personnel	110
IV.3.3	Récapitulative des charges fixes	111
IV.4	Les coûts variables du transport	112
IV.4.1	Le gasoil	112
IV.4.2	L'entretien préventif	112
IV.4.3	Récapitulative des charges variables	112
IV.5	Récapitulative des charges liées à l'utilisation de la variante (4) pour le transport de TV	113
IV.6	Le prix de revient d'une tonne de minerai transportée	114
V	La comparaison entre les variantes	115
	Conclusion générale	117
	Références	119
	Annexe	120

Liste des figures

I.1	Localisation de l'unité de KEDDARA	16
I.2	Les réalisations des exercices précédents	17
I.3	Localisation de gisement d'IFRI(l'échelle 1/25000 [4]).	19
I.4	Photo satellite du gisement d'IFRI année 2006.	21
I.5	Photo satellite du gisement d'IFRI année 2008.	21
I.6	Photo satellite du gisement d'IFRI année 2009.	22
I.7	Photo satellite du gisement d'IFRI année 2011.	23
I.8	Photo satellite du gisement d'IFRI année 2012.	24
II.1	La chaine technique d'exploitation du gisement.	32
II.2	Schéma technologique de l'installation BABITLESSE [2].	34
II.3	Schéma technologique de l'installation secondaire ARJA [2].	36
II.4	Schéma technologique de la station de sable ARJA [2].	38
III.1	Temps de cycle de transport [11].	42
III.2	Transport par camions dans la carrière d'IFRI.	44
III.3	Transport par voie ferrée.	45
III.4	Convoyeur à bande.	46
III.5	Utilisation de Téléphérique dans le transport de la roche minière.	46
III.6	Téléphérique dans une carrière de calcaire en france [13].	47
III.7	la variante (1) utilisé actuellement (culbutage)[14].	49
III.8	la variante(2) et le site d'emplacement du concasseur primaire[14].	50
III.9	la variante(3) la piste d'accès au gisement d'IFRI.	51
IV.1	Le processus d'évaluation économique.	53
V.1	Parcours du tout-venant de calcaire.	61
V.2	Représentation graphique des coûts fixes et semi fixes de la variante(01)	77
V.3	Représentation graphique des coûts variables de la variante (1).	81
V.4	Représentation graphique des charges fixes et variables	82
V.5	Représentation du parcours du TV (variante 1)	84
V.6	Représentation graphique des coûts fixes et semi fixes de la deuxième variante.	94

V.7	Représentation graphique des coûts fixes et variables de la deuxième variante.	97
V.8	Représentation de la piste d'accès au gisement d'IFRI avec la variation des pentes	98
V.9	Représentation du pont à réaliser	101
V.10	Représentation graphique des coûts fixes et semi fixes de la troisième variante.	103
V.11	Représentation graphique des charges variables pour la variante (03) .	105
V.12	Représentation graphique des charges fixes et variables pour la variante (03)	106
V.13	Représentation du parcours du TV (variante 4).	107
V.14	Représentation graphique des coûts fixes et semi fixes	111
V.15	Représentation graphique des coûts variables de la variante (4).	113
V.16	Représentation graphique des coûts fixes et variables de la variante(04). .	114
V.17	Représentation graphique des prix de revient du transport de trois variantes	116

Liste des tableaux

I.1	L'objectif des produits en 2016 [2].	17
I.2	Coordonnées UTM du périmètre octroyé [4].	20
II.1	la qualité de la roche de la carrière IFRI [4].	29
II.1	Principaux paramètres de tir [8].	33
II.2	Principales machines de l'installation BABITLESS [4].	35
IV.1	Equipements existants, utilisés par la carrière IFRI [18].	57
V.1	Régime de fonctionnement de la carrière.	60
V.1	Paramètres de l'équation de calcul des rendements des chargeurs . . .	62
V.1	Caractéristiques du camion TEREX	67
V.2	Paramètres de l'équation de calcul des rendements pour les camions TEREX.	67
V.3	Paramètres de l'équation de calcul de nombre des camions.	69
V.4	Paramètres de l'équation de calcul des rendements pour les camions BEML.	70
V.5	Limitation de vitesse des engins de transport [7].	71
V.1	Les annuités d'amortissement des engins de chargement et de transport pour l'année 2016 [18].	72
V.1	les effectifs de la carrière d'IFRI [2].	74
V.2	Paramètres de calcul de la part de participation des chefs de poste . .	74
V.3	Paramètres de calcul de Part de participation du chef de service carrière	75
V.4	Récapitulatif des frais du personnel de transport.	75
V.1	Les résultats des calculs des charges fixes et semi fixes.	77
V.1	La consommation journalière des engins en gasoil [21].	78
V.2	La consommation annuelle des engins en gasoil.	79
V.1	Les coûts de la consommation moyenne en pièces de rechange et en pneumatiques par engin.	79
V.2	Les coûts de la consommation annuelle en pièces de rechange et en pneumatiques	80
V.3	Consommation annuelle moyenne des lubrifiants [7].	80
V.1	Les coûts variables de la variante (1).	80

V.2	Les charges variables et fixes de la variante (1)	81
V.3	Paramètre de l'équation du coût total de transport	82
V.4	Régime de fonctionnement de la carrière (variante 1).	84
V.1	Paramètres de calcul des rendements des camions TEREX (Variante2).	88
V.2	Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production voulue	88
V.3	Paramètres de calcul des rendements des camions BEML (Variante2).	89
V.1	Amortissement des engins de chargement et de transport (Variante 2).	90
V.2	Annuité d'amortissement du concasseur primaire	91
V.1	Paramètres de calcul de la part de participation de chef de service carrière.	92
V.2	Récapitulatif des frais du personnel de transport(Variante 2).	93
V.1	Récapitulative des charges fixes (Variante 2)	94
V.1	La consommation du gasoil des engins de la deuxième variante.	95
V.2	Consommation annuelle de gasoil pour les engins de la deuxième variante.	95
V.1	La consommation annuelle en pièces de rechange et en pneumatiques (Variante 2).	95
V.2	La consommation annuelle des lubrifiants (Variante 2)	96
V.1	Récapitulative des charges variables (Variante 2)	96
V.2	Les charges fixes et variables liées à l'utilisation de la variante (2).	96
V.3	Régime de fonctionnement de la carrière pour la variante(03).	98
V.1	Les paramètres pour calculer les rendements des camions	99
V.2	Les paramètres pour calculer le nombre des camions.	100
V.1	Les annuités d'amortissement des engins de transport pour l'année 2016	100
V.1	les frais annuels du personnel de transport	102
V.1	Récapitulative des charges fixes (Variante 3)	103
V.1	Consommation annuelle du gasoil pour les engins de la variante(03)	104
V.1	la consommation moyenne annuelle en pièces de rechange et pneuma- tiques.	104
V.2	la consommation annuelle en lubrifiants.	104
V.1	Récapitulative des charges fixes (Variante 3)	105
V.2	Les frais totaux de transport pour la variante (03)	105
V.3	Régime de fonctionnement de la carrière pour la variante(04).	107
V.1	Récapitulative des charges fixes (Variante 4)	111
V.1	Consommation annuelle des engins de la variante(04) en gasoil.	112
V.1	Récapitulative des charges variables (Variante 4)	112
V.2	Les charges fixes et variables liées à l'utilisation de la variante (4).	113
V.3	Comparaison entre les variantes	115
V.4	Récapitulative des coûts des trois variantes	116

Glossaire

Sigles / abréviations utilisés :

SONAREM : Société Nationale de Recherches et d'Exploitation Minières .

ENOF : Entreprise Nationale des Produits Miniers Non Ferreux et des Substances Utiles.

ALGRAN : Ex-Société Algérienne Des Granulats .

ORGM : Office national des recherches géologiques et minières.

IFRI : Le gisement de calcaire de DJBEL IFRI .

TV : Tout-venant .

TVC : Tout-venant de carrière.

CF : Coût fixe .

CV : Coût variable .

UTM : La Transverse universelle de Mercator (en anglais Universal Transverse Mercator, ou UTM) est un type de projection conforme de la surface de la Terre.

PDR : Pièces de rechange.

ANPM : Agence Nationale du Patrimoine Minier.

Introduction générale :

Afin d'assurer la continuité de la production des agrégats, au niveau de l'unité de KEDDARA après l'épuisement des réserves exploitables de gisement principal, la direction générale de l' ENOF a procédé à l'acquisition par voie d'adjudication du nouveau gisement IFRI comme substituant du gisement de KEDDARA .

Actuellement et dès le début d'exploitation du gisement d'IFRI le transport du tout-venant depuis le front de taille vers la station de traitement se fait en premier lieu par culbutage vers une plate-forme de réception , sur un dénivelé allant jusqu'à 450 m, ensuite le TV est transporté par camions sur une piste de longueur de 2,8 Km jusqu'à la station de concassage .

Cette méthode de déplacement des roches présente des avantages (elle est la plus simple, et la moins coûteuse dans les bonnes conditions de travail), mais aussi elle a des inconvénients et des problèmes tels que :

- La perte du tout venant dans les couloirs du culbutage.
- Le risque de chute de roches durant la procédure de chargement.
- Les conditions de travail très difficiles durant la période hivernale.
- La forte fragmentation de tout venant lors de l'opération de culbutage ce qui rend l'opération de traitement très complexe.
- Le culbutage du tout venant est tributaire des conditions climatiques.

Devant cette situation l'entreprise a proposé de changer le mode de transport du TV afin d'arriver à une exploitation rationnelle du gisement, et une optimisation de la production, en minimisant le coût du transport qui représente 30 % à 50 % du coût total, tout en assurant la stabilité, la sécurité et la protection des travailleurs et de matérielle. Plusieurs variantes sont proposées et envisagées, mais nécessitant aussi d'être évaluées, et comparées entre-elles.

Dans ce cadre, notre travail consiste à réaliser une étude d'évaluation économique des modes de transport en comparant les différentes variantes pour arriver au bon choix.

Pour atteindre cet objectif, nous avons structuré notre projet de la manière suivante :

- La première partie concernera la présentation de l'unité de KEDDARA, et de gisement de calcaire d'IFRI .

-
- La deuxième partie sera consacrée à la planification et l'organisation des travaux d'exploitation à ciel ouvert de la carrière.
 - En troisième partie, nous allons traiter les variantes des modes de transport du TV de la carrière vers la station de concassage.
 - La dernière partie sera consacrée à l'évaluation économique des modes de transport.
 - Une conclusion générale

Chapitre I

Présentation générale

I Présentation de l'unité de Keddara

I.1 Historique :

Le gisement de calcaire (Keddara) a été mis en évidence en 1974 par l'unité de recherche de Tizi-Ouzou de la Société Nationale de Recherche et d'Exploitation Minière (SONAREM). Les travaux de terrains tels que l'ouverture de la carrière, la préparation des premiers gradins et le montage de la station de concassage ont été réalisés entre 1975 et 1978.

L'entrée en production de la carrière a eu lieu novembre 1978. Parallèlement une prospection détaillée a aussi été réalisée fin 1978. Après les opérations de restructuration industrielle, la carrière de Keddara a été rattachée à Algran filiale du Groupe ENOF (Entreprise Nationale des Produits Miniers non Ferreux et des Substances utiles).

L'activité de cette unité varie en fonction des besoins de la région en matière d'agrégats et elle n'a connu de rupture qu'avec la destruction de ses installations industrielles en 1997 où elle a enregistré un arrêt total de son activité qui a duré 4 mois. Depuis, l'unité déploie tous les efforts possibles pour satisfaire les besoins de la région en agrégats au rythme que lui permet sa capacité [1].

I.2 Localisation

L'unité de Keddara est située à 45 km à l'Est de la ville d'Alger et à 1.5 Km au Sud ouest du chef-lieu de la commune de Keddara, Daïra de Boudouaou (wilaya de Boumerdes). L'accès au site se fait par la route nationale N°29 reliant Boudouaou à Lakhdaria (figure [I.1](#)).



Figure I.1: Localisation de l'unité de KEDDARA

I.3 Production

La carrière de KEDDARA produit des granulats de qualité pour les travaux publics, le bâtiment, l'hydraulique, et le ballast des voies ferrées, dans quatre stations de concassage installées à proximité l'une de l'autre . Les stations de concassage sont :

- Une station primaire (BABITLESS) avec une capacité de 800 t/h.
- Deux stations secondaires :
 - une station ancienne (KRUPP HAZMAG) d'une capacité de 300 t/h.
 - une station récente (ARJA) d'une capacité de 200 t/h.
- et une station de sable (ARJA) d'une capacité de 180 t/h.

L'objectif des produits en 2016 est donné dans le tableau I.1 :

Produits	Objectifs 2016(tonnes)
0/3 Bitumeux	140 000
0/3 Béton	158 600
3/8	203 400
8/15	198 300
15/25	100 000
25/40	100 000
40/70	51 100
0/40 Mélangé	48 700

Tableau I.1: L'objectif des produits en 2016 [2].

La figure I.2 donne un aperçu sur l'évolution de l'activité de l'unité de KEDDARA.

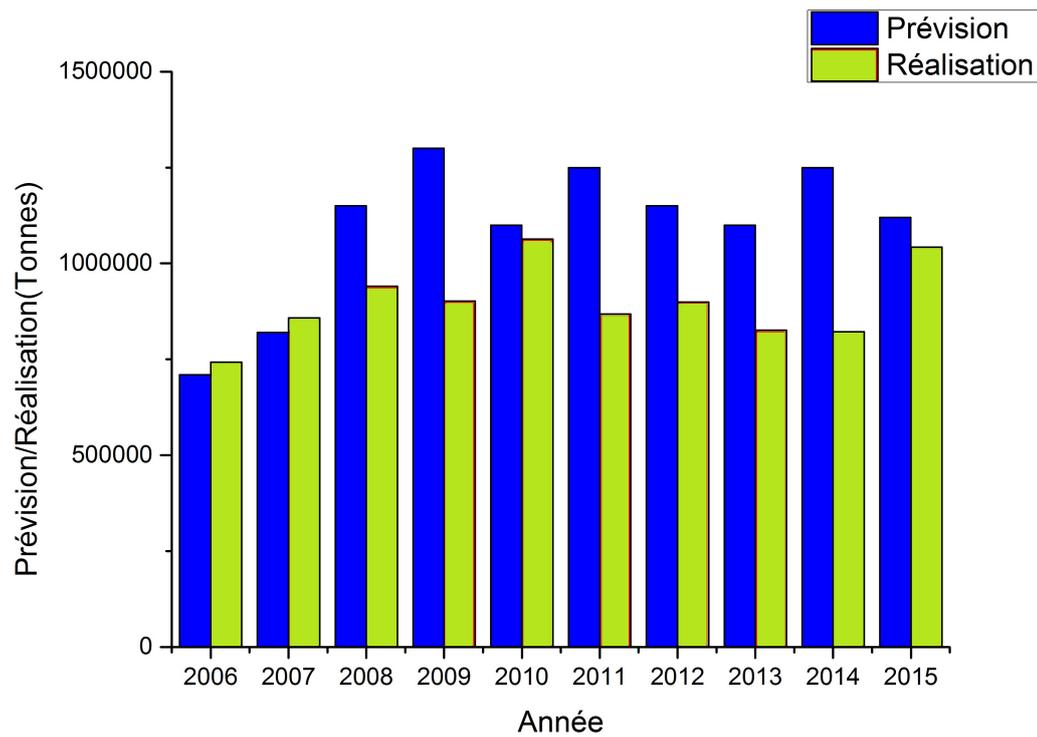


Figure I.2: Les réalisations des exercices précédents

I.4 Le personnel

L'effectif global de l'unité de KEDDARA est de 273 agents répartis comme suit :

- 20 cadres.
- 23 maîtrise.
- 230 exuction [2].

II Présentation du gisement d'IFRI

Les réserves géologiques du gisement de DJEBEL IFRI sont contenues dans un périmètre d'une superficie de 187 ha et elles sont estimées à 842000000 m³ [3]. Les travaux projetés pour ce gisement sont organisés en deux phases principales, une phase des travaux préparatoires et une autre phase d'exploitation.

II.1 Localisation du gisement IFRI

Le gisement de calcaire de djebel IFRI se trouve au coeur du djebel Bouzegza, à 14km au sud de la ville de BOUDOUAOU, il se trouve sur la limite Sud du barrage de KEDDARA. Administrativement, ce site appartient au territoire de la wilaya de BOUMERDES et se situe dans la commune de Kharouba comme le montre lafigure I.3.



Figure I.3: Localisation de gisement d'IFRI(l'échelle 1/25000 [4]).

Les coordonnées UTM (Transverse universelle de Mercator : type de projection conforme de la surface de la Terre) du périmètre sont données dans le tableau I.2 :

N° Point	Coordonnées UTM	
	x	y
1	540200	4051800
2	541400	4051800
3	541400	4051700
4	539500	4050700
5	539500	4051400
6	540000	4051400
7	540000	4051700
8	540200	4051700

Tableau I.2: Coordonnées UTM du périmètre octroyé [4].

II.2 Travaux réalisés à IFRI

Le gisement de Djebel IFRI a fait l'objet des travaux d'exploration sur la base du titre minier délivré à ALGRAN par le ministère de l'Energie et des Mines sous le N° 171 du 16/05/2004. L'exécution des travaux projetés a été confrontée à des grandes difficultés liées aux conditions sécuritaires qui prélèvent dans la région.

L'ensemble de ces travaux de terrain réalisés sur ce périmètre a été entrepris par ALGRAN et s'est étalé entre le mois de juin et septembre 2005. Les travaux de laboratoire ont été réalisés par le laboratoire CETIM. A la suite de ces travaux un permis d'exploitation a été délivré par ANPM sous le N°2691 du 10/03/2007.



Figure I.4: Photo satellite du gisement d'IFRI année 2006.

Une piste desservant la carrière IFRI a été réalisée durant l'année 2008 - 2009 d'une longueur de l'ordre de 8 KM afin d'entamer les travaux préparatoires (la figure I.5).



Figure I.5: Photo satellite du gisement d'IFRI année 2008.

Au cours de l'année 2009, des travaux de découverte ont été réalisés au niveau

620m, de plus l'ouverture d'une piste reliant la carrière de KEDDARA à une plateforme de réception avec la création d'un pont pour traverser l'oued tout près de la plateforme de réception (la figure I.6).



Figure I.6: Photo satellite du gisement d'IFRI année 2009.

Une solution palliative s'impose en mettant en exploitation le gisement d'IFRI, vu la position perchée de la zone d'exploitation durant l'année 2011. Cette solution a été déjà discutée et validée par la direction générale d'ALGRAN et du groupe ENOF (la figure I.7).



Figure I.7: Photo satellite du gisement d'IFRI année 2011.

Au mois de juillet 2011, les travaux préparatoires ont été lancés. Ils consistent à l'aménagement du couloir de culbutage au niveau 610 m et l'aménagement de la plateforme de réception au niveau 250 m. Ces travaux ont été achevés au cours du premier trimestre 2012 (la figure I.8).



Figure I.8: Photo satellite du gisement d'IFRI année 2012.

Durant l'année 2012-2013 le gisement d'IFRI est entré en exploitation et l'acheminement du T.V par la méthode du culbutage vers la plateforme de réception via un couloir naturel [2].

III Géologie du site

III.1 Cadre géologique régional

Les roches sédimentaires de la région Est de l'Algérois affleurent sur une grande surface, offrant un très fort potentiel en agrégats, plusieurs carrières exploitent ces matériaux de construction, elles ont été surtout implantées en grand nombre dans la région de KEDDARA, dont l'unité de Keddara fait partie, en raison de la facilité d'accès et de la proximité du massif montagneux du BOUZAGZA par rapport à la capitale (Alger). Cette région fait partie de l'ATLAS TELLIEN, son relief est très complexe et accentué, il

occupe la dorsale de la chaîne qui s'étend du djebel Bouzegza jusqu'à Koudiat-El- Maroune à l'Est. Les formations géologiques de la région sont caractérisées par des dépôts métamorphiques percés par de petites intrusions de roches acides et basiques ainsi que des roches sédimentaires telles que l'argilite, grès et calcaire, dont l'âge va du Précambrien au Quaternaire.

III.2 Caractéristiques hydrogéologiques

La recherche hydrogéologique réalisée à partir de la surface et les observations hydrogéologiques effectuées dans certains trous de sondages, montrent à l'évidence qu'aucune nappe d'eau souterraine n'a été rencontrée.

L'étude effectuée par la SONAREM a permis d'individualiser deux grands ensembles :

- Une assise calcaire massive et compacte à nummulites.
- Une assise marno-calcaire gréseuse sous-jacente.

III.3 Tectonique régionale

On note deux types de déformations dans la région :

- a) Déformations souples : Elles se manifestent par un vaste dôme anticlinal à grand rayon de courbure dont l'axe est de direction E-O.
- b) Déformations cassantes : Celle ci se traduit par des accidents s'organisant en plusieurs familles suivant leur direction :
 - Les accidents transversaux de direction NO-SE.
 - Les accidents NS qui interceptent les accidents EO.
 - Le grand accident de direction EO, situé au nord montant en contact de la série des flyschs avec les formations calcaireuses [2].

III.4 Cadre géologique local du gisement

Djebel IFRI est formé essentiellement des faciès suivants (du Nord au Sud) :

- Des grès jaunâtres et des marnes versicolores qui occupent la partie nord du terrain sur la rive gauche de l'Oued Keddara.
- Des brèches de failles (produit de remplissage) polygéniques à grains grossiers reposent sous forme de blocs tectoniques en écaille chevauchant les formations calcaires du

gisement de Djebel Ifri à forte inclinaison vers le Nord. C'est une zone boisée de chaîne liège, et de maquis rendant l'accès très difficile voir même impossible dans certains endroits.

- Des calcaires sous forme d'un grand massif entaillé par de profondes coupures de l'Oued Keddara à l'Est et Oued M'Hanna à l'Ouest, formant un relief très prononcé en plein milieu du djebel Bouzegza dont les altitudes varient de 200 à 1035 m avec des bancs à fort pendage. Il s'agit d'un calcaire homogène non stratifié, massif, compact rocheux de couleur grise à la cassure fraîche, et se présente en petits cristaux, dépourvus de toute sorte d'altérations.

D'après le rapport de l'étude géologique sur la prospection détaillée du gisement de calcaire de Keddara [SONAREM (unité de Tizi Ouzou), 1979] la formation est attribuée à l'unité inférieure du Jurassique inférieur (Lias). Cette unité inférieure est constituée essentiellement par des calcaires et des dolomies massifs gris clairs ; la puissance de cette unité est de 500m environ. La couverture de terre végétale est d'environ 3 m d'épaisseur moyenne.

III.5 Tectonique locale

Deux familles de failles majeures ont affecté le djebel Bouzegza, l'une en plein milieu passant par le sommet, l'autre par contre est tangentielle longeant l'Oued Keddara. Elles sont parallèles de direction Nord-Sud engendrant des décrochements senestres et des failles et intraformationnelles dans toutes les directions ; les diaclases sont très fréquentes, surtout dans la partie sommitale du gisement. Ces deux failles sécantes découpent la chaîne en trois compartiments assez nets [5].

IV Evaluation des réserves du gisement de calcaire d'IFRI

IV.1 Les réserves :

La bonne planification des travaux d'exploitation à moyen et long terme nécessite la réalisation d'une étude d'évaluation géologique et minière des réserves du gisement, avec une précision d'estimation du tonnage et de la teneur.

L'évaluation des réserves du gisement d'IFRI a été suspendue par les conditions sécuritaires qui prévalaient au moment de l'exécution des travaux de recherches, et l'application de la géostatistique n'a pas eu lieu, à cause de manque des données et des sondages. D'autre

part la morphologie du gisement et la disposition de ses masses rocheuses permirent d'apprécier un volume sûr, situé dans la partie supérieure du gisement.

Le rapport géologique du gisement de Djebel IFRI Sept 2005 estime les réserves géologique à 842000000 m³ [6].

Tandis qu' une autre étude en 2012 a estimé les réserves géologiques par des calculs suivant la méthode des courbes de niveau et la méthode des coupes géologiques, et les réserves exploitables suivant la méthode des coupes topographiques :

- Dans la catégorie des réserves probables qui ne répondent pas à toutes les exigences de la faisabilité de la production, la classe des réserves géologiques est estimée à : 451942369.50 Tonnes.
- Dans la catégorie des réserves prouvées qui répondent aux exigences de la planification et de la faisabilité de la production, la classe des réserves exploitables est estimée à : 45157960.05 Tonnes [4].

Ces résultats de calcul des réserves, doivent être confirmés par des sondages qui affirment l'extension de la minéralisation en profondeur.

IV.2 La durée de vie de la carrière :

Pour estimer la durée de vie de la carrière, il faut déterminer deux paramètres principaux :

- La quantité du calcaire classée dans la catégorie des réserves exploitables.
- La production annuelle exigée.

La production annuelle en agrégats varie proportionnellement avec le rendement de la carrière qui est la quantité de minerai par unité de temps (une année, une journée, ou une heure).

Le rendement annuel des carrières se détermine en fonction des besoins (national , régional, ou local) en agrégats, les réserves exploitables, les conditions du gisement, et d'après le niveau actuel de la technique et de la technologie d'exécution du plan annuel d'exploitation, en tenant compte d'une sécurité maximale dans le travail, d'une perte minimale et d'un prix de revient minimal du minerai. Dans les planifications, le rendement des carrières, déterminé en fonction des besoins, est contrôlé par les conditions technico-minières. Connaissant les réserves exploitables Q, et l'extraction annuelle A, la durée d'existence de la carrière T , peut être déterminée par l'équation I.1 suivant :

$$\mathbf{T} = \frac{Q}{A} \tag{I.1}$$

Chapitre II

Exploitation & traitement

I Introduction

le gisement de Djebel Ifri a fait l'objet de travaux d'exploitation sur la base du titre minier délivré à ALGRAN par le ministère de l'Energie et des Mines sous le n° 171 du 16/05/2004.

L'exécution des travaux d'exploration a été confrontée à des grandes difficultés liées aux conditions sécuritaires. L'ensemble de ces travaux d'exploration réalisés sur ce périmètre a été entrepris par ALGRAN et s'est étalé entre le mois de juin et septembre 2005. A la suite de ces travaux un permis d'exploitation a été délivré par l'Agence Nationale des Activités Minières (ANPM) sous le n° 2691 du 10/03/2007.

II Exploitation

II.1 Situation actuelle de la carrière :

Au cours de son exploitation le gisement d'IFRI a enregistré un retard considérable dans l'avancement des travaux d'ouverture auparavant et ceux d'exploitation actuellement a cause des paramètres suivants [2] :

- La morphologie accidenté du terrain.
- Le manque des moyens.
- L'éloignement du gisement par rapport à la station de traitement de traitement (piste d'accès 8km) ce qui a imposé une méthode d'acheminement du TV par culbutage.

Qualité de la roche : Afin de connaître la qualité de la roche de la carrière IFRI, différents essais ont été réalisés, dont les résultats sont données dans le tableau II.1 :

Désignation	Valeur
Masse volumique	2,5 à 2,7 tonne/m ³
Coefficient Los Angeles	26 à 33 %
Micro Deval humide	27 à 39 %
Résistance à la compression	87 à 89 MPA

Tableau II.1: la qualité de la roche de la carrière IFRI [4].

Les résultats enregistrés confirment la bonne qualité de la roche pour la production des granulats répondant aux spécifications en vigueur.

II.2 Travaux d'exploitation :

II.2.1 Méthode d'exploitation :

Les réserves en calcaire sont situées entre la côte 800 m (sommet) et la partie inférieure située à la côte 540 m . En raison de la configuration topographique, la zone utile d'exploitation est située entre la côte 700 m (premier niveau d'exploitation) et la côte 540 m.

L'exploitation est menée du niveau le plus élevé 700 m jusqu'au niveau le plus bas dont les gradins ont une hauteur de 15m. Par ailleurs, en raison d'une part de la pente importante de la piste d'accès ainsi que de son tracé comportant certains virages dangereux et sa longueur d'autre part, l'évacuation du calcaire sera réalisée par gravité dans deux couloirs reliant le niveau actuel 620 m au niveau 250 m .

Ainsi le déblocage du tout venant est fait dans une 1_{re} phase par gravité jusqu'au niveau 250 m puis par dumpers jusqu'à la station de concassage au niveau 200 m, ensuite dans une deuxième phase par gravité jusqu'au niveau 250 m et finalement par dumpers jusqu'à la station de concassage (transport combiné).[2]

II.2.2 Régime de fonctionnement de la carrière :

Le régime de travail au niveau du gisement d'ifri sera organisé comme suit :
 Pour les travaux préparatoire : les travaux sont orientés vers le décapage et le transport des stéril ainsi qu'un programme de réaménagement du couloir de chute :

- (01) poste par jour

- (06h) par poste
- (05) jours/semaine
- (05) mois /an (janvier, février, mars, octobre, décembre 2016)
- (80) jours / an

Pour les travaux d'exploitation représentés par la foration, le chargement et le culbutage :

- (02) postes par jour
- (06h) par poste
- (06) jours/semaine
- (07) mois /an (janvier, février, mars, octobre, décembre 2016)
- (150) jours / an

II.2.3 Objectif de l'exercice 2016 :

L'unité de Keddara fixe comme objectif pour l'année 2016, l'extraction de 1 150 000 T de tout venant à partir des deux (02) gisements Keddara et Ifri. Afin de compenser le déficit du gisement de Keddara qui est en phase d'épuisement, les quantités à extraire du gisement d'IFRI pour l'année 2016 s'élèveront à 480 000 T contre 300 000 T en 2015. Cette progression sera à l'oeuvre d'une nouvelle réorganisation de travail nécessitant des moyens matériel et humaines supplémentaire par rapport aux années précédentes [2].

II.2.4 Développent et programmation des travaux :

Les travaux miniers sont organisés en deux phases : travaux d'exploitation et travaux de découverte.

Travaux d'exploitation :

Pour des considérations sécuritaires, techniques et organisationnelles lors de la période hivernale, les pluies torrentielles dans la région engendrent :

- Une perte totale du tout-venant (TV) et de sa qualité lors du vidage du couloir de culbutage par érosion, d'où l'arrêt des travaux de culbutage.
- Inaccessibilité du gisement, ou immobilisation des engins, notamment les moyens de chargement et transport.

les travaux d'exploitation à la carrière de DJEBEL IFRI sont organisés comme suit : Durant la période hivernale, période estimée à 150 jours, les travaux de culbutage sont à l'arrêt. Le déblocage du tout-venant culbuté depuis la plateforme niveau 610 vers la plateforme de réception niveau 250 est programmé pour 15 jours par mois.

Travaux de découverte :

Lors de l'arrêt de travaux de culbutage les moyens désignés pour l'exploitation sont déployés, pour la réalisation du programme de découverte, qui de l'ordre de 62 000 m³.

II.2.5 Paramètres de l'exploitation :

Production mensuelle : La production mensuelle (P_m) est déterminée par l'équation II.1 :

$$P_m = \frac{P_a}{nm} \quad (\text{II.1})$$

Où :

nm : nombre des mois de travail par an.

Pa : production annuelle.

La production journalière : La production journalière à assurer avec une bonne performance des engins miniers est donnée par l'équation II.2 :

$$P_{jp} = \frac{P_a}{N_{pj} \cdot N_j} \quad (\text{II.2})$$

Nj : nombre de jours ouvrables par année.

Npj : nombre de postes par jour.

La Production horaire : D'après la production journalière par poste de l'unité, le volume horaire à produire est donné par l'équation II.3 :

$$P_h = \frac{P_{jp}}{N_h} \quad (\text{II.3})$$

Avec :

Ph : production horaire (T/h) ;

Nh : nombre d'heures du travail par poste effectif.

II.2.6 Principaux éléments du système d'exploitation :

Tous les systèmes d'exploitation ont des éléments communs, qui sont représentés par :

- Le gradin ;
- Le front des travaux du gradin et de la carrière ;
- La plate-forme de travail ;
- La zone de travail ;
- La vitesse d'avancement ;
- Longueur du bloc ;
- Les paramètres du plan de tir.

II.2.7 Technologie d'exploitation du gisement

La chaîne technique d'exploitation du gisement est représenté dans la figure II.1 :



Figure II.1: La chaîne technique d'exploitation du gisement.

Abatage :

Le choix de la méthode d'abattage des roches dépend des facteurs suivants :

- Type de roches et leur état naturel ;
- Les propriétés physico-mécaniques et technologiques des roches ;
- De la productivité de l'entreprise minière ;
- des paramètres techniques des engins et des équipements miniers disponibles et des exigences fixées à la qualité du minerai extrait [7].

Plan de tir :

Le processus d'abattage se réalise selon l'ordre suivant :

- Elaboration du plan de tir ;
- Foration des trous ;
- Evacuation du matériel en dehors de la zone dangereuse et acheminement des explosifs vers le gradin ;
- Tir comprenant le chargement et bourrage des trous, le raccordement de la maille, la mise à feu et examen du front.

Les tirs sont réalisés sur quatre rangées de trous inclinés.

Sur la base de deux tirs par mois les principaux paramètres de tir sont les suivants :

N°	Désignation	Résultant	Unité
1	Ligne de moindre résistance	3.20	m
2	Profondeur du sous forage	0.96	m
3	Profondeur du trou	15.96	m
4	Ligne de moindre résistance pratique	2.68	m
5	Espacement entre les trous de mines	3.08	m
6	Charge explosif de fond	4.0	Kg/m
7	Hauteur de charge de fond théorique	5.31	m
8	Poids de charge de fond	22.00	Kg
9	Charge explosif de colonne	5.60	Kg/m
10	Hauteur charge de colonne	7.9	m
11	Poids de charge de colonne	44.00	kg
12	Hauteur de bourrage	2.68	m
13	Poids total d'explosif par trou	66.00	kg
14	Consommation spécifique d'explosif	199	g/T
15	Quantité de roche abattue/trou	332	T
16	Nombre de trous/rangée	38	//
17	Nombre de rangées	2	//
18	Volume de roche abattue/volée	25238	T
19	Nbr de cartouches théoriques	10.63	//
20	Nbr de cartouches réelles	11	//
21	Hauteur charge de fond réelles	2.50	m

Tableau II.1: Principaux paramètres de tir [8].

III Le traitement du minerai :

L'installation du traitement de l'unité de Keddara se compose des installations suivantes :

La première se compose de trois étages (concasseur primaire giratoire, trois concasseurs secondaires : un à percussion et les deux autres giratoires, et un concasseur tertiaire giratoire) et six cribles.

La seconde se compose de deux cribles, un concasseur à percussion et cinq silos de stockage.

La dernière installation est composée d'un concasseur à percussion et un crible de deux étages [7]. La description des installations de concassage de l'unité de Keddara est la suivante [2] :

III.1 Installation BABITLESS :

Voici ci-dessous le schéma technologique de l'installation BABITLESS (figure II.2) :

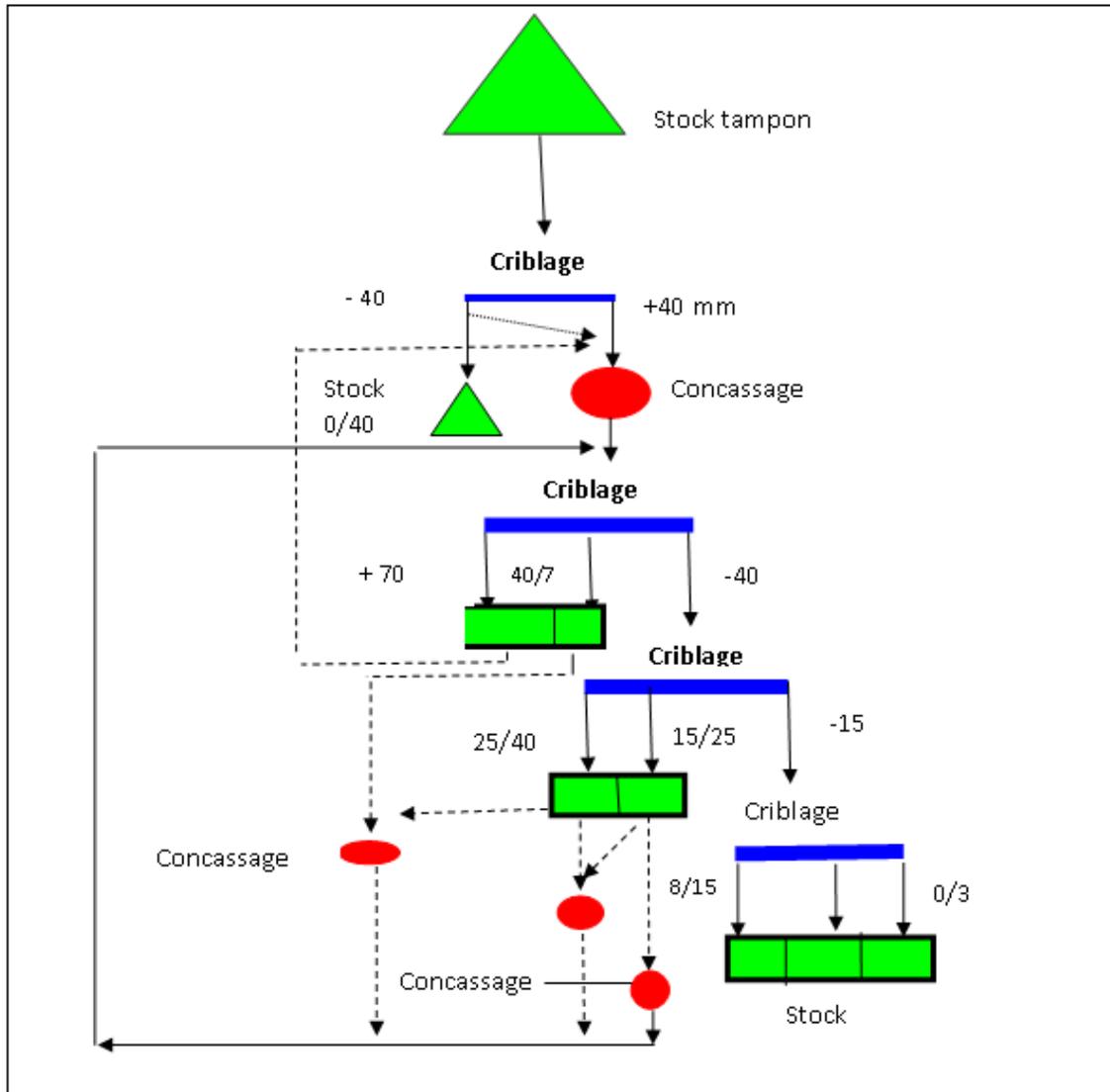


Figure II.2: Schéma technologique de l'installation BABITLESSE [2].

Installation primaire :

Le tout venant avec une grosseur de 970 mm maximale est déversé à l'aide des dumpers dans une trémie réceptrice. La fraction supérieure à 200 mm sélectionnée par un alimentateur passe par un concasseur giratoire de marque BABITLESS type BP 38 d'un débit théorique de 800 t/h où elle subit une réduction à 200 mm. La fraction inférieure à 200 mm passant à travers la grille de l'alimentateur et en fonction de sa qualité soit elle est soumise à un criblage préalable dans un crible à deux étages ou la fraction 0-40 mm est exclue comme stérile, soit elle rejoint le produit issu du concasseur à l'aide d'un by-pass pour un stockage dans un chapeau chinois d'une capacité de 3000 tonnes.

Installation secondaire :

Le produit du chapeau chinois avec une grosseur de 0-200 mm est soumis dans un premier temps à un criblage dans un crible à deux étages où la fraction inférieure à 40 mm est extraite du processus comme produit marchand et la fraction (+40-200 mm) passe par un concasseur à percussion de marque KRUPP HAZMAG type APS 1313K d'un débit de 300 t/h en 0/70 mm dont 27Le produit issu du percuteur subit des opérations de criblage sur trois cribles à deux étages travaillant en série ou les fractions suivantes sont mises en stock dans des silos :

- Fractions du premier crible :
 - Fraction supérieure à 70 mm avec la possibilité de la remettre dans le cycle pour un concassage dans le percuteur,
 - Fraction (-70 +40) mm avec la possibilité de la réduire à 25 mm dans un concasseur giratoire de marque BABITLESS type BS704N à un débit de 120 t/h.
- Fractions du deuxième crible :
 - Fraction (-40 + 25) mm avec la possibilité de la soumettre soit au concasseur BS704N, soit à un autre concasseur giratoire de la même marque précédente - de type BS704EG - d'un débit de 120 t/h pour une réduction à 25 mm,
 - Fraction (-25 + 15) mm avec la possibilité de la réduire soit dans le concasseur BS 702 d'un débit de 30 t/h pour une réduction à 15 mm pour une opération de concassage tertiaire.
- Fractions du troisième crible sans recyclage :
 - Fraction (-15 +8) mm,
 - Fraction (-8 +3) mm,
 - Fraction (-3 +0) mm.

Capacité des machines principales de l'installation primaire et secondaire en BABITLESS :

La capacité des machines principales de l'installation primaire et secondaire ets donnée dans le tableau II.2

Désignation	Type	Marque	Capacité en t/h
Concasseur giratoire primaire	BP38	BABITLESS	800 en 0/200 mm
Concasseur secondaire à percussion	APS 1313K	KRUPP HAZMAG	300 en 0/70 mm
Concasseur secondaire giratoire	BS 704N	BABITLESS	120 recyclages
Concasseur secondaire giratoire	BS 704 EG	BABITLESS	120 recyclages
Concasseur giratoire tertiaire	BS 702 N	BABITLESS	30 recyclages

Tableau II.2: Principales machines de l'installation BABITLESS [4].

III.1.1 Installation secondaire ARJA :

L'installation secondaire ARJA est montrée dans la figure II.3 :

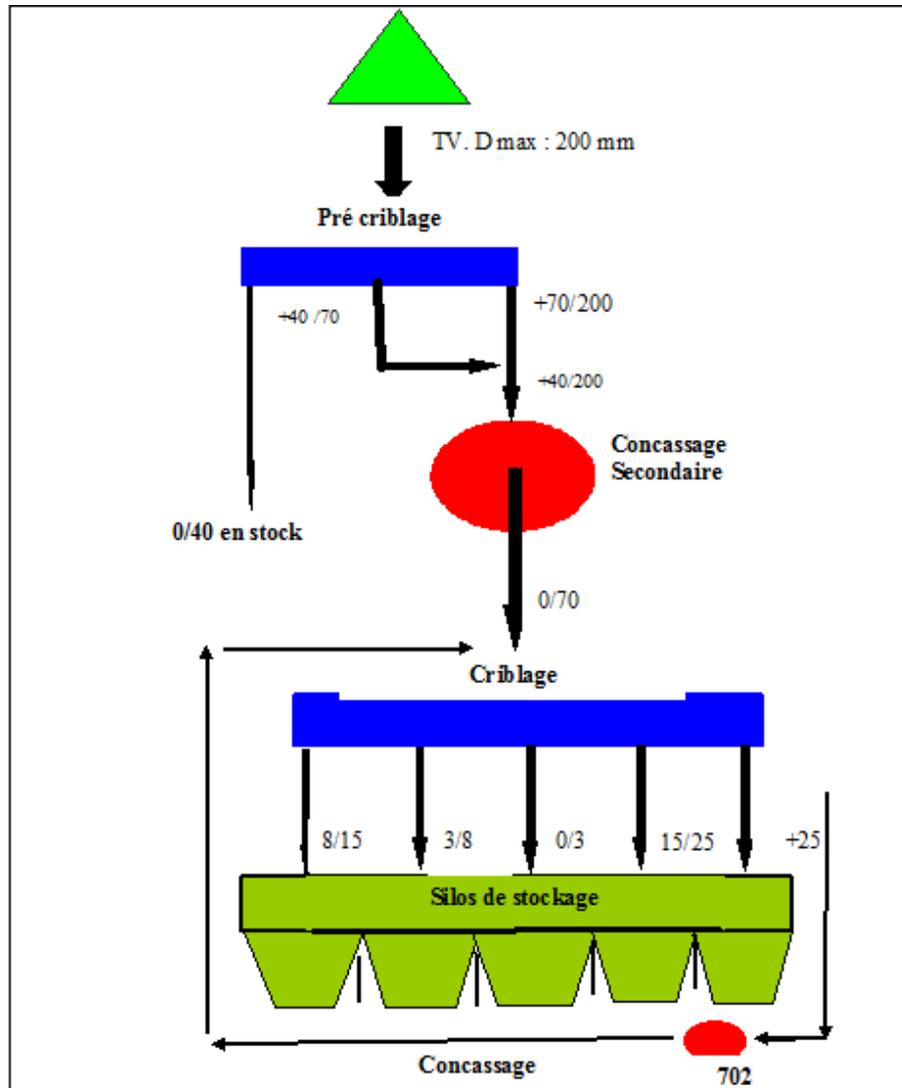


Figure II.3: Schéma technologique de l'installation secondaire ARJA [2].

Description du processus ARJA :

Le produit avec une granulométrie de 0 à 200 mm est soutiré du chapeau chinois à l'aide d'un extracteur appartenant à l'installation BABITLESS pour alimenter un pré-crible à deux étages (toile supérieure de 70 mm et toile inférieure de 40 mm) par le biais d'un convoyeur.

La fraction inférieure à 40 mm est mise en stock (en tas) par un convoyeur, par contre les fractions supérieures à 40 mm passent par un concasseur à percussion de type TOROS 30 P à un débit de 200 t/h en 0/25 mm avec un taux de refus de 12%. Le produit issu du concasseur est dirigé vers un crible sur silos à 4 étages doté des toiles suivantes 25 mm, 15 mm, 8 mm et 3 mm.

Les fractions issues du crible représentent des produits finis de l'installation sont stockées dans des silos et se résument comme suit :

- Fraction supérieure à 25 mm.
- Fraction 15/25 mm.
- Fraction 8/15 mm.
- Fraction 3/8 mm.
- Fraction 0/3 mm.

III.1.2 Installation de sable ARJA :

Description du processus de la station de sable ARJA :

L'installation reçoit sa matière première allant de 25 à 70 mm de grosseur directement à partir des silos de la station BABITLESS dans un silo de 25 m³.

Le produit est soutiré par un extracteur à balourds pour alimenter l'appareil principal de la station soit le percuteur à percussion PISCIS 3000 RP.

Le produit issu du percuteur est dirigé vers deux cribles à deux étages ou la fraction inférieure à 3 mm à un débit horaire de 108 t/h représentant le produit fini de l'installation est stocké dans un silo de 90 m³.

Par contre la fraction supérieure à 04 mm est remise dans le cycle de classification du recyclage de la station secondaire BABBITLESS [2].

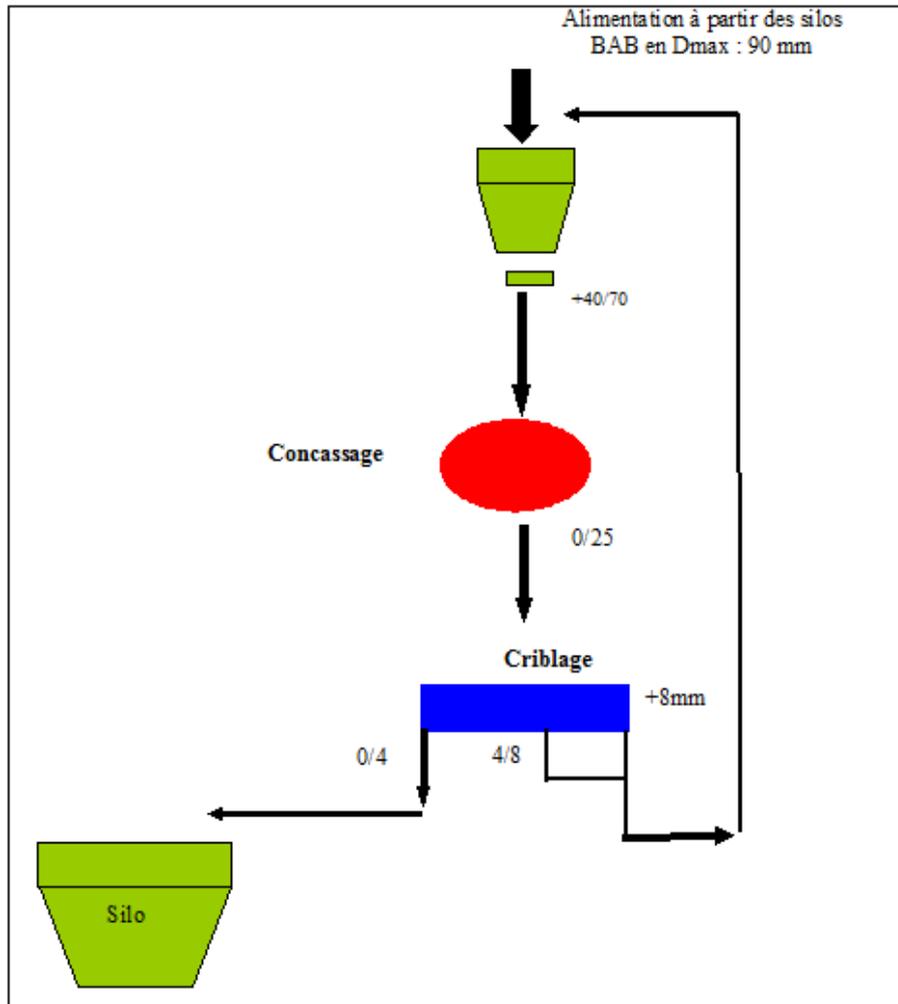


Figure II.4: Schéma technologique de la station de sable ARJA [2].

Chapitre III

Chargement & Transport

I Introduction

Après abatage du massif rocheux le tout-venant doit être transporté le long de la distance qui sépare le front de taille de la station de traitement à l'aide des engins et moyens de transport, par camion, à l'aide des convoyeurs, sur rails...etc. Mais pour des exploitations à ciel ouvert des agrégats, le plus utilisé est le transport par camion, car il est efficace pour des distances relativement courtes allant de 4-6 km.

II Le chargement

L'opération du chargement consiste à charger le minerai dans l'engins de transport pour être évacuer de la plateforme de travail vers les ateliers de préparation mécanique (station de concassage). Dans le cas d'une roche dure, l'excavation se fait à l'explosif et le chargement se fait à l'aide de chargeuses et de pelles hydrauliques.

Avantages et inconvénients de la chargeuse par rapport à la pelle hydraulique :

- grande capacité du godet / masse de la chargeuse.
- grande vitesse de déplacement (30-40)fois supérieur au pelle.
- grande manoeuvrabilité (permet de réaliser l'opération de chargement dans plusieurs chantiers).
- rendement meilleur qui ne dépend pas de la hauteur du gradin.
- possibilité de desservir plusieurs chantiers par une seule et même chargeuse.
- les chargeuses sur pneus sont capable de surmonter de grandes pentes. Elles sont dites

universelles, elles sont aussi utilisées pour tous les travaux de nettoyage ...

Pour un cycle complet, la chargeuse ou la pelle doit effectuer les opérations suivantes :

- Remplissage du godet (t_r).
- Déplacement de la charge (t_p).
- Déchargement dans le camion (t_d).
- Retour à la position initiale (t_v).

Pour le calcul du temps de cycle, nous utilisons l'équation III.1 :

$$T_{\text{cycle}} = T_r + T_p + T_d + T_v \quad [\text{s}] \quad (\text{III.1})$$

Le rendement :

Le rendement d'un chargeur se calcul en utilisant l'équation III.2 :

$$R = C \times N(\text{cycle/heure}) \times r \times \text{eff} \quad (\text{III.2})$$

où :

C : la capacité du godet .

N(cycle/heure) : nombre de cycle/heure.

r : coefficient de remplissage.

eff : efficacité (0.8 ou 0.9).

Remarque : Le chargeur est utilisé comme un moyen d'excavation, de chargement et de transport. il est caractérisé par une grande productivité grâce à sa grande puissance et à sa rapide manoeuvrabilité [9].

C'est le cas de la carrière d'IFRI, où les chargeurs sont utilisés même pour l'excavation et également pour le transport sur des distances courtes (proximité des couloirs du culbutage ou dans les stocks provisoires).

III Classification des moyens de transport de la roche minière

Les machines de transport peuvent être classées comme suit :

1) Selon l'objet du transport :

- Moyens de transport principaux qui sont :
 - Convoyeurs à bandes, à raclettes et à écailles
 - Roulage par locomotives diverses

- Traction par câble, camions, wagons..
- Equipement auxiliaire de transport :
 - Transbordeur,
 - Alimentateur,
 - Accumulateur,
 - Trémies,
 - Culbuteur...etc.

2) Selon le caractère du travail dans le temps :

- Installations de Transport continu (Convoyeurs à bandes, à raclettes, à écailles).
- Machines de transport discontinu (camions...).

3) Selon le mode de déplacement :

- Par gravité (par glissement, couloir etc...).
- Sur des organes porteurs (bandes, godet etc...)[10].
- Camions
- Voie ferée
- Skip
- téléphérique

IV Les exigences principales du transport

Les exigences du transport, à respecter afin d'exploiter en sécurité et avec un bon rendement, sont :

- la distance minimale à parcourir pour le transport du minerai et du stérile du front de taille jusqu'au lieu de déchargement.
- les temps morts soit réduits.
- paramètres des moyens de transport doivent correspondre à ceux des engins d'extraction et de chargement ainsi qu'aux propriétés des roches déplacées.
- sécurité maximale et rendements maxima.
- meilleur sens de progression des travaux miniers [11].

En récapitulant un camion de transport commence le chargement dans le front de taille (lieu de chargement), il met un temps de chargement (T_{ch}), ensuite il se dirige vers la station de concassage ou il met un temps d'aller (T_a). A la station de traitement le camion met un temps de déchargement (T_d), et revient au lieu de chargement avec un temps de retour (T_r) (Voir figure III.1).

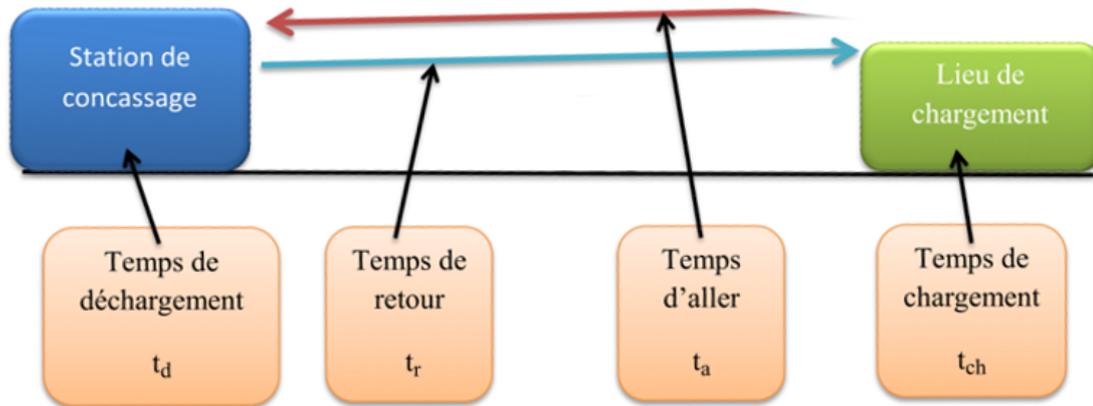


Figure III.1: Temps de cycle de transport [11].

Le rendement :

Il est pratiquement impossible qu'un engin de chantier fonctionne sans arrêt durant un nombre défini d'heures par jour. Ainsi dans les calculs du débit ou du rendement d'un engin de chantier, on fait intervenir deux facteurs importants :

- Le rendement horaire
- Le rendement général du chantier

Le rendement horaire traduit des aléas indépendants du lieu, de l'époque, du genre de machine, de la qualité de l'organisation et en introduisant dans les calculs un coefficient de 50 minutes/60 minutes (temps effectif), soit un coefficient de 0.83 [9].

Ce rendement se calcule par l'équation III.3 :

$$R = Cc \times N(\text{cycle/heure}) \times Ke \times \text{eff} \quad (\text{III.3})$$

où

Cc : la capacité du camion.

N(cycle/heure) : nombre de cycle/heure.

Ke : coefficient d'utilisation de la capacité de charge du camion.

eff : efficacité (0.8-0.9).

Temps de chargement du camion :

Le temps de chargement d'un camion est donné par l'équation III.4

$$T_{\text{chargement}} = \frac{V_{\text{benne}} \cdot 60}{R_{\text{chargeuse}}/h} \quad (\text{III.4})$$

V benne : volume de la benne.

Rchargeuse : rendement de la chargeuse.

h : par heure.

Nombre de camions suffisant pour que la chargeuse travaille en continue :

Le nombre de camions utilisés dans la carrière afin que la chargeuse travaille en mode continu est donné par l'équation III.5 :

$$N_c = \frac{T_{totale}}{T_{chargement}} \quad (III.5)$$

V Modes de transport de la roche minière

V.1 Transport par camions

Le transport des produits dans les mines à ciel ouvert se fait généralement à l'aide des camions. Bien souvent, l'utilisation des camions se limite aux transports entre les points de chargement et le point de transfert, qui peut être un concasseur de chantier ou un convoyeur.

La souplesse du transport par camions fait qu'il est préféré au transport par voie ferrée, qui avait eu la faveur jusqu'aux années soixante.

Toutefois, le coût du transport par camions dans les mines exploitées à ciel ouvert, métallifères, d'agregats ou autres, représente en général plus de 50% des frais d'exploitation de la mine. Ces coûts ont pu être réduits grâce surtout à l'introduction du concassage en fosse et du transport continu par convoyeurs à bande.

Les progrès technologiques dont ont bénéficié les camions (moteurs diesel et commandes électriques, par exemple) ont conduit à la construction de véhicules de capacité de plus en plus grande. La pente des pistes de circulation est en général limitée de 8 à 15% sur une longue distance sachant que la pente optimale ne dépassant pas 7% à 8% [12].

Un Camion rigide, avec une duree de vie importante, et un coût de maintenance faible, offre les avantages suivants :

- Souplesse d'utilisation permettant de s'adapter a tous les types d'exploitation pour n'importe quelle profondeur et structure du gisement ;
- Grande capacite de transport ;
- Organisation simple de la circulation des engins de transport [9].

La figure III.2 représente des camions de marque BEMML50, durant le poste de travail.



Figure III.2: Transport par camions dans la carrière d'IFRI.

V.2 Transport par voie ferrée

En conditions optimales, la voie ferrée est la plus avantageuse pour le transport du minerai sur de longues distances. Cependant, pour des raisons pratiques, elle a été supplantée dans bien des mines à ciel ouvert par les camions diesel ou électriques qui offrent, avec les systèmes de transport continu par convoyeur, une plus grande souplesse d'emploi.

Le transport ferroviaire admet pour la montée en charge une pente de l'ordre de 0,5% avec un maximum de 3%.

L'acquisition de locomotives et la construction de voies ferrées imposent de très lourds investissements, qui ne peuvent être rentabilisés sur la durée que dans une exploitation à forte production [12] (figure III.3).



Figure III.3: Transport par voie ferrée.

V.3 Transport par convoyeur à bande

Ce mode de transport concerne surtout des transports à l'intérieur d'un même site ou entre deux sites relativement proches. Il s'agit par exemple d'une liaison entre la carrière calcaire et l'unité de concassage, ou encore par exemple entre le lieu d'extraction du matériau et le lieu de chargement, ou de traitement.

Une bande transporteuse ou convoyeur à bande, est un dispositif de transport ou de maintenance permettant le déplacement continu de matériau en vrac ou de charges isolées (figure III.4).

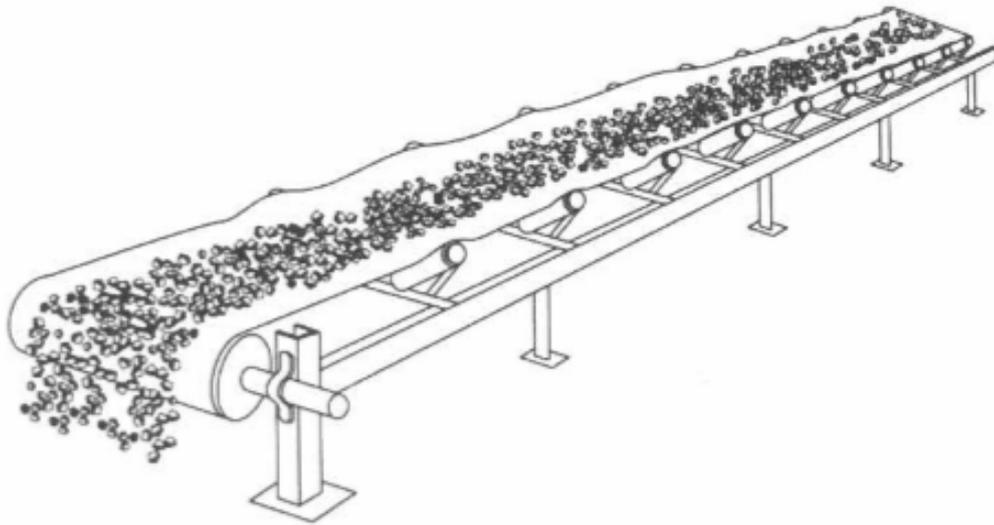


Figure III.4: Convoyeur à bande.

Les convoyeurs à bande peuvent transporter jusqu'à 1000 Tonne/heure de matériaux, mais ne peuvent pas être utilisés pour des pentes supérieures à 20° [13].

V.4 Transport par téléphérique

Le transport par téléphérique représente un investissement initial beaucoup plus important, mais permet de transporter les matériaux sur des pentes supérieures à 20° . En Isère (France), la société VICAT transporte sur près de 2 km environ 500000 tonnes de matériaux calcaires entre ses carrières de Sassenage et son usine de Saint-Egrève [13](voire la figure III.6).



Figure III.5: Utilisation de Téléphérique dans le transport de la roche minière.

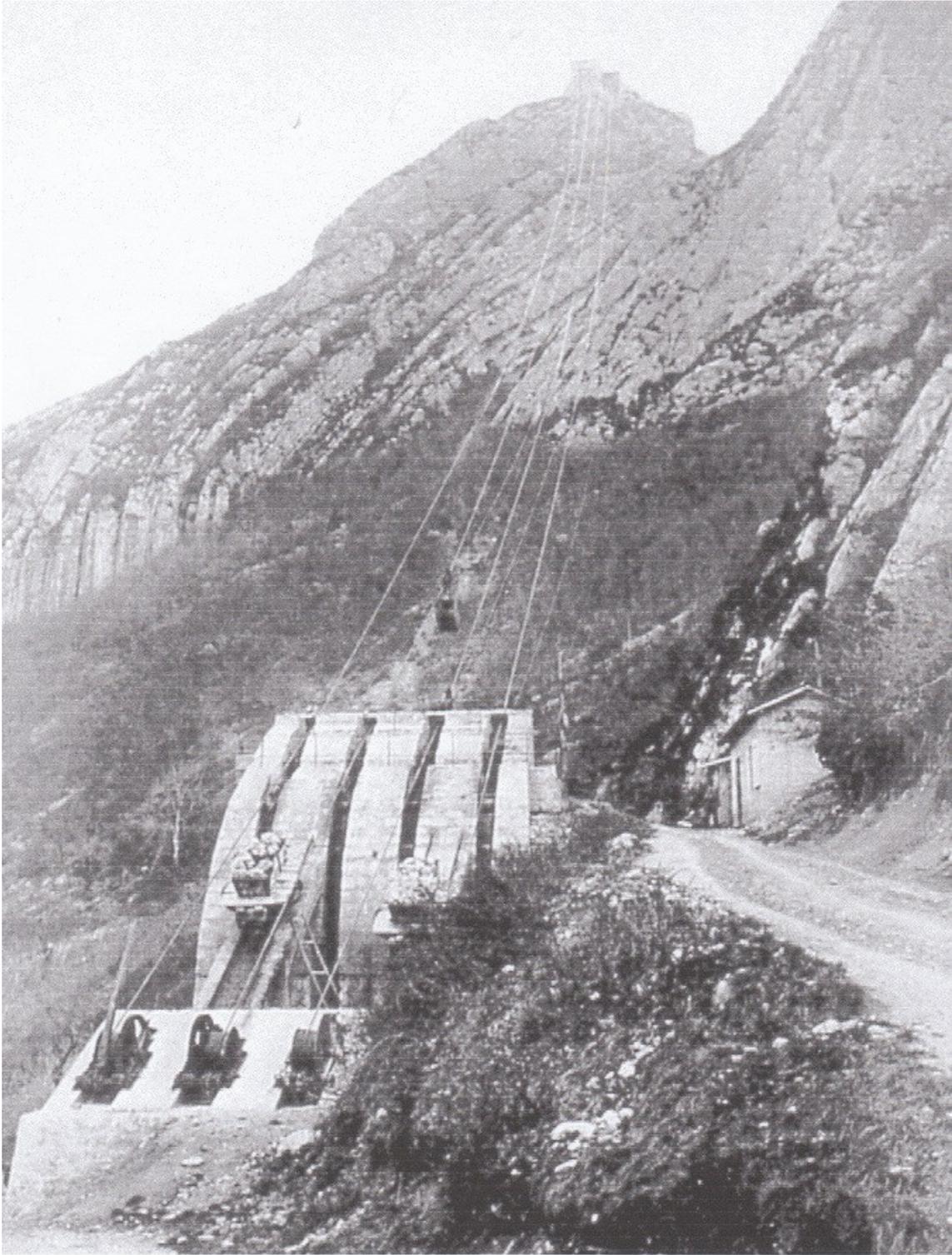


Figure III.6: Téléphérique dans une carrière de calcaire en France [13].

Ce type de matériel, qui permet de diminuer la circulation des véhicules sur le site, permet également de réduire les nuisances pour le voisinage.

Cette méthode peut être utilisée dans la carrière IFRI après validation par des études

technico-économiques qui confirme la possibilité de réalisation, et la rentabilité économique [13].

V.5 Déplacement de roche par culbutage

La méthode la plus simple et la plus économique de transport est la descente du minerai abattu, du stérile, et des matériaux, sur une surface inclinée (plus rarement, sur une surface verticale) sous l'effet de son poids, la figure III.7 montre la montagne de IFRI, la carrière au niveau supérieur, et les couloirs de culbutage du minerai.

VI Les variantes de transport proposé pour la carrière d'IFRI

VI.1 La variante (1)

L'unité de KEDDARA utilise le mode de transport par gravité dès le début des travaux d'exploitation, parce que ce mode a des avantages, de point de vue coût réduite, simplicité, bien qu'il y ait des problèmes confrontés lors de l'exploitation du gisement. Pour l'évacuation du tout-venant par gravité, l'unité de KEDDARA utilise les deux ravinnements reliant le niveau 610 m au niveau 250 m dont ils sont aménagés comme couloirs d'évacuation de roche calcaire abattue assurée par la pente qui est de 40 % comme le montre la figure III.7. Dans ce cas le transport se fait en deux parties :

- **Partie supérieur** : de la zone d'exploitation jusqu'au couloir de culbutage.
- **Partie inférieur** : de la plate-forme de réception jusqu'à la station de concassage.

Pour des normes de sécurité, les travaux d'exploitation dans la carrière de DJEBEL IFRI sont organisés comme suit :

Durant la période hivernale, période estimée à 150 jours, les travaux de culbutage sont à l'arrêt [2].

Le déblocage du tout-venant culbuté depuis la plate-forme du niveau 610 m vers la plate-forme de réception du niveau 250 est programmé pour 18 jours par mois.

Le transport du Tout-venant depuis la plate-forme de réception du niveau 250 m jusqu'à la station de concassage est assuré par les quatre dumpers de marque BEML de KEDDARA avec un programme de dix (10) jours par mois.



Figure III.7: la variante (1) utilisé actuellement (culbutage)[14].

VI.2 Variante (2) :

Cette variante consiste à l'emplacement d'une station de concassage primaire au niveau de la zone des virages, de forme " S " , près de la station privé de la carrière SOUKE ALHAD, afin d'éviter le déplacement des engins sur des pentes élevées et des virages pointues.

Dans cette variante, on peut proposer le déplacement du concasseur primaire existant au niveau de l'unité de KADDARA, après épuisement de l'ancienne carrière dont la période est estimée à une durée de 3 à 4 ans.

La figure III.8 représente une schématisation du site d'emplacement du concasseur primaire.



Figure III.8: la variante(2) et le site d'emplacement du concasseur primaire[14].

VI.3 La variante (3)

La variante (03) étudiée est le transport du tout-venant calcaire, sur la piste de longueur de 8 km, à l'aide des camions rigides et résistants aux conditions de la piste. Cette dernière possède des pentes qui dépasse 10% dans quelques zones avec également un nombre important des virages [7].

Jusqu'à l'année 2016 cette piste n'est utilisée que pour l'accès au gisement par les personnels et les engins utilisés au niveau supérieur de la carrière.

La figure III.9 montre le chemin parcouru par le TV suivant cette variante, allant du centre de gisement IFRI jusqu'à la station de concassage primaire.

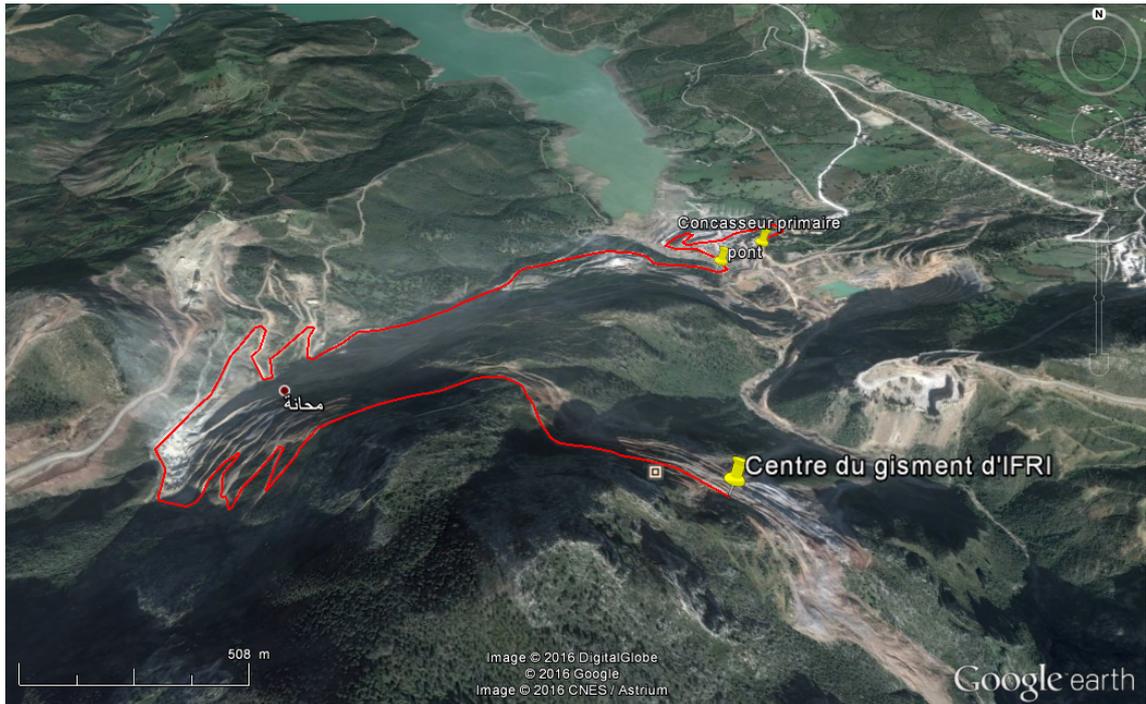


Figure III.9: la variante(3) la piste d'accès au gisement d'IFRI.

Chapitre IV

Evaluation économique

I Introduction :

L'évaluation économique des modes de transport est un outil économique visant à quantifier les coûts de déplacement des roches de chaque variante de transport (en unité monétaire la plupart du temps). C'est un outil important de comparaison permettant de sortir avec un choix optimal augmentant la productivité, et la rentabilité en minimisant les coûts liés à la procédure de transport évaluée.

II Processus d'évaluation économique :

La figure [IV.1](#) indique les trois grandes étapes du processus d'évaluation économique, selon que l'on travaille sur les phases d'identification, de planification, d'exécution ou d'achèvement d'un projet.

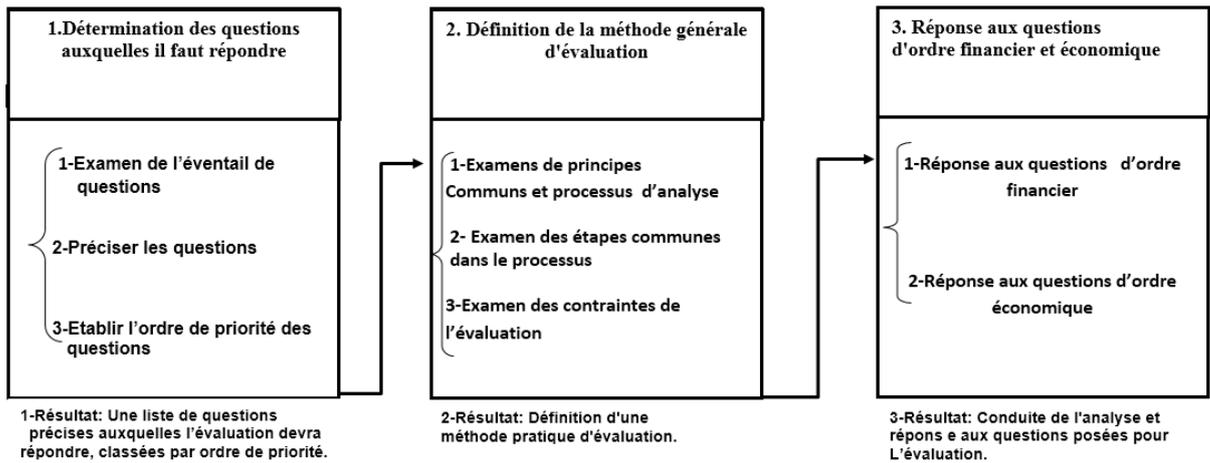


Figure IV.1: Le processus d'évaluation économique.

III Différences entre l'évaluation économique et l'analyse financière

Nous utilisons le terme d'évaluation économique pour englober tant les aspects financiers que les aspects économiques de l'efficacité des projets. Il y a deux différences fondamentales entre l'analyse financière, qui sert à répondre aux questions d'ordre financier et l'analyse d'efficacité économique, qui répond aux questions concernant le rendement économique. Ces différences portent sur les points suivants :

1. les coûts et bénéfices (ou les impacts positifs et négatifs) qui sont inclus dans l'évaluation.
2. la manière dont ces coûts et bénéfices (ou impacts) sont évalués.

Le terme d'analyse financière est utilisé pour désigner le type d'analyse qui ne s'intéresse qu'aux flux monétaires réels de sortie (coûts) et d'entrée (recettes), concernant des individus, ou groupes d'individus. Dans ce sens, l'analyse financière ne traite que des biens et services pour lesquels un paiement intervient. Elle traite des paiements réels en argent effectués [15].

IV Critères d'évaluation

Parmi les principaux critères d'évaluation économique on peut distinguer ce qui suit :

- Rentabilité financière du projet ;
- Coûts et bénéfices collectifs ;
- Volume et possibilités de financement ;
- Création ou économie d'emplois ;
- Rentabilité relative, comparée aux autres projets possibles ;
- Effets sur la balance des paiements.[15]

Seuls les projets d'intérêt économique sont pris en considération : par exemple, l'amélioration du mode de transport par culbutage, la création d'une nouvelle piste pour le transport, l'utilisation de la piste d'accès principale, ou l'installation d'un convoyeur a bande ... etc.) .

D'un autre coté, notre comparaison entre les différentes variantes sera basée sur le prix de revient unitaire d'une tonne de minerai transportée, mais elle prendra aussi en considération les autres critères cités en haut.

V Coût de revient

Le coût de revient souvent appelé prix de revient, représente la somme des coûts supportés pour la production et la distribution d'un bien ou d'un service.

Le coût de revient en générale est la somme :

- du coût d'achat
- du coût d'approvisionnement
- du coût de la production
- du coût de la distribution
- du coût administratif.

Pour la carrière de calcaire IFRI, les coûts d'exploitation sont composés essentiellement des rubriques suivantes :

- la masse salariale.
- Les matières et fournitures (les consommables)
- Les taxes minières.
- Les amortissements.
- Les services.

Comme on s'intéresse seulement aux coûts liés à l'opération de transport interne de la carrière, alors le coût de revient d'une tonne de calcaire transporté par un 1 Km est la

somme de :

- Les coûts fixes du transport :
 1. Les amortissements des engins de transport.
 2. Les frais du personnel :
 - Les conducteurs des dumpers.
 - Les chefs de poste.
 - Le chef service carrière.
 - Les frais du personnel de la maintenance.
- Les coûts variables du transport :
 1. l'énergie : gasoil.
 2. l'entretien préventif : Les lubrifiants, les pièces de rechange, la maintenance.
 3. les pneumatiques.

Dans la partie pratique, ces paramètres seront étudiés et calculés en détail.

VI Les investissements et les amortissements

VI.1 Introduction

L'évaluation économique de rentabilité à travers des critères, ou la détermination du montant des charges fixes figurant dans le prix de revient, nécessitent en préalable de disposer du capitale amortissable [16].

VI.2 Investissement

Un projet d'investissement d'intérêt économique peut être défini comme tout projet de réalisation d'un nouveau moyen de production, ou d'un ouvrage destiné à accroître la capacité ou la productivité de moyens existants, et à contribuer à l'amélioration des conditions économiques et sociales de la collectivité dans laquelle il sera réalisé [15].

Pour notre cas, un des principaux objectifs d'un investissement dans une variante de transport est d'accroître les avantages économiques globaux, tirés de l'exploitation des ressources en minimisant le prix de revient unitaire de calcaire déplacé .

VI.3 Amortissement

L'amortissement est la constatation comptable de la dépréciation irréversible des emplois (actif) suite à l'usage ou l'obsolescence, ou de tout autre cause possible.

Il y'a deux principaux types d'amortissement :

- L'amortissement linéaire ou constant qui signifie que le montant de la dépréciation, pour une même durée, est identique, quelque soit l'exercice comptable.
- L'amortissement dégressif où l'on observe une dépréciation plus forte pour les premiers exercices[17].

L'amortissement comptable d'un bien d'investissement est la répartition systématique de son montant amortissable sur la durée de son utilisation dans l'entité, et est caractérisé par les frais d'acquisition du bien à amortir et sa durée d'amortissement :

- Les frais d'acquisition sont déterminés comme la somme des prix d'achat et de tous les frais occasionnés jusqu'à son installation. cependant ce montant est hors TVA.
- La durées d'amortissement : les durées d'amortissement sont prévues par l'administration fiscale sont les suivants :

1. Construction : 10 à 25 ans.
2. Mobilier, installation, aménagement et agencement : 10 ans.
3. Gros matériel informatique : 10 ans.
4. Micro-ordinateur, périphérique et programme : 8 mois, 3 ans et 6 ans.
5. Matériel roulant et matériel automobile : 4 à 5 ans, (voir ANNEX).

Remarque : L'entreprise applique l'amortissement linéaire[7].

VI.3.1 Les investissements nécessaires

Les investissements nécessaires (ou proposé pour l'adaptation d'une variante de transport, autre que celui utilisé actuellement) pour la réalisation de l'objectif de 480000 Tonnes /an pour l'année 2016 ou 1000000 Tonnes /an après épuisement de la carrière de KAD-DARA sont classé comme suit :

– **Les travaux d'infrastructures minières :**

Les coûts des travaux d'infrastructures minières ont été estimés sur la base :

Désignation	Marque	Année	Etat	valeur en DA
Pelle excavatrice n 21	CATERPILAR	2013	Bon	39422136.96
Chargeur sur pneu n 18	CATERPILAR	2009	Bon	55761358.74
Chargeur sur pneu n 19	CATERPILAR	2009	Bon	55761358.74
Dumper (réserve) n 17	KOMATSU	1986	T.Mauv	1000000
Dumper carrière n 26	BEML	2010	Bon	30633103.9
Dumper carrière n 27	BEML	2010	Bon	30633103.9
Dumper carrière n 28	BEML	2010	Bon	30633103.9
Dumper carrière n 29	BEML	2010	Bon	30633103.9
Dumper n 31	TEREX	2016	Neuf	28750000
Dumper n 32	TEREX	2016	Neuf	28750000

Tableau IV.1: Equipements existants, utilisés par la carrière IFRI [18].

- des estimations de l'unité de KADDARA.
 - des prix pratiqués sur le marché lorsque l'information sur les coûts des travaux réalisés n'a pas été disponible.
- **Les équipements :**

On appelle équipements miniers, les équipements et complexes destinés à l'extraction, au chargement et au transport des substances utiles et des roches stériles, à partir des chantiers d'exploitation jusqu'aux lieux de déchargement. Certains équipements qui exécutent plusieurs opérations sont appelées combinés ou complexes miniers[9]. On se limite aux équipements destinés au chargement et au transport du tout venant.

1. **Equipements existants :** Les équipements existants à l'unité et qui seront utilisés, sont portés dans le tableau IV.1 :

Certains équipements sont déjà amortis, les autres équipements acquis entre 2013 et en 2016 sont en cours d'amortissement avec une durée d'amortissement de 5 ans pour les camions et les chargeurs[1].

Pour chaque équipement, l'amortissement annuel est calculé selon la équation IV.1 :

$$A = \frac{FA}{N}; (DA/an) \tag{IV.1}$$

tel que :

FA : frais d'acquisition du matériel concerné.

N : durée d'amortissement (en Année).

A : L'amortissement annuel.

Tel que l'amortissement annuel (A) est calculé par l'équation IV.2

$$A = FA \times Ta \quad (\text{IV.2})$$

Le taux d'amortissement Ta est calculé par équation IV.3 :

$$Ta = \frac{100}{N} en[\%] \quad (\text{IV.3})$$

Le montant total des amortissements (AT) est la somme des amortissements de chaque équipement[1].

2. Equipements neufs :

La valeur globale des équipements neufs diffère selon les variantes. Pour la seconde variante, il y a lieu d'acquisition d'un nombre de camions, pour d'autres variantes l'acquisition d'une installation de concasseur primaire (sans négliger la proposition de déplacement du concasseur existant).

Chapitre V

Cacul des paramètres techniques et économiques

I La variante (1) (la méthode de culbutage par couloir)

I.1 Introduction

Le coût de transport unitaire du minerai est évalué plusieurs fois par des études internes de l'entreprise ou par d'autres études externes comme celles réalisées par des étudiants de l'école nationale polytechnique. Cependant, ces études nécessitent une mise à jour pour qu'elles soient représentatives et réelles car nous avons enregistré des modifications importantes qui influent directement ou indirectement sur l'augmentation du coût de transport tels que :

- L'augmentation du prix du carburant pour l'année 2016,
- La destruction du pont de l'oued,
- Le mauvais état de la piste de roulage,
- La réorganisation du régime de travail (150 jours ouvrables, avec un régime de deux postes par jour),
- L'acquisition de deux camions TEREX 60 destinés à être utilisés dans le niveau supérieur pour le déplacement des roches du front de taille vers la plate-forme de culbutage. Leur amortissement est une charge supplémentaire dont il est nécessaire de faire une bonne planification de leur utilisation afin d'atteindre un rendement maximal.

Pour plus de sécurité, les travaux dans la carrière de DJEBEL IFRI sont organisés comme suit :

- Durant la période hivernale, période estimée à 150 jours, les travaux de culbutage sont à l'arrêt à cause des conditions du site de gisement situé dans un relief montagneux ajouté à cela un accès difficile voire même impossible ceux qui représente un inconvénient pour le culbutage.
- Le déblocage du tout-venant culbuté depuis la plate-forme du niveau 610 m vers la plate-forme de réception du niveau 250 m est programmé pour 18 jours par mois.
- Le transport du Tout-venant depuis la plate-forme de réception du niveau 250 jusqu'à la station de concassage est assuré par les quatre dumpers de marque BEML de KEDDARA avec un programme de dix (10) jours par mois.

Le tableau V.1 représente la répartition de jours ouvrables entre le culbutage et le transport :

Désignation	Nombre de jours
Nombre de jours ouvrables	150
Nombre de jours ouvrable pour le culbutage	90
Nombre de jours ouvrables pour le transport du TVC (au niveau inférieur)	60
Nombre de jours ouvrable par semaine de travail	06
Nombre de postes de travail par jour	02
Nombre d'heures effectives de travail par poste	06

Tableau V.1: Régime de fonctionnement de la carrière.

La figure V.1 montre le chemin parcouru par le tout-venant de calcaire allons du front de taille, passant par les couloirs de culbutages, ensuite par une piste de longueur de 2.8 Km en arrivant à la fin à la station du concasseur primaire.



Figure V.1: Parcours du tout-venant de calcaire.

I.2 Calcul des rendements et des nombre d'engins de chargement et de transport

Dans les mines à ciel ouvert, les caractéristiques des engins de transport et de chargement jouent un rôle fondamental dans le processus d'estimation du rendement d'une variante donnée. Dans ce qui suit, nous allons présenter les engins utilisés dans la carrière d'IFRI, avec également les formules de calculs nécessaires du rendement pour les différentes variantes utilisées.

I.2.1 Les engins de chargement

Dans l'étude comparative d'évaluation des modes de transport interne de la roche minière, nous tenons compte uniquement des coûts de chargement qui se font à deux niveaux dans la carrière de Keddara à savoir un chargement au niveau supérieur et un autre au niveau inférieur de la carrière. Les autres charges telles que les charges d'exploitation, du traitement, du personnel administratif et autres sont exclues car elles sont indépendantes des chemins et des méthodes de transport utilisées donc elles ne dépendent que de la production voulue et des capacités humaines et matérielles existantes.

la comparaison a exclue la totalité des charges qui sont équivalentes pour toutes les variantes prises, mais les coûts de chargement ne peuvent pas être exclues de la comparai-

son à cause de l'existence des coûts doublés pour la variante du culbutage, et la variante (02) concernant le chargement au niveau supérieur et au niveau inférieur par rapport à la variante (3) représentée par l'installation d'une station de concassage.

I) Au niveau supérieur (Plateforme de travail - niveau 590 m) :

Dans ce qui suit, nous allons estimer les différents rendements tels que le rendement de chargement par poste, le rendement journalier et celui annuel en se basant sur des résultats obtenus lors de notre stage effectué dans la carrière de Kheddara.

a) Le rendement de chargement par poste (R_p) :

Le rendement de chargement par poste est calculé en se basant sur l'équation V.1 [19].

$$R_p = \frac{3600 \times E_g \times K_r \times K_u \times T_p \times K_f}{T_c} \quad (V.1)$$

Les paramètres utilisés pour le calcul du rendement R_p de équation V.1 sont donnés dans le tableau V.1 :

Symbole	Signification	Valeur
E_g	capacité du godet	7 m ³
K_r	coefficient de remplissage du godet	0.85
K_u	coefficient d'utilisation	0.85
T_p	durée d'un poste de travail	6 h
T_c	durée d'un cycle du chargeur sur pneu	180 s
K_f	coefficient de foisonnement	1.5

Tableau V.1: Paramètres de l'équation de calcul des rendements des chargeurs

En appliquant les valeurs des paramètres données dans le tableau V.1, le rendement par poste R_p est :

$$R_p = 3600 \times 7 \times 0.85 \times 0.85 \times (6/180) \times 1.5 = 910.35 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{R_p = 910.35 \text{ m}^3 /p.}$$

b) Le rendement journalier en tonne (R_j) :

Le rendement journalier de chargement de tonne de minerai est calculé en utilisant l'équation V.2.

$$R_j = R_p \times N_p \times m_v \quad (V.2)$$

Tel que :

R_p = rendement du chargeur par poste qui est de : $910.35 \text{ m}^3 / \text{p}$

N_p = nombre de postes par jour qui est égale à 2

m_v = masse volumique de la roche foisonné = $1.4 \text{ Tonne}/\text{m}^3$

En remplaçant les paramètres par ces valeurs, le rendement journalier serait alors :

$$R_j = 910.35 \times 2 \times 1.4 = 2548.98 \text{ Tonne/jour.}$$

$$R_j = 2548.98 \text{ Tonne/jour}$$

c) Rendement annuel (R_a) :

Le rendement annuel de la variante du transport représente le produit entre le nombre de jours ouvrables par an (N_j) et le rendement journalier du transport (R_j) calculé précédemment par l'équation V.2. Ce rendement annuel est donné par l'équation V.3.

$$R_a = R_j \times N_j \tag{V.3}$$

D'ou :

N_j = nombre de jours ouvrables par an = 90 j/an.

$$R_a = 2548.98 \times 90 = 229408.2 \text{ Tonne/an.}$$

En remplaçant les valeurs des paramètres de l'équation V.3, le rendement annuel de chargement est égale à : $R_a = 229408.2 \text{ Tonne/an.}$

d) Le nombre nécessaire des chargeurs pour assurer la production voulue (N_{ch}) :

Dans ce qui suit, nous allons calculer le nombre de chargeurs nécessaire pour la variante (1) de transport. Ceci va nous donner une idée sur le nombre de chargeurs utilisés afin d'assurer la production du tout venant voulue par la carrière d'IFRI, et est calculé en utilisant l'équation V.4.

$$N_{ch} = \frac{P_j}{R_j} \tag{V.4}$$

D'ou :

R_j : le rendement journalier du chargement calculé par l'équation V.2 ($R_j = 2548.98$ Tonne/jour).

P_j : la production journalière souhaitée est $P_j = 480000/150 = 3200$ Tonne/jour.

En remplaçant les valeurs des paramètres donnés dans l'équation V.4, le nombre de chargeurs nécessaire est de $N_{ch} = 3200/2548.98 = 1.25$. Ce qui représente approximativement de chargeur ($N_{ch} = 2$).

Enfin, sur la base des calculs réalisés précédemment nous constatons que pour réaliser la production projetée de 480000 T de tout-venant abattu, un(01) seul chargeur utilisé au niveau supérieur est insuffisant. Cependant, pour combler le déficit, l'unité utilise une pelle excavatrice acquise en 2013 de marque Caterpillar type 349D [2].

II) Au niveau inférieur (Plateforme de réception-station de concassage) :

Dans cette section, nous allons essayer d'estimer les rendements de chargement par poste, journaliers et annuels dans le but de s'assurer que la production projetée est atteinte ou pas. Avant d'entamer ces calculs, nous avons fait un tour d'horizon sur la plateforme inférieure de la carrière de Kheddara où nous avons constaté que la qualité du tous venant reçue dans la plateforme de réception du niveau 250m représentée par sa forte fragmentation ainsi qu'une diminution importante de la granulométrie des blocs rocheux par rapport à l'état initial avant le culbutage. Cependant, le temps de cycle de chargement et moins important qui est de l'ordre de 90 s, ce qui prévaut un rendement par poste R_p plus élevé comme le montre les calculs ci-dessous :

a) le rendement de chargement par poste (R_p) :

Dans cette section, nous estimons le rendement de chargement par poste dans la plateforme inférieure en se basant sur l'équation V.1. Dans cette équation, le temps de cycle est fixé à $T_c = 90s$

$$R_p = 3600 \times 7 \times 0.85 \times 0.85 \times (6/90) \times 1.5 = 1820.7 \text{ m}^3$$

$$R_p = 1820.7 \text{ m}^3 / p$$

b) Le rendement journalier en tonne (R_j) :

Le rendement journalier du chargement en tonne de minerai pour la partie inférieure (plate-forme inférieure) est calculé en utilisant l'équation V.2. Les valeurs des paramètres utilisés dans cette formule sont données comme suit :

Rp = rendement du chargeur par poste $1820.7 \text{ m}^3/\text{p}$

Np = nombre de postes par jour = 2

mv = masse volumique de la roche foisonné = $1.4 \text{ Tonne}/\text{m}^3$

En remplaçant les valeurs des paramètres cités ci-dessus, le rendement journalier est le suivant :

$$R_j = 1820.7 \times 2 \times 1.4 = 5097.96$$

$$R_j = 5097.96 \text{ Tonne/jour}$$

c) Rendement annuel (**Ra**) :

Le rendement annuel est calculé en utilisant l'équation V.3 cité en haut. Ce rendement est le produit de rendement journalier en tonne (R_j) par nombre de jours ouvrables par an (N_j), tel que :

$$N_j = 60 \text{ j/an.}$$

Par remplacement, le rendement annuel (R_a) est :

$$R_a = 5097.96 \times 60 = 305877.6 \text{ Tonne/an}$$

Donc Le rendement annuel de chargement est : $R_a = 305877.6 \text{ Tonne/an}$.

d) Le nombre nécessaire des chargeurs pour assurer la production voulue (**Nch**) :

Le nombre nécessaire des chargeurs N_{ch} peut être calculer aussi à l'aide de la formule suivante :

$$N_{ch} = \frac{P_a}{R_a} \tag{V.5}$$

Tel que :

Pa : la production annuelle voulue.

Ra : le rendement annuel de chargement.

En remplaçant les paramètres décrits ci-dessus par ses valeurs, le nombre des chargeurs nécessaire est de :

$$N_{ch} = 480000 / (305877.6) = 1.56$$

A travers les calculs des rendements obtenus ci-dessus, nous remarquons que le rendement annuel d'un seul chargeur au niveau inférieur n'assure pas la production projetée qui est de l'ordre de 480000 Tonne/an. A cet effet, nous avons envisagé d'augmenter le nombre de jours ouvrables pour le personnel de transport de TV vers la station de concassage. Ceci est basé sur le fait que l'ajout d'un deuxième chargeur est quasiment impossible vu la taille petite de la plate forme de réception.

En cas de panne l'unité de Keddara utilise temporairement et dans le cadre possible, un chargeur ou une pelle parmi ceux destinés aux travaux des autres chantiers (exploitation et traitement).

I.2.2 Les engins de transport

Les engins de transport jouent un rôle très important dans la productivité et le bénéfice annuel de la carrière. En fait c'est un paramètre très sensible que nous devons estimer avec une très haute précision. Dans cette section, nous allons estimer les rendements effectués par les camions dont dispose la carrière de Khadera. Les calculs se font pour les deux endroits comme indiqué précédemment à savoir les engins de transport réservés pour le niveau supérieur et ceux réservés pour le niveau inférieur de la plateforme de réception.

I) Au niveau supérieur (Plateforme de travail - niveau 590 m) :

Dans la plate forme supérieure de la carrière, le déplacement des roches du front de taille jusqu'au couloir de culbutage se fait à l'aide des dumpers TREX d'une capacité de 60 T dont leurs caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous. Dans ce qui suit, nous allons estimer le rendement des camions par poste et par jour ainsi que le nombre de camions nécessaire pour la production souhaitée (voir tableau V.1).

En charge		A vide	
La pente en %	La vitesse en(Km/h)	La pente en %	La vitesse en(Km/h)
0	60	0	60
5	30	5	58
10	16	10	35
15	10	15	24
20	8	20	18
25	5	25	15
30	2	30	12

Tableau V.1: Caractéristiques du camion TEREX

a) Rendement des camions :

Le rendement du camion par poste est donné par l'équation V.6 dont les spécifications des paramètres utilisés dans les formules sont données dans le tableau V.2 :

$$Rc = \frac{3600 \times Qc \times T \times Kch}{Tc} \quad (V.6)$$

Tel que :

$$Tc = Tch + Ttr + Td + Tm \quad (V.7)$$

Symbole	Signification	Valeur
Qc	Capacité de la benne du camion TEREX60	60 tonnes
T	La durée d'un poste de travail	6 heures
Kch	Coefficient de chargement du camion (coefficient de remplissage)	0.85
Tch	Temps de chargement du camion	280 s
Ttr	Temps du trajet (en charge et à vide)	210 s
Td	Temps de déchargement du camion	30 s
Tm	Temps de manoeuvre	40 s
Tc	Le temps de réalisation d'un cycle	560 s

Tableau V.2: Paramètres de l'équation de calcul des rendements pour les camions TEREX.

Les paramètres du temps de cycle donnés dans le tableau V.2 sont obtenus sur la base d'une suivie faite sur le chantier par nous-mêmes. Après plusieurs mesures sur terrain des temps de chaque tâche du cycle, nous avons considéré une moyenne représentative de ce dernier.

A la fin, nous avons estimé un temps de cycle moyen de l'ordre de $T_{moy} = 560 \text{ s} = 9.33 \text{ min}$.

On appliquant l'équation V.6, le rendement du camion par poste (R_c/p) est le suivant :

$$R_c/p = 1967.14 \text{ Tonne/Poste.}$$

Le rendement journalier se calcul sur la base de deux postes par jour. En appliquant l'équation V.8, le rendement journalier du camion (R_c/j) est le suivant :

$$R_c/j = R_c/p \times N_p \tag{V.8}$$

Tel que :

N_p : nombre de postes par jour donc $N_p = 2 \text{ Poste/jour}$.

En remplaçant, les paramètres de l'équation V.8 par ses valeurs comme suit :

$$R_c/j = 1967,14 \times 2 = 3934,28 \text{ Tonne/jour}$$

Nous obtenons un rendement des camions par jour de l'ordre de $R_c/j = 3934,28 \text{ Tonne/jour}$

b) Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production :

Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production souhaitée par l'entreprise est donné par l'équation V.9 dont la spécification des paramètres utilisés dans cette équation est donnée dans le tableau V.3 :

$$N_c = \frac{P_j \times K_i}{R_c} \tag{V.9}$$

Tel que :

P_j : La production journalière souhaitée par l'entreprise est égale à la production annuelle planifiée divisée par le nombre de jours ouvrables (pour le culbutage).

$$P_j = 480000/90 = 5333.33 \text{ T/jour}$$

Symbole	Signification	Valeur
Pj	La production journalière souhaitée par l'entreprise.	5333.33 T/ jour
Ki	Coefficient d'irrégularité de travail (varie entre 0.8 et 1.2). On prend Ki = 0.9	
Rc	Rendement du camion durant une journée de travail.	3934.28 T/jour
Nc	Nombre des camions.	02

Tableau V.3: Paramètres de l'équation de calcul de nombre des camions.

En appliquant l'équation V.9, le nombre des camions nécessaire pour assurer la production est égale à :

$$N_c = (5333, 33.0, 9)/(3934, 28) = 1, 22$$

Approximativement : $N_c = 02$ camions

Donc il faut deux camions TEREX60 pour assurer la production journalière souhaitée. Cependant, au fur et à mesure que le taux d'avancement dans les travaux d'exploitation augmente, le front de taille s'éloigne de la plateforme du culbutage, ce qui rend le temps de cycle très long conduisant ainsi à une diminution du rendement journalier du camion de transport.

Rappelons que l'unité dispose d'un camion de réserve (N17) utilisé pour assurer la continuité des travaux de transport en cas de panne.

II) Au niveau inférieur (Plateforme de réception - station de concassage) :

Dans le niveau inférieur, les camions assurent le transport de tout-venant, de la plateforme de réception jusqu'à la station de concassage dont la longueur de la piste est de l'ordre de 2.8 km. Dans cette partie, nous estimons également le rendement des camions par jour ainsi que le nombre de camions nécessaire pour assurer la production projetée.

a) Rendement des camions :

Dans cette section, le rendement d'un camion par poste est donné par l'équation V.6 dont le tableau V.4 nous donne les symboles utilisés dans les calculs, leurs significations ainsi que les valeurs correspondantes.

Symbole	Signification	Valeur
Qc	Capacité de la benne du camion BEML	50 tonnes
T	La durée d'un poste de travail	6 heures
Kch	Coefficient de chargement du camion (coefficient de remplissage)	0.85
Tch	Temps de chargement du camion	180 s
Ttr	Temps du trajet en charge (en charge et à vide)	690 s
Td	Temps de déchargement du camion	50 s
Tm	Temps de manoeuvre	90 s
Tp	Temps de perte d'attente de feu vert de concasseur	180 s
Tc	Le temps de réalisation d'un cycle	1190 s = 20 min

Tableau V.4: Paramètres de l'équation de calcul des rendements pour les camions BEML.

En remplaçant les paramètres utilisés dans l'équation V.6 par ses valeurs nous obtenons alors :

$$Rc = (3600 \times 50 \times 6 \times 0.85) / 1190 = 771.43 \text{ Tonne/poste}$$

Le rendement du camion est donc de l'ordre de $Rc = 771.43$ Tonne/poste.

Alors que pour un régime de deux postes par jour, le rendement du camion est calculé comme suit :

$$Rc = 771.43 \times 2 = 1542.85 \text{ Tonne/jour}$$

Ce qui nous donne à la fin un rendement journalier de 1542.85 Tonne/jour.

Critique de l'état des pistes et du régime d'utilisation des camions :

Dans une grande mesure, l'efficacité du travail de transport par camion dans la carrière se détermine par l'état des pistes utilisées du front de taille jusqu'à la station de concassage. Cependant, des pistes bien tracées et bien construites ont un effet positif sur la productivité car elles autorisent des vitesses de circulation plus élevées ce qui conduit à la réduction du temps d'arrêt nécessaire pour la maintenance et la réparation des camions et occasionnent moins de fatigue au volant. Il est reconnu aussi qu'un bon entretien des pistes de circulation réduit les coûts d'exploitation et de réparation des engins de chargement et de transport ainsi que la consommation de carburant et augmente la durée de vie des pneus [20].

Par la suite, afin d'estimer le temps de réalisation d'un cycle du camion, il faut tenir en compte de la vitesse du camion sur une distance de 2.8 Km. Cette vitesse varie avec

l'état de marche à vide ou en charge ainsi que les conditions du terrain (plat, incliné...etc). Sur la base des normes, la vitesse d'un camion est donnée dans le tableau V.5 :

Vitesse	Valeur (Km/h)
Va : vitesse à vide	20
Vr : vitesse en charge	15

Tableau V.5: Limitation de vitesse des engins de transport [7].

b) Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production :

Pour le calcul du nombre des camions nécessaire à la production, nous utilisons la même formule citée précédemment dans le but de déplacer la quantité voulue du tout-venant vers la station de concassage. Donc, le nombre de camions nécessaire pour assurer la production est la suivante :

$$Nc = (5333.33 \times 0.9) / 1542.85 = 3.11$$

Approximativement, le nombre de camions est estimé à $Nc = 4$

Il nous faut donc quatre (04) camions de type BEML50 pour assurer la production souhaitée.

I.3 Les coûts fixes et semi fixes de transport et de chargement

Dans cette partie, nous traitons les coûts fixes et semi fixes des engins de chargement et de transport afin de calculer le prix de revient du transport. Ceci nécessite également de tenir compte les frais du personnel et l'amortissement des engins et machines minière.

I.3.1 Les amortissements des engins et d'autres charges amortissables

Afin de calculer le prix de revient d'une tonne de minerai transportée de la carrière vers la station de concassage, il est nécessaire de prendre en compte l'amortissement des variables qui rentrent dans le processus du calcul du prix de revient. Ces variables sont représentées par les engins de chargement et de transport ainsi que les pistes et les ponts.

a) Amortissement des engins de chargement et de transport :

Le tableau V.1 montre l'état d'amortissement des engins de chargement et de transport ainsi que les annuités qui leurs correspondent. Il est à remarquer que la plupart des engins sont déjà amortis, il reste que ceux qui sont acquis en 2013 et en 2016 avec un montant total important par rapport aux autres charges.

Désignation	Etat d'inventaire physique				Amortissement	
	Marque	Valeur en DA	Année	Etat	Etat	Annuité en DA
CAMION DUMPER N17	KOMATSU	1000000	1986	T.MAUV	Amortis	0
CHARGEUR SUR PNEU N18	CATERPILLA	55761358,74	2009	BON	Amortis	0
CHARGEUR SUR PNEU N19	CATERPILLA	55761358,74	2009	BON	Amortis	0
PELLE EXCAVATRICE N21	CATERPILLA	39422137	2013	BON	Non-amortis	7884427,39
DUMPER carrière N26	BEML50	30633103,9	2010	BON	Amortis	0
DUMPER carrière N27	BEML50	30633103,9	2010	BON	Amortis	0
DUMPER carrière N28	BEML50	30633103,9	2010	BON	Amortis	0
DUMPER carrière N29	BEML50	30633103,9	2010	BON	Amortis	0
DUMPER N31	TEREX60	57285000	2016	Neuf	Non-amortis	11457000
DUMPER N32	TEREX60	57285000	2016	Neuf	Non-amortis	11457000
La somme des annuités pour l'année 2016						30798427,39

Tableau V.1: Les annuités d'amortissement des engins de chargement et de transport pour l'année 2016 [18].

b) Les pistes et les ponts :

Le coût total de réalisation des deux ponts ainsi que l'aménagement des pistes de roulage est estimé a un total de 500000 DA. Pour tel construction et aménagement, l'entreprise utilise ces produits en agrégats ainsi que ces propres engins et machines (Bulldozer, pell excavatrice, ...), ce qui rend les tâches moins coûteuses.

I.3.2 Les frais du personnel

Les frais du personnel, peuvent être considérés comme étant des coûts semi fixes en raison de leur variation durant le processus d'estimation du coût de revient du minerai transporté. La masse salariale du personnel est constituée de deux parties à savoir :

- Le salaire de base
- Les primes : qui sont en fonction de l'écart entre les quantités de production réalisées.

Après un recensement fait au niveau de la carrière, les frais du personnel se divisent en deux catégories :

- Les frais directs sont ceux que l'on peut affecter en totalité, sans calcul préalable, à un produit ou une activité déterminée (les frais des conducteurs d'engins de transport).
- Les frais indirects nécessitent un calcul préalable pour être répartis entre plusieurs produits. Ceux-ci englobent les frais du personnel de l'atelier de maintenance dans lesquelles plusieurs engins sont réparés y compris également les frais de chef de service de la carrière et des chefs de postes qui sont des responsables hiérarchiques de plusieurs ouvriers.

a) Les frais du personnel du transport :

Les frais du personnel du transport englobent les conducteurs des dumpers, les conducteurs des chargeurs, les chefs de poste et le chef service de la carrière.

Les conducteurs des chargeurs :

Il y a quatre (04) conducteurs des chargeurs, deux (02) réparties au niveau inférieur et deux (02) autres au niveau supérieur, c'est-à-dire (02) conducteurs par poste. Comme nous avons deux postes par jour, donc le total est de quatre (04) conducteurs .

Le salaire brut moyen des conducteurs des chargeurs est estimé à : 47125 DA.

Les conducteurs des dumpers :

La carrière dispose au total de six (06) conducteurs par poste, quatre conducteurs (04) au niveau inférieur de la carrière et deux (02) conducteurs au niveau supérieur. Ceci veut dire que ces conducteurs sont répartis d'un maximum de (04) conducteurs par poste. Comme nous avons deux postes par jour, donc le total est huit (08) conducteurs.

Le salaire brut moyen des conducteurs est estimé à : 47125 DA [7]

Les chefs de poste :

Le travail des chefs de poste est réparti sur plusieurs opérations telles que la foration, le chargement, le transport et le concassage primaire, d'autre part ces opérations sont réalisées par des engins et des personnels. Le tableau V.1 ci-dessous nous donne une idée sur les effectifs de la carrière d'IFRI.

Le salaire brut moyen des chefs de poste est estimé à : 71856.63 DA [7].

Désignation	Nombre d'ouvrier
Chef d'exploitation	1
Chef de poste	2
Foreur	2
Aide foreur	2
Conducteur bull	2
Conducteur pelle excavatrice	2
Conducteur chargeur	2
Conducteur dumper	6
Concassage primaire	2
Total	21

Tableau V.1: les effectifs de la carrière d'IFRI [2].

Sur la base des données mentionnées dans le tableau V.1, la part de participation des chefs de poste dans le transport se calcul par l'équation V.2 suivante :

$$Pp = Msp \times \frac{Not}{No} \quad (V.10)$$

Le tableau V.2 nous résume le nombre d'ouvriers appartenant au service de la carrière, le nombre d'ouvriers appartenant au transport, la masse salariale des chefs de postes ainsi que la part de participation des chefs de postes.

Symbole	Signification	Valeur
No	Nombre d'ouvriers qui appartient au service carrière	21
Not	Nombre d'ouvrier qui appartient au transport (conducteur des dumper et des chargeurs)	08
Ss	Salaire brut des chefs de poste	71856.63 DA
Ps	Part de participation des chefs de poste	27373.954 DA

Tableau V.2: Paramètres de calcul de la part de participation des chefs de poste

Donc la participation des chefs de poste est estimée à :

$$Pp = 71856.63 \times \frac{8}{21} = 27373.954 \text{ DA.}$$

Et elle représente un pourcentage de $\frac{8}{21}=38\%$.

Avec un régime de deux postes par jour, la masse salariale des chefs de poste est :

$$M_{sp} = 27373.954 \times 2 = 54747.908 \text{ DA.}$$

Le chef de service carrière :

La carrière de Keddara dispose d'un seul chef de service carrière dont le salaire brut est estimé à : 53190.89 DA [7]. La participation du chef de service carrière dans les frais de transport se calcule en utilisant l'équation V.1 et le tableau V.3 :

$$P_s = S_s \times \frac{N_{ot}}{N_o} \tag{V.11}$$

Symbole	Signification	Valeur
No	Nombre d'ouvriers qui appartient au service carrière	21
Not	Nombre d'ouvriers qui appartient au transport	08
Ss	Salaire brut de chef service carrière	53190.89 DA
Ps	Part de participation du chef de service carrière	20263.196 DA

Tableau V.3: Paramètres de calcul de Part de participation du chef de service carrière

Donc la participation du chef de service carrière est estimée à :

$$P_s = 53190.89 \times 8/21 = 20263.196 \text{ DA}$$

En récapitulant, le tableau V.4 montre les salaires, les nombres d'ouvriers, le pourcentage de participation, et la masse salariale totale du personnel de transport :

Désignation	Conducteur	Chefs de poste	Chef service carrière
Salaire brut	47125 DA	71856.63 DA	53190.89 DA
Nombre	12	02	01
Nombre de mois	12	12	12
Participation en %	100%	38%	38%
La masse salariale / mois	565500 DA	54611.388 DA	20212.53 DA
Masse salariale annuelle	6786000 DA	655336.656 DA	242550.36 DA
Total	7683887.016 DA		

Tableau V.4: Récapitulatif des frais du personnel de transport.

b) La participation des frais du personnel de maintenance dans les charges de transport :

Le travail du personnel de la maintenance est réparti sur plusieurs services tels que la foration, le chargement, le transport, la station de concassage primaire et secondaire. Ces opérations sont réalisées par des engins et des machines dont la maintenance est sous la responsabilité du personnel de la maintenance. Afin de déterminer la part de participation du personnel de la maintenance dans les charges transport en procède de la manière suivante :

Le nombre total des engins et machines qui peuvent être réparés au sein de l'atelier de maintenance est de quarante-sept au total (47), ajouté a cela le nombre des engins de chargement et de transport qui représentent huit (08) engins.

Donc, la part de participation du personnel de la maintenance dans le transport est le rapport entre la masse salariale et le nombre total des machines des opérations concernées multiplié par le nombre des engins de transport en utilisant l' équation [V.12](#)[7].

$$Pm = Ms \times \frac{Nmt}{Nm} \quad (V.12)$$

Tel que :

Ms : masse salariale du personnel de la maintenance estimée à 24470500 DA [7] ;

Nm : nombre total des machines (47 machines) ;

Nmt : nombre des engins de transport du TV : (08 engins) ;

On utilise l'équation [V.12](#) pour calculer la part de la participation du personnel de la maintenance Pm :

$$Pm = 24470500 \times 8/47 = 4165191.489DA$$

I.3.3 Récapitulative des charges fixes et semi fixes

Concernant les charges fixes, le tableau [V.1](#), nous résume les résultats de calcul des frais des charges fixes qui représentent d'une part l'amortissement des engins y compris autres frais et d'autre part les frais du personnel de transport et de maintenance. Sur la base des résultats obtenus, il est à remarquer que l'amortissement des engins représente la grande part alors que l'ensemble des frais du personnel du transport et de maintenance

est relativement moins important (tableau équation V.1 et la figure V.2).

Désignation	Amortissement	Valeur en DA	Frais du personnel	Valeur en DA
Charges (DA)	Amortissement des engins	30798427.39	Personnel de transport	7683887.016
	Autres amortissement	500000	Personnel de maintenance	4165191.489
	Sous total	31298427.39	Sous total	11849078.51
Total		43147505.9 DA		

Tableau V.1: Les résultats des calculs des charges fixes et semi fixes.

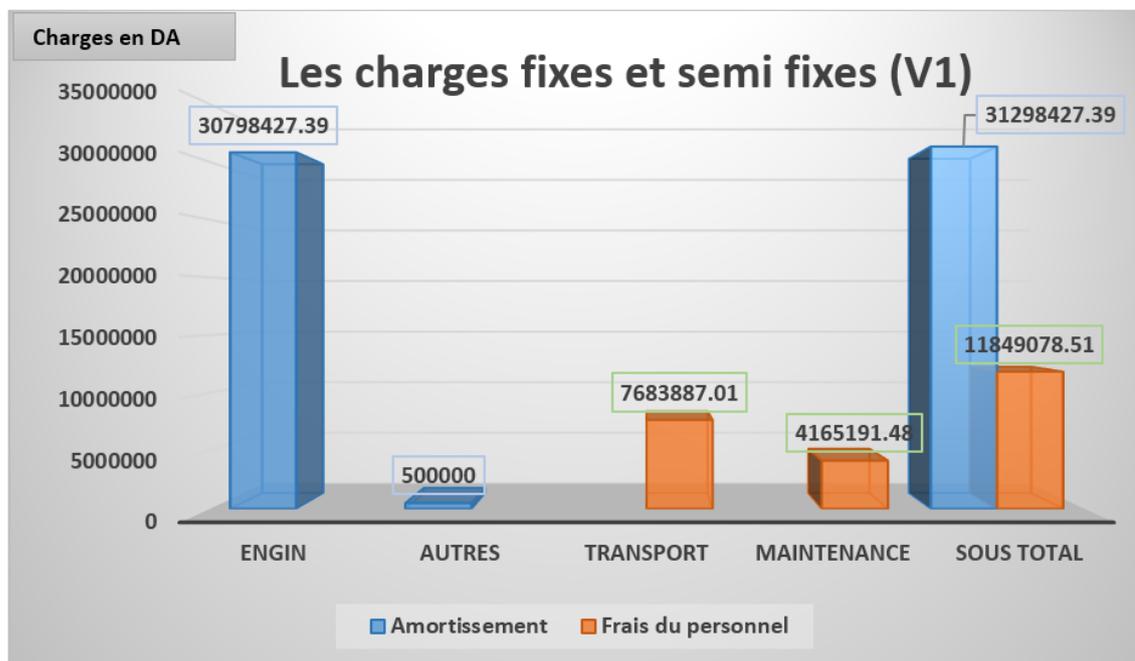


Figure V.2: Représentation graphique des coûts fixes et semi fixes de la variante(01)

I.4 Les coûts variables du transport

Afin de mener une étude solide d'optimisation et de choix du mode de transport, nous avons supposé que les coûts sont variables pour les variantes étudiées à savoir le transport et le chargement. Les variables étudiées sont représentées par le gasoil, l'entretien préventif, les lubrifiants et les pneumatiques.

Les engins de transport utilisés sur le chantier de la carrière de Keddara dans cette étude sont les suivants :

- Les engins de transport et de chargement du niveau supérieur : ces engins portent les numéros suivants N° 18, N° 31, N° 32, parfois ils utilisent les engins : N° 17, et N° 19 en cas de panne ou de nécessité.

- Les engins de transport et de chargement réservés pour le niveau inférieur de la carrière portent les numéros suivants : N°19, N°26, N°27, N°28, N°29, et parfois ils utilisent les engins portant les numéros suivants : N°17, N°18, et N°31, N°32 en cas de panne ou de nécessité.

I.4.1 Le gasoil

Au début de l'année 2016 le prix de carburant a augmenté, ce qui a conduit l'entreprise de signer une convention d'acquisition du gasoil estimé à un prix de 16,3 DA/L. Dans le tableau V.1, nous présentons les consommations spécifiques par heure de travail des engins de transport et de chargement ainsi que l'estimation de la consommation journalière :

Désignation	Consommation	Heures	Nombre de	Heures de	Consommation
	en L/heure	de travail /poste	poste /jour	travail/jour	en L /jour
CHARGEUR SUR PNEU N18	34	6	02	12	408
CHARGEUR SUR PNEU N19	34	6	02	12	408
PELLE EXCAVATRICE N21	19	6	02	12	228
DUMPER carrière N 26	24	6	02	12	288
DUMPER carrière N 27	24	6	02	12	288
DUMPER carrière N 28	24	6	02	12	288
DUMPER carrière N 29	24	6	02	12	288
DUMPER N31	24	6	02	12	288
DUMPER N32	24	6	02	12	288

Tableau V.1: La consommation journalière des engins en gasoil [21].

Pour un coefficient d'irrégularité de travail de 0.8 et un prix unitaire d'achat du gasoil de 16.3 DA/L, les montants de consommation annuelle spécifique et globale pour les engins de chargement et de transport sont représentés dans le tableau V.2 :

Désignation	Consommation.Coefficient	Consommation	Nombre de jour	Consommation
	Ki en L/jour	en DA /jour	ouvrable /an	annuelle en DA
CHARGEUR SUR PNEU N18	326,4	5320,32	90	478828,8
CHARGEUR SUR PNEU N19	326,4	5320,32	90	478828,8
PELLE EXCAVATRICE N21	182,4	2973,12	90	267580,8
DUMPER carrière N26	230,4	5320,32	60	225331,2
DUMPER carrière N27	230,4	5320,32	60	225331,2
DUMPER carrière N28	230,4	5320,32	60	225331,2
DUMPER carrière N29	230,4	5320,32	60	225331,2
DUMPER N31	230,4	5320,32	90	337996,8
DUMPER N32	230,4	5320,32	90	337996,8
Total				2802556,8

Tableau V.2: La consommation annuelle des engins en gasoil.

I.4.2 L'entretien préventif

L'entretien préventif consiste à la prévention contre les pannes et ce à l'aide d'un suivi continu sous forme de programme spécifique d'utilisation de lubrifiants, graisses, et remplacement des pièces de rechange pour chaque engin.

a) Pièces de rechange et pneumatiques :

L'estimation de la durée de vie des pièces de rechange dépend de la cadence d'utilisation des engins. Cette dernière peut être hebdomadaire, mensuelle, annuelle, ou même plus. En fait, la durée de vie des pneus dépend de leur cadence de travail, de leur mode d'utilisation, des états des pistes et la façon de conduire les engins que ce soit ceux du transport ou de chargement. Souvent, nous ajoutons aux coûts des pneus tous les coûts liés à la consommation pneumatique.

Les coûts de la consommation en pièces de rechange (PDR), contiennent les coûts des pneumatiques sont donnés dans le tableau V.1 et le tableau V.2 :

Désignation	Montant total des coûts de PDR annuel (en DA/an) par engin					
Année	2011	2012	2013	2014	2015	Moyen
Camion	805563,46	597937,13	2508353,4	734264,9	766429,62	1082509,7
Chargeur et pell	685183,63	736770,45	1452522	815559,8	1684252,1	1074857,607

Tableau V.1: Les coûts de la consommation moyenne en pièces de rechange et en pneumatiques par engin.

Désignation	Nombre d'engins	Montant total (en DA/an)
Camion	06	6495058,197
Chargeur et pell	03	3224572,822
Total	09	9719631,019

Tableau V.2: Les coûts de la consommation annuelle en pièces de rechange et en pneumatiques

b) Les lubrifiants (Huiles et graisses) :

La consommation annuelle en lubrifiant dépend de chaque type d'engin et de la cadence de son utilisation. Le coût total estimé de la consommation en lubrifiant pour les engins de transport et de chargement est donné dans le tableau V.3 :

Désignation	Consommation annuelle moyenne des lubrifiants en DA
CHARGEUR SUR PNEU N18	121079,25
CHARGEUR SUR PNEU N19	121079,25
PELLE EXCAVATRICE N21	121079,25
DUMPER carrière N26	121079,25
DUMPER carrière N27	121079,25
DUMPER carrière N28	121079,25
DUMPER carrière N29	121079,25
DUMPER N31	121079,25
DUMPER N32	121079,25
Total	1089713,25

Tableau V.3: Consommation annuelle moyenne des lubrifiants [7].

I.4.3 Récapitulative des charges variables

Comme le montre le tableau V.1 et la figure V.3 ci-dessous, les charges liées à la consommation des pneumatiques et des pièces de rechange sont les plus élevées et en degré moins, les charges liées aux lubrifiants et gasoil.

Désignation	Charges variables		
	Le gasoil	Les lubrifiants	Pièces de rechange et Pneumatiques
Sous total	2802556,8 DA	1089713,25 DA	9719631,019 DA
Total	13611901,07 DA		

Tableau V.1: Les coûts variables de la variante (1).

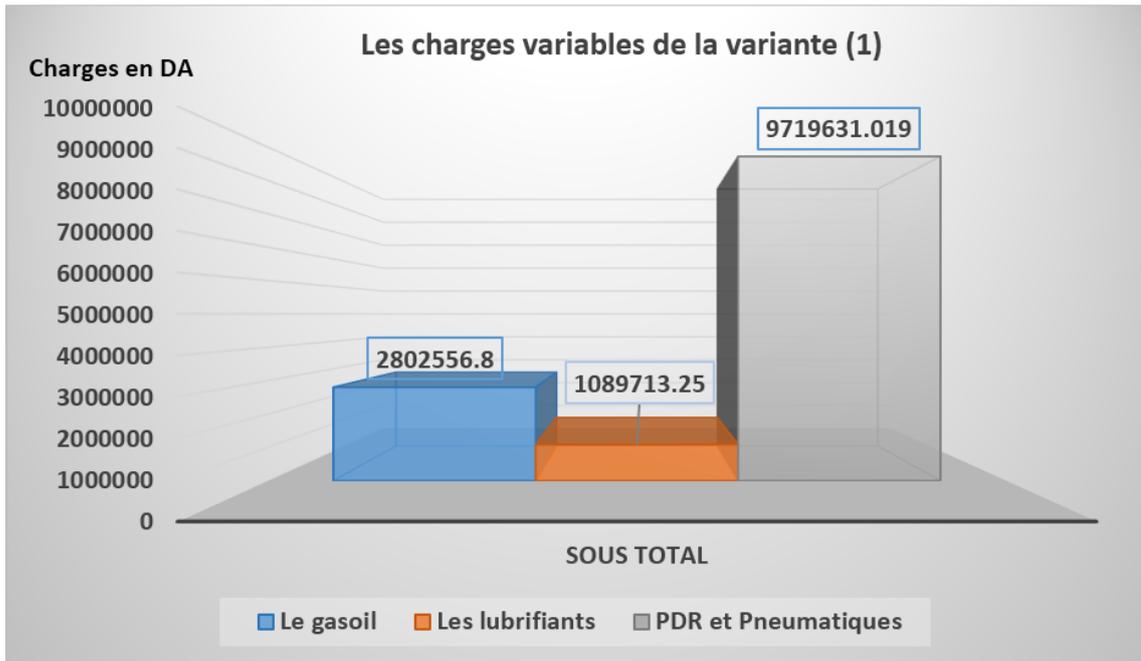


Figure V.3: Représentation graphique des coûts variables de la variante (1).

I.5 Récapitulative des charges liées au chargement et au transport de TV par la première variante (1)

Afin d'estimer le prix de revient d'une tonne de minerai au niveau de la carrière Keddara, nous devons tenir en compte toutes les charges étudiées précédemment tels que celles variables et fixes. En récapitulant, le tableau V.2 nous donne une idée sur les coûts totaux de ces charges.

Désignation	Charges variables	charges fixes
Sous total en DA	13611901,07 DA	43147505.9 DA
Total en DA	56759406,97 DA	

Tableau V.2: Les charges variables et fixes de la variante (1)

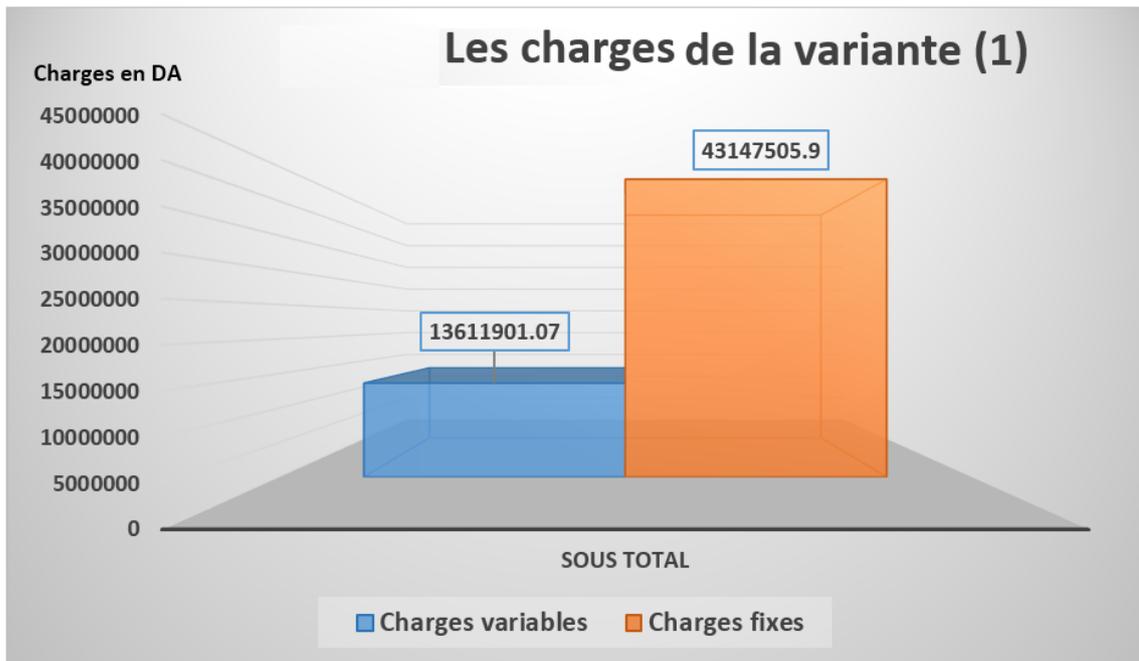


Figure V.4: Représentation graphique des charges fixes et variables

I.6 Le prix de revient d'une tonne de minerai transportée :

Afin de connaître le prix de revient d'une tonne de tout-venant transportée, il faut calculer les frais totaux annuels de transport (C) qui représentent la somme de toutes les dépenses comme le montre le tableau V.3. Les calculs se font on utilisant l'équation V.13 [22] :

$$C = \frac{C_i}{t} + C_e + C_p + C_m \quad (V.13)$$

Symbole	Signification
C_i	coût d'investissement (DA)
t	durée d'amortissement en années
C_e	coût annuel d'énergie (DA)
C_p	coût annuel du personnel (DA)
C_m	coût annuel de maintenance (DA)

Tableau V.3: Pramètre de l'équation du coût total de transport

Le coût unitaire du chargement et de transport d'une tonne de calcaire se calcule à l'aide

de l'équation V.14 :

$$Ct = \frac{\frac{Ci}{t} + Ce + Cp + Cm}{A} \quad (V.14)$$

Tel que :

A : la production annuelle en tonnes.

Ct : prix de revient unitaire de la tonne du minerai transportée.

Sur la base des charges totales estimées, le prix de revient (Pr) d'une tonne de minerai transportée y compris bien sur les coûts de chargement, pour la variante de culbutage par couloir, est estimé en utilisant l'équation V.15 :

$$Pr = \frac{FAT}{Pa} \quad (V.15)$$

tel que :

FAT : les frais annuels de chargement et de transport du calcaire sont : 56759406,97 DA

Pa : la production annuelle en tonnes est de l'ordre de 480000 tonnes/an.

$$Pr = 56759406,97/480000 = 118,25 \text{ DA/T.}$$

Donc la tonne de minerai transportée par la première variante impose un prix de revient de chargement et de transport de l'ordre de 118 DA/T.

II La variante (2) (Installation d'un concasseur dans la zone des virages)

La deuxième variante consiste à l'installation d'un concasseur primaire dans la zone des virages auprès de la station privée de la carrière SOUKE ALHAD.

Cette zone présente un nombre très élevé de virages (cinq virages avec un rayon de courbure très petit) (voir la figure V.5)

Les camions chargés au niveau de la carrière se déplacent sur un parcours de 3Km environ, dans une région qui présentant un relief montagneux, jusqu'au point de déversement de la matière première (tout-venant de calcaire), dans la trémie du concasseur, sans passer par la zone des virages. Ensuite la roche traitée par le concasseur primaire, doit être

transportée sur une distance de 5Km environ, vers la station de concassage secondaire de l'unité de KEDDARA.

La figure V.5 montre le chemin parcouru par le TV, allant du front de taille, passant par le site de l'installation du concasseur primaire proposé jusqu'à atteindre les installations de concassage secondaire.



Figure V.5: Représentation du parcours du TV (variante 1)

Le tableau ci-dessous donne le régime de marche des travaux de transport du tout-venant calcaire du fond du taille vers le concasseur primaire, ensuite vers la station de traitement secondaire.

Désignation	Nombre de jours
Nombre de jours ouvrables	150
Nombre de jours ouvrables pour le transport de TV vers le nouveau concasseur primaire	150
Nombre de jours ouvrables pour le transport du TVC (au niveau inférieur), du concasseur primaire vers le secondaire	150
Nombre de jours ouvrables par semaine de travail	06
Nombre de postes de travail par jour	02
Nombre d'heures effectives de travail par poste	06

Tableau V.4: Régime de fonctionnement de la carrière (variante 1).

II.1 Calcul des rendements et des nombres d'engins de chargement et de transport

II.1.1 Les engins de chargement

Au niveau supérieur (avant le concasseur primaire) :

Les engins de chargement à utiliser dans cette variante sont les mêmes utilisés pour la variante (1), portant les numéros : N° 18, N°19 possédant des caractéristiques suivantes :

Eg - capacité du godet = 7 m³.

Kr - coefficient de remplissage du godet = 0.85

Ku - coefficient d'utilisation = 0.85

le rendement de ces chargeurs est égale au rendement calculé pour la variante (1), donc :

a) Le rendement de chargement (Rp)(en m³) par poste :

Le rendement de chargement est calculé par l'équation V.1 est égale à :

$$R_p = 910.35 \text{ m}^3 / p$$

b) Le rendement journalier en tonne (Rj) : Le rendement journalier de chargement d'une tonne de minerai est calculé par l'équation V.2 est égale à :

$$R_j = 910.35 \times 2 \times 1.4 = 2548.98 \text{ tonne/jour}$$

Donc : $R_j = 2548.98 \text{ Tonne/jour}$

Pour cette variante, le nombre de jours ouvrables pour le chargement au niveau supérieur est de l'ordre de 150 j, ce qui augmente le rendement annuel remarquablement par rapport à la variante (1).

c) Rendement annuel (Ra) :

Le Rendement annuel (Ra) est calculé à l'aide de l'équation V.3, tel que :

$$N_j = \text{nombre de jours ouvrables par an} = 150 \text{ j/an}$$

$$R_a = 2548.98 \times 150 = 382347 \text{ Tonne/an}$$

Donc Le rendement annuel de chargement est : $R_a = 382347$ Tonne/an

En se basant sur les calculs ci-dessus, le nombre de chargeurs utilisés est estimé à

$$N_{ch} = 480000/382347 = 1,2$$

Donc le nombre nécessaire de chargeurs est approximativement $N_{ch} = 2$

Afin d'arriver à la production projetée 480000 Tonne/an de tout-venant, l'unité peut utiliser pour le chargement de TV le chargeur N° 18, avec la pelle excavatrice (Caterpillar type 349D). Ceci peut aider à combler le déficit qui est moins important que celui assuré par cette dernière dans la variante (1).

Au niveau inférieur (du concasseur primaire vers le secondaire) :

Après la réalisation du concassage au niveau du concasseur primaire, le rendement de chargement augmente à cause de la granulométrie réduite de la roche concassée, ce qui conduit à un coefficient de remplissage plus important. Dans ce cas, le temps de cycle de chargement est estimé à 90 s.

a) le rendement de chargement par poste (R_p) :

Le rendement de chargement par poste pour cette variante est calculé en utilisant l'équation [V.1](#). En remplaçant les paramètres utilisés dans l'équation par ses valeurs, le résultat est donné comme suit :

$$R_p = 3600 \times 7 \times 0.9 \times 0.85 \times (6/90) \times 1.5 = 1927.8$$

$$R_P = 1927.8 \text{ m}^3 /p .$$

b) Le rendement journalier en tonne (R_j) :

Le rendement journalier pour une tonne de minerai est calculé par la même formule utilisée dans la variante(1) tels que :

$$R_p = \text{rendement du chargeur par poste } 1927.8 \text{ m}^3/p$$

N_p = nombre de postes par jour = 2

m_v = masse volumique de la roche foisonné = 1.4 Tonne/m³

d'où :

$$R_j = 1927.8 \times 2 \times 1.4 = 5397.84 \text{ Tonne/jour}$$

$$R_j = 5397.84 \text{ Tonne/jour}$$

c) Rendement annuel (Ra) :

Le rendement annuel est également calculé par la même formule utilisée dans la variante (1), tels que :

N_j = nombre de jours ouvrables par an = 150 j/an

$$R_a = 5397.84 \times 150 = 809676 \text{ Tonne/an.}$$

Donc Le rendement annuel de chargement est : $R_a = 809676 \text{ Tonne/an}$

Ce qui correspond au nombre de chargeurs :

$$N_{ch} = 480000 / 809676 = 0,593$$

Donc le nombre nécessaire de chargeurs $N_{ch} = 1$

A travers ces calculs, nous pouvons constater que le rendement annuel d'un seul chargeur assure largement la production voulue.

II.1.2 Les engins de transport

I) Au niveau supérieur (du fond de taille vers le concasseur primaire)

a) Rendement des camions :

Le rendement du camion par poste est donné par l'équation V.6 et l'équation V.7, dont les spécifications sont données dans le tableau V.1 :

Symbole	Signification	Valeur
Qc	Capacité de la benne du camion TEREX60	60 tonnes
T	La durée d'un poste de travail	6 heures
Kch	Coefficient de chargement du camion (coefficient de remplissage)	0.85
Tch	Temps de chargement du camion	280 s
Ttr	Temps du trajet (en charge et à vide)	960 s
Td	Temps de déchargement du camion	30 s
Tm	Temps de manoeuvre	40 s
Tc	Le temps de réalisation d'un cycle	1310 s

Tableau V.1: Paramètres de calcul des rendements des camions TEREX (Variante2).

Le temps moyen de réalisation d'un cycle $T_{\text{moy}} = 1310 \text{ s} = 21.83 \text{ min}$

On appliquant l'équation V.6, le rendement du camion par poste est :

Rc/p= 840.916 Tonne/Poste.

Le rendement journalier de cette deuxième variante se calcul sur la base de deux postes par jour :

$$Rc/j = 840.916 \times 2 = 1681.83 \text{ Tonne/jour.}$$

b) Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production :

On appliquant l'équation V.16, dont la spécification des paramètres est donnée dans le tableau V.2 :

$$N_c = \frac{P_j \times K_i}{R_c} \quad (\text{V.16})$$

Symbole	Signification	Valeur
Pj	La production journalière souhaitée par l'entreprise.	3200 T/ jour
Ki	Coefficient d'irrégularité de travail (varie entre 0.8 et 1.2). On prend $K_i = 0.9$	
Rc	Rendement du camion durant une journée de travail.	1681.83 T/jour

Tableau V.2: Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production voulue

Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production souhaitée par l'entreprise est calculé comme suit :

$$N_c = (3200 \times 0.9)/(1681.83) = 1.71$$

Ce qui donne approximativement : $N_c = 02$

Donc il faut deux camions TEREX60 pour assurer la production journalière voulue.

II) Au niveau inférieur (concasseur primaire - station de concassage secondaire) :

a) Rendement des camions :

Le rendement du camion par poste est donné par l'équation V.6 et l'équation V.7 :

Le tableau ci-dessous nous donne les symboles utilisés dans les calculs, leurs significations ainsi que les valeurs correspondantes.

Symbole	Signification	Valeur
Qc	Capacité de la benne du camion BEML	50 tonnes
T	La durée d'un poste de travail	6 heures
Kch	Coefficient de chargement du camion (coefficient de remplissage)	0.85
Tch	Temps de chargement du camion	180 s
Ttr	Temps du trajet (en charge et à vide)	2400 s
Td	Temps de déchargement du camion	50 s
Tm	Temps de manoeuvre	90 s
Tp	Temps de perte d'attente de feu vert de concasseur et d'attente de chargement des autres camions, estimé approximativement	30 s
Tc	Le temps de réalisation d'un cycle	2750 s = 45.83 min

Tableau V.3: Paramètres de calcul des rendements des camions BEML (Variante2).

D'où :

$$Rc = (3600 \times 50 \times 6 \times 0.85) / 2750 = 333.82 \text{ Tonne/poste.}$$

le rendement du camion par poste est $Rc/p = 333.82 \text{ Tonne/poste.}$

pour un régime de deux postes par jour :

$$Rc/j = 333.82 \times 2 = 667.636 \text{ Tonne/jour}$$

ce qui fait un rendement journalier $Rc/j = 667.636 \text{ Tonne/jour.}$

b) Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production :

Pour le calcul du nombre des camions nécessaire à la production, nous utilisons la même formule citée précédemment en haut, afin de déplacer la quantité voulue du tout-venant

vers la station de concassage secondaire :

$$N_c = (3200 \times 0.9)/(667.636) = 4.31$$

Approximativement $N_c = 5$

Il nous faut donc cinq engins de transport de type BEML50, dont quatre (04) camions seulement sont existants au sein de l'unité, d'où la nécessité d'acquérir un nouveau camion d'une capacité de 50 T.

II.2 Les coûts fixes (et semi fixes) de chargement et de transport (Variante 2)

II.2.1 Les amortissements des engins et d'autres charges amortissables

a) Amortissement des engins de chargement et de transport :

Dans cette section, nous estimons le rendement, le nombre des chargeurs et le nombre de camions nécessaires pour assurer la production planifiée en se basant sur les mêmes formules utilisées pour la première variante, sauf que dans cette partie, nous avons constaté la nécessité d'acquérir un autre engin. Sur la base des résultats obtenus dans la section réservée pour la variante (1), les coûts d'amortissements sont les mêmes que ceux pour la première variante sauf qu'on doit ajouter l'amortissement du nouveau camion.

Désignation	Type	Nombre	Frais d'acquisition en DA	Annuité en DA
Camions N° 31,N° 32	TEREX60	02	114570000	22914000
Pell N° 21	CATRPILLAR	01	39422137	7884427,39
Camion N° 33	BEML50	01	30633103,9	6126620,78
TOTAL	04 engins		184625249,9	36925048,17

Tableau V.1: Amortissement des engins de chargement et de transport (Variante 2).

b) La piste de roulage et le pont :

Pour la piste de roulage et le pont relie la carrière avec les installations de traitement de l'unité de KEDDARA, nous estimons leurs frais de réalisation ainsi que leurs aménagements à un montant total de 4000000 DA, amortissables sur quatre (4) ans.

c) Le concasseur primaire :

Dans cette variante, si elle sera utilisée dans les 3, ou 4 ans prochains, il faut acquérir un concasseur primaire, dont la capacité de concassage répond à la production planifiée, tandis que, si cette variante ne sera utilisée qu'après épuisement total de l'ancienne carrière, il y a possibilité de déplacement du concasseur primaire existant.

Pour continuer avec le premier cas, nous calculons les annuités d'amortissement des frais d'acquisition du concasseur, qui doit être amorti dans une durée de 10 ans selon les exigences de la loi minière (Voir ANNEX).

Le tableau suivant représente les dotations annuelles liées à l'acquisition du concasseur primaire :

Désignation	Frais max d'acquisition	Duré d'amortissement	Taux d'amortissement	Annuité
Concasseur primaire	50000000 DA	10	0.1	5000000 DA

Tableau V.2: Annuité d'amortissement du concasseur primaire

Pour la comparaison entre les variantes en terme de prix de revient unitaire de minerai transporté, nous ne tenons pas compte des charges liées à l'utilisation du concasseur tel que : la consommation en électricité, les frais du personnel et de maintenance, car ces charges sont considérées comme équivalentes pour toutes les variantes.

II.2.2 Les frais du personnel

a) Les frais du personnel du transport :

Les conducteurs des chargeurs :

En régime de travail normal, trois (03) conducteurs des chargeurs sont nécessaires, deux(02) conducteurs au niveau supérieur et un conducteur (01) au niveau inférieur. Ceci veut dire trois(03) conducteurs par poste en raison de deux postes par jour, ce qui donne total six (06) conducteurs.

Les conducteurs des dumpers :

Pour cette variante il faut : cinq conducteurs (05) au niveau inférieur, et deux (02) conducteurs au niveau supérieur en raison de deux postes par jour, ce qui nous donne donc un

total de quatorze (14) conducteurs.

Les chefs de poste :

Le nombre total des ouvriers, qui sont sous la responsabilité de chef de poste pour cette variante est de (33) dont (20)représente le nombre d'ouvriers de chargement et de transport, donc la part de participation de chef de poste dans les frais de transport (de la deuxième variante) calculé à l'aide de l'équation V.2) :

$$P_p = 71856.63/33 \times 20 = 43549,48 \text{ DA/mois.}$$

Avec un régime de deux postes par jour, le total de la part de participation des chefs de poste est :

$$P_{pt} = 43549,48 \times 2 = 87098,97 \text{ DA/mois.}$$

Le chef de service carrière :

La part de participation du chef de service carrière dans les frais de transport de la deuxième variante est calculée à l'aide de l'équation V.1 dont les spécifications, et le résultat est dans le tableau suivant :

Symbole	Signification	Valeur
No	Nombre d'ouvriers qui appartient au service carrière	33
Not	Nombre d'ouvriers qui appartient au transport (conducteur des dumpers et des chargeurs)	20
Ss	Salaire brut de chef service carrière	53190.89 DA
Ps	Part de participation du chef de service carrière	30885.033 DA/mois

Tableau V.1: Paramètres de calcul de la part de participation de chef de service carrière.

Donc la participation du chef de service carrière est estimée à :

$$P_s = 53190.89/33 \times 20 = 32236,9 \text{ DA/mois.}$$

Le tableau ci-après montre les salaires, les nombres d'ouvriers, le pourcentage de participation, et la masse salariale totale du personnel de transport :

Désignation	Conducteur	Chefs de poste	Chef service carrière
Salaire brut	47125 DA	71 856.63 DA	53190.89DA
Nombre	20	02	01
Nombre de mois	12	12	12
Participation en %	100%	58%	58%
La masse salariale /mois	942500 DA	87098,97 DA	32236,9 DA
Sous total /an	11310000 DA	1045187,35 DA	386842,84 DA
Total	12742030,48 DA		

Tableau V.2: Récapitulatif des frais du personnel de transport(Variante 2).

b) La participation des frais du personnel de maintenance dans les charges de transport :

On calcul la part de participation des frais du personnel de maintenance dans le transport du TV au prorata des nombres d'engins et des machines suivies par l'atelier de maintenance.

Le nombre total des engins et machines qui peuvent être réparés au sein de l'atelier de maintenance est de quarante-huit au total (48).

Le nombre des engins de chargement et de transport est de (10) engins.

Le calcul se fait à l'aide de l'équation V.12, tel que :

Ms : masse salariale du personnel de la maintenance (24470500 DA) ;

Nm : nombre total des engins et des machines : (48) ;

Nmt : nombre des engins de chargement et de transport de tout-venant : (10) ;

$$P_m = 24470500/48 \times 10 = 5098020,833 \text{ DA}$$

Donc la part de la participation du personnel de la maintenance est estimée à :

$$P_m = 5206489,36 \text{ DA.}$$

II.2.3 Récapitulative des charges fixes

Le tableau V.1 et la figure V.6 résument les résultats des calculs précédants des charges fixes :

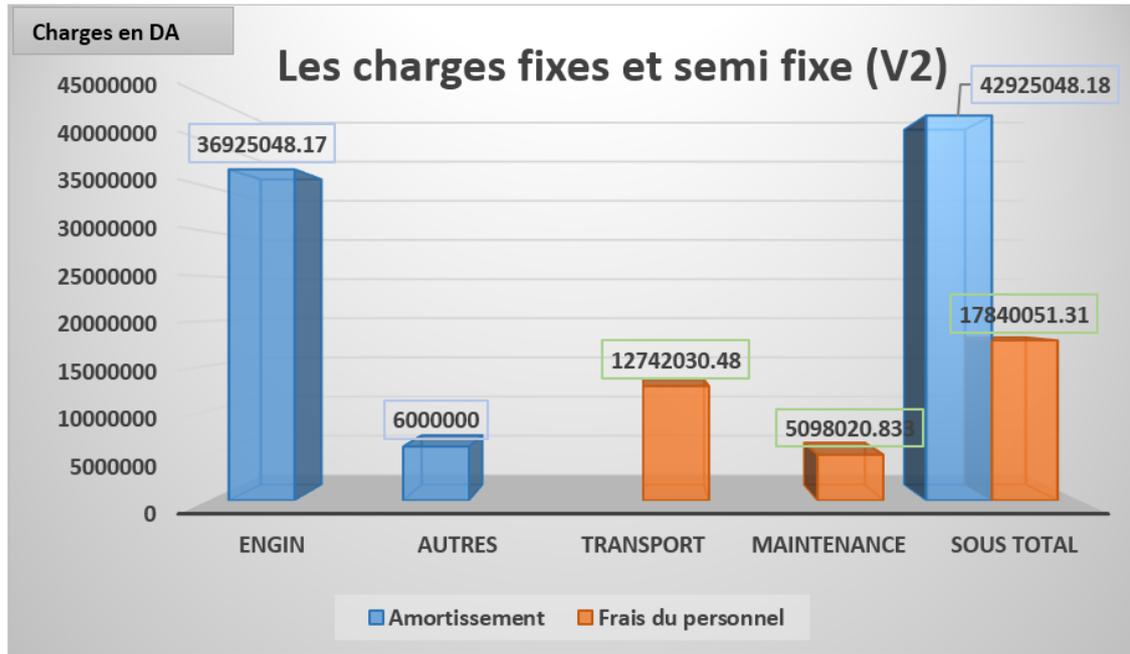


Figure V.6: Représentation graphique des coûts fixes et semi fixes de la deuxième variante.

Désignation	Amortissement	Valeur en DA	Frais du personnel	Valeur en DA
Charges (DA)	Amortissement des engins	36925048,17	Personnel de transport	12742030,48
	Autres amortissement	6000000	Personnel de maintenance	5098020,833
	Sous total	42925048,18	Sous total	17840051.31
Total	60765099,49 DA			

Tableau V.1: Récapitulative des charges fixes (Variante 2)

II.3 Les coûts variables du transport

Les engins de chargement et de transport de niveau supérieur, portent les numéros suivants N° 21, N° 18, N°31, N°32 en cas de panne ou de nécessité le N° 17.

Les engins de chargement et de transport réservés pour le niveau inférieur de la carrière portent les numéros suivants : N° 19, N°26, N°27, N°28, N°29, et le camion à acquérir, on le donne le numéro N°33.

II.3.1 Le gasoil

La consommation du camion N°33, s'ajoute à la consommation totale des autres engins, qu'on a calculé précédemment pour la première variante.

Le tableau suivant montre la consommation journalière des engins de la deuxième variante.

Désignation	N°	Consommation moy en L/heure	Heures de travail/jour	Consommation en L /jour
Camions et chargeurs	21 ; 18 ; 19 ; 26 ; 27 ; 28 ; 29 ; 31 ; 32	231	12	2772
Dumper BEML50 T	33	24	12	288

Tableau V.1: La consommation du gasoil des engins de la deuxième variante.

Pour un coefficient d'irrégularité de travail $K_i = 0.8$ et un prix unitaire d'achat du gasoil de 16.3 DA/L, les montants de consommation annuelle spécifique et globale des engins de chargement et de transport sont représentés dans le tableau suivant :

Désignation	N°	Consommation moy en L/jour* K_i	Consommation moy en DA/jour	Nombre de jour ouvrable /an	Consommation annuelle en DA
Camions et chargeurs	21 ; 18 ; 19 ; 26 ; 27 ; 28 ; 29 ; 31 ; 32	2217,6	36146,88	150	5422032
Dumper BEML50 T	33	230,4	3755,52	150	563328
TOTAL					5985360

Tableau V.2: Consommation annuelle de gasoil pour les engins de la deuxième variante.

II.3.2 L'entretien préventif

a) Pièces de rechange et pneumatiques :

Les coûts de la consommation en pièces de rechange et en pneumatiques pour la deuxième variante sont donnés dans le tableau suivant :

Désignation	Consommation moyenne en DA/an	Nombre d'engins	Montant total en DA/an
Camion	1082509,7	07	7577567,9
Chargeur et pelle	1074857,60	03	3224572,82
Somme	2157367,30	10	10802140,72

Tableau V.1: La consommation annuelle en pièces de rechange et en pneumatiques (Variante 2).

b) Les lubrifiants (Huiles et graisses) :

Pour cette variante le coût total estimé de la consommation en lubrifiant pour les engins de chargement et de transport est donné dans le tableau ci-après :

Désignation	Consommation moyenne en DA/an	Nombre d'engins	Montant total en DA/an
Camion	121079,25	07	847554,75
Chargeur et pelle	121079,25	03	363237,75
Somme	242158,5	10	1210792,5

Tableau V.2: La consommation annuelle des lubrifiants (Variante 2)

II.3.3 Récapitulative des charges variables

Comme le montre le tableau et la figure ci-dessous, les charges liées aux pièces de rechange et aux pneumatiques sont les plus élevées, et en degré moins, les charges liées au gasoil et aux lubrifiants.

Désignation	Charges variables		
	Le gasoil	Les lubrifiants	Pièces de rechange et pneumatiques
Sout total	5985360 DA	1210792,5 DA	10802140,72 DA
Total	17998293,22 DA		

Tableau V.1: Récapitulative des charges variables (Variante 2)

II.4 Récapitulative des charges liées à l'utilisation de la variante (2) pour le transport de TV

le tableau ci-dessous, et le graphique qui le suit résumant tous les calculs précédents,

Désignation	Charges variables	Charges fixes
Somme	17998293,22 DA	60765099,49 DA
Total	78763392,71 DA	

Tableau V.2: Les charges fixes et variables liées à l'utilisation de la variante (2).

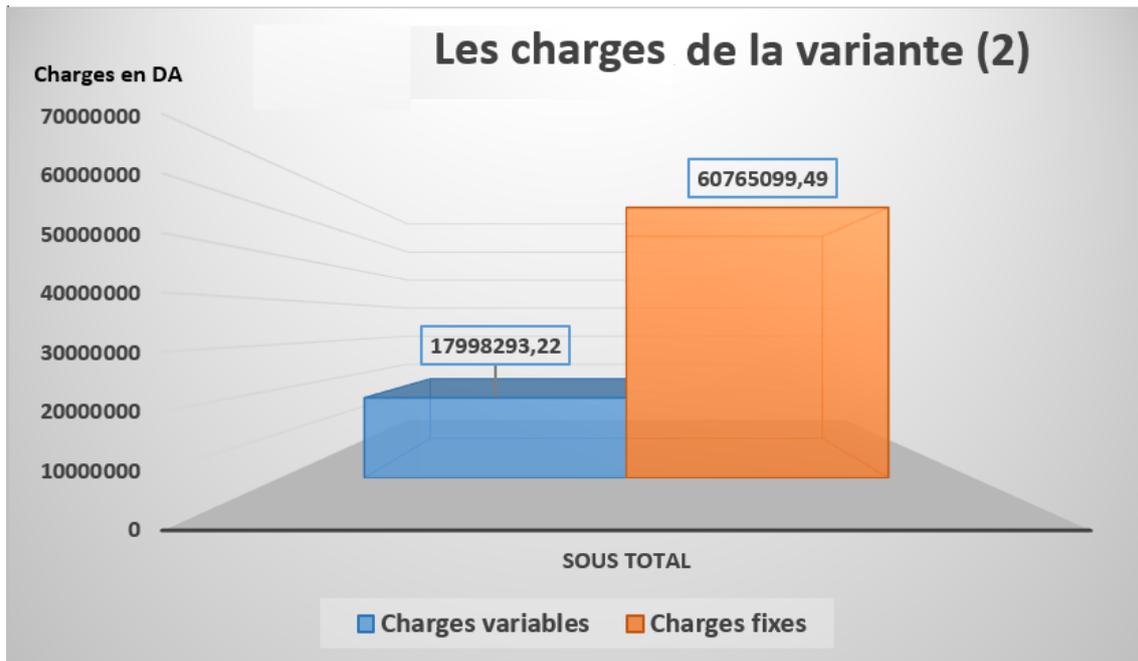


Figure V.7: Représentation graphique des coûts fixes et variables de la deuxième variante.

On remarque que les charges fixes sont plus importantes que les charges variables de cette variante, à cause des amortissements des différents investissements, dégagés la première année de l'utilisation de la variante (2), à savoir l'acquisition d'un concasseur primaire, l'achat d'un camion, et l'aménagement de la piste de roulage et du pont.

II.5 Le prix de revient d'une tonne de minerai transportée

le prix de revient d'une tonne du calcaire transportée, pour la deuxième variante, est estimé en utilisant la relation , dont les paramètres sont les suivants :

FAT : les frais annuels de chargement et de transport sont : 78763392,71 DA.

Pa : la production annuelle est : 480000 tonnes/an.

$$Pr = (78763392,71) / (480000) = 164,09 \text{ DA/T}$$

III Variante 3 (piste d'accès au gisement d'IFRI) :

III.1 Introduction

Dans cette variante, le transport est fait par camions dans une piste de 8 km entre le gisement d'IFRI et le concasseur primaire. Cette piste est très virageuse et présente de grandes pentes (voir la figure V.8).

Les mêmes calculs faits précédemment seront reconduits dans cette partie pour les engins de transport et de chargement en utilisant les mêmes formules mathématiques.



Figure V.8: Représentation de la piste d'accès au gisement d'IFRI avec la variation des pentes

Le régime du travail est représenté dans le tableau V.3 :

Désignation	Nombre
Nombre de jours ouvrables	150
Nombre de jours ouvrables par semaine de travail	06
Nombre de postes de travail par jour	02
Nombre d'heures effectives de travail par poste	06

Tableau V.3: Régime de fonctionnement de la carrière pour la variante(03).

III.2 Calcul des rendements et des nombre d'engins de chargement et de transport

III.2.1 Les engins de chargement

Sur la base des calculs faits dans la partie concernant la première variante, le nombre des chargeurs nécessaires pour la production souhaitée est estimé à (02) deux chargeurs.

III.2.2 Les engins de transport

a) Rendement des camions :

Comme précédemment, le rendement du camion par poste est donné par l'équation V.6 dont les paramètres utilisés dans cette équation sont donnés dans le tableau V.1.

Symbole	Signification	Valeur
Qc	Capacité de la benne du camion	50 tonnes
T	La durée d'un poste de travail	6 heures
Kch	Coefficient de chargement du camion (coefficient de remplissage)	0.85
Tch	Temps de chargement du camion	280 s
Ttr	Temps du trajet(en charge et à vide)	4200 s
Td	Temps de déchargement du camion	50 s
Tm	Temps de manoeuvre	90 s
Tp	Temps de perte d'attente de feu vert de concasseur	40 s
Tc	Le temps de réalisation d'un cycle	4660

Tableau V.1: Les paramètres pour calculer les rendements des camions .

où :

$$R_c = 3600 \times 50 \times 6 \times 0.85 / 4660 = 196.9 \text{ Tonne/poste}$$

Donc le rendement du camion égale à 196.9 Tonne/poste. Alors que pour un régime de deux postes par jour :

$$R_c = 196.9 \times 2 = 393.9 \text{ Tonne/jour}$$

Donc le rendement journalier de 393.9 Tonne/jour.

Symbole	Signification	Valeur
Pj	La production journalière souhaitée par l'entreprise.	3200 T/ jour
Ki	Coefficient d'irrégularité de travail	0.9
Rc	Rendement du camion durant une journée de travail.	393.9 T/jour
Nc	Nombre des camions.	08

Tableau V.2: Les paramètres pour calculer le nombre des camions.

b) Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production :

Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production souhaitée par l'entreprise est donné par l'équation V.9 et les spécifications sont données dans le tableau V.2 :

En appliquant la formule, on trouve :

$$Nc = (3200 \times 0.9)/(393.9) = 7.3008$$

Donc il faut (08)camions pour assurer la production journalière souhaitée.

III.3 Les coûts fixes (et semi fixes) de chargement et de transport (Variante 3)

III.3.1 Les amortissements des engins et d'autres charges amortissables

a) Amortissement des engins de chargement et de transport :

la carrière possède déjà (06) camions et (02)chargeurs ,donc il faut acquérir 2 autres de type BEML pour assurer la production.les amortissements des ces engins sont représentées dans le tableau V.1.

Engin	Nombre	Date d'acquisition	Anuité en DA
Camion TEREX	2	2016	22914000
Camion BEML(A acheter)	2	2016	12253241.56
Total			35167241.56

Tableau V.1: Les annuités d'amortissement des engins de transport pour l'année 2016

b) La piste de roulage et le pont :

Le coût de réalisation de pont représenté dans le tableau V.9, et d'aménagement des pistes

de roulage est estimé dans la variante(02) à un total de 4000000 DA amortissables sur 4 ans.



Figure V.9: Représentation du pont à réaliser

III.3.2 Les frais du personnel

a) Les frais du personnel de transport et de chargement Les conducteurs du dumper :

Pour cette variante il faut (08) conducteurs de dumpers par poste, donc (16) conducteurs par jour.

Les conducteurs des chargeurs :

Pour cette variante il faut (02) conducteurs de chargeur par poste, donc (04) conducteurs par jour.

Les chefs de poste :

Dans la variante(03) Le chef de poste est responsable de (23) ouvriers, (10) ouvriers destinés au chargement et transport.

La masse salariale de chef de poste : 71 856.63 DA ;

la part de participation des chefs de poste est donnée par l'équation V.2, où :

No : Nombre d'ouvrier qui appartient au service carrière, No=23 ;

Not : Nombre d'ouvriers qui appartient au transport, Not=10.

Donc la participation des chefs de poste égale :

$$P_p = 71856.63/23 \times 10 = 28117.81 \text{ DA}$$

Et comme on a deux postes par jour, la participation des chefs de poste totale :

$$P_{pt} = 28117.81 \times 2 = 56235.62 \text{ DA}$$

Le chef de service carrière :

Il y'a un seul chef service carrière ; le Salaire brut du chef service carrière : 531 90.89 DA

La part de participation du chef de service carrière est calculée par la formule équation V.1 :

$$P_s = 53190.89 \times 10/23 = 20813.82 \text{ DA}$$

où :

No : Nombre d'ouvriers qui appartient au service carrière, No=23 ;

Not : Nombre d'ouvrier qui appartient au transport,Not =10.

Le tableau V.1 montre les frais annuels du personnel de transport :

	Le chef service carrière	Les chefs de poste	Les conducteurs
Nombre	1	2	20
Salaire brut en DA	531 90.89	71 856.63	47 125
La masse salariale en DA	53190.89	143713.26	942500
Nombre de mois	12	12	12
Participation en DA	20813.82652	56235.62348	942500
Participation en %	39	39	100
Sous total en DA	249765.9	674827.48	11310000
Total en DA	12234593.4		

Tableau V.1: les frais annuels du personnel de transport

b) La participation des frais du personnel de maintenance dans les charges de transport :

la part participation des frais du personnel de maintenance dans le transport du TV est calculée par l'équation V.12 :

$$P_m = 24470500 \times 10/49 = 4993979.59 \text{ DA}$$

Tel que :

Ms : masse salariale du personnel de la maintenance (24470500 DA) ;

Nm : nombre total des machines : (49) ;

Nmt : nombre des engins de transport du TV : (10) ;

Donc la part de la participation du personnel de la maintenance est :

$$Pm = 4993979.59 \text{ DA.}$$

III.3.3 Récapitulative des charges fixes

Le tableau V.1 et la figure V.10 résument les résultats des calculs précédents des charges fixes :

Amortissement	Valeur en DA	Frais du personnel	Valeur en DA
Amortissement des engins	35167241.56	Personnel de transport	12234593.4
Autres amortissement	1000000	Personnel de maintenance	4993979.59
Sous total	36167241.56	Sous total	17228572.99
Total des charges fixes	53395814.55		

Tableau V.1: Récapitulative des charges fixes (Variante 3)

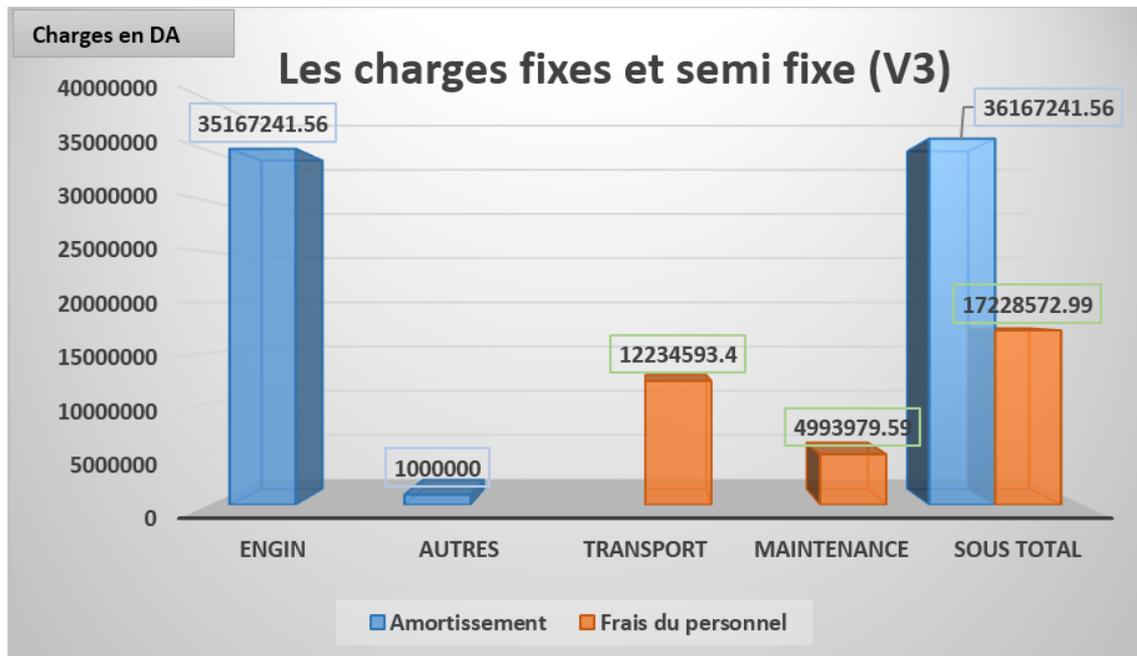


Figure V.10: Représentation graphique des coûts fixes et semi fixes de la troisième variante.

III.4 Les coûts variables du transport

III.4.1 Le gasoil

La consommation annuelle totale des différents engins de transport en gasoil est donnée par le tableau V.1 :

Engin	Nombre	Consommation horaire(L/h)	Prix du gasoil (DA/L)	coefficient d'irrégularité de travail Ki	Heures de travail par jour	Nombre de jours ouvrables	Consommation en gasoil (DA/an)
Camion	8	24	16.3	0.8	12	150	4506624
Chargeur	2	34	16.3	0.8	12	150	1596096
Total annuel(DA)							6102720

Tableau V.1: Consommation annuelle du gasoil pour les engins de la variante(03)

III.4.2 L'entretien préventif

a) Pièces de rechange et pneumatiques :

Le coût total de la consommation en pièces de rechange et pneumatiques est donné dans le tableau V.1 :

Engin	Nombre	Consommation en pièces de rechange	Coût
Camion	8	1082509.7	8660077.596
Chargeur	2	1074857.607	2149715.215
Total (DA/an)		10809792.81	

Tableau V.1: la consommation moyenne annuelle en pièces de rechange et pneumatiques.

b) Les lubrifiants (Huiles et graisses) :

Le coût total de la consommation en lubrifiant est donné dans le tableau V.2 :

Engin	Nombre	Consommation moyenne en lubrifiant (DA/engin)	coût
Camion	8	121079.25	968634
Chargeur	2	121079.25	242158.5
Total (DA/an)		1210792.5	

Tableau V.2: la consommation annuelle en lubrifiants.

III.4.3 Récapitulative des charges variables pour la variante(03)

Letableau V.1et la figure V.11 résument les résultats des calculs précédents des charges variables :

	Charges variables		
Désignation	Le gasoil	Les lubrifiants	Pièces de rechange et pneumatiques
Sout total	6102720	1210792.5	10809792.81
Total (DA)	18123305.31		

Tableau V.1: Récapitulative des charges fixes (Variante 3)

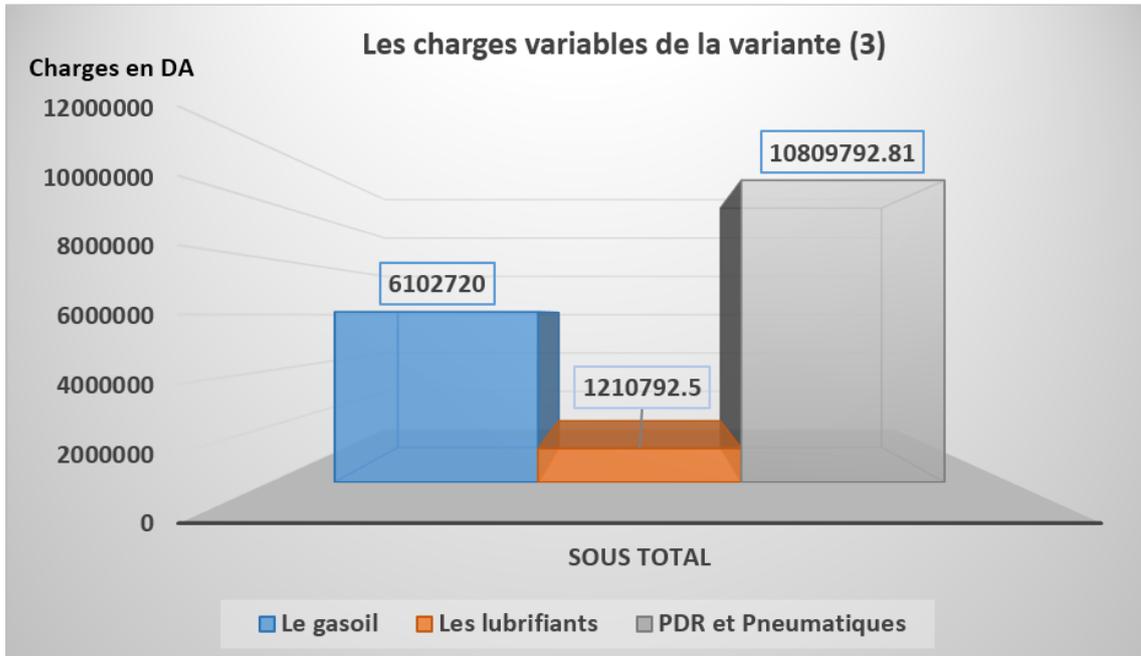


Figure V.11: Représentation graphique des charges variables pour la variante (03)

III.5 Récapitulative des charges liées à l'utilisation de la variante (3) pour le transport de TV

Les résultats de calcul des frais totaux du transport sont données dans le tableau V.2 et la figure V.12 :

Désignation	Les coûts fixes du transport		Les coûts variables du transport		
	Les amortissements	Les frais du personnel	Gasoil	Lubrifiants	pièces de rechange
Sous total	36167241.56	151809100.4	6102720	1210792.5	10809792.81
Pourcentage (%)	50.57	24.08	8.53	1.69	15.11
Total (DA)	74.65		25.34		
	53395814.55		18123305.31		
	71519119.86				

Tableau V.2: Les frais totaux de transport pour la variante (03)

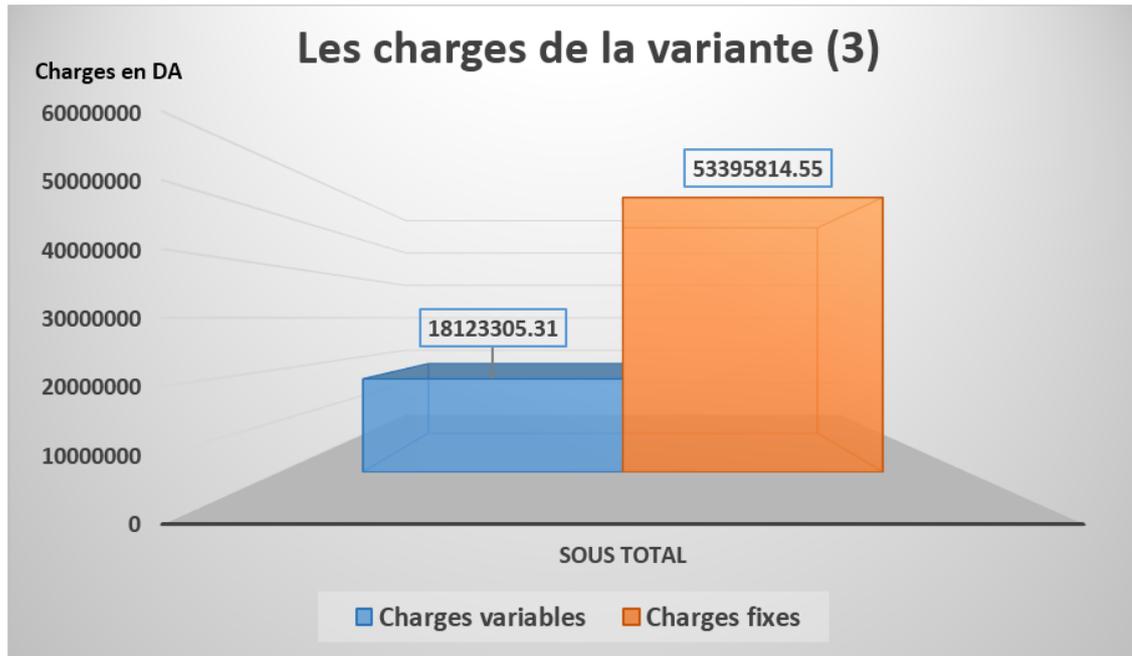


Figure V.12: Représentation graphique des charges fixes et variables pour la variante (03)

III.6 Le prix de revient d'une tonne de minerai transportée

Pour calculer le prix de revient d'une tonne du calcaire transportée cette variante, il faut utiliser la relation équation II.5.

tel que :

FAT : les frais annuel de chargement et de transport : 71519119.86 DA.

Pa : la production annuelle est : 480000 tonnes/an.

$$Pr = (71519119.86) / (480000) = 148.99 \text{ DA/T}$$

IV Variante 4 (Déplacement du concasseur primaire vers la zone des virages)

IV.1 Introduction

La quatrième variante consiste au développement de la deuxième variante, afin d'arriver à un mode de transport plus adapté pour le cas du gisement d'IFRI, sur le long terme, et avec une production plus importante, qui dépasse 1000000 Tonne/an du calcaire transporté sur une piste de 8 Km, vers les installations de concassage secondaire

représenté dans la figure V.13.

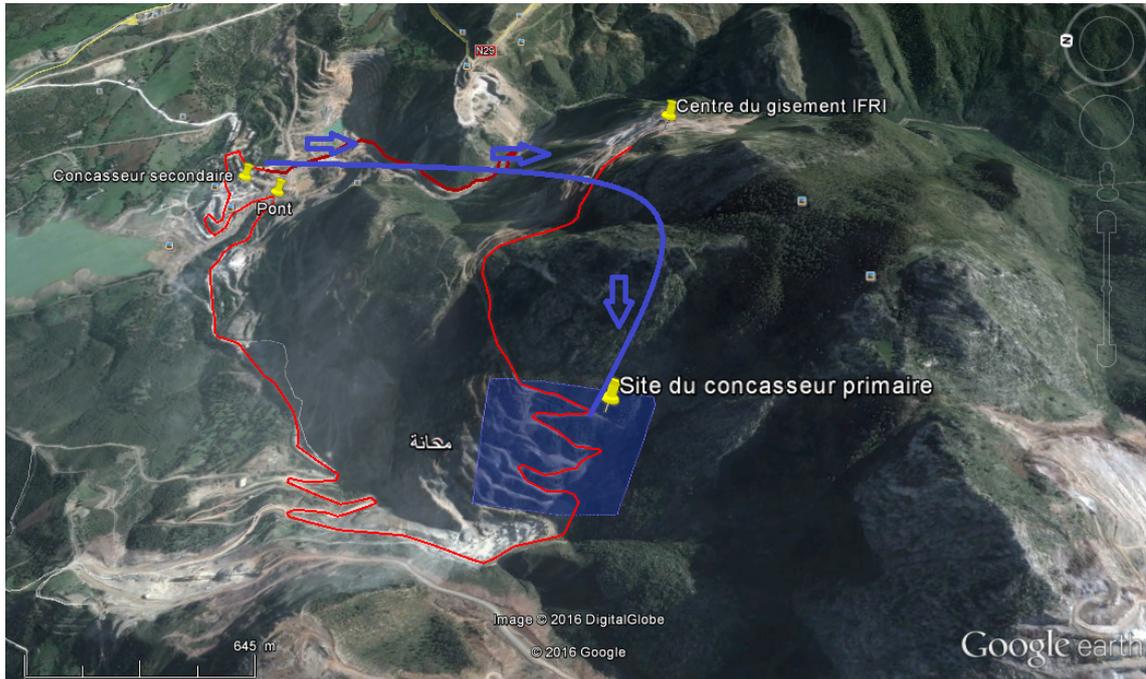


Figure V.13: Représentation du parcours du TV (variante 4).

Le tableau V.3 montre le régime de marche des travaux de transport du tout-venant calcaire du fond du taille vers le concasseur primaire, ensuite vers la station de traitement secondaire.

Désignation	Nombre de jours
Nombre de jours ouvrables pour le transport de TV vers le nouveau concasseur primaire	303
Nombre de jours ouvrables pour le transport du TVC (au niveau inférieur), du concasseur primaire vers le secondaire	303
Nombre de jours ouvrables par semaine de travail	06
Nombre de postes de travail par jour	02
Nombre d'heures effectives de travail par poste	06

Tableau V.3: Régime de fonctionnement de la carrière pour la variante(04).

IV.2 Calcul des rendements et de nombre d'engins de chargement et de transport

IV.2.1 Les engins de chargement

I) Au niveau supérieur (avant le concasseur primaire) :

Les engins de chargement dans cette variante sont les mêmes chargeurs utilisés pour les

autres variantes avec le même rendement journalier.

a) Le rendement de chargement par poste (Rp) :

le (Rp) calculé à l'aide de la formule (V.1) pour cette variante est égale à :

$$R_p = 910.35 \text{ m}^3/\text{p}$$

b) Le rendement journalier en tonne (Rj) :

Le Rj est égale à $R_j = 2548.98 \text{ tonne/jour}$

Le nombre de jours ouvrables est égale à (303) jours qui implique l'augmentation du rendement annuel.

c) Rendement annuel (Ra) :

Le (Ra) est calculé à l'aide de la formule (V.3), tel que :

$N_j = \text{nombre de jours ouvrables par an} = 303 \text{ jour/an.}$

$$R_a = 2548.98 \times 303 = 772340,94 \text{ Tonne/an}$$

Donc Le rendement annuel de chargement est : $772340,94 \text{ Tonne/an}$

$$N_{ch} = 1000000/(772340,94) = 1,29$$

Approximativement $N_c = 2$

Donc le nombre nécessaire de chargeurs pour assurer la production est (2) chargeurs.

II) Au niveau inférieur (du concasseur primaire vers le secondaire) :

Le rendement de chargement par poste (Rp) calculé dans la variante(02) qui est égale à :

$$R_p = 1927.8 \text{ m}^3 / \text{poste} .$$

Le rendement journalier en tonne (Rj) calculé dans la variante(02) qui est égale à :

$$R_j = 5397.84 \text{ Tonne/jour.}$$

Le Rendement annuel (Ra) est calculé comme :

$N_j = \text{nombre de jours ouvrables par an} = 303 \text{ jour/an}$

$$R_a = 5397.84 \times 303 = 1635545,52 \text{ Tonne/an}$$

Donc Le rendement annuel de chargement est : $R_a = 1635545,52 \text{ Tonne/an}$

$$N_{ch} = 1000000 / (1635545, 52) = 0, 6101$$

Approximativement $N_c = 1$

Donc un seul chargeur assure la production souhaitée.

IV.2.2 Les engins de transport

I) Au niveau supérieur (du fond de taille vers le concasseur primaire)

a) Rendement des camions :

Le rendement journalier est égale au rendement de la variante (02).

donc : $R_c/j=1681.83$ Tonne/ jour

b) Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production :

Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production est calculé en appliquant la formule (V.16) :

$$N_c = (3300.33 \times 0.9) / (1681.83) = 1.76$$

Approximativement $N_c = 2$

Donc il faut deux camions TEREX60 pour assurer la production journalière voulue.

II) Au niveau inférieur (conasseur primaire - station de concassage secondaire) :

a) Rendement des camions :

Le rendement journalier est égale au rendement de la variante (02). donc : $R_c/j=667.63$ Tonne/ jour

b) Le nombre des camions nécessaires pour assurer la production :

En appliquant la formule (V.16) on trouve :

$$N_c = (3300.33 \times 0.9) / (667.636) = 4.44$$

Approximativement $N_c = 5$

Il faut donc cinq engins de transport de type BEML50, l'unité a seulement (04) camions ,donc il est nécessaire d'acquérir un nouveau camion d'une capacité de 50 Tonne.

IV.3 Les coûts fixes (et semi fixes) de chargement et de transport (Variante 4)

IV.3.1 Les amortissements des engins et d'autres charges amortissables

a) Amortissement des engins de chargement et de transport :

Après cinq ans tous les engins existants actuellement seront amortis, ce qui fait que l'annuité d'amortissement est égale à l'annuité des frais d'acquisition du nouveau camion BEML : 6126620.78 DA.

b) La piste de roulage et le pont :

Les frais de réalisation du pont, et d'aménagement des pistes de roulage, relient la carrière avec les installations de traitement sont équivalents aux frais estimés pour la variante(02) à un total de 4000000 DA, amortissables sur 4 ans.

c) Concasseur primaire :

Après l'épuisement total de l'ancienne carrière, on déplace le concasseur primaire existant qui est amorti.

On prend en considération la totalité des frais de déplacement et d'une installation estimé à un montant total de 2000000 DA, amortissable sur 10 ans (voir ANNEXE).

Dans ce cas, l'annuité d'amortissement est égale à 200000 DA.

IV.3.2 Les frais du personnel

a) Les frais du personnel du transport :

Les conducteurs des chargeurs :

Le nombre des conducteurs des chargeurs est le même que celui calculé pour la variante(02) : (03) conducteurs des chargeurs, deux (02) au niveau supérieur et un (01) au niveau inférieur, et comme on a deux postes par jour, donc le total est (06) conducteurs.

Les conducteurs des dumpers :

Le nombre des conducteurs des dumpers est le même que celui calculé pour la variante(02) : cinq conducteurs (05) au niveau inférieur, et deux (02) conducteurs au niveau supérieur, et comme on a deux postes par jour, donc le total est (14) conducteurs.

Les chefs de poste :

Pour un régime de deux postes par jour, le total de la part de participation des chefs de

poste est calculé dans la variante(02)et est égale : 87098,97 DA/mois.

Le chef de service carrière :

La part de participation du chef de service carrière est calculée dans la variante(02)et est égale à : 32236,9 DA/mois.

Le tableau V.2 montre les frais du personnel de transport.

b) La participation des frais du personnel de maintenance dans les charges de transport :

la part de la participation du personnel de la maintenance est calculée dans la variante(02)est égale à : 5206489,36 DA/an.

IV.3.3 Récapitulative des charges fixes

Le tableau V.1 et la figure V.14 résument les résultats des calculs précédents des charges fixes :

Désignation	Amortissement	Valeur en DA	Frais du personnel	Valeur en DA
Charges	Engins	6126620.78	Transport	12742030,48
	Autres	1200000	Maintenance	5098020,83
	Sous total	7326620.78	Sous total	17840051.31
Total	25166672.09 DA			

Tableau V.1: Récapitulative des charges fixes (Variante 4)

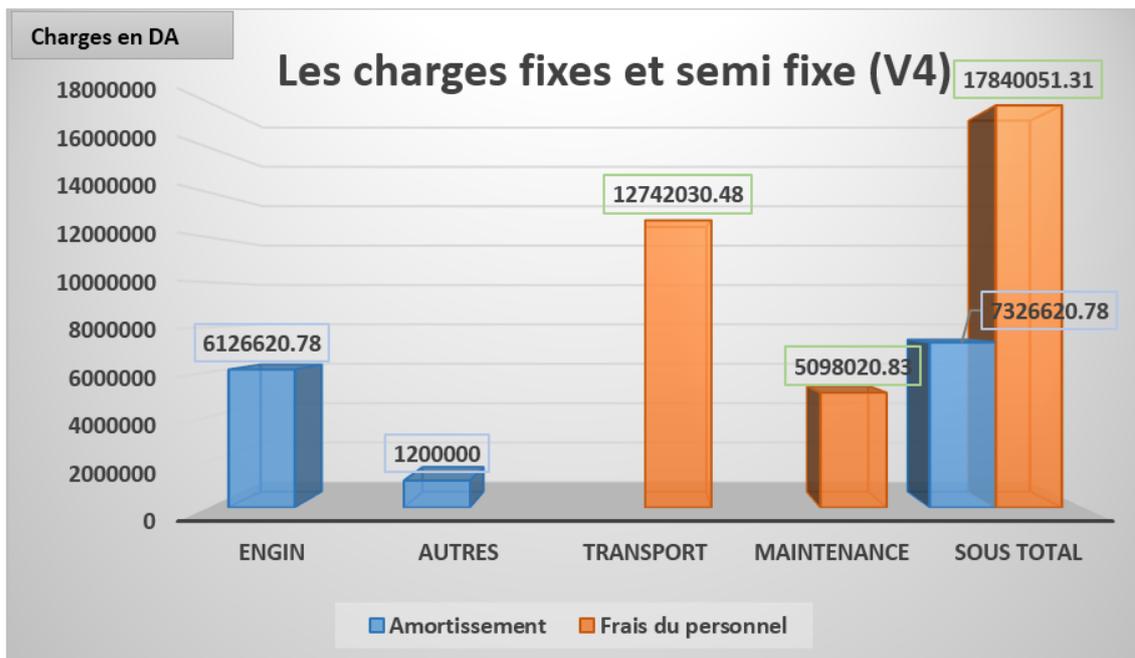


Figure V.14: Représentation graphique des coûts fixes et semi fixes

IV.4 Les coûts variables du transport

IV.4.1 Le gasoil

La consommation du gasoil est représentée dans le tableau V.1 :

Désignation	N°	Consommation moy*Ki en L/jour	Consommation moy en DA/jour	Nombre de jour ouvrable /an	Consommation annuelle en DA
Camions et chargeurs	21 ; 18 ; 19 ; 26 ; 27 ; 28 ; 29 ; 31 ; 32	2217,6	36146,88	303	10952504.64
Dumper BEML50 T	33	230,4	3755,52	303	1137922.56
TOTAL					12090427.2

Tableau V.1: Consommation annuelle des engins de la variante(04) en gasoil.

IV.4.2 L'entretien préventif

a) Pièces de rechange et pneumatiques :

Les coûts de la consommation en pièces de rechange et en pneumatiques pour cette variante sont donnés dans le tableau V.1 et qui sont estimés à un total annuel de 10802140,72DA.

b) Les lubrifiants (Huiles et graisses) :

Les coûts de la consommation en lubrifiant sont donnés dans le tableau V.2 et qui sont estimés à un total de 1210792,5 DA.

IV.4.3 Récapitulative des charges variables

Le tableau V.1 et la figure V.15 résument les frais totaux des charges variables :

Désignation	Charges variables		
	Le gasoil	Les lubrifiants	pièces de rechange et pneumatiques
Sout total	12090427.2 DA	1210792,5 DA	10802140,72 DA
Total	24103360.42 DA		

Tableau V.1: Récapitulative des charges variables (Variante 4)

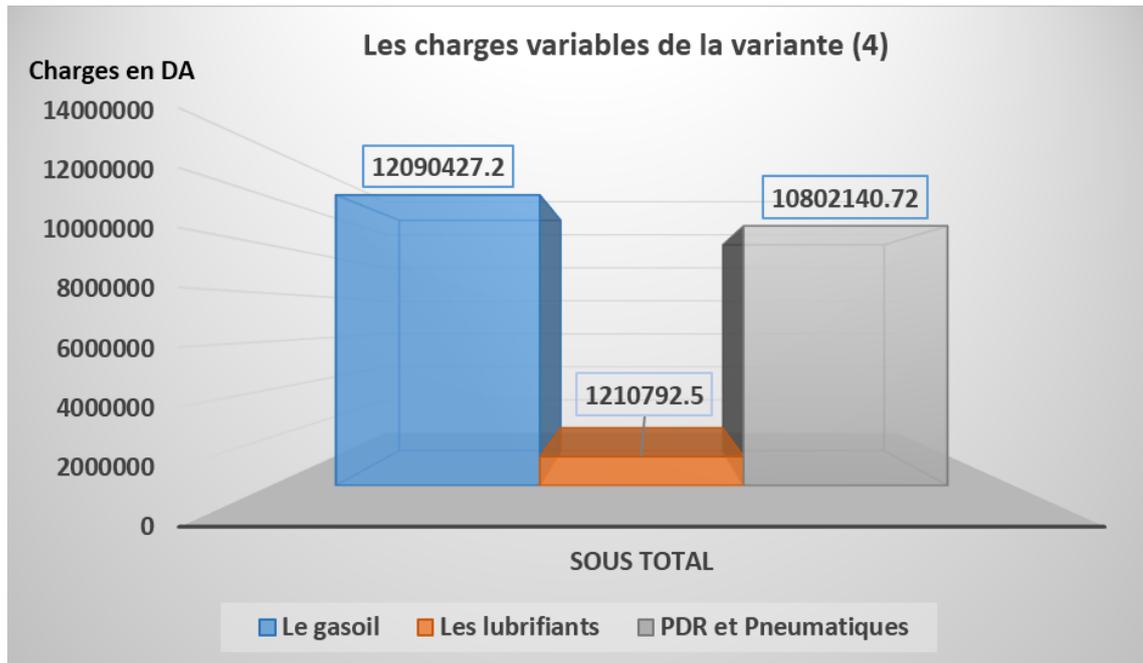


Figure V.15: Représentation graphique des coûts variables de la variante (4).

IV.5 Récapitulative des charges liées à l'utilisation de la variante (4) pour le transport de TV

Le tableau V.2 et la figure V.16 résument toutes les charges de cette variante :

Désignation	Charges variables	Charges fixes
Somme	24103360.42 DA	25166672.09 DA
Total	49270032.51 DA	

Tableau V.2: Les charges fixes et variables liées à l'utilisation de la variante (4).

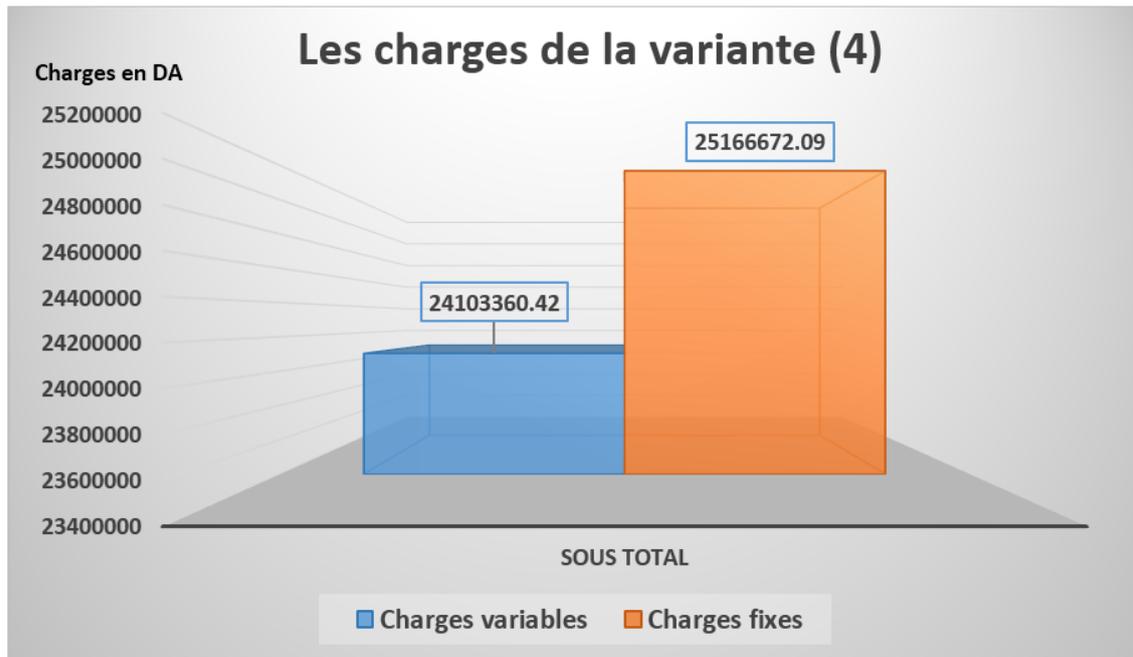


Figure V.16: Représentation graphique des coûts fixes et variables de la variante(04).

IV.6 Le prix de revient d'une tonne de minerai transportée

le prix de revient d'une tonne du calcaire transportée, pour la variante (04) est calculé à l'aide de la relation (II.5), dont les paramètres sont les suivants :

FAT :les frais annuels de chargement et de transport sont : 49270032.51 DA.

Pa : la production annuelle est : 1000000 tonne/an.

$$Pr = (49270032.51) / (1000000) = 49.27 \text{ DA/T}$$

Pour actualiser le prix de revient on utilise la formule suivante :

$$Pra = (Pr) \times (Ka)$$

Et pour un taux d'actualisation de 12% avec une durée de 5 ans :

$$Ka = \frac{1}{(1 + 0.12)^5} = 0.63551$$

tel que :

Pra :prix de revient actualisé;

Pr= prix de revient ;

Ka= coefficient d'actualisation,pour 5 ans ka=0.63551.

$$Pra = (49.27) \times (0.63551) = 31.31...DA/T$$

On remarque que le prix de revient de transport pour cette variante est minimal. A cet effet si l'entreprise ne changera le mode de transport qu'après une durée de quatre à cinq ans (après l'épuisement de l'ancienne carrière), cette variante sera le choix optimale. Si le changement du mode de transport aura lieu dans une ou deux années prochaines, il est préférable de comparer entre les trois autres variantes.

V La comparaison entre les variantes

A la fin de ce chapitre, nous récapitulons, pour chaque variante, le prix de revient d'une tonne de minerai, l'excès de charge unitaire, comparée à la variante (1) (déplacement des roches par culbutage), le nombre de jour ouvrable prévue, le rendement journalier, ainsi que la production annuelle possible. A travers les résultats obtenus, il est à remarquer que l'excès de charge de la variante (2) (installation d'un concasseur primaire dans la zone des virages) est plus important que celui de la variante (3) (aménagement de la piste d'une longueur de 8 km) comparées avec la variante (1). Cependant, on voit la possibilité d'augmentation du nombre de jours ouvrable après épuisement total de l'ancienne carrière, pour les variantes (2) et (3) de l'ordre de 300 jours par rapport à la variante (1) qui est de 150 jours.

Il est à remarquer également que le rendement journalier par camion est notablement important pour la variante (1), alors qu'il dépasse à peine la moitié pour la variante (2) et de quatre fois plus pour la variante (3). Pour la production annuelle possible, il est à constater que la variante (2) présente une meilleure production avec un degré moins la variante (3) comparée avec celle de la variante (1). Cependant, le coût de transport est plus élevé pour la variante (2) que pour la variante (3) comparée à la variante (1). Cette différence notable entre les prix de revient du transport des trois variantes, est liée principalement aux amortissements, et à la longueur de la piste utilisée (8 Km).

Désignation	Variable (1)	Variable (2)	Variable (3)
	(Le culbutage par couloirs)	(Installation d'un concasseur primaire dans la zone des virages)	(L'utilisation de la piste d'accès au gisement)
Prix de revient d'une tonne de minerai transporté, en DA/T	118,25 DA/T	164,09 DA/T	149 DA/T
Excès de prix de revient par rapport à la variante (1) en DA/T	0	45,84	33,93
Nombre de jours ouvrables que l'unité de KEDDARA peut atteindre	150	300	300
Le rendement journalier/camion	1542.85 T	667.63 T	393.9 T
Le rendement journalier	6171,4 T	3338,15 T	3151,2 T
La production annuelle possible	925710 T	1001445 T	945360 T
Coût annuel du transport	109465207,5 DA	164327110,1 DA	140858640 DA

Tableau V.3: Comparaison entre les variantes

Le tableau V.4 montre la répartition des charges fixes et variables des trois variantes en pourcentage et les coûts de revient correspondants :

Désignation	Coûts fixes		Coûts variables		Coût total (DA)	Prix de revient (DA/T)
	Valeur (DA)	Pourcentage (%)	Valeur (DA)	Pourcentage (%)		
Variante(1)	43147505.9	76.01	13611901,07	23.98	56759406,97	118.25
Variante(2)	60765099,49	77.14	17998293,22	22.86	78763392,71	164.09
Variante(3)	53395814.55	74.65	18123305.31	25.35	71519119.86	149

Tableau V.4: Récapitulative des coûts des trois variantes

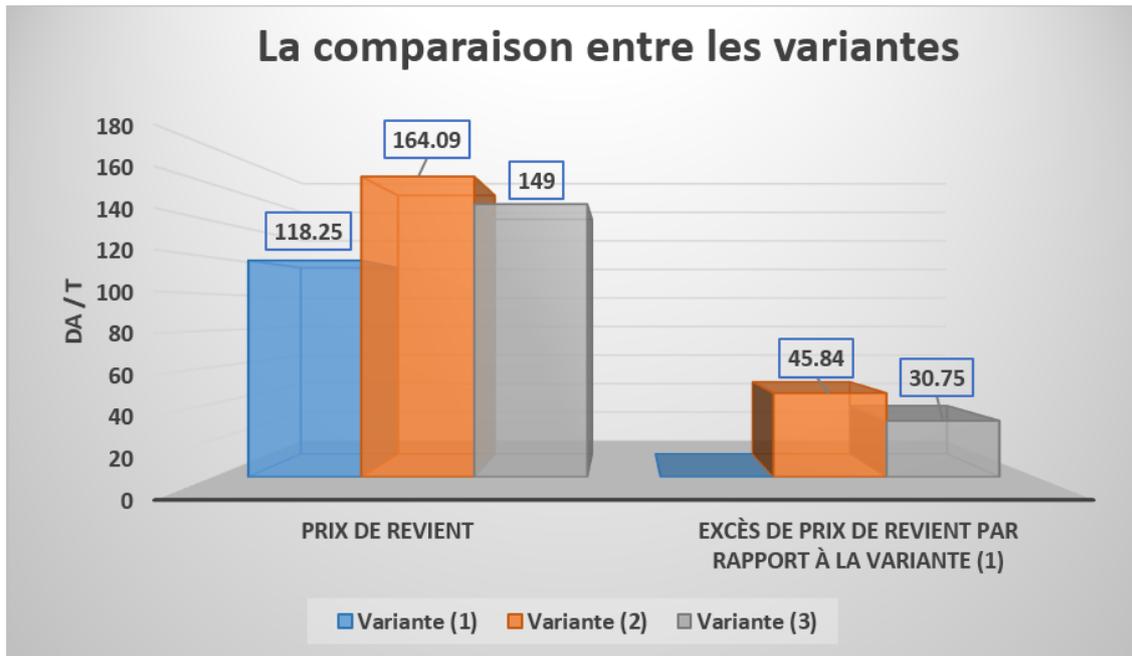


Figure V.17: Représentation graphique des prix de revient du transport de trois variantes

Sur la figure ci-dessus sont présentés le prix de revient ainsi que l'excès de charge des variantes (2) et (3), par rapport à la variante (1). Il est à remarquer que la variante (1) présente le prix de revient le plus petit, alors que la variante (2) montre un excès de charge par rapport à la variante (1) de l'ordre de 46 DA par tonne de minerai transporté, et avec un degré moins la variante (3) comparée à la variante (1)

Conclusion générale

Ce travail du projet de fin d'étude s'est voulu aborder la problématique évaluation économique des modes de transport du tout-venant de la carrière d'IFRI vers les installations de traitement de KEDDARA. Choisir un mode de transport dans une mine à ciel ouvert est très délicat. Cela nécessite une étude approfondie en tenant compte de tous les éléments de la carrière tels que les paramètres technologiques, la nature et le relief du site, l'effectif et autres.

Durant cette étude, les engins de transport, les engins de chargement, le personnel, les frais fixes et variables qui sont liées directement ou indirectement au processus sont probablement les variables les plus importantes à considérer dans le choix du mode de transport adéquat pour la carrière d'IFRI . Notre contribution était de trouver le mode de transport le moins coûteux en proposant d'étudier les trois variantes à savoir, le déplacement des roches par culbutage (variante 1), l'installation d'un concasseur primaire au niveau de la zone des virages dangereux sur la piste d'accès à IFRI (variante 2), et l'utilisation de la piste d'accès au gisement après aménagement (variante 3). Dans une première phase, afin de comprendre les différents mécanismes influençant le mode de transport dans la carrière d'IFRI de Keddara, nous avons fait un tour d'horizon sur tous les éléments pouvant affecter de près ou de loin le transport, en récoltant toutes les informations nécessaires auprès de tous les services de la carrière.

Dans une deuxième phase, en comparant les trois variantes de transport, nous remarquons que la première variante est la moins coûteuse comparée aux deux autres variantes concernant l'installation d'un concasseur primaire et celle de l'aménagement du pont et de la piste dégradée. D'un autre côté la différence entre les prix de revient du transport des deux autres variantes et celui de la première peut être équilibré par une marge bénéficiaire qui pourra couvrir par la production abordable par les variantes (2) et (3). En plus, dans quelques années les amortissements de plusieurs engins seront nuls, ce qui influence remarquablement sur le prix de revient du mode de transport choisi en diminuant sa valeur . Après épuisement de la carrière ancienne, l'unité de KADDARA est sensé de produire plus de 1000000 T/an, extraite du gisement d'IFRI, dont la variante (2) assure cette production.

Quant à la variante(04) qui est basée sur le développement de la variante (02)concernant l'installation d'un concasseur primaire pour qu'elle sera applicable après l'épuisement de l'ancienne carrière sur une période de cinq ans au maximum. A cet effet, nous avons envisagé de déplacer le concasseur primaire existant actuellement au niveau de l'unité de Keddara vers le site proposé précédemment (zone des virages dangereux), en prenant en considération les engins utilisés pour le transport du minerai du front de taille vers le concasseur primaire, et de suite vers la station secondaire . Sur la base des résultats obtenus pour la variante quatre (04), le coût de revient actualisé est minimal ne dépassant pas 32 DA/tonne ce qui représente un avantage pour cette variante.

L'élévation du prix de revient de transport, pour les deux variantes (2) et (3) est due principalement aux investissements liés aux matériels acquis par la carrière. Pour pouvoir comparer les résultats des deux variantes avec ceux de la variante quatre (04), on doit tenir en compte l'amortissement du matériel acquis par l'entreprise. Dans ce cas, il est préférable de choisir les variantes (2) et (4) car nous évitons le problème posé par les virages dangereux et les pentes élevés ce qui représente un avantage pour le critère de sécurité du travail.

Recommandation :

On propose d'approfondir l'étude sur la deuxième variante à long terme sur les deux plans que ce soit le plan technique ou bien celui économique. Suite à l'utilisation actuelle de la première variante, et pour combler le déficit de la production engendrée par l'arrêt des travaux de transport durant la période hivernale, nous proposons d'augmenter le rythme de travail pendant l'été et les autres mois de fonctionnement. La capacité débordée par le concasseur primaire, nous oblige d'orienter le tout-venant vers le pré-stock à proximité de la station de concassage. Ce stock peut approvisionner le concasseur durant la période hivernale.

Références

- [1] BEDJAOUI Ala Eddine. Etude technico-économique de la mise en exploitation du gisement de calcaire de ifri (unité de keddara). Master's thesis, ENP, 2008. 15, 57, 58
- [2] Unité KEDDARA. Plan d'exploitation de la carrière d'ifri. Technical report, Unité KEDDARA, 2016. x, xii, 17, 18, 24, 25, 28, 29, 30, 33, 34, 36, 37, 38, 48, 64, 74
- [3] ENOF. *Rapport géologique du gisement de Djebel IFRI*, Sept 2005. 18
- [4] GHOURASSI Belkacem FEKIK Toufik. Evaluation géologique et minière du gisement de calcaire d'ifri. Master's thesis, ENP, 2012. x, xii, 19, 20, 27, 29, 35
- [5] Unité de KEDDARA. Plan d'exploitation, unité de keddara. Technical report, ALGRAN, ENOF, rapport inédit., 2012. 26
- [6] ORGM. Rapport géologique du gisement de djebel ifri. Technical report, ORGM, 2005. 27
- [7] OUARDANI Ahmed LEHOUEJ Amor. Géométrisation du gisement d'ifri : études comparatives des modes de déplacement des roches abattues et exploitation du gisement. Master's thesis, ENP, 2013. xii, 32, 33, 50, 56, 71, 73, 75, 76, 80
- [8] Unité KEDDARA. Plan d'exploitation de la carrière d'ifri. Technical report, Unité KEDDARA, 2015. xii, 33
- [9] Dr. Sami YAHYAOUI. Moyens matériels. Boumerdès, les 26 et 27 Avril 2016 2016. INSTITUT ALGERIEN DES MINES. 40, 42, 43, 57
- [10] Dr AIT. *Cour de transport 4ème année Génie minier ENP d'Alger*, 2015. 41
- [11] Mr Omraçi Kamel. *Mon cahier d'exploitation minière*. ENP d'Alger, 2012. x, 41, 42
- [12] en Etudes géologiques et minières et en Etudes environnementales Dr.Ingénieur Mohammed Salhi .Expert en Génie minier. *exploitation miniere (ECO)*. 43, 44
- [13] Les anciens téléphériques du mont jalla (grenoble). <http://www.remontees-mecaniques.net>, 2013. x, 46, 47, 48
- [14] Ingénieures de l'ENOF. *Les problèmes confrontés lors de l'exploitation du gisement d'IFRI*, 2014. x, 49, 50
- [15] F. Rosenfeld. *L'évaluation économique des projets spécifiques d'investissement*, volume 4. Tiers-Monde, 1963. 53, 54, 55
- [16] A. Chauvel G. Fournier C. Raimbault. *Manuel d'évaluation économique des procédés*. Institut Français du Pétrole, PARIS Cedex 15 , FRANCE, 2001. 55
- [17] Dr AIT. *Cour d'économie Génie minier ENP d'Alger*, 2014. 56
- [18] Bureau de comptabilité de l'unité de KEDDARA ENOF. Amortissement. Technical report, 2015. xii, 57, 72
- [19] BABAHOUM Nabil. Aménagement et exploitation des gisements des minerais utiles - chaabat el-hamra. Master's thesis, Ecole Nationale Polytechnique, 2014. 62
- [20] AMARI Gherici. Projet d'ouverture et d'exploitation du gisement de kraoula situé à proximité de sidi ali benyoub (sidi bel abbès). Master's thesis, Ecole Nationale Polytechnique, 2010. 70
- [21] Bureau des méthodes de l'unité de KEDDARA ENOF. Consommation. Technical report, 2015, 2016. xii, 78
- [22] Bajer Michael. *Poradnik gornika*, volume 3. Première édition, 1961. 82

ANNEXE

ANNEXE N° 4 A LA LOI MINIERE 2001

(Communication personnelle avec Mr. M.HASBELLAOUI, date: 08/06/2016 : il a affirmé que l'ANNEXE N°4 A LA LOI MINIERE 2001, est valable même après validation de la loi minière 2014)

TAUX D'AMORTISSEMENT APPLICABLES AUX IMMOBILISATIONS

NATURE DES IMMOBILISATIONS	TAUX (%)
CONSTRUCTIONS	
Bâtiments en dur	2 à 5
Bâtiments démontables	15
Bâtiments industriels	5
Maison d'habitation ordinaire	1 à 2
Maisons ouvrières	3 à 4
VOIES DE TRANSPORT ET OUVRAGE D'INFRASTRUCTURE	
Pistes et voies de terre	25
Aérodromes	20
Puits à eau	15
MATERIEL ROULANT	
Véhicules légers (sud)	33,3
Véhicules légers (nord)	25
Véhicules lourds et engins	20
INSTALLATIONS	
Extraction	10 à 20
Stockage	10 à 20
Canalisation hydraulique et gazière	10 à 15
Réseau électrique	10
MATERIEL ET OUTILLAGE	
Outillage	10 à 20
Matériel de bureau	16 à 20
Équipement minier lourd	10