

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

2/94

وزارة التربية الوطنية

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

Genie Minier

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Organisation du transport dans
la mine de Boukhadra.*

Proposé par :

E.N. FERPHOS

Etudié par :

BARMAKI A.E.K
MESSABHIA Hichem

Dirigé par :

AIT YAHIAFENE

PROMOTION

Jun 1994

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

Genie Minier

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Organisation du transport dans
la mine de Boukhadra*

Proposé par :

EN. FERPHOS

Etudié par :

BERMAKI A.EK

MESSABHIA Nickem

Dirigé par :

AIT_YAHIA TENE

PROMOTION

Juin 1994

DEDICACES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

A mes très chers parents

A mon frère AHMED

A mes frères et soeurs

A toute la famille BARMAKI

A tous les habitants d'INER

A tous ceux qui me sont chers

Je dedie ce modeste travail.

ABDELKADER BARMAKI

D E D I C A C E S

المدرسة الوطنية المتعددة الفنون
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
École Nationale Polytechnique

A ma mère : la femme à qui je dois tout,

A mon père : mon ami de toujours,

A mes frères Mohamed Ridha et Salah-eddine,

A mes soeurs Leila , Imen et Hanane,

A ma femme Salima pour tout son soutien et pour toute son affection.

Je dedie ce modeste travail.

HICHEM MESSABHIA

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à notre promoteur Monsieur A. AIT YAHIAÏTEN pour ses encouragements et ses nombreux conseils.

Nos pensées vont également à Madame S. CHABOU pour ses judicieux conseils.

Que tous les professeurs du département trouvent ici l'expression de notre entière reconnaissance et plus particulièrement Monsieur M. AGUID BACHAR, Monsieur A. SAADA et Mademoiselle N. BOUMBAR.

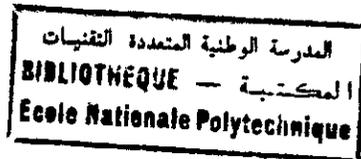
Nos remerciements vont aussi au personnel de la mine de BOUKHADRA pour leur aide et leur chaleureux accueil et plus particulièrement Monsieur HADJI directeur general de la division fer, Mademoiselle AZZOUZ ingénieur au bureau d'étude, Monsieur EL MEKKI technicien supérieur au bureau de méthode, Monsieur RAMDANE divisionnaire de la maintenance, Monsieur LAKSIR chef du personnel, et Monsieur BOURAS gérant de l'hôtel.

Nos plus vives reconnaissances vont aussi à Messieurs A. LAARIBI et M. ALLAM du département Génie-Industriel pour avoir répondu favorablement à nos sollicitations.

Nos pensées vont également à Monsieur N. KACI et mademoiselle B. NASSIMA qui ont rédigé d'une façon distinguée ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Que tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet trouvent ici le témoignage de notre estime.

SOMMAIRE



INTRODUCTION

CHAPITRE I : GENERALITES

I-1 Situation Géographique	1
I-2 Historique de la mine et des recherches	1

CHAPITRE II : GEOLOGIE

II-1 Morphologie	4
II-2 Stratigraphie	4
II-3 Minéralisation	5
II-4 Hydrogéologie	8
II-5 Tectonique	8

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA MINE

III-1 Introduction	10
III-2 Etat et prévision de la production	10
III-3 Structure administrative	15
III-4 Parc de l'unité de BOUKHADRA	18

CHAPITRE IV : DESCRIPTION DU TRANSPORT

IV-1 Généralités	19
IV-2 Travaux d'extraction et de chargement	20
IV-3 Les engins de transport	22
IV-4 Etat des pistes	27
IV-5 Entretien des engins	28
IV-6 Cas du souterrain	28
IV-7 Cas du PIC	31
IV-8 Organisation du transport	31
IV-9 Remarques	36
IV-10 Organisation actuelle de l'exploitation	38

CHAPITRE V : FORMULATION DU MODELE MATHEMATIQUE ET RESOLUTION DU PROBLEME

V-1 Position du problème	42
V-2 Modélisation	42
V-3 Présentation du logiciel GAMS	47
V-4 Applications	51
V-5 Répartition des camions	51
V-6 Analyse du modèle	61

CHAPITRE VI : ASPECT ECONOMIQUE

VI-1 Les salaires et les charges connexes	63
VI-2 Les amortissements	64
VI-3 Les frais d'entretien	65

CONCLUSION

RECOMMANDATIONS

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION



Le transport est l'un des processus principaux de l'exploitation des mines, il influe considérablement sur le prix de revient de la tonne de minerai extraite avec un taux de 30 à 70 [7].

Dans le cas particulier de la mine de BOUKHADRA, le mode de transport utilisé est celui par camions qui s'adapte le mieux au relief, à la méthode d'exploitation et à la longueur du trajet.

C'est pour cela que nous nous sommes intéressés à la réorganisation du transport tout en démontrant son influence sur le rendement et le prix de revient technique de l'opération.

Pour ce faire, nous avons essayé d'identifier les causes du déficit du transport tout en étudiant ce processus en nous basant sur les données bibliographiques, les suivis de l'exploitation ainsi que les informations acquises au niveau des différents services de la mine de BOUKHADRA.

La deuxième étape de notre travail consiste dans l'élaboration d'un modèle mathématique en tenant compte de toutes les contraintes. L'organisation du transport proposée est illustrée par des cyclogrammes obtenus après la résolution du modèle par le logiciel GAMS et l'interprétation des résultats.

Enfin une approche économique sera tentée pour évaluer le prix de revient technique et conclure sur la faisabilité de la solution proposée.

CHAPITRE I GENERALITES

I.1- SITUATION GEOGRAPHIQUE: (Voir fig1,1)

Le Djebel Boukhadra se situe sur l'Atlas saharien dans l'extrême partie de l'Algerie Orientale, à 18km de la frontière Algéro-Tunisienne, entre les méridiens 8°-01' et 8°-04' Est et les parallèles 35°-40' et 35°-50' Nord.

Il constitue un massif isolé qui prédomine la vallée de Morsott dont l'altitude varie entre 700 et 800m. Le point culminant du Djebel atteint 1463 m.

Le gîte ferrifère se situe à 44km au nord de Tébessa, 45km au Sud d'Ouenza et 200 km du complexe sidérurgique d'Annaba.

Le climat de la région de Boukhadra est continental (froid et pluvieux en hiver, sec et chaud en été).

I.2- HISTORIQUE DE LA MINE ET DES RECHERCHES:

Le gisement de Boukhadra est connu depuis l'antiquité; les romains y ont extrait le cuivre dans la zone EST du pic, comme en témoignent les puits qui suivent les filons de la minéralisation cuprifère.

En 1896 un permis de recherche a été délivré à un groupe d'exploitants privés messieurs TRACE_DURIAUX et RESELA, puis monsieur TARDOS a obtenu la concession de Boukhadra pour le zinc et les autres métaux

En 1903, la concession est revenue à la société MOKTA_EL_HADID et c'est le début des recherches, par des géologues français, dans la zone des veines Nord et Sud de l'axe principal.

Les travaux miniers dans le cadre de recherches systématiques sont effectués par des réseaux de galeries et de sondages. Les galeries sont réalisées essentiellement entre les niveaux 1225m et 845m, la principale se situant au niveau 926m.

En 1926 la société d'Ouenza achète la concession et entreprend son exploitation jusqu'à la nationalisation des mines en 1966.

En 1905 monsieur DUBOURDIOU effectue un levé géologique de la région au 1/50.000.

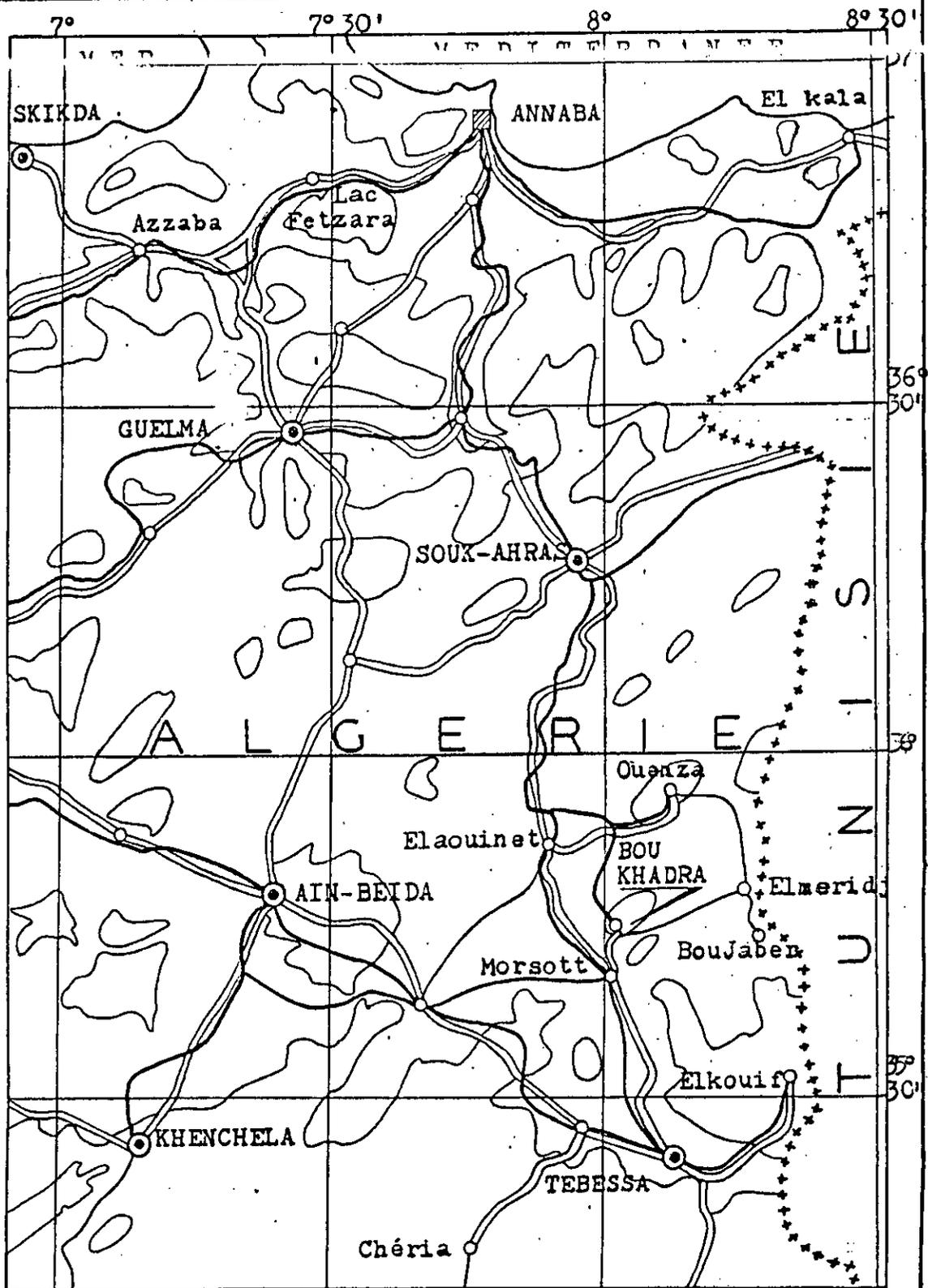
En 1956 ce même chercheur écrit un document présentant la lithologie, la stratigraphie des dépôts carbonatés et la structure des gîtes d'Ouenza et de Boukhadra.

De Mai 1967 à juillet 1984 l'exploitation et la recherche sont assurées par la société nationale de recherche et d'exploitation minières (SONAREM).

En juillet 1984 on assiste à la restructuration des entreprises et c'est la société l'E.N FERPHOS qui prend en charge l'exploitation et la recherche dans la mine de Boukhadra.

En 1986 c'est un organisme issu de l'E.R.E.M qui est chargé de tous les travaux de recherches géologiques pour le fer dans toute la région Nord-Est et Sud-Est

En Juin 1990 l'E.P.E FERPHOS est une entreprise autonome qui gère le gîte.



LEGENDE :
 - [Square symbol] , [Circle with dot symbol] : Ville Importante ;
 - [Circle symbol] : Petite Ville ;
 - [Double line symbol] , [Single line symbol] : Routes ;
 - [Line with cross symbol] : Voie ferrée ;
 - [Wavy line symbol] : Oued , Lac ou Chott ;

Fig : 1-1 Situation géographique du Diabél de Boukhadra

Echelle: 1/1000 000

CHAPITRE II GÉOLOGIE

II.1- MORPHOLOGIE

Vu en plan le gisement de la mine de Boukhadra est présenté par de grandes et petites veines qui se joignent dans la partie occidentale et forment ainsi un seul corps de 250 à 300m de longueur et 100m de puissance.

Le corps minéralisé plonge sous les dépôts gypseux du Trias dans les gîtes Nord et central qui composent le corps minier principal.

La tranche Sud a la particularité de se distinguer en une veine autonome qui s'appelle "Sud".

Le corps principal s'étend entre les calcaires de direction Sud-Ouest, Nord-Est avec un angle de pendage de 68 à 85° Nord-Ouest de longueur voisine de 1km.

La branche Nord a une puissance moyenne de 42m et le gîte central a une puissance de 26m. Le contact avec la roche encaissante est nettement visible.

La veine "Sud" a une longueur de 2km et change deux fois de direction (SO_NE, NO_SE, SN), elle a une puissance de 29m et se trouve encaissée dans les marnes, elle diminue au fur et à mesure qu'on s'approche du corps minier principal jusqu'à 25,5m. L'angle de pendage varie de 65 à 80° Nord-Ouest.

II.2- STRATIGRAPHIE

Les travaux géologiques de prospection ont montré que l'étendue de la zone minéralisée est d'environ 12km de long sur 4km de large.

Le gisement de Boukhadra représente un anticlinal de direction Sud-Ouest, Nord-Est. Se référant aux études de DUBOURDIEU en 1956, décrivant la géologie et la stratigraphie des dépôts carbonatés ainsi que la structure du gîte, nous trouvons que les principales séries stratigraphiques rencontrées sont d'âge triasique, crétacé et quaternaire.

a- TRIAS

Il affleure dans les parties Ouest, Sud-Ouest, Sud et Sud-Est où elles sont représentées par les marnes bariolées et gypsifères, les dolomies, les débris de calcaire et de grès. Le Trias affleure dans les niveaux 890m, 902m et 914m.

Au niveau de la carrière ces formations sont en contact avec la formation aptienne qui est due au phénomène diapyrique du Trias.

b- CRETACE

Dans le profil crétacé à séquences sédimentaires continues nous trouvons les dépôts d'âges suivants:

- Aptien, albien, cénomanién, turonien, coniacien, santanien et maastrichtien. La minéralisation ferrifère au Djebel Boukhadra est portée par les formations aptiennes qui forment l'anticlinal du Djebel Boukhadra. L'aptien est présenté par les faciés suivants:

- Des marnes et des calcaires dans la zone inférieure où se trouve le gîte Sud et quelques fibres minéralisées de 2m de diamètres

- Des marnes, des grès et des calcaires dans la partie supérieure de la formation aptienne non minéralisée, la puissance de cette série aptienne est de 600 à 700m

c- QUATERNAIRE

Les dépôts quaternaires sont rendus sur le bord Sud au dessus du niveau 902m. Il s'agit principalement de limons et colluvions, ces derniers ont une puissance qui atteint 100m. Ce sont des matériaux caillouteux, blocs de calcaires, grès, débris de minerai et conglomérats.

II.3- MINERALISATION

Au dessous du niveau 818m, on rencontre une sidérose de couleur marron blanchâtre, bien cristallisée, massive et formée par deux types de cristaux:

- Des cristaux de 1mm de taille qui sont prédominants et donnent une impression cryptocristalline à la sidérose

- Des cristaux de 2 à 3mm de taille

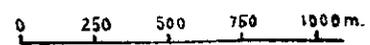
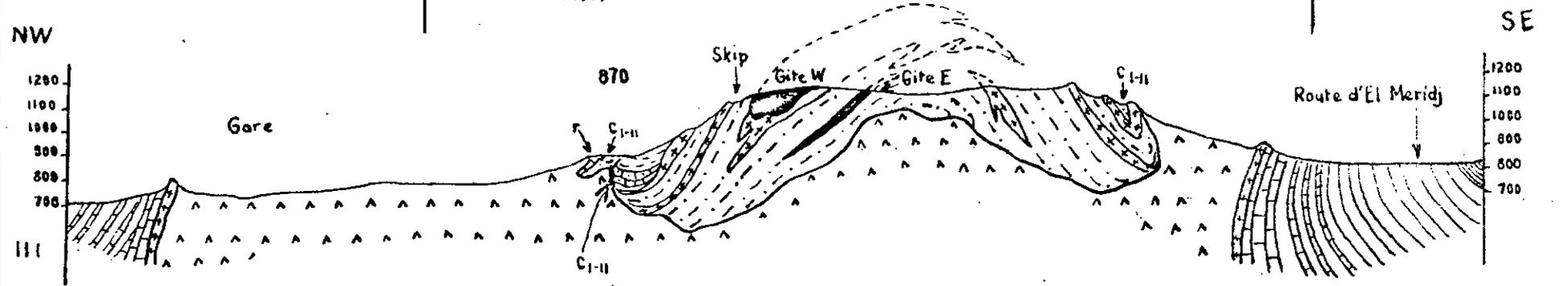
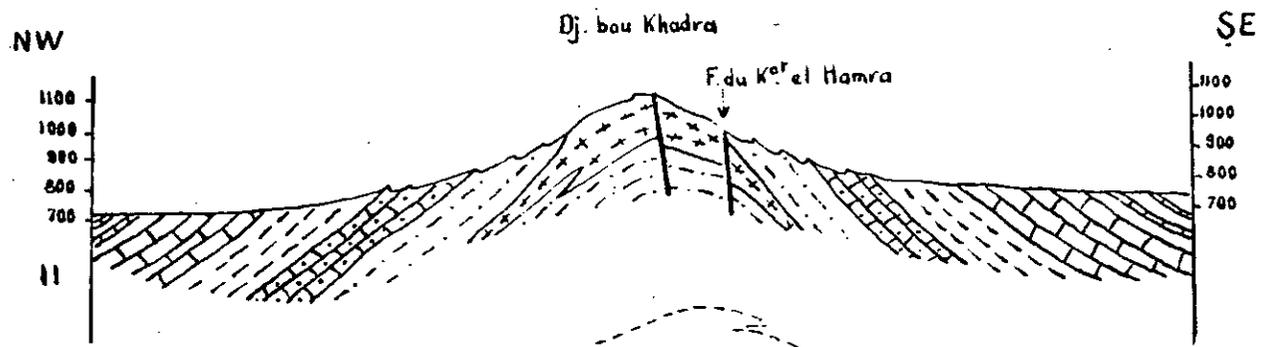
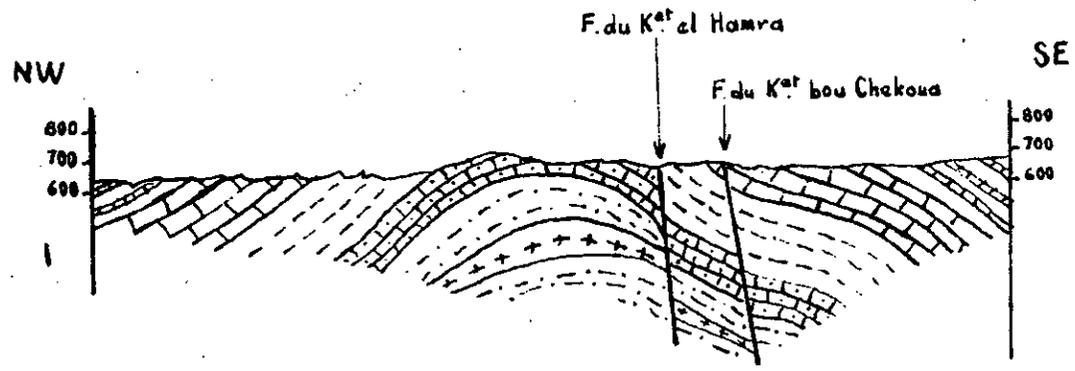
Au dessus du niveau 818m commence le minerai d'hématite, dans cette zone on rencontre des oxydes hydratés: goethite et limonite.

L'hématite en fonction de sa texture et de sa composition chimique a un poids spécifique de 2,5 à 2,9g/cm³ et une dureté de 2 à 6 sur l'échelle de PROTODIAKONOV (1 à 2,5 sur l'échelle de MOHS)

La masse de l'hématite résulte de l'oxydation d'un amas de sidérose et de pyrite, le carbonate de fer provient de la métasomatose des calcaires et des marnes de l'Aptien (d'après DUBOURDIEU, 1956)

Les caractéristiques du gisement sont liées à la genèse des roches stériles et aux fracturations. L'origine des différents minerais est liée aux conditions d'écoulement des solutions hydrothermales

TROIS COUPES TRANSVERSALES DANS L'ANTICLINAL DU BOU KHADRA



- | | | | |
|--|--------------------------------|--|-----------------------------------------------------------|
| | C³nomanien sup³rieur | | Zone de Clansayes |
| | C³nomanien inf³rieur | | C _{1-II} Aptien (marnes, gr³s et calcaires) |
| | Waconnien | | r Aptien (calcaires r³cifaux) |
| | Albien sup³rieur et moyen | | Trias |
| | Albien inf³rieur | | Minerai de fer |

/ F. Faille
 ~ Contact anormal

II.4- HYDROGEOLOGIE

On note la présence d'une faible quantité d'eau ne répondant plus aux besoins de la population locale, toute fois dans le niveau amont 926m un mince filet d'eau se trouvant entre les marnes est récupéré par les citernes pour l'arrosage des chantiers, quoiqu'au niveau de la zone avale 892m et au niveau amont 1025m on signale l'apparition de l'eau pendant les périodes humides (après les pluies)

II.5- TECTONIQUE

Le Djebel de Boukhadra fait partie du calcaire de l'Atlas Saharien, il constitue un massif anticlinal simple de direction Nord_Est, Sud_Ouest avec une terminaison périclinale dans la partie Nord_Est, sur la partie Sud_Ouest en bas du pic cette forme est coupée par une faille qui provoque l'affaissement de la pointe Sud_Ouest

La structure anticlinale à une longueur d'environ 4km sur une largeur d'environ 2km.

Aux niveaux 1045m et 1000m on remarque des surfaces de glissement du côté des calcaires cette zone est formée par des débris détritiques, plus bas elle est recouverte en partie par les éboulements et plonge sous les accumulations détritiques.

L'origine de cette faille est liée aux mouvements diapiriques du Trias

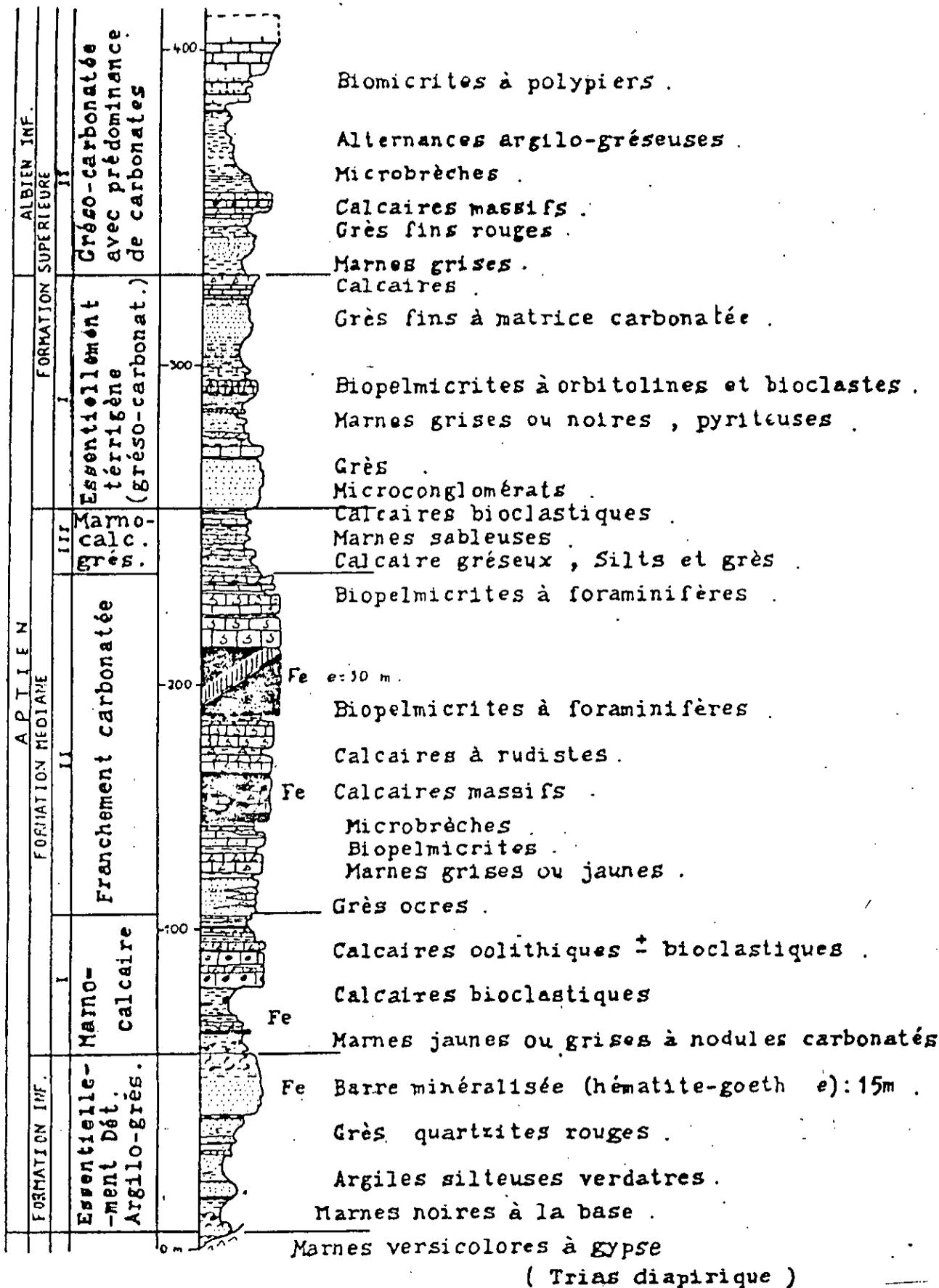


Fig : 2-2 Colonne stratigraphique du Diabot de Southadon

(D'après DUBOURDIEU, 1956)

CHAPITRE III- PRESENTATION DE LA MINE DE BK

III.1- INTRODUCTION

L'unité de Boukhadra appartient à l'entreprise E.N ferphos depuis Juin 1990, sa production en fer est destinée à l'usine d'El-Hadjar après son homogénéisation avec le minerai d'Ouenza qui représente une moins forte teneur.

L'exploitation dans cette unité comporte une carrière principale, le quartier Ain Zizia et la partie souterraine.

La production programmée pour 1994 est de 800.000t de minerai avec le dégagement de 3.500.000t de stérile ce qui représente un coefficient de découverte globale de 4,37.

III.2- ETAT ET PREVISIONS DE LA PRODUCTION SELON LES NIVEAUX

a- QUARTIER AMONT

- 1210/1195: à déjà atteint sa limite définitive et le retard à été jumelé avec le niveau 1225/1210 ce qui nous donne une hauteur importante de 30m.
- 1195/1180: presente un retard de 40.000t de stérile sur le côté Sud
- 1180/1165: presente un retard de 30.000t de stérile sur le côté Sud
- 1165/1150: presente un retard dans les travaux préparatoires il est programmé pour l'année 94 l'extraction de 20.000t de minerai et 450.000t de stérile.
- 1150/1135: presente le même problème que le niveau précédent, il est programmé pour l'année 94 l'extraction de 25.000t de minerai et 400.000t de stérile.
- 1135/1120: pour l'année 1994, il fera l'objet seulement de la découverte de 500.000t de stérile, de plus il ne presente qu'un seul accès côté Sud.
- 1075/1060: pour l'année 94, il est programmé l'extraction de 25.000t de minerai et 50.000t de stérile, il ne presente q'un seul accès côté sud.

b- QUARTIER MEDIAN

- Les travaux dans ce site auront un objectif double à savoir:
- réduire au maximum l'affaissement de la zone médiane
 - préparation des réserves du côté Sud à l'extraction

C'est pour cela que pour l'année 94 il n'est programmé qu'un seul des dix niveaux qui constituent le médian.

- 1015/1000: 30.000t de minerai et 300.000t de sterile

c- QUARTIER PIC

C'est un quartier relativement récent, pour lequel l'année 1993 a été consacrée à la réalisation de la plate-forme 1290 pour 1994 les travaux évolueront sur 3 niveaux :

- 1290/1280: ouvert en fin 93, il est programmé pour 94 l'extraction de 104.000t de minerai, et 94.000t de sterile

- 1280/1270: ouvert au début 94, il est prévu l'extraction de 92.000t de minerai et 112.000t de stérile

- 1270/1260: idem, 70.000t de minerai, et 94.000t de stérile

d- AIN ZAZIA

Le site connaît à ce jour (avril 94) un retard dans la phase de construction de 270.000t de la masse rocheuse en place

Le programme 94 contient les prévisions de 120.000t de minerai, et 700.000t de sterile avec un taux de découverte de 5,83

e- FOND

Le seul site qui ne présente aucun retard dans ses travaux, au contraire après une production de 150.000t en 93 on passe à une prévision 94 de 250.000t

f- AVAL

Ce quartier est condamné à cause de l'étranglement existant actuellement à son niveau.

La ventilation de la production par mois et par niveaux est présentée dans les tableaux: 3-1-a, 3-1-b, 3-1-c et 3-1-d.

NIVEAU	TONNAGE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1195	IM													
1180	IS	140,000	30,000	10,000										
1180	IM													
1165	IS	180,000	20,000	20,000	40,000									
1165	IM	120,000					10,000	10,000						
1150	IM	450,000	180,000	60,000	40,000	50,000	50,000			48,000	48,000	47,000	27,000	
1150	I	25,000								10,000	10,000	5,000		
1135	IS	700,000		40,000	70,000	80,000	70,000	80,000	80,000		80,000	70,000	70,000	60,000
1135	IM													
1120	IS	380,000			30,000	60,000	60,000	60,000		47,000	60,000	30,000	33,000	
1120	IM													
1105	IS	200,000	150,000	87,500	45,000	17,500								
1105	IM													
1090	IS	200,000		30,000	5,000	7,500	37,500	57,500			24,500	30,500	7,500	
1090	IM													
1075	IS	100,000										20,000	80,000	
1075	IM	25,000	10,000	10,000	5,000									
1060	IS	150,000	150,000											
1015	IM	30,000		10,000	10,000	10,000								
1000	IS	300,000	100,000	100,000	100,000									
Total	IM	100,000	10,000	20,000	15,000	10,000		10,000	10,000		10,000	10,000	500	
	IS	250.104	330,000	317,500	325,000	182,500	187,500	177,500	197,500		175,000	202,500	197,500	207,500
	IM	100.103		45,000			20,000			20,000			15,000	
	IS	25.105		972,500			547,500			372,500			607,500	

Tableau :3-1-a: Ventilation de production de carrière principale

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1290	M	104,000	43,000	29000	32,000								
1280	S	94,000	40000	20000	20,000	14,000							
20	M	155,000			4000	24000	35000	20,000	25000		22000	25000	
270	S	112,000			10,000	21,000	30,000	20,000	20,000		11,000		
1270	M	71,000									5000	29,000	37000
1260	S	94000									21,000	35000	20000
TOTA	M	330,000	43000	29000	36000	24000	35000	20000	25000		22000	30000	29000
	S	300,000	40,000	20,000	30,000	35000	30000	20000	20000		32500	35000	20000
	M	330000	108,000			79,000			47000			96,000	
	S	300,000	90,000			85,000			52,500			72,500	

Tableau 3-1-b: Ventilation du Quartier PIC.

NIVEAU	TONNAGE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
974	M	5											
962	S	200000			87500	57500	55000						
962	M	87000			15000	15000	15000	15000		15000	12000		
950	S	335000				30000	32500	57500		67500	57500	60000	30000
950	M	33000									3000	15000	15000
938	S	165000					30000			20000	30000	27500	57500
	M	120000			15000	15000	15000	15000		15000	15000	15000	15000
TOTAL	S	700000			87500	87500	87500	87500		87500	87500	87500	87500

Tableau 3-1-C: Ventilation de production du quartier Ain ZA ZIA

NIVEAU	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Bloc 2	6000	6000	6000	2000			2000		1000	1000	1000	
Niv 1265												
Niv 1255	5000	5000	5000	2000			2000		1000	1000	1000	
Niv 1235				2000	2000	2000	2000		1000	1000	1000	
Bloc3 ch2	6000	6000	6000	4000	2000	2000						
1255/1285												
1225-1255	7000	5000	6000	4000	2000	2000						
Bloc3 ch3				4000	5000	5000	5000		6000	7000	6000	8000
1255-1285												
Bloc3 ch3				5000	5000	5000	6000		6000	7000	7000	8000
1255-1285												
Bloc3 ch3					6000	5000	5000		7000	7000	7000	7000
1225-1255												
TOTAL	24000	22000	23000	23000	22000	21000	22000		22000	25000	23000	23000

Tableau 3-1-D: Ventilation de production du quartier souterrain

III.3- STRUCTURE ADMINISTRATIVE

L'unité de Boukhadra a un effectif inscrit au 31.03.1994 de 435 agents dont 15 ingénieurs, un géologue et 76 contractuels sous la direction du directeur nous avons:
un bureau d'étude, trois divisionnaires et l'administration et auxiliaires la structure détaillées est la suivante:

a- DIVISION SOUTERRAIN

- recherche: sondeurs et aides sondeurs
- fond exploitation :
 - ingénieurs mine-fond
 - chef de poste principal fond
 - chefs de postes
 - 1 technicien supérieur
 - mineurs
 - conducteurs d'engins fond et de locotracteurs
- maintenance:
 - chef service
 - mécaniciens dieselistes, électriciens
 - soudeurs, manoeuvres

b- DIVISION PRODUCTION

- abattage:
 - ingénieurs mine-jour
 - chef d'abattage
 - maîtres soudeurs, soudeurs et aides
 - foreurs purgeurs carrière
 - conducteurs perforateurs
 - boute-feux
- chargement
 - chef service travaux mine
 - chef de poste carrière principale
 - chefs de poste
 - conducteurs pelles mécaniques
- roulage
- terrassement:
 - chauffeurs de carrière
- traitement mécanique:
 - chef de quartier principal
 - contre maître principal chargement
 - électro-mécaniciens
 - concasseuristes
 - surveillants installation et traitement
- entretien traitement mécanique:
 - technicien-sup mécanique
 - contre-maitre chaudronnerie
 - mécanicien entretien préventif
 - soudeurs et électromécaniciens
- expédition:
 - contre-maitre principal chargement et traction
 - conducteurs installation chargement

c- DIVISION MAINTENANCE

- station bull: - contre-maitre principal
- chef d'équipe hydraulique et entretiens
- mécaniciens entretien

- matériel roulant: - technicien supérieur mécanique
- mécaniciens entretien
- vulcanisateurs pneus engins

- bureau de méthode: - ingénieur construction mécanique
- technicien supérieur
- préparateurs principaux

- service électrique: - chef service
- électriciens industriels
- électro-mécaniciens

- motoriste: - contre-maitre et des chefs d'équipes
- mécaniciens dieselistes (qualifiés et non)
- mécaniciens entretien préventif

- intervention pelle: - idem motoristes
- soudeurs

- ateliers centraux: - contre-maitre usinage
- contre-maitre chaudronnerie et usinage
- usineurs polyvalents
- tourneurs et radiateuristes
- soudeurs

- parc routier: - contre-maitre
- chauffeurs: poids: lourds, légers et
- semi
- mécaniciens auto et dieselistes et
- aides
- grutier

d- BUREAU D'ETUDE:

- Service topographique - ingénieurs et techniciens
- topographes
- géologie: - géologue
- techniciens

- laboratoires: - chimistes

e- ADMINISTRATION ET AUXILIAIRES

- cite:
 - chef chantier travaux publics
 - chef d'équipe entretien
 - maçons, peintres, menuisiers
 - manoeuvres ordinaires batiments

- securité:
 - chef service sécurité
 - technicien et agents de sécurité miniers
 - gardiens
 - chauffeur d'ambulance

- approvisionnement:
 - chef servise
 - acheteurs, import local
 - secretaire
 - chef section magasin
 - magasiniers et aides
 - gestionnaire
 - techniciens codificateurs
 - distributeurs

- personnel:
 - chef service
 - ingénieur informatique
 - chef cellule formation
 - codificateur paye
 - chef section social
 - secrétaire

- comptabilité:
 - chef service
 - chef comptable
 - comptables principaux et comptables

- cantine:
 - gérant
 - cuisiniers et aides
 - lingière

- service social:
 - chef service
 - comptable
 - technicienne assistante sociale
 - gérant coopérative
 - vendeur de rayon
 - caissier
 - médecin de travail

III.4- PARC DE L'UNITE DE BK

Voir le tableau 3-1 .Parc de l'unité de Boukhadra

DESIGNATION	MARQUE ET TYPE	NOMBRE	OBSERVATION
Chargeuse	caterpillar 988b	03	en marche
	EIMCO 925 LHD	03	en marche
Pelle à cable	71 RB	05	en marche
Bull dozer	KOMATSU sur chenille	04	en marche
	KOMATSU (beml) sur chenille	01	en marche
	824 C caterpillar	01	en marche
Niveleuse	KOMATSU	01	en marche
	FERROVIAL	01	en marche
Sondeuse	Romatec 130 C atlascopco	02	01 en panne
	ingersol rand T4B4	02	01 en panne
	ingersol rand DM4	01	en marche
Locotracteurs	DHL 15M	03	en arrêt
	DHL 30M	03	en arrêt
	LOK DM 20G	04	01 en arrêt
Compresseur fine	FRANCOIS	04	en marche
Compresseur mobil	atlas copco	03	en marche
	ingersol rand	01	en marche
Crawl-air	ROC 400	02	en marche
	ingersol rand	01	en marche
Arroseuse	berlini	01	en marche
	euclid	01	en marche
camions	euclid R50	06	chantier
	euclid R35	06	chantier
	K66 sanacom	04	personnel
Bus	49 V8 sonacom	01	en marche
	tata	01	en marche
Vehicules tt	toyota	04	01 en panne
	niva	01	en marche

REMARQUE

- Le retard accusé dans la production dans tous les quartiers sauf dans le souterrain
- Le nombre de machines en panne considérable pour Les locotracteurs
- L'absence de la comptabilité analytique dans la mine de Boukhadra
- L'absence d'une structure qui organise le transport en coordination avec l'exploitaion.

CHAPITRE IV: DESCRIPTION DU TRANSPORT DANS LA MINE DE BOUKHADRA

IV-1-GENERALITES

Le transport dans la mine est l'un des processus principaux dans l'exploitation du gisement, il influe considérablement sur le coût de l'exploitation avec un taux de 30 à 70 %.

Le transport est une opération qui consiste à déplacer le minerai vers les trémies de réception et les roches stériles aux terrils.

La quantité de charge (en tonne ou en m³) transportée par unité de temps s'appelle trafic.

Habituellement, la partie dominante du trafic dans la mine à ciel ouvert est le déplacement des roches stériles.

Les voies de transport dans une mine à ciel ouvert peuvent être stationnaires ou provisoires. Celles stationnaires sont placées sur les bords inexploitable et elles sont destinées pour une exploitation à long terme. Par contre les voies provisoires sont placées sur les gradins ou les terrils.

Les particularités du transport dans la mine à ciel ouvert, d'après KOVALENKO, sont:

- Le déplacement des charges dans une seule direction sur des distances n'exédant pas 3 à 8 km.
- Le grand volume des charges transportées.
- L'intensité de la circulation.
- Le problème des pentes élevées.
- L'espace réduit pour le transport.
- La dépendance rigide avec les autres processus d'exploitation.

De là les exigences, pour le type de transport à utiliser, sont définies pour assurer:

- Les distances minimales du trafic.
- La réduction des temps morts.
- La maximisation des rendements des engins d'exécution et de chargement.
- La sécurité du travail.
- La progression dans le meilleur sens des travaux miniers.

IV-2-TRAVAUX D'EXTRACTION ET DE CHARGEMENT

Ces travaux comprennent l'abattage des roches du massif vierge et le chargement de la masse abattue.

Dans le cadre de notre étude, nous avons essayé d'analyser le travail effectué par les engins de chargement existant à la mine de BOUKHADRA, et ce en se basant sur le calcul des rendements pour les pelles (71RB) et les chargeuses (CATERPILLAR 988B) ainsi que le relevé des heures de fonctionnement et d'arrêt (voir tableau 4-1).

Calcul du rendement des engins de chargement:

Le rendement de l'engin (Pelle, Chargeuse) représente le volume de roche chargé par unité de temps, il dépend de :

- La capacité du godet.
- Propriétés physico_mécaniques des roches.
- Schéma technologiques du travail.
- L'organisation des travaux de chargement et de transport.

Le rendement théorique qui représente l'utilisation complète des capacités des engins est déterminé par la formule :

$$R_{th} = 3600 E / t'c \quad [m^3/h]$$

avec E: capacité du godet [m³]

t'c: durée du cycle pour un angle de rotation de 90° [s]

Le rendement effectif est déterminé par la formule :

$$R_{eff} = 3600 E t_p \cdot K_r \cdot K_u / T_c \quad [m^3/P]$$

avec E: capacité du godet [m³]

K_r: Coefficient de remplissage.

K_u: coefficient d'utilisation .

T_p: Temps d'un poste [h]

T_c: Temps d'un cycle [s].

Le rendement réel n'est par contre qu'une constatation du travail fourni par les engins . Il est obtenu en faisant la moyenne arithmétique de plusieurs opérations

Le tableau 4-1 nous résume les différents résultats pour les deux types d'engins.

Des tableaux 4-1, 4-2 et 6-3 nous constatons que les pelles consomment plus de gaz_oil que les chargeuses et leurs rendements sont faibles. De plus les heures de fonctionnement des pelles représentent 30% seulement des heures de fonctionnement des chargeuses.

IV-3- LES ENGINES DE TRANSPORT

IV-3-a GENERALITES SUR LE TRANSPORT PAR CAMIONS

Le transport par camions est le plus répandu lors de l'exploitation de gisements complexes. Il est très efficace pour le trafic sur des distances relativement courtes.

Ce mode de transport est caractérisé par:

- La simplicité de construction des engins et leur manoeuvrabilité.
- La possibilité de surmonter les pentes élevées.
- La simplicité de l'organisation du travail.

Cependant il présente les inconvénients suivants:

- Les dépenses élevées de l'entretien.
- La distance rationnelle et économique courte.

Dans la mine de BOUKHADRA, c'est le mode de transport utilisé en nombre de camions égal à 12 de type EUCLID dont 06 R35 et 06 R50.

Les caractéristiques de ces deux types de camions sont présentées sur le tableau 4-3.

Des tableaux 4-3, 4-4 et 6-3 nous remarquons que les camions R50 consomment plus de gaz-oil que les R35, mais ils ont l'avantage d'être mieux utilisés avec moins d'heures de fonctionnement.

IV-3-b RENDEMENT DES ENGINES DE TRANSPORT

La situation du transport se traduit quantitativement par la productivité postière (ou horaire) des camions sur une distance bien déterminée.

Dans l'exploitation minière, les camions sont employées en concordance avec les engins d'excavation, donc le travail doit se réaliser dans un rythme harmonique pour diminuer les temps morts et augmenter le rendement des engins.

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer ces rendements:

-La Méthode analytique

Elle est basée sur les normes universelles qui doivent être respectées par l'utilisateur.

Les données de départ sont:

- Caractéristiques de l'engin de chargement.
- Caractéristiques de l'engin de transport.
- Distance de transport.
- l'état de la piste.

ENGINS	N°	H.T	MH	HR	H.A	KU	KD
Pelle 71RB	6	4203	175	1446	2582	0,04	0,39
Pelle 71RB	7	4203	68	1437	2617	0,02	0,36
Pelle 71RB	8	4203	433	2702	1069	0,10	0,75
Pelle 71RB	9	4203			4203	00	00
Pelle 71RB	10	4203	1939	837	1447	0,46	0,66
Pelle 71RB	11	4203	790	496	2917	0,19	0,31
Chargeuse Cot988B	01	3779	2096	755	927	0,55	0,75
Chargeuse cot988B	02	3983	3164	660	159	0,79	0,96
Chargeuse cot988B	03	1893	1168	645	60	0,63	0,97

ENGINS	MHT	M.HM	M.HR	MH.A	KU	KD
Pelle 71RB	4203	681	1384	2126	0,16	0,49
Chargeuse cqt 988B	3218	2143	687	382	0,67	0,88

MHT : moyenne des heures du travail
MHM : moyenne des heures de marche
MHR : moyenne des heures de reserve
MHA : moyenne des heures d'arret
KU : coefficient d'utilisation extensive
KD : coefficient de disponibilité

Tableaux 4-1 analyse des heures de fonctionnement et d'arrêt des pelles et des chargeuses

	Pelle	Chargeuse
Capacité du godet E[m3]	3,5	4,97
Coefficient de remplissage Kr	0,8	0,85
Coefficient d'utilisation Kr	0,6	0,75
Temps de poste TP [h]	7,5	7,5
Temps d'un cycle Tc [s]	65	42
rendement théorique RON [m3/h]	193,8	426
Rendement effectif REFF [t/h]	1960	2140
Rendement réel RR[ER] [t/h]	1880	2082

Tableau 4-2 comparaison entre les pelles et les chargeuses

	R35	R50
capacité [t]	35	45,4
capacité [m3]	17	23,5
Rayon de braccage [m]	7,9	9,5
Poids total à charge [t]	61,5	81,3
Poids à vide [t]	25,3	35,9
longueur [m]	8,2	9,3
largeur [m]	3,68	4,29
Hauteur [m]	4,09	4,47
capacité du cArter	45	80
Puissance [ch]	450	675
vitesse à vide [km/h]	20	25
Vitesse à charge [km/h]	15	20
capacité du reservoir [l]	450	700
Coefficient d'utulisation Ku	0,75	0,8
Coefficient remplissage Kr	0,8	0,85

Tableaux 4-3 caracteristiques des engins de transport de la mine de BOUKHADRA

Analyse des heures de marche et arrêt année 93

HT: Heures theoriques

HR: Heures de reserve

KD: Coefficient de disponibilité

HM: Heures de marche

HA: Heures d'arrêt

KU: Coefficient d'utilisation

ENGINES	N°	H.T	MH	HR	H.A	KU	KD
EUCLID R35	613	4212	631	2696	791	0,15	0,79
EUCLID R35	617	4258	2599	968	691	0,61	0,84
EUCLID R35	618	4224	2426	1080	736	0,57	0,83
EUCLID R35	619	4278	2675	843	780	0,63	0,82
EUCLID R35	620	4249	2133	768	1342	0,50	0,68
EUCLID R35	543	4211	1127	1929	1175	0,27	0,73
EUCLID R50	801	4293	1488	698	2107	0,35	0,51
EUCLID R50	802	4287	3007	889	391	0,70	0,91
EUCLID R50	803	4286	2545	1150	611	0,59	0,86
EUCLID R50	804	4301	2192	534	1575	0,51	0,63

ENGINES	MHT	M.HM	M.HR	MH.A	KU	KD
EUCHD R35	4239	1932	1381	919	0,45	0,78
EUCHD R50	4292	2308	818	1071	0,53	0,72

Les moyennes des heures de marche et arrêt

Tableaux 4-4 analyse des heures de fonctionnement des camions

Le rendement d'un camion est déterminé par la formule:

$$R = 60 \text{ gr} \cdot K_r \cdot T_p \cdot K_u / T_c \text{ [G/P]}$$

Gr: capacité de la benne [t]

Kr: coefficient de remplissage.

Ku: coefficient d'utilisation.

Tp: durée d'un poste de travail [h]

Tc: temps d'un cycle du camions [mn].

Le temps du cycle de transport est donné par la formule:

$$T_c = T_{ch} + T_{dech} + T_{par} + T_{man}.$$

Tch, Tdech: temps de chargement et de déchargement

Tman : temps de manoeuvre.

Tpar : temps de parcours.

Le temps de parcours est donné par la formule :

$$T_{par} = 60 \left(\frac{L}{V_{ch}} + \frac{L}{V_v} \right).$$

Vch Vv

L: distance de parcours [km].

Vch: vitesse en charge [km/h].

Vv : vitesse à vide [km/h].

La Méthode des rapports mensuels

Cette méthode nous donne un rendement moyen calculé en faisant le rapport de la quantité transportée durant le mois, sur le nombre de camions utilisés pendant le même mois.

La méthode analytique nous donne un rendement théorique, celle des rapports mensuels nous donne une moyenne générale sans aucune autre indication.

Dans le cadre de notre étude nous avons utilisé, pour le calcul des rendements, les paramètres adoptés par le bureau d'étude de la mine de BOUKHADRA et qui sont obtenus en faisant la moyenne arithmétique de plusieurs mesures.

VI-4 ETAT DES PISTES:

L'état des piste influe considérablement sur le rendement des engins de transport. L'état défectueux d'une piste provient souvent d'un mauvais nivellement et d'un manque d'entretien.

Les pistes doivent répondre à certaines exigences telles que:

-La longueur qui doit-être déterminée en fonction du type d'engins utilisés dans la mine tout en garantissant la sécurité des machines et du personnel.

-La pente, étant liée à la puissance du moteur, elle ne doit pas dépasser 8%.

-Le revêtement des pistes principales doit assurer une bonne adhérence et est choisi selon le type d'engins utilisés (à pneus, à chenilles).

Les Pistes de la mine de BOUKHADRA

La piste principale est caractérisée par une pente élevée, atteignant dans certains endroits les 8%, sa longueur varie entre 10 et 15 m.

Sa forme en serpentine présente des difficultés de manoeuvrer dans les virages d'autant plus que les camions descendent en charge.

Cette piste est macadamisée et mal entretenue, elle présente des endroits étroits et devient impraticables pendant les intempéries.

Les pistes secondaires (ou provisoires) disposées sur les gradins ont une largeur variant entre 6 et 15 m.

L'entretien des pistes est assuré par le passage des niveleuses et une arroseuse.

L'influence de ces pistes apparait en analysant le tableau 4-6 qui nous donne les distances ainsi que les durées d'un cycle pour chaque type de camion et pour chaque chantier.

IV-5 ENTRETIEN DES ENGIN

L'entretien des engins est respecté comme le montre le tableau 4-7, en effet chaque jour, tous les engins de transport et de chargement sont vérifiés pendant une demi-heure.

Cependant, il faut signaler que le manque de pièces de rechange qui augmente considérablement le temps d'arrêt (en heures).

IV-6 CAS DU SOUTERRAIN

Le souterrain est exploité par phases. A l'heure actuelle on est entrain d'exploiter la phase I et de préparer l'exploitation de la phase II.

La phase I présente une puissance de 60 m avec un sous_niveau au milieu.

L'exploitation des phases se fait par la méthode des sous_étages foudroyés ce qui permet d'avoir un grand stock de minerai abattu. Ce dernier est acheminé par gravité vers la galerie de roulage principale située au niveau 1225 m. La suite est assurée par trois chargeuses transporteuses qui alimentent un couloir situé à 50 m de la sortie de la galerie de roulage.

Le transport à partir de ce couloir jusqu'au concasseur est assuré par les camions.

Il est à signaler que le souterrain est le seul quartier qui a assuré sa production pour l'année 1993.

Le schéma 4-8 illustre l'exploitation et le transport dans ce quartier.

PISTES	VITESSE MOYENNES DES CAMIONS	
	EN CHARGE	A VIDE
Entretenues et macadamisées	30/32	40/44
Entretenues et revetues en béton	34/45	46/52
Sur les gradins	11/13	13/16
Sur les terriles	11/17	13/19
Dans les excuvations inclinées		
En béton avec i=2%	25/30	48/52
En béton avec i=6%	16/18	33/36
Macadamisées avec i=2%	20/22	47/52
Macadamisées avec i=8%	13/15	28/32

Tableaux 4-5 vitesse des camions en fonction de l'état des pistes

	Distances(M)		Temps d'un cycle des camions (minutes)			
	Mineral	Sterile	Mineral-Concasseur		Sterile-Terrils	
	Concasseur	Terrils	R50	R35	R50	R35
AVAL	900	1200	5	8	10	13
MEDIAN	1600	1000	12	17	08	12
AMONT	3200	400	25	31	05	09
PIC	5000	200	40	51	12	15
AIN-ZAZIA	1500	150	9	12	03	05
SOUTERRAIN	2600	900	26	30	07	

Tableaux 4-6 distances des chantiers et les temps des cycles correspondants
déterminés par chronométrage

IV-7 CAS DU PIC

La carrière PIC est située à 5000 m du concasseur, les pentes élevées du parcours et l'état défectueux des pistes rendent difficile la tâche du transport.

Pour essayer de diminuer cette distance on a pensé à utiliser le couloir existant entre les niveaux 1105 et 1065 et de là deux variantes se sont présentées.

Variante I : On utilise le transport directe de la carrière au concasseur .

Variante II: On utilise le couloir existant entre les niveaux 1105 et 1065 .

Les deux variantes sont illustrées dans le schéma 4-9.

Pour trancher entre ces deux variantes, une étude a été faite en 1992 par des experts bulgares. Les résultats de cette étude sont résumés dans le tableau 4-10.

Malgré que cette étude a montré que la variante I est plus économique dans la mine de BOUKHADRA on utilise la variante II en argumentant ce choix par l'usure rapide des camions alors que tous ces facteurs ont été pris en considération lors de l'étude menée.

De ce fait, nous avons pris en considération la variante I dans le cadre de notre étude.

IV-8 ORGANISATION DU TRANSPORT DANS LA MINE.

Le processus du transport est sous la tutelle de la division maintenance où il n'existe aucune structure qui organise le transport.

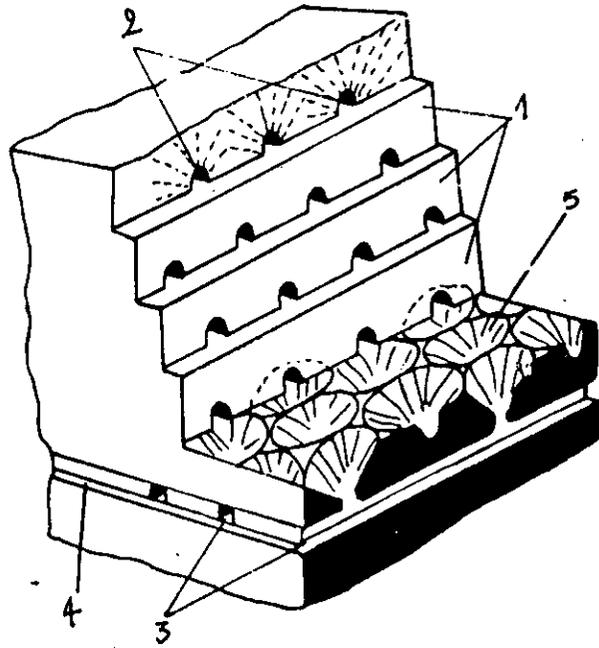
La maintenance s'occupe seulement d'affecter les camions aux chantiers sur la base d'appels téléphoniques provenant des chefs de postes sans tenir compte des priorités ni prendre en considération la bonne marche du travail dans la mine.

L'organisation du travail à l'intérieur même des quartiers ou dans les terrils est illustrée par le schéma 4-11.

Tableau 4-7:

PROGRAMME D'ENTRETIEN DES ENGINs

ENGINs	N°	ENT QUAT	ENT PRE	ENT CURA	Revision Gle. parti
R35	613	0,5H/P	03h/S	12h/mois	24j/an
	617	0,5H/P	03h/S	12h/mois	24j/an
	618	0,5H/P	03h/S	12h/mois	24j/an
	619	0,5H/P	03h/S	12h/mois	24j/an
	620	0,5H/P	03h/S	12h/mois	24j/an
	543	0,5H/P	03h/S	12h/mois	24j/an
	R50	801	0,5H/P	03h/S	12h/mois
802		0,5H/P	03h/S	12h/mois	10j/an
803		0,5H/P	03h/S	12h/mois	10j/an
804		0,5H/P	03h/S	12h/mois	10j/an
Pelle 71RB	6/7	1h/P	10h/S	16h/mois	20j/an
	8	1h/P	10h/S	16h/mois	20j/an
	10	1h/P	10h/S	16h/mois	20j/an
	11	1h/P	10h/S	16h/mois	20j/an
Chargeuse	1	1h/P	10h/S	12h/mois	20j/an
	2	1h/P	10h/S	12h/mois	20j/an



- 1. gradins droits
- 2. allongements
- 3. recoupes
- 4. galerie de roulage
- 5. entonnoires

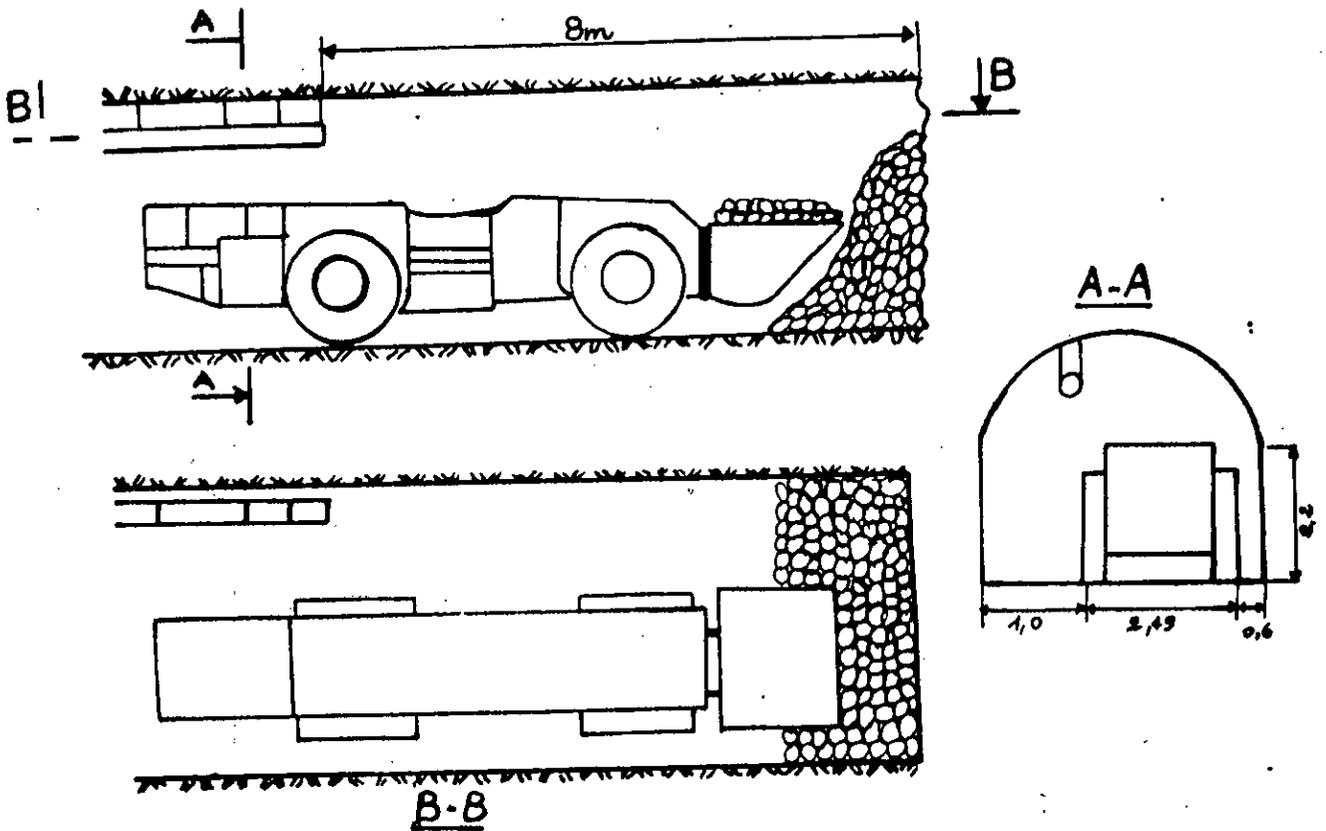
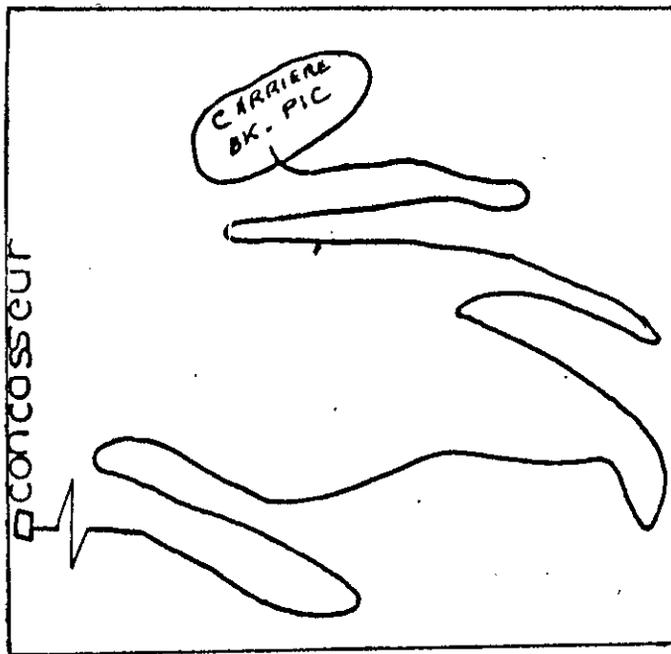
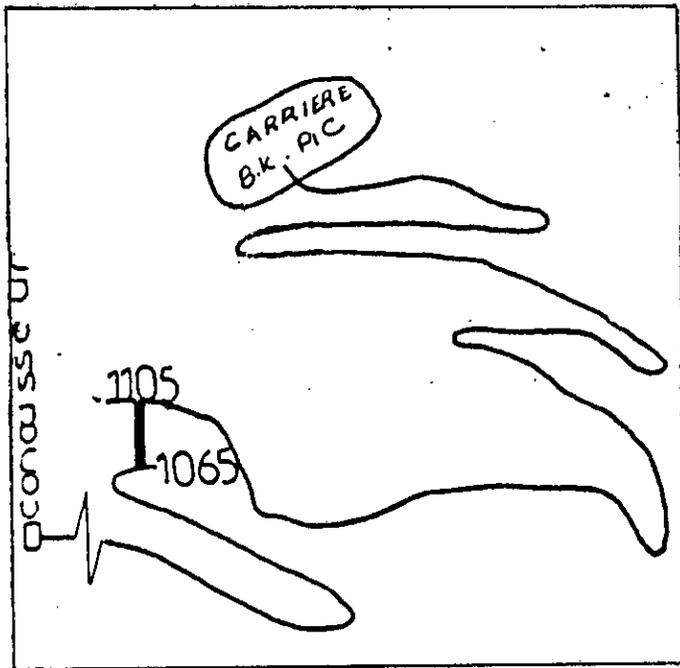


Schéma: 4-8 Exploitation et chargement dans le souterrain Echelle: 1/100



VARIANTE : I



VARIANTE: II

Scéma 4-9 Variantes du transport pour le PIC

Variantes	I	II
Volume du minerai transporté [t]	1360,000	1360,000
Distance moyenne du transport [km]	5,0	2,4+2,2
Nombre total d' heures	24480	28020
Temps du cycle (mn)	40,8	25,3+27,6
Nomre de parcours	8	12,12
Volume de rechargement [t]	—	1360,000
Camions en marche	2,00	2,2
Chargeuse en marche	—	0,34
Mains d'oeuvres	21,00	23,40
Consommations de pneus	53,1	48,9
Consommations en gaz-oil [t]	712,5	869,0
Depenses d'exploitation [DA/t]	9,77	13,01

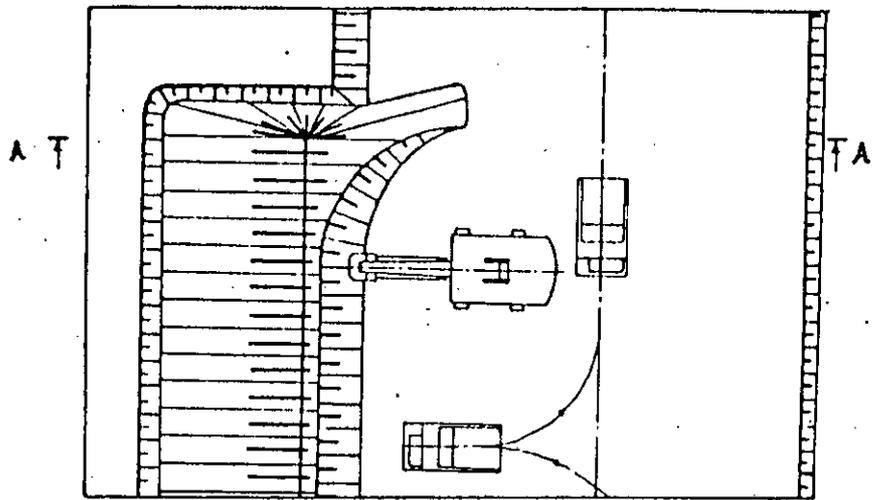
Tableau 4-10 : Resultats de l'étude pour la Carrière - PIC.

IV-9 REMARQUES

-L'utilisation extensive des engins de chargement et des engins de transport est faible. Il faudra y remédier en localisant les causes qui occasionnent les arrêts.

- Les pistes et les plates-formes dans la mine de BOUKHADRA deviennent impraticables de plus il faudra entretenir le revêtement de la piste principale.

-La mécanisation de la mine n'est pas étudiée d'où la non concordance entre les engins de chargement(pelles) et ceux de transport. Ceci augmente le temps de chargement.



A-A

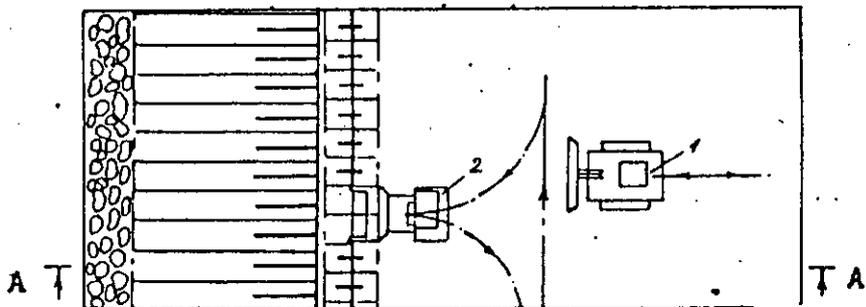
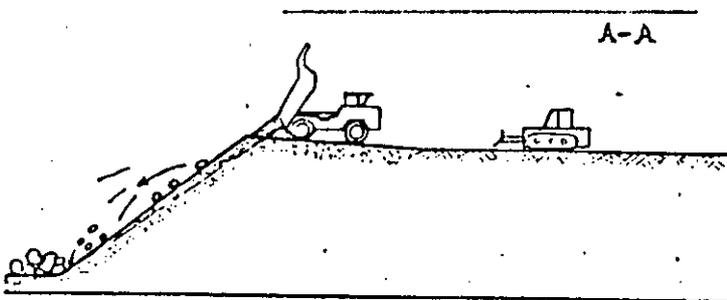
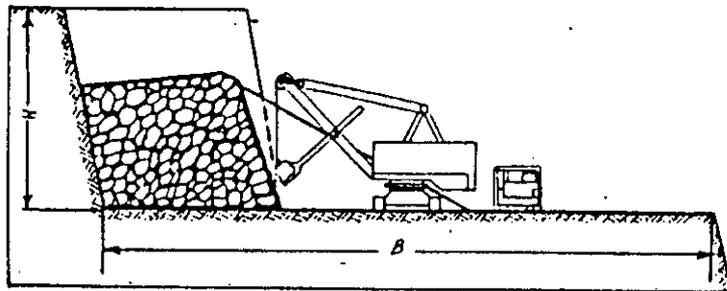


Schéma : 4-11 Organisation des travaux sur les gradins et les terrils

IV-10/ORGANISATION ACTUELLE DE L'EXPLOITATION :

L'étude de l'organisation du transport nous amène à voir l'organisation générale des travaux d'exploitation car le transport ne représente qu'un maillon d'une chaîne. En effet, ces travaux sont complémentaires de part la dépendance de leurs rendements.

Dans la mine de Boukhadra nous avons deux modes d'exploitation liés par le transport dans la mine, à savoir :

- * le mode à ciel ouvert.
- * le mode souterrain.

1°) - le mode à ciel ouvert :

1 - a) Ouverture du gisement :

Elle est généralement effectuée par des tranchées principales qui donnent accès au gisement et celles de découpage qui préparent le champ à l'exploitation.

L'ouverture du gisement est réalisée en fonction de certains paramètres tels que: le relief et les propriétés physico-mécaniques des roches.

1- b) Abattage :

Il consiste à établir un plan de tir dont les paramètres sont les suivants :

- diamètre du trou : 160 mm
- hauteur des gradins : 15 - 12 - 10 m (suivant les niveaux).
- angle des talus : 80 à 85°
- distance entre les trous : 3 à 4m
- ligne de moindre résistance : 8,4 m
- consommation spécifique d'explosif : 0,5 kg/m

Pour la foration des trous de mine le schéma utilisé est celui d'une seule rangée où le nombre de trous est variable selon la volée.

La réalisation prend beaucoup de temps et se fait par des sondeuses qui se déplacent entre les quartiers et dont les caractéristiques sont données dans le tableau 4-12 suivant :

type	Dimension des trous (mm)	rendement (m/h)	Ku (%)	Kd (%)
Romatic	160	17,5	60	70
Garden	160	8,5	60	70
OM4	160	13	60	70
T4 BH	160	12,5	60	70

Tableau 4-12 : caractéristiques des sondeuses.

Le chargement des trous se fait à l'aide d'une cartouche de marmante amorcée et introduite grâce à un cordeau détonant puis on rajoute le reste des cartouches jusqu'à la quantité déterminée.

Les travaux de tir sont effectués à la fin du premier poste et au début du second, suivis par des contrôles de sécurité et de la fragmentation.

L'organisation de tous ces travaux n'influe pas sur la durée du transport et du chargement et qui reste équivalente à la durée du poste de travail comme l'illustre le cyclogramme I.

IV 10-P) -le mode souterrain :

a) Foration des trous : On utilise le type de foration rotatif effectué par trois foreuses de type PROMECT 564 avec un coefficient d'utilisation de 0,44.

b) Tir : Le tir est effectué en respectant les caractéristiques suivantes :

- diamètre des trous : 65 mm
- ligne de moindre résistance : 1,8 à 2,2 m
- consommation spécifique d'explosif : 0,63 à 0,74 kg/m³
- coefficient de rapprochement : 0,8 à 1.

c) Abattage : Il se fait en rabattant du toit au mur vers la cheminée pour cela on forme une série de trous en éventail. pour le souterrain, le travail du transport pris en considération est celui qui est exécuté du fond au jour c-a-d seulement jusqu'au couloir de deversement.

TRAVAUX	Meme Jour									(M+1)ieme Jour								
	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	14h	16h	18h	20h	6h	8h	10h	12h	14h	16h
Préparation du chantier									----									
Foration des trous	-----									-----								
chargement des trous							-----											
Tir et controle								+-										
Chargement et transport	-----								-----									

CYCLOGRAMME (I) DES TRAVAUX D'EXPLOITATION (Cas du pic amont sterile)

TRAVAUX	Meme Jour									(M+1)ieme Jour								
	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	14h	16h	18h	20h	6h	8h	10h	12h	14h	16h
Préparation du chantier																		----
Foration des trous	-----									-----								
chargement des trous															---			
Tir et controle																		+-
Chargement et transport	-----									-----								

CYCLOGRAMME (I) DES TRAVAUX D'EXPLOITATION (Cas de AIN-ZAZIA amont mineraux)

TRAVAUX	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h
Préparation du chantier		--+															
Foration des trous		+															
chargement des trous																	
Evacuation du materiel																	
Tir et ventilation																	
Controle du chantier																	
Chargement et transport																	

CYCLOGRAMME DES TRAVAUX D'EXPLOITATION (Cas du souterrain)

CHAPITRE (V)

Formulation du Modèle Mathématique et résolution du problème

V-1 / Position du problème :

La mine de Boukhadra exploite le minerai de fer dont la production est fixée par le marché national et la planification est fixée par les moyens de l'Entreprise.

La réalisation de la production se fait par une série de processus tels que : abattage, chargement et transport.

Le bilan de l'année 1993 montre le retard accusé par la production réelle par rapport à la production planifiée et qui atteint une quantité de 900.000 T minerai et stérile compris.

Au bureau d'étude de la mine, on ne parle que du "déficit du transport" abstraction faite pour tous les autres processus.

L'Entreprise dispose de 12 camions "Enclid" (dont 6 R50 et 6 R35). Il est à signaler qu'actuellement aucun camion n'est laissé en réserve.

L'objectif de notre étude consiste à essayer de réorganiser le transport en déterminant une affectation des camions sur les différents chantiers de manière à maximiser la quantité à transporter en tenant compte des différentes contraintes.

L'aspect combinatoire nous a poussé à modéliser le problème dans le cadre de la programmation linéaire. Pour arriver à modéliser le problème, dans la programmation linéaire, nous devons donc :

- identifier les variables et les représentées par des symboles algébriques.
- identifier la fonction objectif.
- identifier toutes les contraintes et les exprimées sous formes d'équations ou d'inéquations linéaires en fonction des variables.

V-2/ MODELISATION

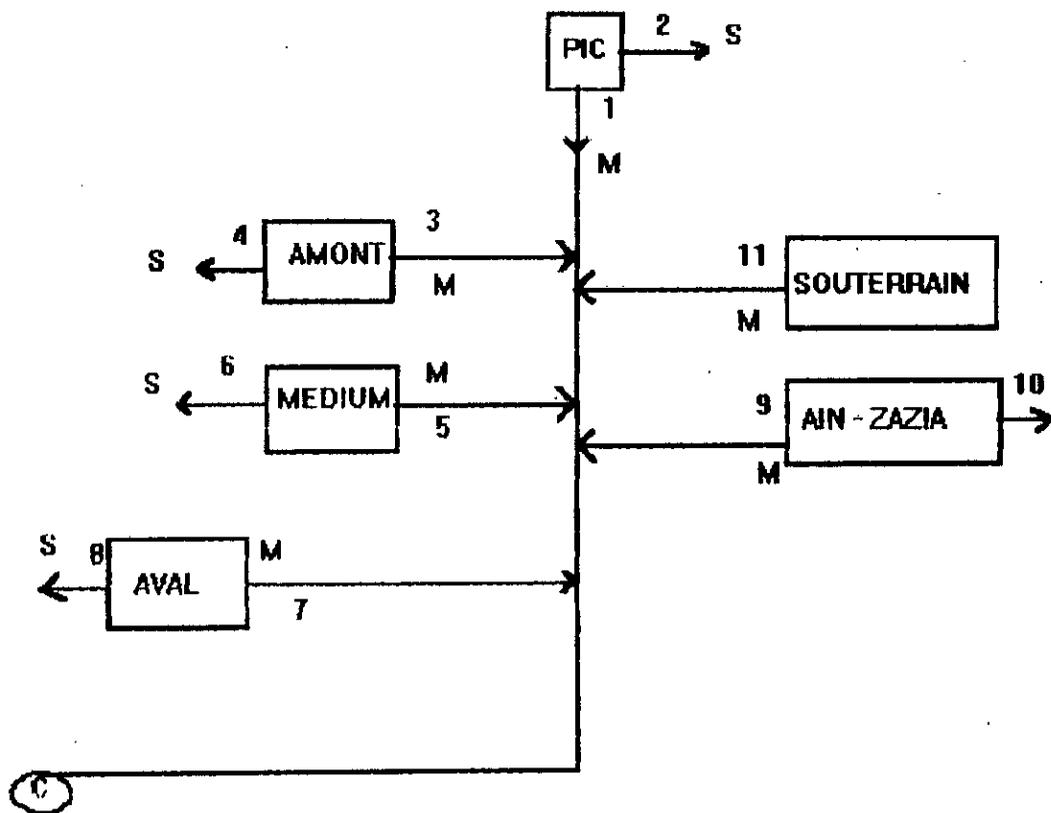
Nous devons tout d'abord définir les variables que nous recherchons à savoir : le nombre de camions R50 (ou R35) travaillant dans chaque chantier.

Soit l'indice I qui définit le type de camions :

I=1 : camions de type R50

I=2 : camions de type R35

Soit l'indice J qui définit le chantier où sont affectés les camions. Le schéma 5-1 nous illustre cette répartition.



S : Sterile

M : Mineral

C : Concasseur

Fig : 5-1

REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES CHANTIERS

Donc $X(I,J)$ sera la variable que nous recherchons et qui représente le nombre de camions de type I travaillant dans la zone J.

La fonction objectif sera formulée de façon à maximiser la quantité à transporter en fonction des variables.

Ceci nous amène au calcul des rendements des camions de type I travaillant dans la zone J et qui seront donnés par la formule :

$$C(I,J) = 60 \cdot G(I) \cdot Kr(I) \cdot Ku(I) \cdot Tp / Tc(I,J)$$

avec : $G(I)$: capacité du camion de type I. [t]
 $Kr(I)$: coefficient de remplissage du camion de type I.
 $Ku(I)$: coefficient d'utilisation du camion de type I.
 Tp : temps d'un poste [5,5h]
 $Tc(I,J)$: temps d'un cycle du camion de type I travaillant dans la zone J [minutes]

Les variables $X(I,J)$ et la fonction objective définies, nous devons maintenant avoir toutes les contraintes pour la formulation finale du modèle.

Dans le cas particulier de la mine de Bou-Khadra, nous avons les contraintes suivantes :

- le nombre de camions
- les quantités à transporter
- la consommation de minerai pour le concasseur

a- Le nombre de camions : Nous disposons à la mine de 12 camions et nous devons laisser un camion de réserve pour chaque type afin d'assurer au mieux le bon déroulement du travail. Donc le nombre de camions pour chaque type et travaillant dans tous les chantiers ne doit pas dépasser 05.

b- Quantités à transporter : Ces quantités sont déterminées pour chaque mois et ayant à maximiser la quantité totale; les camions qui auront transporté toute la quantité dans un chantier doivent être affectés au chantier qui en aura le plus besoin.

c- Consommation du concasseur : La mine de Bou-Khadra étant liée par ses obligations envers ces clients, elle doit assurer une production du minerai, ce qui revient à dire qu'une certaine quantité du minerai doit être transportée.

Les rendements calculés et les quantités définies, nous pouvons donc avoir la formulation finale du modèle. Pour tous les chantiers les rendements postiers ont été calculé et nous donne (en t/p) :

C1,1 = 254,7	C2,1 = 135,8
C1,2 = 849	C2,2 = 462
C1,3 = 407,5	C2,3 = 223,5
C1,4 = 2037,5	C2,4 = 770
C1,5 = 849	C2,5 = 407,6
C1,6 = 1273,4	C2,6 = 577,5
C1,7 = 2037,5	C2,7 = 866,25
C1,8 = 1018,7	C2,8 = 533
C1,9 = 1132	C2,9 = 577,5
C1,10 = 1698	C2,10 = 1386
C1,11 = 391,8	C2,11 = 231

La capacité postière du concasseur : Cp = 1500 t/p

MODELE MATHEMATIQUE :

MAX Z = $\sum_{I=1}^2 \sum_{J=1}^{11} C(I,J) X(I,J)$ fonction objectif

$X(I,J) \geq 0$ pour I = 1-2 , J = 1-11

$\sum_{J=1}^{11} X(1,J) \leq 5$ nombre de camions

$\sum_{J=1}^{11} X(2,J) \leq 5$

C(1,1) X(1,1)	+	C(2,1) X(2,1)	≤	Q(1)		
C(1,2) X(1,2)	+	C(2,2) X(2,2)	≤	Q(2)		
C(1,3) X(1,3)	+	C(2,3) X(2,3)	≤	Q(3)		
C(1,4) X(1,4)	+	C(2,4) X(2,4)	≤	Q(4)		
C(1,5) X(1,5)	+	C(2,5) X(2,5)	≤	Q(5)		
C(1,6) X(1,6)	+	C(2,6) X(2,6)	≤	Q(6)		
C(1,7) X(1,7)	+	C(2,7) X(2,7)	≤	Q(7)		
C(1,8) X(1,8)	+	C(2,8) X(2,8)	≤	Q(8)		
C(1,9) X(1,9)	+	C(2,9) X(2,9)	≤	Q(9)		
C(1,10) X(1,10)	+	C(2,10) X(2,10)	≤	Q(10)		
C(1,11) X(1,11)	+	C(2,11) X(2,11)	≤	Q(11)		

Quantités à transporter

$\sum_{I=1}^2 \sum_{k=0}^5 C(I,2k+1) X(I,2k+1) \geq 1500$ consommation du concasseur

	JUILLET	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
Q1	543,5	500	600	630,5	770,9
Q2	434,8	727,3	700	434,8	364,6
Q3	217,4	227,3	200	108,7	0
Q4	4282,6	3977,3	4050	4293,5	4323
Q5	0	0	0	0	0
Q6	0	0	0	0	0
Q7	0	0	0	0	0
Q8	0	0	0	0	0
Q9	326,1	340,9	300	326,1	312,5
Q10	1902,2	1988,6	1750	1902,2	1823
Q11	478,3	500	500	500	479,2

TABLEAU 5-2 QUANTITES à TRANSPORTER

V-3/ Presentation du logiciel GAMS :

Pour résoudre notre problème , nous avons utilisé le logiciel GAMS (General Algebre Modeling System) qui est un langage de modélisation ayant pour but de formuler des programmes mathématiques et un ensemble de systèmes d'optimisation dits solvers.

V-3.1/ Caractéristiques des problèmes traités :

GAMS peut traiter les problèmes de grande taille. Dans sa version PC une limite de 500 variables sur des PC de 640K peut largement être atteinte.

Dans sa version système , il peut manipuler un maximum de :

- 32 767 lignes
- 32 767 colonnes
- 32 767 éléments non linéaires non nuls.

V-3.2/ Interface utilisateur :

a - Introduction des données :

GAMS requiert un éditeur externe pour créer un modèle et permet de donner des noms aux variables ainsi qu'aux contraintes. GAMS reproduit les données introduites uniquement sur un fichier de résultat sur disque. Cet écho est automatiquement produit et ne peut être supprimé par l'utilisateur.

b - Sortie des données :

GAMS produit un rapport final détaillé qui contient le modèle initial et les variables de décision. L'option DISPLAY donne une

certaine flexibilité dans la conception de l'organisation du résultat final.

GAMS renvoie uniquement les résultats finaux vers un fichier défini par l'utilisateur (le fichier .LST par défaut), c'est l'une des contre performances de GAMS.

Il donne aussi le temps requis pour l'exécution et la compilation du programme.

c - Possibilités de contrôle par l'utilisateur :

GAMS est désigné pour une large variété d'utilisateurs des experts en programmation mathématique exerçant un haut degré de contrôle sur les possibilités de création de modèles et sur le processus de résolution aux utilisateurs occasionnels pour qui GAMS est une boîte noire dans laquelle les décisions sont prises automatiquement par le système.

De part les possibilités offertes par GAMS , nous pouvons :

- choisir un point initial.
- définir des bornes sur les variables X_LO : borne inférieure
X_UP : borne supérieure
- spécifier le temps maximal de résolution :
l'option RESLIM permet de définir ce temps.
- sauvegarder l'exécution et réexécuter après un certain temps.

V-3.3/ Caractéristiques du langage de modélisation :

GAMS présente le modèle sous forme compacte, les données peuvent-etre représenter sous forme de tableaux (vecteurs ou matrice de coefficients), la fonction objective et les contraintes peuvent-etre aisement formuler en utilisant les notations de sommation et de produits.

La representation de GAMS consiste en quatre points essentiels :

- SETS
- DATA (PARAMETERS , TABLES)
- VARIABLES
- EQUATIONS

Soit l'exemple suivant :

MIN Z = $\sum C_{ij} x_j$ problème (*)

$x_j \geq 0$; $j = 1,4$

$\sum a_{kj} x_j \geq b_k$ $k = 1,-5$

Voici le modèle GAMS de ce problème :

```
SETS
I /1*4/
J /1*5/;
PARAMETERS
B(k) /1,2,-1,10,-15/;
TABLE C(I,J)
      1   2   3   4
1     4   2  -1  -4
2     5   2   1   0
3     0  -6   1   3
4     4   2   1   1

TABLE A(k,j)
      1   2   3   4
1     -1  0   1   2
2     3   1   2   0
3     8   5  -2   0
4     1  -2   2   1
5     3  -2   1   5

VARIABLES
X(j)
Z;
ZD objectif;
EQU(k) contrainte
ZD ..      Z=E=SUM((i,j), C(i,j)*X(j));
EQU(k)     SUM(j, A(k,j)*X(j))-G=B(k);
X_LO(j)=0;
```

Les indices du problèmes (*) sont definis dans SETS, i allant de 1 à 5 est représenté par I/1*5/.

Dans la section DATA , on introduit les coefficients et les valeurs des secondes variables.
 Les variables de decision et la valeur de la fonction objectif sont declarées par VARIABLES.
 Les contraintes et la fonction objectif sont declarées par EQUATIONS.

X_LO(j) definit une borne inferieure pour la variable X(j).

GAMS contient une librairie de 100 modèles de programmation mathématiques (problèmes lineaires, non lineaires et entiers nuls), ils illustrent les techniques de modélisation de GAMS.

L'introduction de notre modèle dans le langage GAMS est donnée:

GAMS 2.25.064 386/486 DOS
 application transport de mineraux

```

2 SETS
3   I camions /1,2/
4   J destinations /1*11/
5   MOIS /juil, sept, oct, nov, dec /;
6
7   PARAMETERS
8
9       ROCT(J) RESSOURCES POUR LE MOIS D'OCTOBRE
10      / 1 1200
11       2 1400
12       3 400
13       4 8100
14       5 0
15       6 0
16       7 0
17       8 0
18       9 600
19       10 3500
20       11 1000 /
21      RJUIL(J) RESSOURCES POUR LE MOIS DE JUILLET
22      / 1 1087
23       2 869.6
24       3 434.8
25       4 8565.2
26       5 0
27       6 0
28       7 0
29       8 0
30       9 652.2
31       10 3804.4
32       11 956.6 /
33      RSEPT(J) RESSOURCES POUR LE MOIS DE SEPT
34      / 1 1000
35       2 1454.6
36       3 454.6
37       4 7954.6
38       5 0
  
```

```

39          6      0
40          7      0
41          8      0
42          9    681.8
43         10  3977.2
44         11  1000 /
45      RNOV(J)  RESSOURCES POUR LE MOIS DE NOV
46      / 1    1261
47         2    869.6
48         3    209.4
49         4   8586
50         5      0
51         6      0
52         7      0
53         8      0
54         9   652.2
55        10  3804.4
56        11  1000 /
57      RDEC(J)  RESSOURCES POUR LE MOIS DE DEC
58      / 1   1541.8
59         2   729.2
60         3      0
61         4   8626
62         5      0
63         6      0
64         7      0
65         8      0
66         9   625
67        10  3646
68        11  958.4 / ;

```

71 TABLE C(I,J) rendement

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
72											
73 1	509.4	1698	815	4075	1698	2546.8	4075	2037.4	2264	3395.9	783.6
74 2	271.6	924	447	1540	815.2	1155	1732.5	1066	1155	1386	462

75 TABLE D(I,J) imaprite

	1	3	5	7	9	11
76						
77 1	509.4	815	1698	4075	2264	783.6
78 2	271.6	447	815.2	1732.5	1155	462 ;

```

79
80
81  VARIABLES X(I,J)  NOMBRE DE CAMIONS
82      Z      RENDEMENT TOTAL ;
83      POSITIVE VARIABLE X ;
84      EQUATIONS
85      CDEZ      DEFINITION DE L'OBJECTIF

86      EQU(I)   DISPONIBILITE
87      EQU2     CONSOMMATION JOURNALIERE
88      EQU3(J)  quantites extraites pour le mois oct
89      EQU4(J)  quantites extraites pour le mois de juil
90      EQU5(J)  quantites extraites pour le mois de sept
91      EQU6(J)  quantites extraites pour le mois de nov
92      EQU7(J)  quantites extraites pour le mois de dec ;

```

```

93
94     EQU(I)..  SUM(J,X(I,J)) =L= 5;
95     EQU2..   SUM((I,J),D(I,J)*X(I,J))=G=3000;
96     EQU3(J).. SUM(I,C(I,J)*X(I,J))=L=ROCT(J);
97     EQU4(J).. SUM(I,C(I,J)*X(I,J))=L=RJUIL(J);
98     EQU5(J).. SUM(I,C(I,J)*X(I,J))=L=RSEPT(J);
99     EQU6(J).. SUM(I,C(I,J)*X(I,J))=L=RNOV(J);
100    EQU7(J).. SUM(I,C(I,J)*X(I,J))=L=RDEC(J);
101    CDEZ..    Z=E=SUM((I,J),C(I,J)*X(I,J));
102    MODEL HICHEM1 /EQU,EQU2,EQU3,CDEZ/;
103    MODEL HICHEM2 /EQU,EQU2,EQU4,CDEZ/;
104    MODEL HICHEM3 /EQU,EQU2,EQU5,CDEZ/;
105    MODEL HICHEM4 /EQU,EQU2,EQU6,CDEZ/;
106    MODEL HICHEM5 /EQU,EQU2,EQU7,CDEZ/;
107    SOLVE HICHEM1 USING NLP MAXIMAZING Z;
108    SOLVE HICHEM2 USING NLP MAXIMAZING Z;
109    SOLVE HICHEM3 USING NLP MAXIMAZING Z;
110    SOLVE HICHEM4 USING NLP MAXIMAZING Z;
111    SOLVE HICHEM5 USING NLP MAXIMAZING Z;
112    DISPLAY X.L;
113
114

```

V-4/ APPLICATIONS :

L'application du modèle est faite pour les deux trimestres restants pour l'année 1994.

Les résultats sont représentés dans les tableaux 5-3 et 5-4. Avant de passer à l'affectation des camions, nous pouvons déjà calculer les quantités transportées et déduire le retard existant dans chaque chantier. Ces calculs sont donnés dans le tableau 5-5.

Remarques :

- Pour le souterrain, on ne signale aucun retard ce qui lui permettra d'assurer sa production normalement.
- Le retard accusé est accumulé dans le quartier pic (pour ses deux chantiers) et la quantité équivalente pour dix postes de travail peut-être transporter en un seul poste supplémentaire.

V-5 / REPARTITION DES CAMIONS :

Pour faire la répartition des camions, nous devons signaler que le nombre de camions qui est obtenu correspond au temps du poste de travail.

Pour pouvoir illustrer dans des cyclogrammes les affectations nous avons calculé le nombre de cycles nécessaires afin de pouvoir - dans la mise en application sur le terrain - contrôler les camions selon le critère temps et celui du nombre de cycle.

	JUILLET	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
X(1,1)	1,490	1,576	1,717	1,485	1,533
X(1,2)	0	0	0	0	0
X(1,3)	0	0	0	0	0
X(1,4)	2,102	1,952	1,988	2,107	2,117
X(1,5)	0	0	0	0	0
X(1,6)	0	0	0	0	0
X(1,7)	0	0	0	0	0
X(1,8)	0	0	0	0	0
X(1,9)	0,288	0,301	0,265	0,288	0,276
X(1,10)	1,120	1,171	1,031	1,12	1,074
X(1,11)	0	0	0	0	0

TABLEAU 5-3 REPARTITION DES CAMIONS R50

J(2,J)	JUILLET	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
X(2,1)	1,016	0,244	0,462	1,426	2,34
X(2,2)	0,941	1,574	1,478	0,941	0,586
X(2,3)	0,973	1,017	0,895	0,468	0
X(2,4)	0	0	0	0	0
X(2,5)	0	0	0	0	0
X(2,6)	0	0	0	0	0
X(2,7)	0	0	0	0	0
X(2,8)	0	0	0	0	0
X(2,9)	0	0	0	0	0
X(2,10)	0	0	0	0	0
X(2,11)	2,071	2,165	2,165	2,165	2,074

TABLEAU 5-4 REPARTITION DES CAMIONS R35

	JUILLET	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
R Q1	25,65	65,46	100	58,62	62,68
R Q2	0,06	0,11	17,16	0,06	93,87
R Q3	0	0	0	4,1	0
R Q4	3,85	0,1	0	0,49	9,61
R Q5	0	0	0	0	0
R Q6	0	0	0	0	0
R Q7	0	0	0	0	0
R Q8	0	0	0	0	0
R Q9	0,084	0,17	0,2	0,08	0,07
R Q10	0,44	0,24	0	0,44	0
R Q11	0	0	0	0	0,1

TABLEAU 5-5 RETARD OCCASIONNE PAR LE TRANSPORT [T]

Pour les numéros des camions :
de 1 à 5 : camions R50
6 : camion R50 en reserve
de 7 à 11: camions R35
12 : camion R35 en reserve.

Remarques :

En voyant les cyclogrammes et pour pouvoir réaliser pratiquement les résultats estimés, nous proposons de faire une rotation des camions sur les chantiers afin que tous les camions parcourent les memes distances.

Nous remarquons aussi le nombre élevé de cycles pour les chantiers 4 et 10, c'est pour cela qu'une attention particulière doit se manifester pour l'organisation correcte des travaux à l'intérieur de ces chantiers afin de maintenir la production.

N° de chantier	Nombre de cycle	N° de camion	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	12h30
1	9	1									
	5	2									
	7	7									
2	21	8									
3	11	9									
4	7	2									
	66	3									
		4									
9	11	2									
10	7	2									
	55	5									
11	1	8									
	11	10									
	11	11									

CYCLOGRAMME DU MOIS DE JUILLET

N° de chantier	Nombre de cycle	N° de camion	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	12h30
1	9	1									
	5	2									
	2	7									
2	13	7									
	22	8									
3	11	9									
4	63	3									
	66	4									
9	11	2									
10	9	2									
	55	5									
11	2	7									
	11	10									
	11	11									

CYCLOGRAMME DU MOIS DE SEPTEMBRE

QUARTIERS		N° de camion	Nombre de cycle	5	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h
PIC	M	1	9								
		2	6								
		7	3								
	S	7	11								
		8	22								
AMONT	M	7	1								
		9	9								
	S	3	66								
		4	66								
AIN ZAZIA	M	2	8								
	S	2	2								
		5	55								
SOUTERRAIN	M	1	8								
		11	10								
		11	11								

CYCLOGRAMME DU MOIS D'OCTOBRE

N° de chantier	Nombre de cycle	N° de camion	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	12h30
1	9	1									
	4	2									
	7	7									
	3	8									
2	21	9									
3	6	8									
4	7	2									
	66	4									
9	16	2									
10	7	2									
	55	5									
11	1	8									
	11	10									
	11	11									

CYCLOGRAMME DU MOIS DE NOVEMBRE

N° de chantier	Nombre de cycle	N° de camion	5	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h
1	9	1								
	5	2								
	2	7								
	7	8								
		9								
2	13	7								
4	8	2								
	66	3								
		4								
3										
9	10	2								
10	4	2								
	55	5								
11	1	7								
	11	10								
	11	11								

CYCLOGRAMME DU MOIS DE DECEMBRE

V-6 / Analyse du modèle :

Pour analyser le modèle , nous avons fait varier les contraintes essentielles à savoir le nombre de camions et les quantités à transporter.

V-6.1/ Nombre de camions :

Les quantités fixées étant pour le mois d'octobre où il y a eu le plus de retard.

Nous avons augmenté le nombre de camions pour chaque type d'une unité. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 5-6 suivant :

X_{ij}	Q_i	retard
X1,1 : 1,44	Q1 = 600	0
X1,4 : 1,988	Q2 = 700	0
X1,9 : 0,265	Q3 = 200	0
X1,10: 1,031	Q4 = 4050	+ 0,55
X1,11: 1,276	0	0
X2,1 : 1,717	0	0
X2,2 : 1,515	0	0
X2,3 : 0,895	0	0
/	Q9 = 300	0
/	Q10= 1750	+ 0,6
/	Q11= 500	0

Tableau 5-6 : résultats de la variation du nombre de camions.

Nombre de camions R50 utilisé : 6.
Nombre de camions R35 utilisé : 4,127.
Nombre de camions R35 non utilisé : 1,873.

V-6.2/ Quantités à transporter :

Le nombre de camions étant fixé à cinq (5), nous avons remplacé les quantités nulles pour les chantiers 5,6,7 et 8 par des valeurs et nous avons eu les résultats suivants :

Cij	Qi	retard	retard (%)
1,1 = 0,867	1 : 600	200,2	33,36
1,4 = 1,988	2 : 700	412,6	58,94
1,5 = 0,059	3 : 200	0	0
1,6 = 0,275	4 : 4050	0	0
1,7 = 0,025	5 : 100	50	50
1,8 = 0,491	6 : 700	349,8	49,97
1,9 = 0,255	7 : 100	49	49
1,10 = 1,031	8 : 1000	500	50
2,1 = 1,318	9 : 300	11,34	3,78
2,2 = 0,622	10 : 1750	0	0
2,3 = 0,895	11 : 500	0	0
2,11 = 2,165			

Tableau 5-7 : résultats de la variation des quantités à transporter

Nombre de camions R50 utilisé : 5.
Nombre de camions R35 utilisé : 5.
Quantité de minerai transportée : 1488,46 t/p.

CONCLUSIONS :

Pour l'analyse du modèle et d'après les résultats obtenus, nous notons ce qui suit :

- 1- le nombre actuel de camions existants dans la mine de Bou-Khadra ne peut supporter une augmentation de production.
- 2- l'utilisation complète d'un seul camion R50 est équivalente à presque deux camions de type R35.

CHAPITRE VI - ASPECT ECONOMIQUE

INTRODUCTION :

L'aspect économique reste le facteur décisif (après la sécurité du travail) pour conclure de la faisabilité de la solution proposée; c'est pour cela qu'il est nécessaire de déterminer le prix de revient technique du transport pour les deux variantes à savoir :

- l'organisation actuelle (variante I)
- l'organisation proposée (variante II)

Pour assurer l'opération du transport, il faut du personnel auquel on confie les camions en état de marche et que l'on alimente en énergie. De là, on déduit les trois éléments du prix de revient à savoir:

- les salaires et les charges connexes,
- les amortissements,
- les frais d'entretien et fournitures.

VI-1 / Les salaires et les charges connexes :

Pour les frais du personnel, on distingue deux types :

- les dépenses directes.
- les dépenses indirectes.

a- Les dépenses directes : elles concernent les salaires du personnel qui intervient seulement dans le processus du transport et qui sont représentées par les salaires des conducteurs (tab 6-1)

Personnel	salaires DA	Nombre	depenses/mois DA	depenses/ an DA
cond. R35	9580	14	134.120	1.609.440
cond. R50	15241,4	14	213.379,6	2.560.555,2
				4.169.995,2

Tableau 6-1 : dépenses directes

b- Les dépenses indirectes : Elles concernent les salaires du personnel qui intervient dans le processus du transport mais également dans d'autres processus. Elles sont représentées par les salaires du personnel de l'entretien.

Pour répartir ces dépenses, on a choisi comme clé de répartition (pour les mécaniciens et le chef de parc) le nombre d'engins. Pour le divisionnaire la clé de répartition la mieux appropriée serait la répartition en fonction du nombre de service qu'il dirige.

De cette façon, on obtient une part de 48% pour la première clé et une part de 6% pour la seconde clé. (voir chapitre III).

Personnel	salaires DA	Nombre	part part	frais mensuels DA	frais annuels DA
meca. entret.	12.480	12	0,48	71.884,8	862.617,6
meca. repara.	14.406,7	08	0,48	55.321,73	663.860,74
chef de parc	16.940,6	01	0,48	8.131,48	97.577,85
divisionnaire	21.667,8	01	0,06	1.300,06	15.600,85
					1.639.657

Tableau 6-2 : dépenses indirectes

c- Les charges connexes : Elles représentent les frais de la sécurité sociale qui s'élèvent à 20% du salaire (d'après le service de comptabilité de la mine).

Donc les charges connexes sur une année sont de : 1.161.930,4 DA.

VI-2 / LES AMORTISSEMENTS :

Les amortissements représentent la valeur de l'usure des engins utilisés, qui constituent dans une certaine mesure des dépenses pour l'entreprise.

Les amortissements sont déterminés par le service comptabilité, ils sont de l'ordre de :

- 517.020,00 DA pour les R50
- 157.577,70 DA pour les R35

VI-3 / LES FRAIS D'ENTRETIEN :

Ils constituent les dépenses liées directement à la production et qui sont occasionnées par l'utilisation et l'achat des consommables à savoir :

- les carburants,
- les lubrifiants,
- les pneus,
- les pièces détachées.

a- Les carburants : Le carburant utilisé est le gas-oil, le tableau 6-3 nous donne la consommation des camions avec une moyenne de la consommation horaire de :

30,16 l/h pour les R35
34,25 l/h pour les R50.

Le prix unitaire du gas-oil est de 6 DA/l.

La consommation totale du gas-oil est de :

1.125.450 l pour la variante I (pour une année)
438.925,51 l pour la variante II (pour six mois).

b- Les lubrifiants : Les camions dans la mine de Boukhadra ont une consommation du lubrifiant estimée à 5% de celle du carburant.

Donc la consommation en lubrifiant est de :

56.272,5 l pour la variante I (pour une année)
21.925,5 l pour la variante II (pour six mois)

Le prix unitaire du lubrifiant est de : 43,77 DA/l.

c- Les pneus : Un camion dans la mine de Boukhadra consomme 4 pneus par an.

Le prix unitaire du pneu est de : 80.560 DA.

d- Les pièces détachées : D'après l'expérience des services comptabilité et entretien, on considère que les dépenses pour les pièces détachées représentent 10% des dépenses pour les pneus.

Remarques :

Il est à signaler que la variante I est basée sur la bilan de l'année 1993 avec une quantité de minerai transporté de 595.000 tonnes. Alors que pour la variante II, elle concerne le deuxième semestre de l'année 1994 avec une quantité de minerai transporté de 351.000 tonnes obtenue sur la base du calcul et des résultats pour l'organisation proposée.

Les dépenses du personnel et les amortissements sont les memes pour les deux variantes. Cependant, pour les fournitures la variante II possède deux camions de reserve, donc la calcul se fera sur la base d'un nombre de camions égal à 10 (au lieu de 12 pour la variante I).

Les calculs détaillés sont résumés dans le tableau 6-4. Du tableau 6-5 nous pouvons conclure sur la faisabilité de l'organisation proposée avec une diminution de 24,6% sur le prix de revient technique réalisé par la diminution des dépenses de 11,17% et l'augmentation de la quantité transporté de 18%.

ENGINES	N°	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL	HEURE DE MARCHE	CONSUM HORAIR
EUCLID R35	613	840	1410	2210	1850	560	2080	400	395	1167	5790	9065	8080	33847	631	45 l/h
EUCLID R35	617	5275	5200	2550	5100	3190	5214	4400	5364	6826	5915	8740	7980	65784	2599	25 l/h
EUCLID R35	618	3600	5460	4710	4330	3210	6650	5396	5838	7265	5347	6760	8160	66726	2426	28 l/h
EUCLID R35	619	4670	5900	5985	150	5990	7260	6495	7910	8890	8915	8640	6197	78802	2675	29 l/h
EUCLID R35	620	4800	4760	4110	5060	3890	4075	3800	5684	6985	6265	3253	8290	60580	3133	19 l/h
EUCLID R35	543	1860	3540	4370	3680	3130	4662	950	3282	710	6170	4350	1900	39947	1127	35 l/h
EUCLID R50	801	8690	3280	480	6485	6390	6385	5563	8722	5901	--	--	--	52296	1488	31 l/h
EUCLID R50	802	5829	6870	6510	7025	6230	9082	4984	7140	8480	9255	11645	11280	94330	3007	35 l/h
EUCLID R50	803	6290	5800	6150	6000	5130	7223	7947	8359	10300	6250	11299	8280	89028	2545	36 l/h
EUCLID R50	804	2590	5360	8280	9000	7770	8117	5912	979	2410	8310	10330	10488	79656	2192	45 l/h

TABLEAU 6-3 CONSOMMATION DU GAS-OIL (1)

facteurs	Depenses (DA)	
	variante I	variante II
conducteurs	4.169.995,20	2.084.997,60
mecanicien entretien	862.617,60	431.308,80
mecanicien reparateur	663.860,73	331.930,36
chef de parc	97.577,85	48.788,92
divisionnaire	15.600,85	7.800,42
charges connexes	1.161.930,40	580.965,20
amortissement	4.047.466,20	2.023.733,10
gas-oil	6.752.700	2.633.533
lubrifiant	2.463.047	960.587,36
pneus	3.866.880	1.611.200
pièces détachées	386;688	161.120
	24.488.364	10.875.965

Tableau 6-4 : tableau recapitulatif des dépenses

variante	depenses DA	qte transp. (t)	p. revient DA
I	24.488.364	595.000	41,15
II	10.875.965	351.000	31

Tableau 6-5 : prix de revient technique des variantes

C O N C L U S I O N

Les résultats obtenus ne peuvent-etre considerer comme définitifs qu'après leurs applications sur la terrain qui révélera -peut-etre- quelques incommodités de mise en oeuvre.

Par ailleurs, cette application nécessitera un suivi rigoureux pour maintenir un niveau ,aussi élevé que possible, de la perfection dans l'exécution des taches. Ainsi nous pourrons réaliser une diminution sur le cout du transport du minerai et qui peut atteindre 24%.

De plus, ça permettra de localiser toutes les sources de retard dans l'exécution de tous les processus de l'exploitation.

En outre, nous n'omettrons pas de signaler que le modèle mathématique élaboré est sujet à des modifications qui tiendront compte de l'évolution de la mine et du changement des contraintes dans le temps.

Cependant, l'étude que nous avons mené constituera une base de réflexion pour l'organisation du transport pour toute la durée de vie de la mine de BOUKHADRA.

RECOMMANDATIONS

A l'issue de notre séjour dans le site, nous avons noté certains points que nous considérons, à notre sens, comme des anomalies à savoir :

- absence d'un service de comptabilité analytique au sein de la mine.
- le mauvais état de la piste principale et des plates formes de travail.
- les faibles valeurs du coefficient d'utilisation des engins.

A cet effet, nous recommandons :

- d'installer la comptabilité analytique qui permettra de deceler les sources de dépenses, pour mieux controler le prix de revient, et d'en tenir compte dans le budget.
- d'entretenir correctement et régulièrement la piste principale et assurer le bon nivellement des plates formes dans le but de diminuer l'usure des engins et d'augmenter leurs rendements.
- d'etudier les causes de la faible valeur du coefficient d'utilisation des engins afin d'y remedier.
- d'opter pour les R50 au profit des R35 vu la disproportion des rendements, lors de nouvelles acquisitions.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES :

- 1- BOKY , 1968 Exploitation des mines
MIR (1ere Edition)
- 2- A. GABAY , J. ZEMP 1971 Les engins mécaniques de chantiers
BORDAS (3eme Edition)
- 3- R. FAURE 1979 Précis de recherche opérationnelle
DUNOD (4eme Edition)
- 4- V. KOVALENKO 1986 Exploitation des carrières
O.P.U 1987
- 5- RAVINDRAN - PHILIPS - SOLBERG 1987 Operation research
JOHN WHILEY and SONS, INC (2eme Edition)
- 6- A. BROOKE , D. KENDRICK , A. MEERAUS 1987 Gams a user's guide
THE SCIENTIFIC PRESS (USA)
- 7- B. MUTRAGH , M. SAUNDERS 1987 MINOS 5.1 User's guide
STANFORD UNIVERSITY

ETUDES :

- 8- E.N.FERPHOS 1992 Exploitation de la carrière PIC
Bureau d'études et de méthode de la mine de BOUKHADRA
- 9- A. AZZIZ 1993 Amélioration du processus de transport et
de chargement dans la mine de BOUKHADRA.
Bureau d'études de la mine de BOUKHADRA
- 10- M. MOUFFOK (p.f.e) 1993 Etude du problème de glissement
dans les mines à ciel ouvert
(cas de la mine de BOUKHADRA)
Ecole Nationale Polytechnique
- 11- M. MOHATTET (p.f.e) 1993 Contribution à l'étude du projet
d'exploitation souterraine de la
II phase de la mine de BOUKHADRA
Ecole Nationale Polytechnique

RAPPORTS ET ARCHIVES :

- 12- Rapport géologique de la mine de BOUKHADRA 1987
- 13- Plan d'exploitation de la mine de BOUKHADRA 1993
- 14- Plan d'exploitation de la mine de BOUKHADRA 1994
- 15- Archives cartographiques de la mine de BOUKHADRA