

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

7/94



MINISTERE DE L'EDUCATION

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE MENIER

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE MINIER

SUJET

EXPLOITATION DU GISEMENT DE CALCAIRE DE  
DJEBEL ABIAD POUR LA PRODUCTION DE  
GRANULATS ( SIDI -ABDELLI W. TLEMEN )

5 PLANCHES

Proposé par :

E.N.G

Etudié par :

MERZOUGUI Mohamed

Dirigé par :

M. SALHI

PROMOTION : JUILLET 94

E.N.P. 10 Avenue Hacène Badi El-Harrach Alger

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

## **REMERCIEMENT:**

C'est un grand plaisir pour moi d'exprimer mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé à la réalisation de ce modeste travail du projet de fin d'étude.

Ces remerciements vont tout particulièrement à:

- Monsieur M.Salhi, mon promoteur, pour le suivi continu et les conseils qu'il m'a prodigué tout au long de ce travail.
- Tous les professeurs de l'ENP qui ont contribué à ma formation et en particulier ceux de département Génie Minier.
- Monsieur D.Sayah, directeur conseiller à l'ENG.
- Messieurs les ingénieurs de département mine de l'UREG.
- Messieurs les responsables des sales de documentation de l'ENG et de l'UREG, pour leurs entière collaboration.
- Le personnel de l'unité de Sidi Abdelli (ENG).
- Le président et les membres de jury, qui ont bien voulu accepter de juger ce travail.
- Tous mes amis et en particulier messieurs Kara Mohamed et Rédha hocine.

**DEDICACES :**

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents ;

A mes frères et soeurs ;

A mes amis ;

Et à tous ceux qui me sont chers .

Merzougui Mohamed...

*Avertissement:*

Le présent rapport est accompagné de cinq (5) annexes graphiques:

- 1- Planche N01: Plan topographique et ouverture de la carrière.
- 2- Planche N02: Coupes d'exploitation.
- 3- Planche N03: Phases d'exploitation 1 et 2.
- 4- Planche N04: Phases d'exploitation 3 et 4.
- 5- Planche N05: Plan de liquidation de la carrière.

## **Table de matières :**

Introduction:.....	1
Généralités:.....	4
1- Définition.....	5
2- Sources de granulats.....	5
3- Exigences industrielles pour les granulats.....	7
4- Marché des granulats.....	8
 Chapitre I : Géologie de gisement.....	 12
A- Géologie régionale.....	13
A-1- Situation géographique et administrative.....	13
A-2- Infrastructure de la région.....	13
A-3- Relief.....	13
A-4- Climat.....	16
A-5- Aperçu géologique.....	16
B- Géologie locale.....	20
B-1- Situation géographique du gisement.....	20
B-2- Lithostratigraphie.....	20
B-3- Tectonique.....	21
B-4- Hydrogéologie de gisement .....	21
B-5-: Karsts.....	23
C- Etude du gisement.....	24
C-1- Travaux de prospection.....	24
C-2- Délimitation du gisement.....	24
C-3- Réserves géologiques.....	25
C-4- Eléments de gisement.....	25
 Chapitre II: Appréciation des caractéristiques de la roche.....	 26
2-1- Echantillonnage.....	27
2-2- Composition chimique.....	28
2-3- Propriétés physiques.....	29
2-4- Propriétés intrinsèques.....	32
2-5- Propriétés dimensionnelles.....	34
2-6- Propriétés mécaniques.....	35
2-7- Propriétés technologiques.....	37
2-8- Propriétés géomécaniques.....	38

2-9-	Interprétation des résultats.....	39
2-10-	Exigences industrielles.....	41
Chapitre III: Conditions technico-minières de la carrière..		43
3-1	Régime et capacité de fonctionnement de la carrière.....	44
3-1-1	Régime de fonctionnement.....	44
3-1-2	Capacité de production.....	45
3-2-	Réserves exploitables et méthode de calcul.....	47
3-3	Durée de vie de la carrière.....	48
3-4	Systeme d'exploitation arrêté.....	49
chapitre IV :Exploitation du gisement.....		50
4-1-	Accès et ouverture du gisement.....	51
4-1-1-	La piste d'accès au gisement.....	51
4-1-2-	Caractéristiques de la piste.....	51
4-1-3-	Ouverture de la carrière.....	55
4-1-4-	Préparation des accès pour la sondeuse....	55
4-1-5-	Caractéristiques du Bulldozer.....	55
4-2-	Technologie d'exploitation.....	56
4-2-1-	Méthode d'exploitation.....	56
4-2-2-	Eléments de la méthode d'exploitation....	56
4-3-	Planning et ordre d'exploitation de la carrière..	60
4-3-1-	Phases d'exploitation du gisement.....	60
4-3-2-	Liquidation de la carrière.....	62
4-4-	Travaux de foration et de tir.....	65
4-4-1-	Exigences technologiques aux travaux de forage et de tir.....	65
4-4-2-	Dimension maximale des blocs abattus.....	66
4-4-3-	Détermination des paramètres du plan de tir.....	66
4-4-3-1-	Paramètres geometriques.....	67
4-4-3-2-	Calcul de charge.....	72
4-4-4-	Foration des trous.....	75
4-4-5-	Tir.....	80
4-4-6-	Débitage des blocs hors gabarit.....	81

4-4-7- Organisation des travaux de foration et de tir.....	82
4-4-8- Rayons des zones dangereuses.....	82
4-5- Evacuation des eaux.....	84
4-6- Travaux de chargement.....	84
4-7- Transport de la matière.....	86
4-8- Principales règles de sécurité.....	89
4-9- Processus d'élaboration des matériaux.....	92
Chapitre V :Calcul du prix de revient prévisionnel.....	95
5-1- Données de base.....	96
5-2- Calcul du prix de revient.....	99
Conclusion.....	110
Bibliographie.....	112

## *Introduction*

## Introduction:

Le projet d'exploitation du gisement de calcaire de Djebel Abiad (Sidi Abdelli-Tlemcen), proposé par l'ENG (Entreprise Nationale de Granulats), a pour but de produire des granulats destinés aux secteurs de construction, de travaux publics et de l'hydraulique.

Le rapport préliminaire du C.N.A.T (Centre National d'Assistance Technique), relative à l'étude de marché commandée par l'ENG, fait ressortir un déficit national du marché des granulats (Tableau N° 8).[1]

Globalement, ce marché est équilibré dans la région Ouest, cependant il existe un déficit dans la Wilaya de Tlemcen laquelle alimente les Wilayates limitrophes (Tableau N° 9).

Ce déficit s'accroîtra à l'avenir en raison des besoins considérables en granulats du projet de l'autoroute Est-Ouest. Celle-ci traversera la Wilaya de Tlemcen.

Pour ces raisons, l'ENG veut réaliser une nouvelle carrière de capacité de production d'un million de tonnes de granulats pour satisfaire la demande du marché dans cette Wilaya.

Il faut signaler qu'à côté du gisement de Djebel Abiad, il existe la carrière Rabello qui était exploitée antérieurement (1978) par l'entreprise Algero-Brésilienne pour les besoins en enrochements de barrage de Sidi-Abdelli, et puis par l'ENG depuis 1992 pour une durée de vie de 5 ans. A partir de cette situation, il faut prendre en considération pendant la réalisation du nouveau projet tous les travaux et les matériels existants (les pistes, les engins, la station de concassage...) pour minimiser le plus possible les travaux préparatoires. En outre, l'objectif de l'ENG est de connecter la nouvelle

carrière à celle de Rabello.

Mais d'après les études géologiques, la zone qui sépare les deux carrières est une zone tectonique dont la matière est broyée et contient des karsts très développées (données du sondage N° 5-tableau N 10).

Ces informations sont insuffisantes pour réaliser le but précédent; c'est pour cela qu'on recommande de faire les investigations suivantes:

- 2 à 3 profils géophysiques,
- 1 sondage mécanique pilote.

pour étudier en détaille la structure de la zone tectonique, et quelques analyses chimiques et essais physico-mécaniques pour s'assurer de la qualité de la matière.

De ce fait, et dans un souci les côtes des niveaux d'exploitation de la carrière projetée sont maintenus aux mêmes côtes que les niveaux actuels d'exploitation de la carrière Rabello.

Sur le plan méthodologique, la présente étude a été réalisée d'après la démarche suivante:

- Généralités sur les granulats.
- Géologie du gisement.
- Appréciation des paramètres de la roche caractérisant les propriétés du granulat et de la roche (agrégat).
- Conditions technico-minières de la carrière.
- Technologie d'exploitation du gisement.
- Calcul du prix de revient prévisionnel d'une tonne de granulats élaborés.

*GENERALITES*

## Généralités:

### 1- Définition:

On désigne par le terme granulats un ensemble de particules de matière solide, de dimensions comprises entre 0 et 80 mm, provenant de roches meubles ou consolidées. On peut agglomérer ces particules avec un liant pour produire des bétons de ciment ou des bétons bitumineux, ou encore les utiliser telles quelles pour la construction de routes, de barrages, de ballastage des voies ferrées...etc.[2]

### 2- Sources de granulats:

De façon très générale, on classe les granulats en deux catégories:

- 1- Les granulats naturels, que l'on tire des carrières, des graviers ou des sablières.
- 2- Les granulats artificiels, que l'on peut fabriquer pour des usages particuliers, comme les granulats légers pour béton léger.[3]

En Algérie, les sources de granulats sont représentées dans le tableau N 1.[1]

Tableau N 1: Les sources de granulats.

Roches sédimentaires	Roches éruptives	Roches hétérogènes
- calcaire.	- granite.	- basalte - calcaire.
- calcaire siliceux.	- basalte.	- calcaire dur - grès carbonaté.
- calcaire dolomitisé.	- granodiorite.	- calcaire - granodiorite.
- schiste.	- andésite.	- calcaire granitique.
- grès.		- ardoise - quartz.
		- alluvions d'oued.

- 71% des unités exploitent des carrières constituées de roches sédimentaires, dont près de 90% de calcaire (exemple: carrière de Ain Touta-Batna, carrière de Djebel Bouzegza Boumèrdes, ...etc).
- 10% des unités exploitent des carrières de roches éruptives (exemple: carrière de Si mustapha-Thenia).
- Les roches hétérogènes, constituées de mélange entre celles relevant des classes sédimentaires et éruptives, représentent 19% des carrières exploitées. La part des alluvions d'oued dans cette classe s'élève à 76%.

Le calcaire représente la part essentielle des roches exploitées, en outre les calcaires peuvent selon leurs caractéristiques chimiques être utilisés:

- comme matières premières pour la fabrication du ciment, de la chaux aérienne et de la chaux hydraulique.
- comme fondant en sidérurgie, où il permet d'éliminer la silice en formant un laitier.
- comme amendement en agriculture pour améliorer les terres trop siliceuses.

Tableau N 2: Critères chimiques exigés selon les utilisations pour les calcaires [4]

Utilisatio	CaO %	MgO %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> %
Sidérurgie	>51	<2	<1	<1	<6
Chimie	>50	<1	<0,2	<0,3	ε (traces)
Verrerie	>55	-	<0,2	<0,1	<0,3

### 3- Exigences industrielles pour les granulats:[5].

L'utilisation des granulats dans un domaine donnée est définie après la détermination des différentes caractéristiques de ces granulats.

Ces caractéristiques sont déterminées à partir des essais de laboratoires: physiques, chimiques, minéralogiques et mécaniques...etc (chapitre N II).

Le tableau suivant récapitule les exigences industrielles des agrégats suivant leur utilisation. [5].

Tableau N 3: Exigences industrielles des agrégats suivant leur utilisation

Paramètres	Unité	Agrégat TDC	Béton BRPA	Agrégat BCF	Agrégat BL
Poids volumiq.	g/Cm <sup>3</sup>	≥1,8	-	-	≥1,8
Broyabilit	%	≤35	≤28	-	≤28
Los- Angeles	%	≤60	≤60	≤40	≤60
Teneur en PAV	%	≤2,3	≤4	-	≤2,3

TDC.....travaux de construction.  
 BRPA.....bitumineux pour route et piste d'aerodrome.  
 BCF.....ballast de chemin de fer.  
 BL.....béton lourd.  
 PAV.....Partie d'argileuses et vaseuses.

4- Marché des granulats:[1], [6]

a- La demande de granulats:

La demande nationale d'agrégats se répartit comme suit:

- celle émanant du secteur de la construction (bâtiment, travaux publics), et qui constitue la part la plus importante.
- celle exprimée par les producteurs de matériaux de construction (agglomérés et élément en béton, carrelage...).

La demande de granulats durant la période (1991-1994) est récapitulée dans le tableau suivant:

Tableau N 4: Demande globale d'agrégats, période 1991-1994.

U:  $10^6$  de  $m^3$ .

Année	1991	1992	1993	1994	Moy. annuelle.
Demande	32,18	35,15	36,71	38,48	35,63

Par ailleurs la demande prévisionnelle pour la période (1995-2000) sera comme suit:

Tableau N 5: Demande d'agrégat, période (1995-2000).

U:  $10^6$  de  $m^3$ .

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Moy. an
Demand	40,48	42,48	45,00	47,7	50,60	53,60	46,64

b- Evaluation de l'offre nationale de granulats:

L'offre nationale de granulats est assurée par:

- Les unités des entreprises publiques (par exemple COSIDER, ENG..).
- Les unités des entreprises de réalisation de bâtiment et des travaux publics (exemple :SONATRAM...).
- Les unités publiques locales (les unités de la Wilaya).
- Les producteurs privés.
- Les unités de l'entreprise nationale des granulats (E.N.G).

La production de ces unités durant la période (1991-1994) est représentée dans le tableau suivant:

Tableau N 6: Offre nationale de granulats, période (1991-1994).

U:  $10^6$  de  $m^3$ .

Année	1991	1992	1993	1994	Moy. annuelle
Offre	32,70	32,63	33,62	34,66	33,40

Le marché à satisfaire à l'horizon 2000 sera plus important que celui de la période 1991-1994. Aussi, l'offre devra nécessairement suivre la même tendance.

Dans ce cadre, compte tenu d'un certain nombre de paramètres (amélioration des performances de l'appareil existant, investissements nouveaux...) le taux d'accroissement de l'offre retenu est de:

- 3% par an de 1992 à 1996.
- 4% par an de 1996 à 1998.
- 6% à partir de 1999.

L'offre prévisionnelle serait donc, comme représenté dans le tableau suivant:

Tableau N 7: Offre nationale de granulats, periode (1995-2000).

U:  $10^6$  de  $m^3$ .

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Moy.an
Offre	35,56	36,64	38,10	39,63	42	44,50	39,40

c- Adéquation de l'offre et de la demande (1995-2000):

La mise en adéquation entre l'offre et la demande au plan national fait ressortir les écarts présentés dans le tableau suivant:

Tableau N 8: Ecart (demande-offre), periode 1995-2000.

U:  $10^6$  de  $m^3$ .

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Moy.an
Demand	40,48	42,48	45	47,7	50,60	53,60	46,64
Offre	35,56	36,64	38,10	39,63	42,00	44,50	39,40
Ecart	-4,92	-5,84	-6,90	-8,07	-8,60	-9,10	-7,24
Taux de satisf	88%	86,2%	84,7%	83,1%	83%	83%	84,5%

De ces données (tableau N 8), il ressort que la demande ne sera pas satisfaite au cours de la période, (satisfaction=84,5%).

d- Marché de la région Ouest:

Le marché des granulats dans la région Ouest est équilibré, cependant, une vive tension sur le produit persiste dans la Wilaya de Tlemcen. Cette tension s'accroîtra à l'avenir en raison des besoins considérables en granulats du projet de l'autoroute Est-Ouest.

Tableau N 9: Demande-offre de granulat, région Ouest.

U:  $10^6$  de  $m^3$ .

Année	1992	1994
Demande	7,100	7,770
Offre	8,080	8,370
Ecart	+0,980	+0,60

*CHAPITRE I*

*GEOLOGIE DU GISEMENT*

## **I- Géologie du gisement:**

### **A- Géologie régionale:**

#### *A-1- Situation géographique et administrative (Fig.N 1a et 1b):*

Administrativement, le secteur étudié est rattaché à la Wilaya de Tlemcen, dans la commune de Sidi-Abdelli, laquelle se situe à 32Km au Nord-Est de la ville de Tlemcen.

#### *A-2- Infrastructure de la région:*

Etant donné sa proximité de la mer, la région appartient à une zone bien peuplée du territoire Algérien. Elle vit essentiellement de l'agriculture.

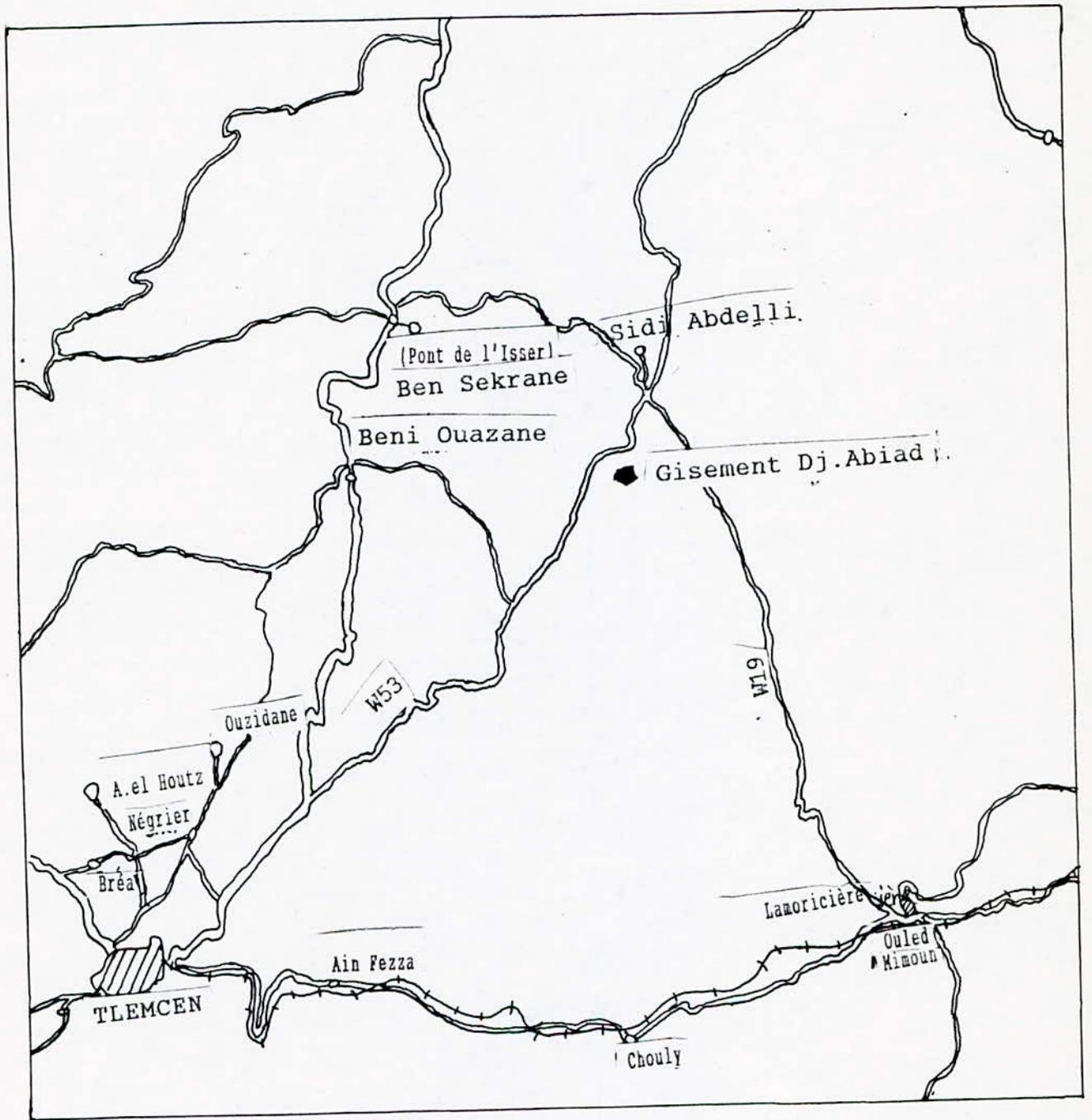
La population et les principales industries sont concentrées dans les villes telles que: Tlemcen, Hennaya, Remchi, Ouled Mimoun, Béni Saf, Ben Sakran, Sidi-Abdelli...

La région possède des infrastructures très favorables à l'exploitation des granulats; les plus importantes sont les suivantes:

- La route Nationale N 53 (Ain Temouchent-Tlemcen), traverse la région à 300m au Nord-Ouest du gisement.
- le chemin de fer transmaghrébien, traverse la région dans la direction sublatérale.
- Une ligne électrique de haute tension passe à 300m au sud du gisement.[7]

#### *A-3- Relief:*

La région étudiée présente des plaines vallonnées et des massifs montagneux. Les cotes altimétriques de la surface de Djebel-Abiad varient de 550 à 700m.[7]

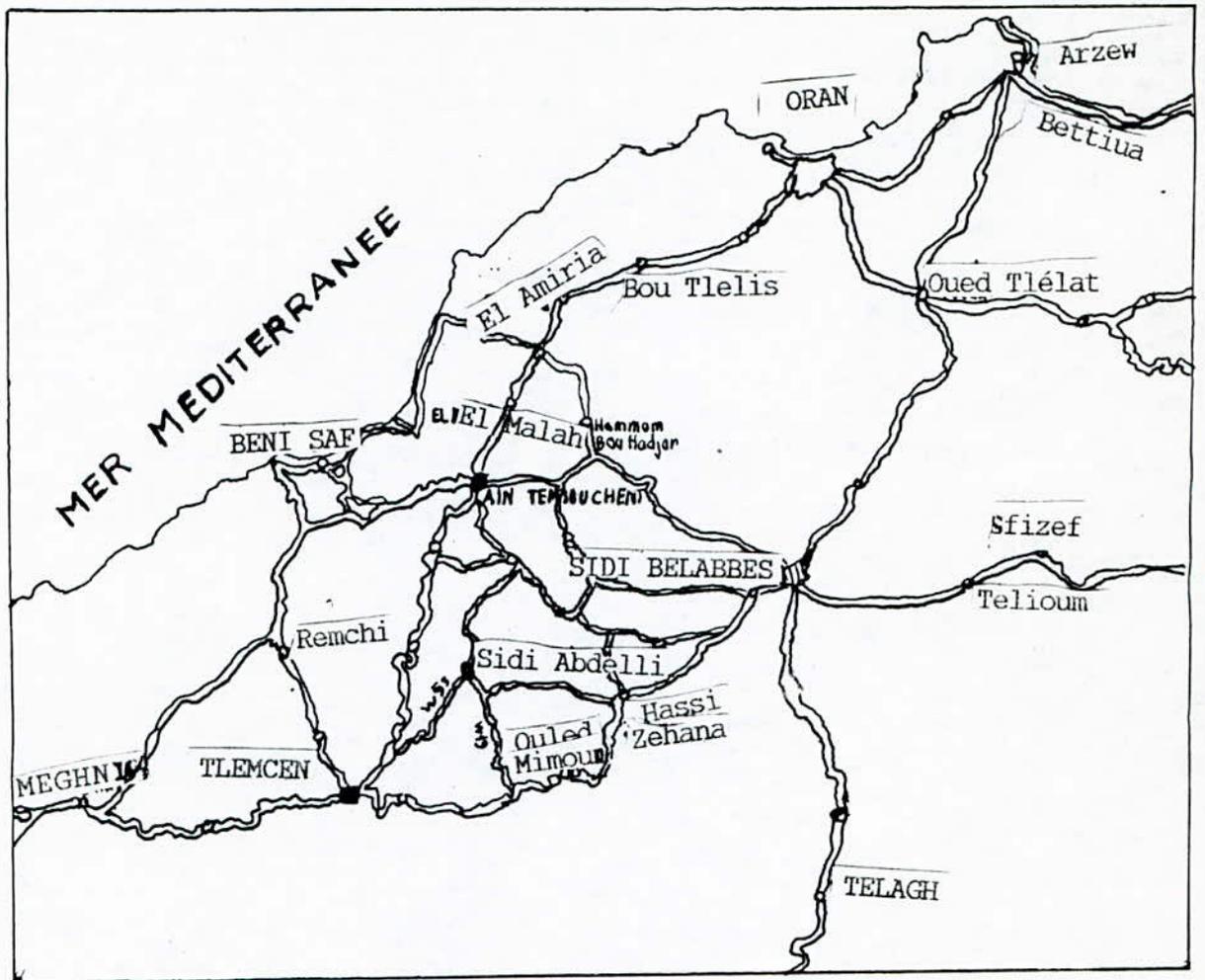


LEGENDE

ROUTE NATIONALE  
 ROUTE SECONDAIRE  
 CHEMIN DE FER

ECHELLE: 1/200000

Fig. N° 1a: PLAN DE SITUATION GENERALE.



EXTRAIT DE LA CARTE ROUTIERE

ECHELLE: 1/1000000

NB: Legende voir Fig. N° 1a.

Fig. N° 1b: SITUATION GEOGRAPHIQUE GENERALE.

#### A-4- Climat:

Le climat de la région est méditerranéen. Le voisinage de la mer (environ 40Km) adoucit sensiblement le climat, quoique les fluctuations de la température vont de +40° à 0°C (avec des chutes de neige) en hiver. La pluviométrie annuelle est en moyenne de 500mm.

#### A-5- Aperçu géologique:[7]

La série stratigraphique de la région comprend les formations suivantes:

Le Jurassique supérieur, le Crétacé inférieur, le Pliocène, le Miocène et le quaternaire.(Fig.N 2 et N 3)

##### A-5-1- Jurassique supérieur (Js) :

###### a- Oxfordien et Callovien (Js<sub>1</sub>):

Le Callovien-Oxfordien est représenté par des bancs calcaires, phosphatés au ferrugineux, des calcaires quartz-pélitiques aux argiles gréseuses et des grés à grains fins. La puissance de ces dépôts dépasse 250m.

###### b- Lusitanien (Js<sub>2</sub>):

Il est représenté par des calcaires bleus, intercalés vers le sommet, des grés séparés par des lits de calcaires marneux, Des grés fins quartzeux, tendres, blanc-jaunâtres en très gros bancs jusqu'à 13m, séparés par des lits de roches argileuses, argilo-gréseuses ou pelitiques vertes ou parfois rougeâtre, épais de quelques centimètres à un mètre. La puissance totale est de 550m.

###### c- Portlandien et Kimméridgien (Js<sub>3</sub>) non-séparés:

Il est constitué par la série calcaire-dolomitique, calcaires argileux gris, très compacts, dolomies grossières, gréseuses, noirâtres en surface, gris-bleues à l'intérieur.

L'assise supporte d'autres calcaires argileux gris plus tendres. Sur une seconde assise de dolomies, grises, 100 à 150m, comportant parfois des intercalations de calcaires sublithographiques, reposent enfin des calcaires sublithographiques très claires, crèmes ou blancs. La puissance de ces dépôts dépasse 600m.

#### *A-5-2 Crétacé inférieur marin (Ci):*

Le Crétacé inférieur marin est constitué par des marnes grises, parfois rougeâtres à la surface avec intercalations gréseuses et de calcaires marneux très fossilifères. La puissance atteint 200m.

#### *A-5-3 Miocène supérieur (Mm):*

##### - Miocène supérieur marin non divisé. Vindobonien:

Il est formé par des argiles et marnes grises ou bleuâtres, très fines, coulantes en surfaces, très pyriteuses dans les niveaux inférieurs, grés durs, jaunâtres en bancs de 1 à 20m, parfois grés-sableux. Le Miocène supérieur débute par des conglomérats et des grés. La puissance atteint 400 à 600m.

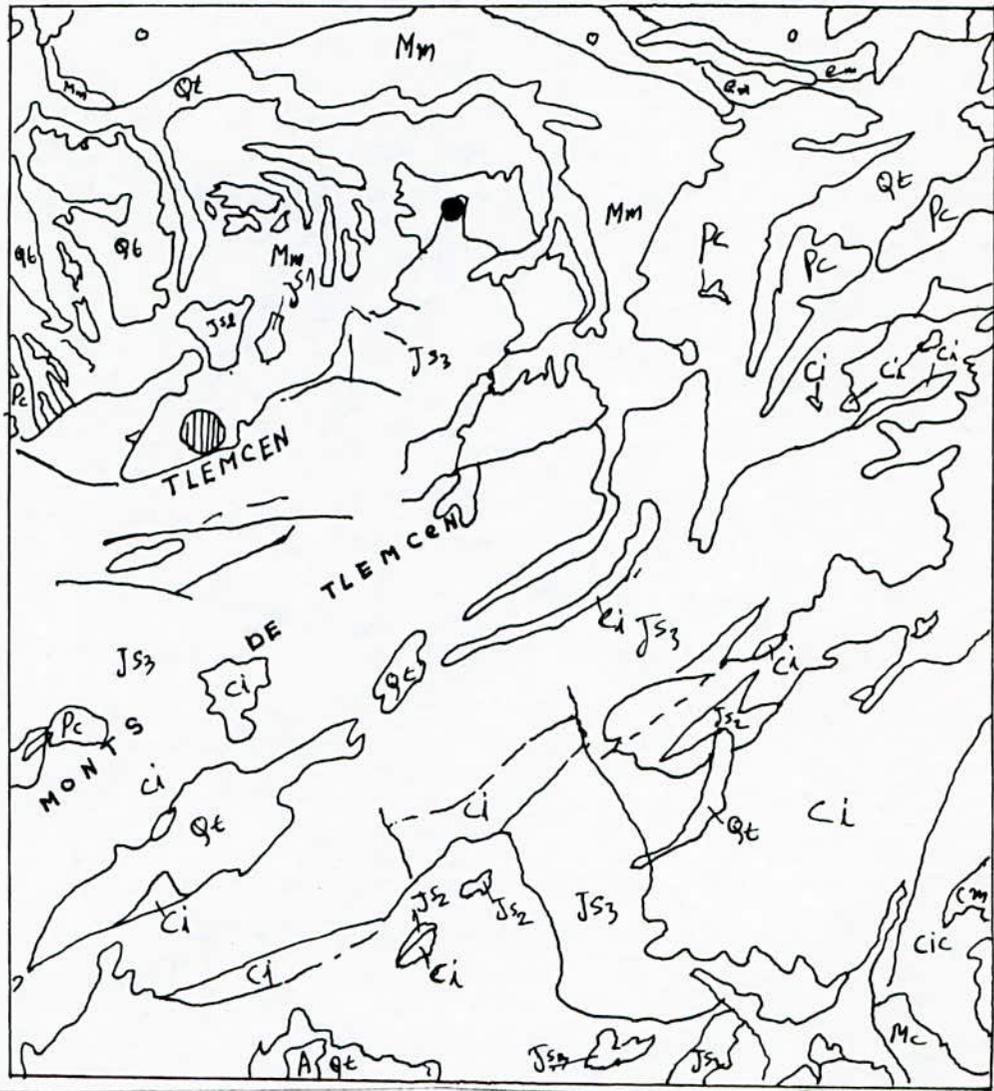
#### *A-5-4 Pliocène (Pc):*

##### - Pliocène continental:

Dépôts alluvionnaires des plateaux caillouteux et limoneux, parfois grés-sableux. De puissantes lentilles et même des bancs assez développés de poudingues à gros éléments, par endroits fortement cimentés, s'intercalent dans des dépôts limoneux. La puissance est de 50 à 100m.

#### *A-5-5: Quaternaire (Qt):*

Alluvions anciennes et récentes. Dépôts caillouteux, parfois gréseux, calcaires lacustres, carapace calcaire. La puissance dépasse 60m.



LEGENDE

<b>A</b> Alluvions actuelles.	<b>Ci</b> <b>Cir</b> <b>Cic</b> Crétacé	facies marins normaux-Ci.
<b>Qt</b> Quaternaire continental.		inférieur-facies récifaux ou
<b>Pc</b> Pliocène continental.		subrécifaux-Cir.
<b>Mm</b> Miocène supérieur marin.		facies cotinentaux-Cic.
<b>Mi</b> Miocène inférieur marin.	<b>Js3</b> Jurassique sup. Portladien	
<b>O</b> Oligocène marin.	et Kimmergien.	
	<b>Js2</b> Jurassique sup. Lusitanien.	
	<b>T</b> Trias marin ou lagunaire.	
	● Gisement Djebel Abiad.	

Fig. N° 2: CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION DE TLEMCCEN.  
 ECHELLE: 1/500000

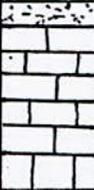
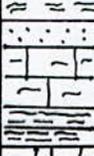
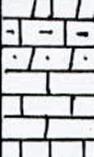
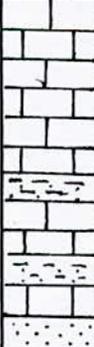
Système	Série	Etage	Puissance	Colonne	Description
Quaternaire			60		dépôt caillouteux gréseux, calcaires lacustres et calcaire.
Néogène	Pliocène		50 à 100		Plateaux caillouteux et limoneux griso-sableux.
	Miocène	Vindobonien	400 à 600		Argiles, marnes grises, grés durs.
Crétacé	Crétacé inf.		200		Marnes grises avec intercalations gréseuses et de calcaires marneux.
Jurassique	Jurassique supérieur	Portlandien Kimméridgien	600		Calcaires dolomitiques, calcaires argileux gris, dolomies grossières gréseuses et calcaires sublithographies
		Lusitanien	550		Calcaires bleus, intercalations des grés, lits de calcaires marneux, grés fins quartzeux, argiles gréseuses ou pelitiques.
		Oxfordien et Callovien	250		Bancs calcaires phosphatés ou ferrugineux, calcaires quartz-pelitiques, argiles gréseuses et grés à grains fins.

Fig. N° 3: Colonne stratigraphique.

La majeure partie de la couverture sédimentaire régionale se forme au Jurassique. Un régime marin de hauts fonds est propre à la période comprise entre l'Oxfordien et le Barrémien. Le bassin est ouvert vers le Nord et les apports continentaux importants viennent selon toute vraisemblance des massifs cristallins du Maroc.

## B- Géologie locale:

### *B-1- Situation géographique du gisement:(Fig.N 1)*

Le gisement de roches carbonatées de Djebel-Abiad est situé à 28Km au Nord-Est de la ville de Tlemcen sur la route nationale RN<sup>0</sup>53 et à 4Km au sud de la commune de Sidi-Abdelli

Les coordonnées Lambert du centre du gisement sont:

X= 149,450.

Y= 199,500.

### *B-2- Lithostratigraphie:(Fig.N 4)*

Les roches les plus développées du gisement sont les calcaires gris clairs, pélitomorphes, à fines passées de calcite, massifs, compacts et durs.

Dans les zones situées à proximité des accidents tectoniques, les calcaires sont d'une structure bréchiforme, et de couleur gris-rosâtre due à la teneur élevée en hydroxyde de fer.

Le gisement offre assez souvent des calcaires dolomitiques et des dolomies calcaires. Les dolomies sont moins répandus sur le gisement.

Hormis les variétés sus-évoquées, la coupe présente de petites intercalations de calcaires argileux.

Toutefois, nous y distinguons de manière plus ou moins conventionnelle deux faisceaux de roches; le faisceau supérieur renferme essentiellement les calcaires gris clairs pélitomorphes et les calcaires gris-rosâtre, bréchiformes et le faisceau inférieur recole des roches carbonatées de couleur plus foncée.

Il s'agit des calcaires argileux, des calcaires dolomitiques, des dolomies calcaires et des calcaires pélitomorphes.[8]

### **B-3- Tectonique:**

La formation des principales structures de la région date de l'orogénèse Alpien.

La région présente plusieurs accidents disjonctifs. De nombreuses failles subverticales dans leur ensemble résultent des déformations du socle et limitent des zones de "Horst" et de "Graben".

Dans le contour de Djebel-Abiad, il y a des failles orientées NE-SW limitant le gisement. La plus importante possède une zone tectonique large de 200m et passe entre deux collines de la montagne **Abiad**. La zone de la faille Ouest est large de 15 à 25m et porte un caractère local. Une faille coupe le gisement au milieu et le divise en deux blocs: bloc occidental et bloc oriental. (Planche N°1)

### **B-4- Hydrogéologie du gisement:**

Les conditions hydrogéologiques du gisement sont favorables à son exploitation, du fait que l'assise utile, dont les réserves gisent au dessus de la cote 550m, repose à sec.

On notera qu'un Oued passe au Sud-Ouest du gisement avec une côte minimale située à 532m. En plus, un puits d'eau existe

# SOND. N° 1

Debut: 10/02/87

AGREGATS SIDI-ABDELLI (Tlemcen)  
Djebel ABIQD

Ech.(m)	Forage		Diam tre	R. cup.	Echant.	N° Strat	Log	Desc.	
	For (m)	Rec(m)							
7	8.80	8.80	85	100%	55	1	[Diagram: brick pattern]	Calcaire gris-blanchâtre, massif, p litomorphe, contenant des d bris de calcite remplis- -sant les fissures.	1
14	5.10	5.10			56	2		Calcaire dolomitique, rougeâtre, très fissur.	2
21	4.00	4.00			57	3		Calcaire gris-clair, blanchâtre, dur, massif, p litomorphe avec fissures remplies de calcite. La direction est subverticale.	3
28	15.00	15.00			58	4		Calcaire dolomitique, rougeâtre, avec fissures subverticales remplies de calcite.	4
35	6.40	6.40	65	100%	59	5	[Diagram: brick pattern]	Calcaire gris-clair, dur, massif p litomorphe avec fissures remplies de calcite.	5
42	3.00	3.00			60	6		Calcaire gris-clair, faiblement dolomitique, massif, compact, dur. La carotte est repr sent e par des portions cylindriques longues de 10 30 cm.	6
49	3.10	3.10			61	7		Dolomie rouge-brique avec de fins d bris de calcaire dur avec fissures subverticales remplies de calcite; parfois de produits alt r s (argiles).	7
56	3.00	3.00			62	8		Calcaire gris-clair, massif, dur p litomorphe avec des fissures remplies de calcite.	8
63	15.30	15.30			63	9		Calcaire dolomitique, gris-rougeâtre, dur, p litomorphe, avec des fissures subverticales remplies de calcite, parfois d'argiles.	9
70	6.10	6.10			64	10		Calcaire gris-clair, dur, massif p litomorphe, avec des fissures subverticales, remplies de calcite.	10
77	4.40	4.40			65	11		Calcaire gris-clair, compact, p litomorphe, dur. Il pr sente des cavernes et les fissures remplies de calcite. La teneur en vari t s tendres dans l'intervalle ne d passe pas 10%.	11
84	7.90	7.90			66	12		Caverne karstique remplie d'argiles et d'aragonite.	12
91	1.40	1.40			67	13		Calcaire gris-clair, compact, dur avec fissures remplies d'argiles.	13
98	3.00	3.00			68	14		Calcaire gris-clair, dur, massif p litomorphe avec fissures remplies de calcite.	14
105	3.20	3.20	405	100%	69	15	Dolomie calcaireuse, rougeâtre, dure, avec des fissures subverticales remplies de calcite; parfois on rencontre des sables dolomitiques.	15	
112	7.90	7.90			70	16	Calcaire dolomitique, rougeâtre	16	
119	5.50	5.50			71	17	Dolomie calcaire, gris-rougeâtre. Calcaire dolomitique, calcaire gris. Dolomite et dolomie-calcaire. Calcaire gris, dur, massif, p litomorphe.	17	

Fig. N° 4: Log de sondage.

au pied Sud-Ouest de la montagne Abiad, à 580m du sondage N<sup>0</sup>3. Son niveau d'eau, dont les fluctuations sont insignifiantes est attribué à la côte 543m.

**B-5-: Karsts:**

Le gisement présente des manifestations de karsts. La répartition de la karstification des roches calcaires, constituant la montagne d'Abiad, est irrégulière. Les roches les plus karstifiées se rencontrent à proximité des zones de failles.

Le taux de karsts a été déterminé dans chacun des 6 sondages réalisés sur le gisement.

Pour calculer le taux de karsts, nous avons pris en compte non seulement les cavités karstiques, mais aussi les bancs de roches stériles, dont la résistance mécanique était inférieure à 200Kgf/cm<sup>2</sup>.

Tableau N10 : Taux de karsts.

Sondage N	Taux de karsts, (%)
1	0,7
2	17,3
3	2,1
4	5,6
5	21,4
6	4,4

La karstification des roches à la hauteur des sondages N 2 et N 5 dépasse considérablement celle propre aux autres

sondages. L'exploitation de telles roches en vue de la production d'agrégats aurait été irrationnelle. En outre, ces karsts provoquent des tassements des terrains lors de l'exploitation ce qui présente des dangers sur la sécurité du personnel et des engins miniers. Pour cette raison ces secteurs ont été exclus du contour de calcul des réserves.

En effet, le taux moyen des karsts au niveau du gisement (dans le contour des réserves) est égal à 5,5%.

#### C- Etude du gisement:

##### C-1- Travaux de prospection:

Le gisement a été étudié au moyen de cinq (5) sondages implantés sur deux profils orientés presque en travers des couches. De plus, un sondage a été réalisé au cours de la prospection détaillée. Les profondeurs de sondages varient de 61 à 120m, avec un volume total de 517,01m. La distance entre les deux profils est de 400m, celle des sondages varie de 247 à 505m. Tous les sondages sont verticaux.

##### C-2- Délimitation du gisement: (Planche N° 1)

La délimitation en surface du gisement a été tracée grâce aux résultats des sondages et aux observations sur le terrain.

- La limite Ouest est située à 45m du sondage N 1.
  - La limite Sud est située à 36m du sondage N 4.
  - La limite Est passe par le puit N 2.
  - La limite Nord se confond avec la courbe topographique 640m.
- En profondeur la délimitation a été arrêtée à la côte 550m.

### *C-3- Réserves géologiques:*

Les réserves du gisement de Djebel-Abiad ont été calculées en catégorie C1 sur un seul bloc ayant plus de 23 Hectares de surface et une puissance moyenne de 88,18m.

Ces réserves sont calculées par la méthode de blocs géologiques, elle totalisent 51125169 tonnes de matière première.

Il est à signaler que l'évaluation des réserves a été faite à partir des sondages N 1, 3, 4 et 6. Les sondages 2 et 5 ont été exclus du contour de calcul des réserves, parceque les roches étant fortement atteintes de karsts et intercallées de roches stériles.

### *C-4- Eléments de gisement:*

#### *C-4-1 Angle de pendage:*

Les observations effectuées ont montré que le pendage varie de  $15^{\circ}$  à  $17^{\circ}$  dans le bloc oriental et de  $5^{\circ}$  à  $7^{\circ}$  dans le bloc occidental.

#### *C-4-2 Sens de pendage:*

Le sens de pendage des couches de calcaires est Sud-Ouest.

#### *C-4-3 Direction du gisement:*

Conformément au sens du pendage, la direction du gisement est Sud-Est.

#### *C-4-4 Puissance du gisement:*

La puissance de la couche calcaire varie de 60,7 à 120m d'Ouest en Est et correspond à une moyenne de 88,18m.

*CHAPITRE II*

*APPRECIATION DES CARACTERISTIQUES  
DE LA ROCHE*

## **2- Appréciation des caractéristiques de la roche:**

La connaissance des propriétés de l'agrégat est une double nécessité:

- Nécessité technico-économique.
- Nécessité commerciale.

Ainsi l'estimation des réserves d'un gisement, l'étude de valorisation de la matière utile et la conduite des travaux miniers assurant la production en toute sécurité imposent une bonne connaissance des propriétés physiques, mécaniques et chimiques du produit à exploiter.

D'autre part la nécessité commerciale impose à l'exploitant de respecter un certain nombre de paramètres du granulats destinés à des usages précis (construction, ballast ferrovière, travaux de remblai...).

Actuellement, les ingénieurs imposent aux granulats des spécifications selon le type d'utilisation. Celles-ci portent sur les propriétés diverses, telles que les caractéristiques physiques, intrinsèques et dimensionnelles, mesurées par des essais conventionnels, définis par des modes opératoires précis.

### **2-1- Echantillonnage:**

L'étude des propriétés chimiques et physico-mécaniques de la matière première et du produit (agrégat) s'est basée sur les échantillons suivants:

- 1- 03 échantillons prélevés dans les variétés de roches principales destinés aux essais chimiques.
- 2- 44 échantillons ponctuels sur la carotte destinés aux essais physico-mécaniques.

3- Echantillons par couches et par sections destinés aux essais technologiques. Au total, il a été prélevé 29 échantillons sur la carotte, 04 échantillons d'agrégats produits par le concasseur et 01 échantillon à partir de l'affleurement.

Ces essais sur ces échantillons ont été réalisés dans le laboratoire de l'U.R.E.G.

### 2-2- Composition chimique:

La composition chimique des roches a été déterminée à partir de trois échantillons prélevés dans les variétés de roches principales. Les résultats sont regroupés dans le tableau N<sup>o</sup>11. [7]

Tableau N 11: Analyse chimique de la matière.

Elém chimiq	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	PF
Valeur min. %	0,34	0,23	0,13	32,52	0,22	0,40	42,91
Valeur max. %	0,42	0,27	0,29	55,21	20,11	0,85	45,76
Valeur moy. %	0,38	0,25	0,23	44,39	9,88	0,66	44,30

### 2-3- Propriétés physiques:

#### a- Poids volumique:

C'est le poids total de la matière (les grains et l'eau) contenue dans l'unité de volume [9]. On l'estime par la formule suivante:

$$\gamma = \frac{P}{V} [g/cm^3].$$

- où:     - P: poids total de l'échantillon [g].  
          - V: volume total de l'échantillon [cm<sup>3</sup>]

Les résultats des essais ont donné un poids volumique variant de 2,4052 à 2,7457 g/cm<sup>3</sup> et correspondant à une moyenne de 2,6330 g/cm<sup>3</sup> .(tableau N<sup>o</sup>12).

**b- Poids spécifique:**

C'est le poids de la matière sèche contenue dans l'unité de volume. Il se traduit par la formule suivante:

$$\gamma_s = \frac{P_s}{V} [g/cm^3].$$

- où:     - P<sub>s</sub>: poids des grains solides, g.  
          - V: volume total de l'échantillon, cm<sup>3</sup>.

Le poids spécifique varie de 2,6465 à 2,8916 g/cm<sup>3</sup>. Il est en moyenne de 2,7390 g/cm<sup>3</sup> .(tableau N<sup>o</sup>12).

c- Absorption d'eau (teneur en eau):

C'est le rapport en % du poids de l'eau au poids de la matière sèche. Il se traduit par la formule suivante:

$$W = \frac{P_w}{P_s} \times 100 [\%].$$

- où:     -  $P_w$ : poids de l'eau, g.  
          -  $P_s$ : poids de la matière sèche, g.

L'absorption d'eau varie de 0,19 à 1,88% et correspond à une moyenne de 0,778% (tableau N°12), les roches n'absorbent donc que de petites quantités d'eau. Elles résistent bien à l'altération.

d- Porosité:

C'est le rapport en % du volume des vides au volume total de l'échantillon.

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100 [\%].$$

- où:     -  $V_v$ : volume des vides,  $\text{cm}^3$ .  
          -  $V$ : volume total de l'échantillon,  $\text{cm}^3$ .

La porosité varie de 0,99 à 10,5 % et correspond en moyenne pour le gisement à 3,9% (tableau N°12).

Tableau N 12: propriétés physiques de la roche.

SONDAGE N		$\gamma$ , g/cm <sup>3</sup>	$\gamma_s$ , g/cm <sup>3</sup>	W, %	n, %
1	de	2,6208	2,7006	0,41	1,20
	à	2,6911	2,8246	1,58	5,80
	moyenne	2,6554	2,7500	0,675	3,71
2	de	2,4052	2,6465	0,4	1,42
	à	2,7185	2,8510	1,26	8,26
	moyenne	2,6011	2,7283	0,73	3,704
3	de	2,4919	2,6578	0,25	1,90
	à	2,6303	2,7435	1,78	7,13
	moyenne	2,5566	2,7038	1,076	5,442
4	de	2,4582	2,6887	0,85	1,65
	à	2,6495	2,7176	1,60	9,02
	moyenne	2,5908	2,7045	1,087	4,155
5	de	2,6808	2,7205	0,19	1,42
	à	2,7457	2,8094	0,68	2,37
	moyenne	2,7012	2,7626	0,38	2,11
6	de	2,5220	2,6634	0,38	0,99
	à	2,7387	2,8916	1,88	10,5
	moyenne	2,6234	2,7859	1,02	5,095
Moyenne pour le gisement					
		2,6330	2,7390	0,778	3,90

## 2-4- Propriétés intrinsèques:

### a- Coefficient de broyabilité:

C'est le rapport en % du poids des particules fines de dimension inférieure à 1,6mm produites par l'abrasimètre sur le poids initial des granulats de dimension 4 à 6,3mm. [10]

$$B_r = \frac{P'}{P} \times 100 [\%].$$

- où:
- P': poids des particules fines de dimension inférieure à 1,6mm.
  - P: poids du matériau soumis à l'essai.

Le coefficient de broyabilité varie de 10,5 à 21,25 % et correspond en moyenne à 16,31%, (tableau N<sup>o</sup>15). D'après l'échelle de broyabilité (tableau N<sup>o</sup>13) on peut dire que cette dernière est très faible, ceci s'explique par une grande résistance des roches.

Tableau N 13: Echelle de broyabilité.

Br (%)	Broyabilité
0-25	Très faible
25-50	Faible
50-75	Moyenne à forte
75-100	Très forte

### b- Coefficient de Los-Angeles:

Il sert à déterminer la résistance à la fragmentation par

choc et à l'usure par frottement réciproque des granulats. L'essai Los-Angeles consiste à mesurer la quantité d'élément de dimension inférieure à 1,6mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés (47mm) dans un cylindre normalisé (machine Los-Angeles), en rotation, à une vitesse normalisée. [11]

$$L_A = \frac{m}{M} \times 100 [\%].$$

- où:
- M: masse du matériau soumis à l'essai, g.
  - m: masse des particules fines de dimension inférieure à 1,6mm, g.

Le coefficient Los-Angeles varie de 8,82 à 44,88 % et correspond à une moyenne de 28,25% (tableau N<sup>o</sup>15). Cette valeur correspond à la classe "U-II" (GOST-8267-82) et d'après le tableau N 14, les agrégats de cette classe peuvent être utilisés pour les travaux de remblai, les travaux de construction et l'aménagement de routes de toutes sortes.

Tableau N 14: classification des agrégats suivant l'essai Los-Angeles.

Classe	Pertes de poids après essai Los-Angeles (%).
U-I	<25
U-II	25-35
U-III	35-45
U-IV	45-60

Tableau N 15: propriétés intrinsèques.

SONDAGE N:		Broyabilité %	Los-Angeles %
1	de	10,62	8,82
	à	14,16	31,16
	moyenne	13,13	22,94
3	de	16,83	28,51
	à	18,47	32,52
	moyenne	17,92	30,947
4	de	16,76	26,65
	à	21,25	30,77
	moyenne	18,475	29,21
6	de	10,5	15,6
	à	21,25	44,85
	moyenne	15,73	29,93
Moyenne pour le gisement			
		16,31	28,25

*2-5- Propriétés dimensionnelles:*

Les analyses de fractionnement ont été réalisés dans le laboratoire de l'U.R.E.G. Les granulats ont été produits grâce au concasseur à mâchoires installé dans le laboratoire. Les fractions produites sont les suivantes: 0/3, 3/8, 8/15, 15/25 et 25/40mm.

Les résultats des classes granulaires sont donnés dans le tableau N<sup>o</sup> 16:

Tableau N 16: classes granulaires.

Fraction granulai. mm	0/3	3/8	8/15	15/25	25/40
pourcentag moy.en fract %	10	20,5	36	20,5	13

2-6- Propriétés mécaniques:

a- Résistance à la compression:

La résistance à la compression est égale à la contrainte limite de compression qui produit l'écrasement de l'échantillon de roche massive sous la presse [14]. Elle est exprimée par la formule suivante:

$$R_c = \sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{S} [\text{Kgf/cm}^2].$$

- où: -  $F_{\max}$ : effort de compression maximale, Kgf.  
 -  $S$ : surface sur laquelle est appliquée l'effort,  $\text{cm}^2$ .

Les résultats des essais établis par les services de l'U.R.E.G ont fourni une valeur minimale de  $175 \text{Kgf/cm}^2$  et une valeur maximale de  $1276 \text{Kgf/cm}^2$ . La valeur moyenne est de  $613,62 \text{Kgf/cm}^2$ .

Tableau N 17: la résistance à la compression de la roche.

	SOND. N 1	SOND. N 2	SOND. N 4	SOND. N 5	SOND. N 6
Val.min.	305	175	294,99	612	250,5
Val.max.	773	859	977,79	1276	931,0
Val.moy.	505,2	568,2	569,43	866,4	558,87

b- Résistance à la traction:

Elle est mesurée indirectement par l'essai brésilien qui consiste à soumettre l'éprouvette à une charge répartie parallèlement suivant l'axe de l'échantillon.

En ayant la valeur pratique de la résistance à la compression, une approximation raisonnable permet de déterminer la résistance à la traction par la formule empirique suivante:

$$R_t = \frac{R_c}{10} \text{ [Kgf/cm}^2\text{]}.$$

avec  $R_c = 613,62 \text{ Kgf/cm}^2 = 61,36 \text{ Pa}$ , on obtient:

$$R_t = 61,36 \text{ Kgf/cm}^2 = 6,136 \text{ Pa}.$$

Les valeurs de la résistance à la compression et à la traction nous permettent de classer le calcaire de Djebel Abiad comme étant une roche résistante, (tableau N<sup>o</sup>18).

Tableau N 18: classification des roches d'après leurs résistances.

Roche	Faiblement résistante	Moyennement résistante	Résistante	Très résistante
$R_c$ (MPa)	5	20	60	>100
$R_t$ (MPa)	0,5	1,5	4	>20

c- Résistance au cisaillement:

Elle est déterminée à partir de la résistance à la compression par la relation empirique suivante:

$$R_{cis} = \frac{R_c}{3} [Kgf/cm^2].$$

avec  $R_c = 613,62 Kgf/cm^2$ , on obtient:  $R_{cis} = 204,54 Kgf/cm^2$ .

2-7- Propriétés technologiques:

a- La dureté de la roche:

Elle représente l'une des propriétés essentielles. C'est la capacité de la roche de résister à la pénétration d'un autre corps [12]. Nous pouvons la déterminer selon le professeur Protodiakonov par la formule suivante:

$$f = \frac{R_c}{100}$$

où: -  $R_c$ : résistance à la compression,  $kgf/cm^2$ .

Le calcul nous donne  $f = 6,13$ . Ceci nous permet de classer ce calcaire dans la classe des roches dures, d'après l'échelle de dureté de Protodiakonov.

b- Indice de forabilité:

Il définit le degré de forabilité de l'outil de foration sur la roche. Il est donné par l'expression suivante (formule empirique):

$$I_f = 0,007 \times (R_c + R_{cis}) + 0,7 \times \gamma$$

- où:
- $R_c$  : résistance à la compression, [Kgf/cm<sup>2</sup>].
  - $R_{cis}$ : résistance au cisaillement, [Kgf/cm<sup>2</sup>].
  - $\gamma$  : poids volumique, [g/cm<sup>3</sup>].

Le calcul nous donne:  $I_f = 7,57$ .

D'après l'académicien Rjevsky.V, l'indice de forabilité obtenu permet de classer la roche dans la catégorie des roches dures d'une forabilité facile (tableau N<sup>o</sup>19).

Tableau N 19: classification des roches selon Rjevsky en fonction de l'indice de forabilité.

Degré de forabilité	Indice de forabilité
Trés facile	1,0-5,0
Facile	5,1-10
Moyenne	10,1-15
Difficile	15,1-20
Trés difficile	20,1-25

#### c- Indice de résistance au contact:

Cet indice caractérise l'action de l'outil de foration sur la roche, il est exprimée par la relation suivante:

$$I_{rc} = 1,9 \times R_c^{1,5} [MPa].$$

- où:
- $R_c$ : résistance à la compression, [MPa].
- soit une valeur de  $I_{rc} = 913,27 MPa$ .

#### 2-8- Propriétés géomécaniques:

##### a- Angle de frottement interne:

L'angle de frottement interne est donné par la formule

suivante:

$$\Phi = \text{Arcsin} \left( \frac{R_c - 4 \times R_t}{R_c - 2 \times R_t} \right) [ ] .$$

où: -  $R_c$ : résistance à la compression, [Kgf/cm<sup>2</sup>].

-  $R_t$ : résistance à la traction, [Kgf/cm<sup>2</sup>].

Le calcul nous donne  $\Phi = 48,59^\circ$ .

#### b- Cohésion:

Elle exprime le degré de cimentation des grains composant la roche, elle est donnée par la relation:

$$C = \frac{K_c \times K_t}{2 \times \sqrt{R_c \times R_t - 3 \times R_t^2}} .$$

ceci nous donne une valeur de C égale à 115,96 Kgf/cm<sup>2</sup>.

#### 2-9- Interprétation des résultats:

Le tableau N<sup>o</sup>20 englobe les principales propriétés mesurées ou calculées lors de la réalisation des essais sur la roche qui constitue le massif de Djebel Abiad.

D'après ce tableau, on note que les poids volumique et spécifique ont des valeurs très proches. La roche qui constitue le massif est très fermée, dense et compacte. Elle présente un comportement positif du point de vue écrasement ( $B_f$ ) et usure ( $L_A$ ).

Les propriétés mécaniques témoignent que la roche à une résistance mécanique élevée.

Enfin, nous pouvons dire que ce granulat présente de bonnes caractéristiques d'après les essais réalisés.

Tableau N 20: les propriétés de la roche.

Propriétés	Symbole	Unité	Val.min.	Val.max.	Val.moy.
Poids volumique	$\gamma$	$g/cm^3$	2,4052	2,7457	2,6330
Poids spécifique	$\gamma_s$	$g/cm^3$	2,6465	2,8916	2,7390
Absorption d'eau	W	%	0,190	1,880	0,778
Porosité	n	%	0,99	10,50	3,90
Broyabilité	$B_T$	%	10,5	21,25	16,58
Los-Angeles	$L_A$	%	8,82	44,88	27,82
Résistance (comp.)	$R_c$	$Kgf/cm^2$	175,00	1276,00	613,62
Rés.(trac)	$R_t$	$Kgf/cm^2$	17,50	127,60	61,36
Rés.(cis.)	$R_{cis}$	$Kgf/cm^2$	58,33	425,33	204,54
Dureté	f	-	1,75	12,76	6,13
Indice de forabilité	$I_t$	-	-	-	7,57
Indice de res.au contact	$I_{rc}$	MPa	-	-	913,27
Angle de frot.int.	P	°	-	-	48,59
Cohésion	C	$Kgf/cm^2$	-	-	115,96

## 2-10-Exigences industrielles :

D'après les normes "GOST", la résistance à la compression, le coefficient de broyabilité et le coefficient de Los-Angeles sont des facteurs déterminants dans le choix de la matière première.

D'après le tableau N°21 on peut classer la roche qui constitue le massif de Djebel Abiad dans la classe 600.

Tableau N 21: classification d'après la résistance à la compression.

Classe	Résistance à la compression [Kgf/cm <sup>2</sup> ]
200	200-300
300	300-400
400	400-600
600	600-800
800	800-1000
1000	1000-1200
1200	1200-1400
1400	>1400

D'après la valeur du coefficient de broyabilité ( $B_T = 16,58\%$ ) on peut classer l'agrégat dans la classe 600.

Tableau N 22: broyabilité de l'agrégat au cours de l'écrasement.

Classe	Broyabilité des agrégats %
200	28-35
300	24-28
400	19-24
600	15-19
800	13-15
1000	11-13
1200	<11

Le coefficient de Los-Angeles nous permet de classer l'agrégat de Djebel Abiad dans la classe U-II (tableau N<sup>o</sup>14).

Les résultats des essais permettent de constater l'aptitude des roches calcaires du gisement de Djebel Abiad à la production des agrégats pouvant servir de granulats pour béton, de ballast ferrovière et être utilisés dans les travaux de remblai et d'aménagement des routes de toutes sortes.

**CHAPITRE III**  
**CONDITIONS TECHNICO-MINIERES**  
**DE LA CARRIERE**

### 3- Conditions technico-minières de la carrière:

3-1 Régime et capacité de fonctionnement de la carrière:

3-1-1 Régime de fonctionnement:

Données de base :

- La production annuelle de la station de concassage : 1million de tonnes de granulats.
- La capacité horaire du concasseur primaire : 400 tonnes/heure.
- Le coefficient d'efficiencie :  $K_e=0,75$  .

A partir de ces données on peut calculer le nombre d'heures de travail par an ( $N_{h.a}$ ):

$$N_{h.a} = \frac{1000000}{400 \times 0,75} = 3334 \text{ heures/an}$$

\*Nombre de postes de travail par an :

Il est calculé par la formule suivante :

$$N_{p.a} = \frac{N_{h.a}}{(N_{h.p})} \text{ (postes)}$$

Où: - $N_{h.a}$  : nombre d'heures par an.

- $N_{h.p}$  : nombre d'heures par poste (8 heures).

Le calcul nous donne  $N_{p.a}=418$  postes/an.

\* Nombre de postes de travail par jour :

On voit bien que le nombre de postes par an est supérieur au nombre de jours par an, donc pour réaliser l'objectif de la carrière il nous faut deux postes par jour.

\* Nombre de jours ouvrables par an:

On le détermine par la formule suivante:

$$N_{j.a} = \frac{N_{p.a}}{N_{p.j}} [\text{jours/an}]$$

Où : - $N_{p.a}$  : nombre de postes par an.  
- $N_{p.j}$  : nombre de postes par jours.

On trouve  $N_{j.a} = 209$  jours/an.

On résume le régime de fonctionnement de la carrière comme suit:

- Nombre de jours ouvrables par an.....209 jours.
- Nombre de jours ouvrables par semaine.....5 jours.
- Nombre de postes de travail par jour.....2 poste.
- Nombre d'heures de travail par poste.....8 heures.

Remarque : Les travaux de foration se feront en un poste , par contre les travaux de chargement et de transport se feront en deux postes. Donc le volume de roches abattues doit assurer la production de dix(10) postes.

### 3-1-2 Capacité de production:

a- capacité annuelle de production, A (t/an):

Le concasseur primaire à machoires de type Bergeaud VB13.11 implanté au Nord-Est de la carrière , (Planche N<sup>o</sup>1), travaillera en deux postes avec une capacité horaire de 400t/h et un coefficient d'efficience ( $K_e = 0,75$ ).

L'objectif étant de produire un million de tonnes par an de granulats, il y a lieu de considérer:

- Un taux de pertes dûes à l'abattage et au transport : 2%.
- Un taux de stériles, (0 à 40mm).....: 10%.

NB:

Il est à noter que les pertes dues à l'abattage et au transport seront dans le volume de roches abattues (A), donc la quantité de roches qui arrive à la station de concassage sera  $(A-0,02 \times A)$ , et quand on élimine le taux de stériles (10%), la quantité restante sera  $A \times (1-0,02) - 0,1 \times (A-0,02)$ . Cette quantité égale à la production annuelle en produit finis. Donc:  $A \times (0,98) \times (0,9) = 1000000 \Rightarrow$

$$A = \frac{1000000}{0,98 \times 0,90} = 1133786,85 \text{ t/an}$$

La production annuelle de la carrière sera donc:

$$A = 1133786,85 \text{ tonnes/an.}$$

b- Production journalière,  $A_j$  (t/j):

La production journalière  $A_j$  est donnée par la formule suivante:

$$A_j = \frac{A}{N_{j.a}} \text{ (tonnes/jours)}$$

où : - A : production annuelle en matière première (t/an).  
-  $N_{j.a}$ : nombre de jours ouvrables par an.

Soit  $A_j = 5424,81$  tonnes/jours

c- Production par poste :

Elle est donnée par la formule suivante :

$$A_p = \frac{A_j}{N_{p.j}} \text{ [tonnes/jour].}$$

Où : -  $A_j$  : production journalière (t/j).  
-  $N_{p.j}$  : nombre de postes par jour.

D'où,  $A_p = 2712,40$  tonnes/poste.

d- Production horaire,  $A_h$  (t/h):

$$A_h = \frac{A_p}{N_{h,p} \times K} \text{ (t/h) .}$$

- où:
- $A_p$ : production par poste.
  - $N_{h,p}$ : nombre d'heures de travail par poste, (8heures).
  - $K$ : coefficient d'efficience, ( $K=0,87$ ).

Soit  $A_h = 389,71$  tonnes/heures.

Tableau N 23: tableau de production.

Production	Annuelle		Journalière		Horaire	
	t	m <sup>3</sup>	t	m <sup>3</sup>	t	m <sup>3</sup>
	1133786,85	430606,48	5424,81	2060,31	389,71	148

### 3-2- Réserves exploitables et méthode de calcul:

Les limites des réserves exploitables de la carrière ont été déterminées suivant la planche N<sup>0</sup>1.

Ces réserves sont calculées par la formule suivante :

$$Q = S_m \times P_m \times \gamma \text{ (tonne) .}$$

- où:
- $Q$  : tonnage de chaque niveau d'exploitation.
  - $S_m$ : surface moyenne de chaque niveau d'exploitation en mètre carré, (m<sup>2</sup>), a été mesurée à l'aide d'un planimètre électronique, (USHIKATA.XP.360i).
  - $P_m$ : puissance moyenne de chaque niveau, m.
  - $\gamma$  : poids volumique de la roche, t/m<sup>3</sup>.

Les resultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau N<sup>o</sup> 24: calcul des réserves exploitables de chaque phase.

N <sup>o</sup> de phase	Niveau d'exp. (m)	Surface moy. (m <sup>2</sup> )	Puissance moy. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Taux de Karsts (%)	Volume Net (m <sup>3</sup> )	Tonnage (t)
1	665	69506	08,00	556048	4,4	531581,9	1399655,1
2	650	135535	11,50	1558652,5	5	1480719,9	3898735,5
3	635	191273	12,50	2390912,5	5	2271366,9	5980509,0
4	620	226776	13,20	2993443,2	0	2993443,2	7881735,9
5	605	231609	15,00	3474135,0	0	3474135,0	9147397,5
6	590	205092	15,00	3076380,0	3,5	2968706,7	7816604,7
7	575	179254	15,00	2688810,0	12,1	2363464,0	6223000,7
8	560	154713	15,00	2320695,0	1,3	2290526,0	6030955,0
9	550	133482	06,00	800892,0	1,5	788878,6	2077117,4
Total				19859968,2		19162822,2	50455711

3-3 Durée de vie de la carrière:

Elle est déterminée par la formule suivante:

$$T = \frac{Q}{A}$$

où: - Q: réserve exploitable totale, t.

- A: production annuelle de la carrière, t.

soit:

$$T = \frac{50455710,9}{1133786,85} = 44,50 \text{ ans.}$$

Avec les travaux préparatoires de l'ouverture, la durée de vie de la carrière atteint 45 ans.

#### 3-4 Systeme d'exploitation arrêté:

En tenant compte de la morphologie du gisement, de l'inexistence de la couverture et de la nature du matériau à extraire, le mode d'exploitation à adopter est à ciel ouvert avec la méthode dite: "méthode par gradins successifs". L'exploitation proprement dite se fera par des gradins de 15m, car la structure du gisement et la dureté de la roche y militent. De même, le niveau de production annuelle de la carrière exige des hauteurs importantes. Les niveaux d'exploitation sont arrêtés aux côtes suivantes: 665m, 650m, 635m, 620m, 605m, 590m, 575m, 560m et 550m. Ce sont les mêmes côtes des niveaux d'exploitation de la carrière Rabello, pour but de faciliter la connection dans le cas de procéder l'extension de l'ancienne carrière.

Selon les caractéristiques physico-mécaniques de la roche, l'abattage se fera à l'explosif, permettant l'ameublement de la roche.

Le schéma d'exploitation du gisement se présente comme suit :

- Travaux de foration.
- Travaux de tir.
- Chargement par chargeuse sur camions à bennes basculantes.
- Transport des roches vers le concasseur primaire.

La direction du front d'abattage sera orientée vers le sud, alors que le front de taille se développera sur deux sens, vers l'Est et vers l'Ouest pour les quatres premières phases, puis vers l'Ouest pour les autres phases.

L'angle de talus du gradin en exploitation est de  $75^{\circ}$  par rapport à l'horizontale.

L'angle de talus du gradin en liquidation est de  $70^{\circ}$  par rapport à l'horizontale.

*CHAPITRE IV*  
*EXPLOITATION DU GISEMENT*

## **4-Exploitation du gisement:**

### **4-1- Accès et ouverture du gisement:**

L'accès et l'ouverture du gisement constituent les travaux préparatoires qui permettent, d'une part l'accès des engins miniers jusqu'au niveau fixé pour l'exploitation, (niveau 665m), et d'autre part l'exploitation de la substance utile.

L'ouverture d'une carrière est une opération très déterminante pour le déroulement du processus d'exploitation. En effet, si l'ouverture est bien choisie et réalisée convenablement, elle facilite la tâche à l'exploitant. Si au contraire elle est mal choisie, l'exploitant sera confronté à beaucoup de problèmes, dont:

- réduction de la durée de vie du gisement.
- l'inaccessibilité aux gradins inférieurs et supérieurs.
- usure rapide des engins miniers.
- beaucoup de travaux supplémentaires.

Tous ces problèmes vont influencer directement sur le prix de revient de la tonne extraite et ce dernier ira en augmentant[15]

#### **4-1-1- La piste d'accès au gisement: (planche N°1)**

Avant de procéder à l'ouverture du gisement, on devra aménager une piste principale reliant le concasseur primaire au niveau d'ouverture(665m). Concrètement, cela revient à relier la piste principale existante (piste de la carrière Rabello (cote 620m) au niveau d'ouverture (665m).

#### **4-1-2- Caractéristiques de la piste:**

##### **a- Longueur de la piste:**

- longueur totale: 665m.

b- Largeur de la piste: (Fig.N<sup>o</sup>5)

La largeur de la chaussée des pistes depend des paramètres techniques des camions circulants. Elle est donnée par la formule suivante (cas double voie):

$$B=2x(a+c)+x+r.$$

- où:
- a: largeur de la benne du camion, a= 4,63m.
  - c: largeur de la bande de sécurité déterminée par la relation:

$$c=0,5+0,005xV.$$

.V: vitesse moyenne de circulation des camions (v= 20Km/h).

Le calcul nous donne: c= 0,60m.

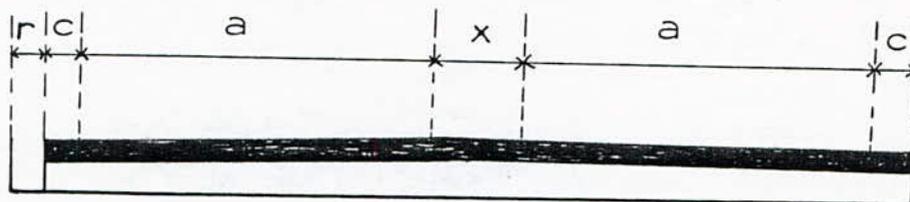
- x: distance entre les bennes des camions,  
 $x=2xc$ , soit  $x= 1,20m$ .
- r: largeur de la rigole d'évacuation d'eau,  
 $r=0,40m$ .

La largeur de la piste est alors:  $B= 12,06m$ .

c- La pente de la piste: (Fig N<sup>o</sup>6)

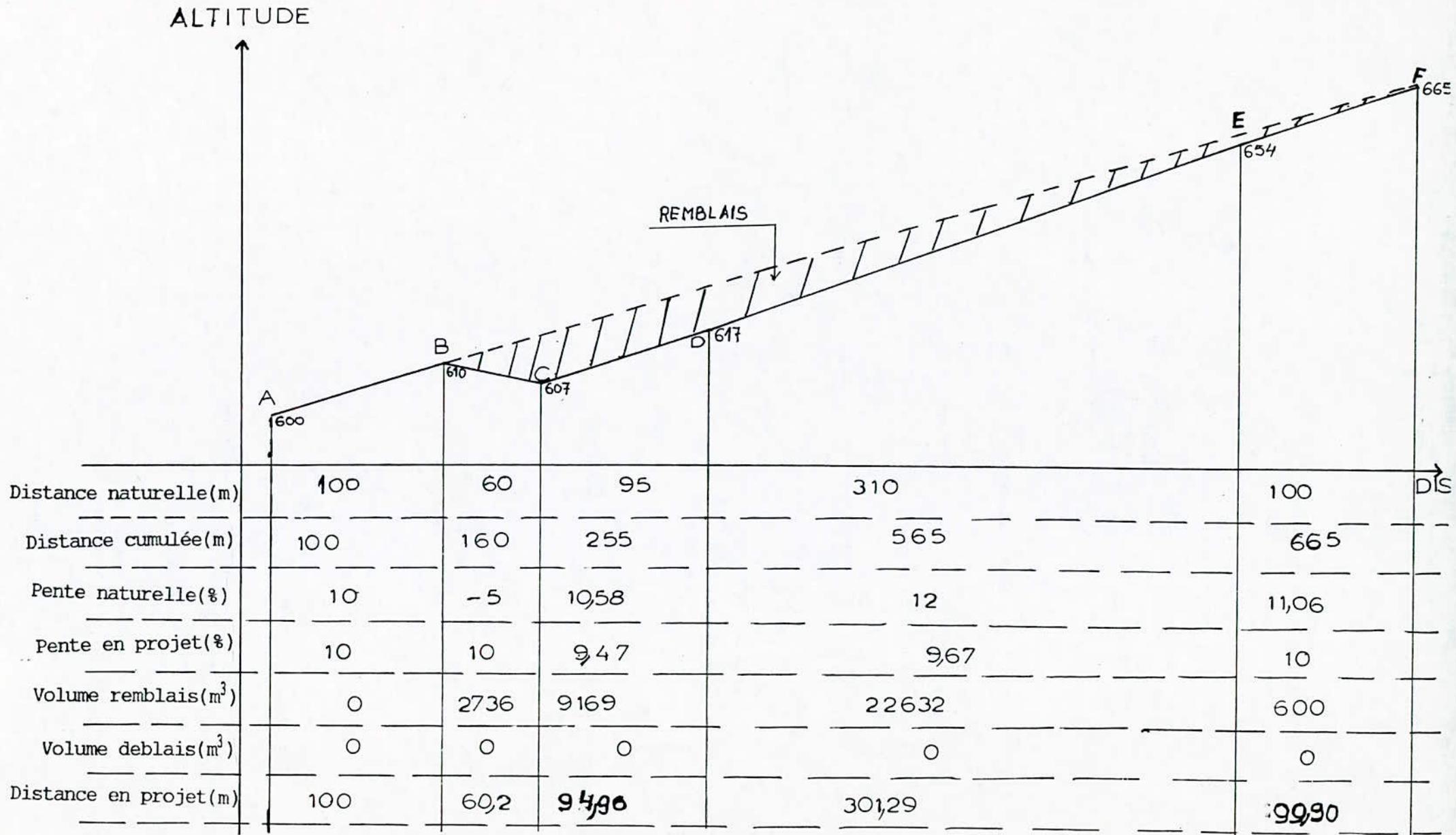
La pente maximale de la piste est: 10%.

La piste d'accès proposée est construite pour une longue durée, elle doit être soigneusement tracée et entretenue pendant toute la durée de vie de la carrière. Elle devra aussi répondre aux normes de circulation des engins pour faciliter les conditions de travail et éviter l'usure rapide des engins.



EChelle:1/100

Fig.N<sup>0</sup>5:Profil en travers de la piste d'accés.



NB: A, B, C, D, E et F sont des points indiqués sur la planche N° 1.

Fig. N° 6: PROFIL EN LONG DE LA PISTE D'ACCES.

#### 4-1-3- Ouverture de la carrière: (planche N°1)

Afin de garantir la continuité de l'alimentation de la station de concassage en matière première, le gisement de Djebel Abiad doit être préparé à l'exploitation avant l'extinction des réserves de la carrière Rabello.

L'ouverture du niveau 665m sera réalisée à l'aide d'une tranchée de découpage qui permettra de dégager une plate-forme de travail de dimensions 60x50m, permettant les manœuvres des camions et le chargement de la matière.

Vu les propriétés physico-mécaniques de la roche, on aménagera la plate-forme à l'aide d'explosifs, avec une pente de 2% vers l'Ouest permettant le drainage des eaux pluviales.

#### 4-1-4- Préparation des accès pour la sondeuse:

La préparation des accès pour la sondeuse se fait par le Bulldozer à chenille et par le pétardage éventuel pour les gros blocs.

#### 4-1-5- Caractéristiques du Bulldozer:

- type: Caterpillar.D10N.
- puissance du moteur.....416KW.
- poids maximal en ordre de marche.....65772Kg.
- longueur de la lame.....5234mm.
- hauteur de la lame.....2053mm.
- masse de la lame.....10235Kg.
- capacité maximale de la lame.....20,9m<sup>3</sup>.

Ces caractéristiques permettent une meilleure adaptation du Bulldozer dans les conditions relativement difficiles de la carrière (relief montagneux, dureté des roches). Outre cela, ce Bulldozer est utilisé pour d'autres fonctions telles que:

le nivellement des gradins, la construction des pistes, etc...

#### 4-2- Technologie d'exploitation:

##### 4-2-1- Méthode d'exploitation:

Comme indiqué dans le chapitre III, la méthode utilisée pour exploiter le gisement de Djebel Abiad est celle de la méthode par gradins successifs .

C'est une méthode dont l'extraction se fait par gradins conduits successivement jusqu'au contour final, le gradin inférieur ne démarrant que peu avant la fin du gradin immédiatement supérieur.

Les différents gradins sont préparés par creusement de tranchées d'accès à partir de la piste principale, ce qui permet d'obtenir le front initial des travaux [16].

##### 4-2-2- Eléments de la méthode d'exploitation [17]:

Les éléments principaux de la méthode d'exploitation à ciel ouvert sont:

###### a- Hauteur du gradin:

Elle est choisie en fonction des propriétés physico-mécaniques de la roche, des règles de sécurité, de la production annuelle, de la stabilité des talus, de l'organisation des travaux de forage et de tir et des raisons économiques.

Pour les roches du gisement de Djebel Abiad, La hauteur maximale des gradins est fixée a 15m. Ce qui est conforme à la hauteur tolérée par les consignes de sécurité.

b- Angle de talus du gradin:

L'angle de talus du gradin en exploitation dépend des paramètres physico-mécaniques de la roche et des paramètres des engins miniers.

Pour les roches dures et moyennement dures, cette angle varie de  $60^{\circ}$  à  $80^{\circ}$ . Dans notre cas on prendra  $\alpha = 75^{\circ}$ .

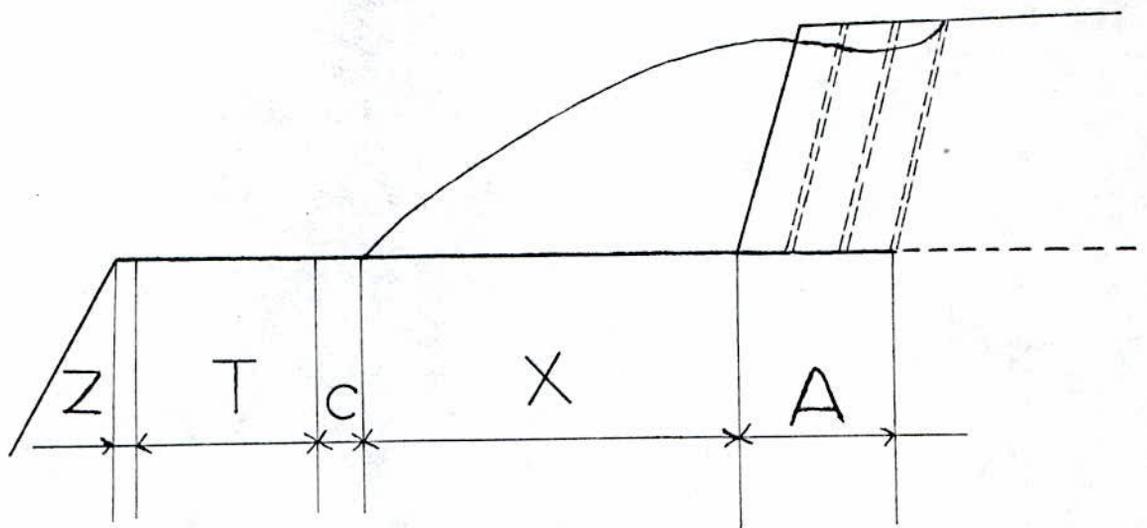
c- Plate-forme de travail: (Fig. N<sup>o</sup> 7)

L'état des plates-formes est un caractère important pour l'obtention de bonnes conditions de travail.

Lorsque l'abattage se fait par explosif, la largeur minimale de la plate-forme de travail est la suivante:

$$L_{pt} = Z + T + C + X + A, (m).$$

- où:
- Z: largeur du prisme éventuel d'éboulement, (m)
  - T: largeur de la voie de transport, (m).
  - C: distance entre l'arête inférieur du tas et la voie de transport, (m).
  - X: largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enlevure, (m).
  - A: largeur de l'enlevure en massif, (m).



Echelle: 1/500

Fig.N 7: Schéma de plate forme de travail

\* La valeur de Z est donnée par la formule suivante:

$$Z = H \times \left( \frac{1}{\tan(\gamma)} - \frac{1}{\tan(\alpha)} \right), (m).$$

où:       - H: hauteur du gradin, (m).  
          -  $\gamma$ : angle de talus de gradin en liquidation, ( $^{\circ}$ ).  
          -  $\alpha$ : angle de talus de gradin en exploitation, ( $^{\circ}$ ).

Pour H= 15m,  $\alpha = 75^{\circ}$  et  $\gamma = 70^{\circ}$ , on trouve Z= 1,44m.

\* La largeur X dépend de la hauteur du gradin, de la nature de terrain, des paramètres des travaux de forage et de tir.

Pour les gradins de 10 à 15m de hauteur elle est de l'ordre de 20 à 25m. On prendra X=25 m.

\* La valeur de C est donnée par la formule:

$$C = 0,2 \times H, (m).$$

Ce qui nous donne C= 3m.

\* T= 12m, (chap.4.1.2.b).

\* La valeur de A est donnée par la formule suivante:

$$A = W_1 + (n-1) \times a, (m).$$

où:       -  $W_1$ : la banquette pratique, m.  
          - n : nombre de rangées des trous dans le plan de tir.  
          - a: espacement entre deux rangées des trous dans le plan de tir, m.

NB: pour  $W_1$ , n et a voir plan de tir.

Avec  $W_1 = 3,28\text{m}$ ,  $n = 3$  rangées et  $a = 3,40\text{m}$  on aura  $A = 10,08\text{m}$ .  
donc la largeur minimal de la plate-forme est:

$L_{pt} = 51,52\text{m}$ . On prendra  $L_{pt} = 55\text{m}$ .

d- longueur du bloc, B:

Suivant la longueur, un gradin peut être divisé en blocs que l'on exploite par des moyens d'abattage et de chargement indépendants. Pour le cas du gisement de Djebel Abiad la longueur du bloc est déterminée pour la production hebdomadaire.

Après la détermination des paramètres du plan de tir, on a choisi  $B = 70\text{m}$ .

e- Sens de déplacement du front de taille:

Selon le relief du gisement et la méthode d'exploitation appliquée, la progression de tous les points du front se fait avec une même vitesse et les gradins sont exploités par enlevures de même largeur. A partir de ces données on peut dire que le front de taille se déplace parallèlement.

*4-3- Planning et ordre d'exploitation de la carrière:(diagramme N°1)*

L'exploitation du gisement se fera par gradins de  $15\text{m}$ , chaque gradin sera exploité au moyen des panneaux divisés en section de travail au niveau desquelles on devra procéder aux travaux de forage et de tir et aux travaux de chargement et de transport. On note que l'exploitation du panneau suivant doit débiter avant la fin du panneau précédent.

4-3-1- Phases d'exploitation du gisement:

L'exploitation du gisement se déroulera en neuf phases,

correspondant aux neuf (9) niveaux précédemment indiqués (Tableau N 24).

- Phase N<sup>o</sup>1 (niveau 665m): (planche N<sup>o</sup>3)

Elle représente la continuité des travaux d'ouverture et consiste à exploiter les réserves situées au dessus du niveau 665m et qui s'élèvent à 1399655,1tonnes, avec deux sens d'avancement du front de taille, l'un vers l'Est et l'autre vers l'Ouest.

Avant l'épuisement de ce niveau dont la durée est de 1,23ans, il sera nécessaire de réaliser les travaux préparatoires du niveau 650m.

A cet effet, on réalisera une piste horizontale de 150m de long et 12m de large qui permettra de relier la piste principale au niveau d'exploitation 650m. Ce dernier sera ouvert en réalisant une plate-forme de travail de dimension 60x50m.

(planche N<sup>o</sup>3- dessin N<sup>o</sup>2)

- Phase N<sup>o</sup>2 (niveau 650m): (planche N<sup>o</sup>3 et N<sup>o</sup>4)

Les réserves du niveau 650m seront exploitées par un gradin de 15m de hauteur avec deux sens d'avancement du front de taille, l'un vers l'Est et l'autre vers l'ouest.

La durée de vie de ce niveau est de 3,44ans et il dégagera 3898735,5tonnes. Il est nécessaire de laisser une berme de sécurité de 10m entre ce niveau et le niveau précédent.

Avant l'achèvement du niveau N<sup>o</sup>2, on réalisera une tranchée d'accès menant au niveau 635m. Les caractéristiques de cette tranchée sont:

- longueur de la tranchée.....50m.
- largeur de la tranchée.....12m.
- pente longitudinale.....10%.
- angle des bords de talus.....70°.

Ensuite, on aménagera une plate-forme horizontale, de dimensions 60x50m, pour le chargement de la matière et les manœuvres des engins.

- Phase N°3 (niveau 635m): (planche N°4)

Durant cette phase on procédera au développement du niveau 635m jusqu'aux limites du niveau 650m, en laissant une berme de sécurité de 10m entre ces deux niveaux.

Avant l'achèvement du niveau 635m, on ouvrira le niveau 620m. Dans ce but, on creusera une tranchée d'accès à partir du niveau 635m. Cette tranchée ayant les paramètres suivant:

- longueur de la tranchée.....150m.
- largeur de la tranchée.....12m.
- pente longitudinale.....10%.
- angle des bords bords de talus.....70°.

Par la suite on aménagera une plate-forme de travail de dimensions de 60x50m.

- Phases N° 4, 5, 6, 7, 8 et 9 : (planche N°5)

L'exploitation et l'ouverture de ces phases se feront de la même manière que celle de la phase N° 3, c'est-à-dire que l'ouverture sera réalisée par une tranchée d'accès de même paramètres que ceux du niveau 620m, et en laissant une berme de sécurité de 10m à tous les niveaux.

Le tableau N°25 montre les réserves exploitables et la durée de vie de chaque niveau:

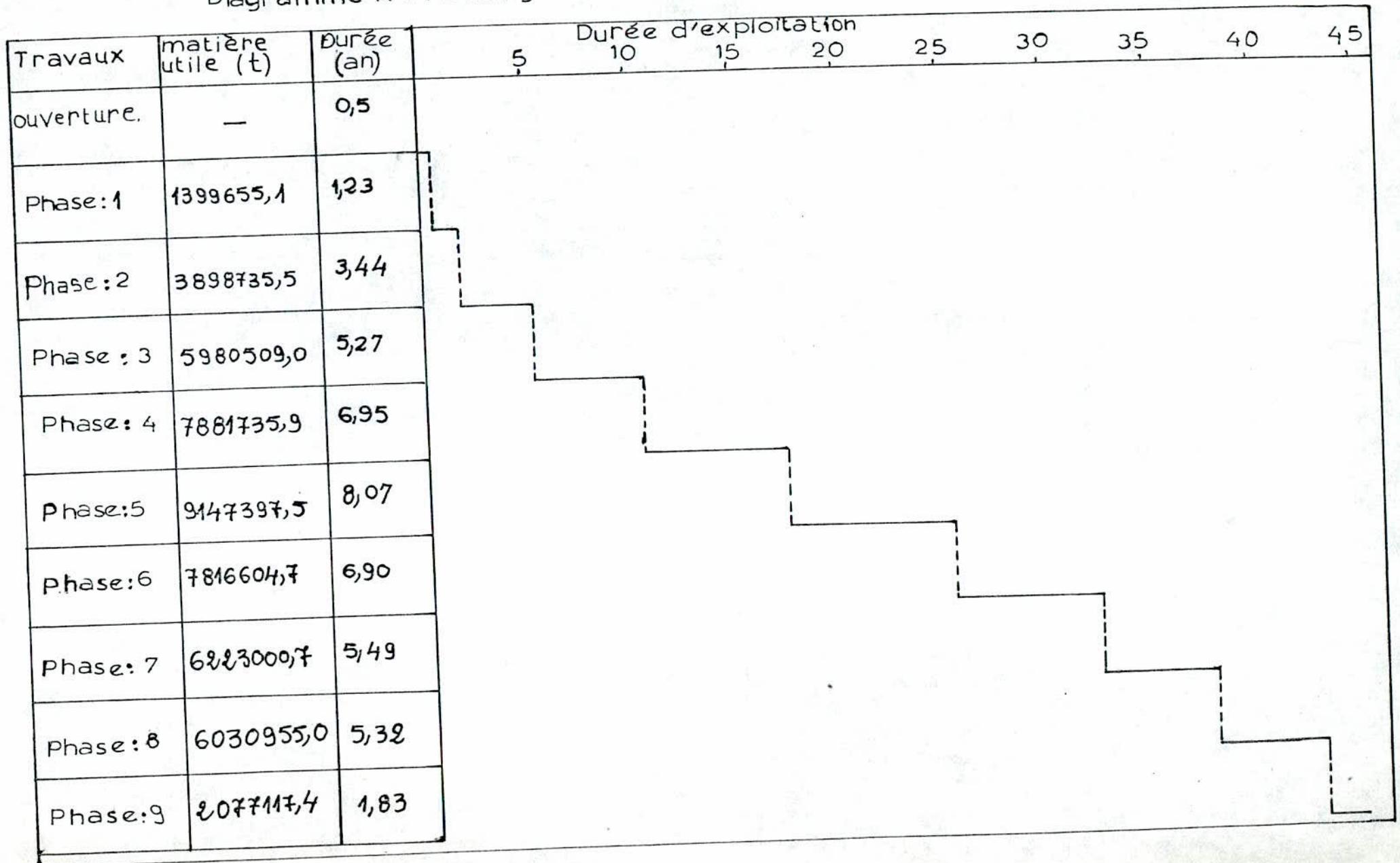
4-3-2- Liquidation de la carrière: (planche N°5)

La liquidation de la carrière est représentée sur la planche N°5. C'est la dernière phase de l'exploitation. Elle aura lieu à la 44<sup>e</sup> année.

Tableau N 25 : réserves exploitables et durée de vie de chaque phase.

<i>Phase N</i>	<i>Réserves exploitables (tonnes).</i>	<i>Durée de vie (ans)</i>
1	1399655,1	1,23
2	3898735,5	3,44
3	5980509,0	5,27
4	7881735,9	6,95
5	9147397,5	8,07
6	7816604,7	6,90
7	6223000,7	5,49
8	6030955,0	5,32
9	2077117,4	1,83
<i>Total</i>	<i>50455710,9</i>	<i>44,50</i>

Diagramme N 1 Planning des travaux



64

#### 4-4- Travaux de foration et de tir:

La phase initiale des processus technologique lors de l'exploitation des gisements à ciel ouvert est bien la préparation des roches à l'extraction. La qualité de cette dernière prédétermine en grande partie le rendement des engins miniers, la sécurité de travail, et d'une manière générale l'efficacité des travaux à ciel ouvert.[19]

Pour réaliser les travaux de foration et de tir, il faut prendre en considération multiples facteurs:

##### \*- Contraintes imposées:

- contraintes topographiques et hydrogéologiques.
- contraintes géologiques dépendantes directement de la structure du gisement.
- contraintes d'environnement.
- contraintes réglementaires.

##### \*- Contraintes maîtrisables:

- contraintes d'équipement: matériel de foration, engins de reprise, engins de roulage et caractéristiques du poste primaire de concassage.
- contraintes économiques dépendantes du marché.

#### 4-4-1- Exigences technologiques aux travaux de forage et de tir [18],[20]:

Les travaux de forage et de tir en carrière doivent assurer:

- une fragmentation désirable des roches abattues.
- état normal du pied du gradin.
- la formation de tas de déblai de forme et dimensions nécessaires.
- dépenses minimales et grande sécurité du travail.
- le volume nécessaire pour le travail régulier.

#### 4-4-2- Dimension maximale des blocs abattus:

La dimension maximale admissible des blocs de roches abattues se détermine en fonction des paramètres des engins miniers, à savoir:

1- Capacité du godet de l'excavateur (E),  $E = 6,9\text{m}^3$ :

$$d \leq 0,8 \times (E)^{\frac{1}{3}} \text{ [m]} .$$

soit  $d \leq 1,523\text{m}$ .

2- Dimension de l'ouverture de la trémie du concasseur (b):

$$d \leq 0,8 \times b \text{ [m]} .$$

avec  $b = 1,1\text{m}$ , on trouve  $d \leq 0,88\text{m}$ .

3- Capacité de la benne du camion ( $V_c$ ),  $V_c = 24\text{m}^3$ :

$$d \leq 0,5 \times (V_c)^{\frac{1}{3}} \text{ [m]} .$$

soit  $d \leq 1,442\text{m}$ .

Les blocs de dimensions supérieures à  $0,88\text{m}$  seront considérés comme des blocs hors gabarits. Ces derniers seront soumis au débitage secondaire.

#### 4-4-3- Détermination des paramètres du plan de tir:

Plusieurs méthodes sont utilisées pour déterminer les paramètres du plans de tir. Parmi ces méthodes on cite:

- les méthodes simples empiriques.
- la méthode de Langefors.
- la méthode Suédoise.

Dans notre cas on utilise la méthode Suédoise, laquelle a été appliqué avec beaucoup de succès par la société Nitro-Nobel.

#### 4-4-3-1- Paramètres géométriques:

##### a- Diamètre du trou "d":

Le diamètre du trou sert à déterminer la quantité d'explosif par unité de longueur. Il est choisi en fonction de l'objectif de production de granulométrie et de la hauteur du gradin (Fig.N 8).

Pour une hauteur de 15m, il est recommandé de prendre un diamètre entre (83 et 200)mm. Pour notre cas, les taillants existants au niveau de la carrière ont un diamètre  $d = 90\text{mm}$ .

##### b- Inclinaison du trou "I":

L'inclinaison des trous entre  $(10 \text{ et } 15)^\circ$  par rapport à la verticale peut apporter les avantages suivantes:

- meilleure sortie du pied.
- meilleur fragmentation en tête.
- diminution des effets arrières.
- sécurité élevée.

On prend  $I = 75^\circ$  par rapport à l'horizontale, ce qui correspond à l'angle du talus du gradin.

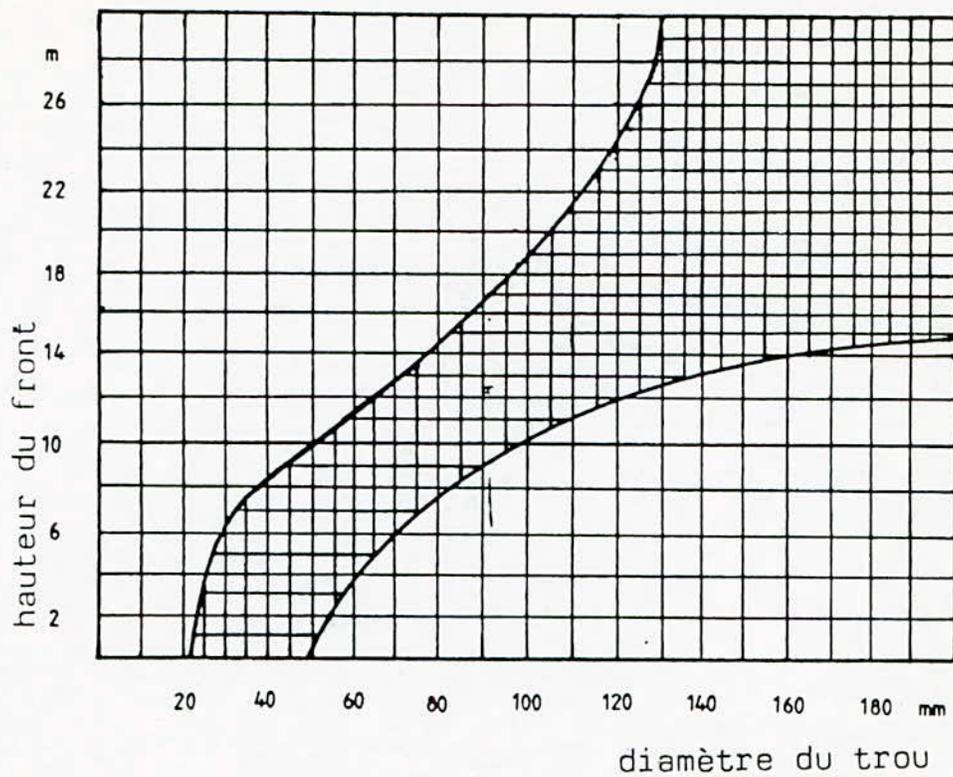


Fig.N<sup>o</sup>8:CHOIX DU COUPLE DIAMETRE-HAUTEUR DU FRONT.

c- Banquette maximale (ligne de moindre résistance) "W<sub>max</sub>":

La banquette est la distance entre la surface libre du gradin et l'axe du trou. Elle dépend de:

- la consommation d'explosif.
- type de l'explosif. la banquette varie proportionnellement à l'énergie de la charge d'explosif.
- la hauteur du front.

On la détermine à l'aide de la formule suivante:

$$W_{\max} = \frac{45 \times d}{1000} [m].$$

où: - d: diamètre du trou, mm.

d'où  $W_{\max} = 4,05m$ .

d- Sous forage: L<sub>s</sub>

Il sert à augmenter l'action du tir dans la partie inférieure du gradin et assure une bonne destruction des roches au niveau du pied du gradin. Sa valeur est déterminée par la formule suivante:

$$L_s = 0,3 \times W_{\max} [m].$$

soit  $L_s = 1,22m$ .

e- Profondeur du trou "H<sub>t</sub>"

La profondeur du trou est déterminée à l'aide de la formule suivante:

$$H_t = K \times (H + L_s) [m].$$

où: - K: facteur d'inclinaison du trou (tableau N°26).  
 Pour  $I = 75^{\circ}$  on a  $K = 1,035$ .

- H: hauteur du gradin, m

-  $L_s$ : sous forage du trou, m.

$K = 1,035$ ,  $H = 15\text{m}$  et  $L_s = 1,22$ ; donc  $H_t = 16,80\text{m}$ .

Tableau N 26 : valeur du facteur d'inclinaison (K) en fonction de l'inclinaison du trou.

Inclin. du trou / <sup>t</sup> à l'horizontal	$90^{\circ}$	$75^{\circ}$	$60^{\circ}$	$45^{\circ}$
K	1,00	1,035	1,15	1,41

f- Forage faussé "F" (déviation):

Un forage faussé correspond à une déviation de foration.

$$F = \frac{3 \times d}{1000} + \frac{3 \times H_t}{100} [m].$$

d'où:  $F = 0,77\text{m}$ .

g- Banquette pratique " $W_1$ ":

La banquette pratique et utilisable doit en fait être réduite à cause des déviations de foration.

$$W_1 = W_{\max} - F [m].$$

d'où:  $W_1 = 3,28\text{m}$ .

h- Espacement entre les trous, ' $E_1$ ':

L'espacement entre les trous d'une même rangée est donnée par la formule suivante:

$$E_1 = 1,25 \times W_1 [m].$$

où: -  $W_1$ : banquette pratique, m.  
Alors  $E_1 = 4,10\text{m}$ .

i- Distance pratique et ajustée des trous, " $E_{1c}$ ":

L'ajustement de  $E_1$  se fait par trois étapes:

1- On détermine le nombre des espacements des trous:

$$N_e = \frac{B}{E_1}$$

où: - B: longueur du bloc abattu par semaine qui correspond à la largeur du panneau d'exploitation,  $B = 70\text{m}$ .

-  $E_1$ : distance entre deux trous, m.

d'où:  $N_e = 17,07$

2- On arrondit la valeur de  $N_e$  à la valeur la plus proche, donc  $N_{ea} = 17$ .

3- L'espacement des trous ajusté à la longueur du bloc:

$$E_{1c} = \frac{B}{N_{ea}}$$

Le calcul nous donne  $E_{1c} = 4,11\text{m}$ .

Le nombre de trous dans une rangée:

$$n = \frac{B}{E_{1c}} + 1.$$

soit  $n = 18$  trous.

j- Espacement des rangées "a":

L'espacement entre les rangées est donnée par la formule suivante:

$$a = K \times W_1 [m] .$$

- où:
- $W_1$ : banquette pratique, m.
  - K: coefficient d'inclinaison,  $K = 1,035$ .

on trouve:  $a = 3,40m$ .

#### 4-4-3-2- Calcul de charge:

a- Charge linéaire de fond " $L_f$ ":

La concentration de la charge de fond est donnée par la formule suivante:

$$L_f = \frac{d^2}{1000} \times \frac{0,4}{c} \times \frac{P}{1,25} \times \frac{1}{f} [Kg/m] .$$

- où:
- d: diamètre du trou, mm.
  - c: constante de roche qui dépend de sa nature, elle représente la difficulté à l'abattre . Elle est déterminée par l'expérience, pour un calcaire dur  $c = 0,40Kg/m^3$ .
  - P: degré de compression de la charge,  $Kg/dm^3$ . Le chargement des cartouches à l'aide d'un bourvoir donne souvent un degré de compression inférieur à  $1,25Kg/dm^3$ , on prend:  $P = 1,20Kg/dm^3$ .
  - f: contrainte de trou qui dépend de son inclinaison, pour une inclinaison  $I = 75^\circ$  on a  $f = 1,016$

Tableau N 27: contrainte du trou en fonction de son inclinaison.

Iclin. du trou/ <sup>t</sup> l'hori	$90^\circ$	$75^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$
f	1,11	1,016	0,92	0,83

donc pour  $d = 90mm$ ,  $c = 0,40Kg/m^3$ ,  $P = 1,20Kg/dm^3$ ,  $f = 1,016$  on a:  $L_f = 7,65Kg/m$ .

b- Hauteur de la charge de fond " $h_f$ ":

Elle est déterminée par la formule suivante:

$$h_f = 1,3 \times W_{\max} [m].$$

où: -  $W_{\max}$ : banquette maximale, m.

d'où  $h_f = 5,265m$ .

c- Poids de la charge de fond " $Q_f$ ":

Il est calculé par la formule suivante:

$$Q_f = L_f \times h_f [Kg].$$

$$Q_f = 40,28Kg.$$

d- Hauteur de bourrage " $h_0$ ":

L'objectif du bourrage est de diminuer les projections et d'améliorer l'effet de gaz des explosifs. Son efficacité dépend de la nature de la bourre (argile, produits de foration...), mais souvent un matériau plus grenu, gravillon 4/6 par exemple, est utilisé pour favoriser une certaine porosité aux gaz dûs à l'explosion et éviter aussi un dégagement brutal du bourrage.

L'expérience montre que si la hauteur de bourrage,  $h_0$ , est inférieure à  $W_1$  il y a risque de projection des pierres de la surface avec la diminution de la fragmentation et si  $h_0$  est supérieure à  $W_1$  la fragmentation sera plus grosse.

Pour ces raisons on prend:  $h_0 = W_1$ , [m].

donc on a  $h_0 = 3,28m$ .

e- Charge linéaire allongée " $L_a$ ":

La charge allongée a pour but d'abattre la partie de la roche au dessus de la charge de fond. La concentration de la charge allongée est donnée par la formule suivante:

$$L_a = (0,4-0,6) \times L_f \text{ [Kg/m]} .$$

On prend  $L_a = 0,5 \times L_f$ , donc on a  $L_a = 3,83 \text{ Kg/m}$ .

f- Hauteur de la charge allongée " $h_a$ ":

Elle est calculée par la formule suivante:

$$h_a = h_t - h_f - h_0 \text{ [m]} .$$

- où:
- $h_t$ : longueur totale du trou, m.
  - $h_f$ : hauteur de la charge de fond, m.
  - $h_0$ : hauteur de bourrage, m.

d'où  $h_a = 8,255 \text{ m}$ .

g- Poids de la charge allongée " $Q_a$ ":

Il est calculé par la formule suivante:

$$Q_a = L_a \times h_a \text{ [Kg]} .$$

soit  $Q_a = 31,62 \text{ Kg}$ .

h- Charge totale de trou "Q":

Elle est égale à:

$$Q = Q_f + Q_a, \text{ [Kg]} .$$

soit  $Q = 71,90 \text{ Kg}$ .

i- Charge spécifique "q":

C'est la quantité d'explosifs nécessaire pour abattre un mètre cube ( $\text{m}^3$ ) de roches ou d'une tonne de roches.

Elle est calculée par la formule suivante:

$$q = \frac{n \times Q}{a \times B \times H} \text{ [Kg/m}^3\text{]} .$$

- où:
- n: nombre de trous dans une rangée.
  - Q: charge totale de trou, Kg.
  - a: distance entre deux rangées, m.
  - B: longueur du bloc abattu, m.
  - H: hauteur du gradin, m.

Avec  $n=16$ ,  $Q= 71,90\text{Kg}$ ,  $a= 3,40\text{m}$ ,  $B= 70\text{m}$  et  $H= 15\text{m}$  on trouve:  
 $q= 0,362\text{Kg/m}^3$  ou  $q= 0,137\text{Kg/t}=137\text{g/t}$ .

#### 4-4-4- Foration des trous:

La réalisation d'un abattage consiste en la mise en oeuvre d'explosifs à l'intérieur des trous de forage. Le résultat dépend pour une part importante de la qualité des trous, donc de l'exécution et des caractéristiques des forages destinés à être chargés.

##### 4-4-4-1- Choix du matériel de foration:

Le matériel de foration est généralement choisi en fonction de trois critères:

- 1- Le gisement, dont la forabilité dépend de la nature et des caractéristiques de la roche à abattre, ainsi que la structure du massif (discontinuités, puissance...).
- 2- Les caractéristiques d'exploitation: matériels de reprise, granulométrie recherchée, programme de production.
- 3- L'environnement: présence d'habitations, bruits....

##### 4-4-4-2- Les techniques de forage:

Toutes les techniques de forage utilisent:

- un mouvement de rotation.

- un mouvement de descente accompagné ou non d'un mouvement de percussion.
- un soufflage d'air comprimé pour permettre la remontée des éclats de foration et refroidir les outils de foration.

A partir de là, on distingue quatre techniques de foration:

- 1- foration par roto-percussion avec marteau hors du trou.
- 2- foration par roto-percussion avec marteau fond de trou.
- 3- foration par coupe rotative avec outils à lames.
- 4- foration rotary avec outils tricône.

Ce qui concerne notre cas, la carrière dispose de deux chariots de foration pneumatiques Ingersoll-Rand CM-341, équipés par des marteaux hors de trou et utilisent un mouvement roto-percutant.

#### 4-4-4-3- Forage spécifique "g":

C'est la longueur de foration nécessaire pour abattre un mètre cube de roches ou une tonne de roches. Il est déterminé par la formule suivante:

$$g = \frac{n \times H_t}{a \times B \times H} [\text{mètres forés/m}^3].$$

où  $n$ ,  $H_t$ ,  $a$ ,  $B$  et  $H$  sont des paramètres déjà indiqués dans le chapitre 4-4-3-1.

Le calcul nous donne  $g = 0,085 \text{m/m}^3$ , ou  $g = 0,032 \text{m/t}$ .

#### 4-4-4-4- Volume de roche abattu par trou de mine:

Il est calculé par la formule suivante:

$$V_{tr} = W_1 \times E_{1c} \times H [\text{m}^3].$$

où: -  $W_1$ : banquette pratique, m.

- $E_{1c}$ : espacement entre deux trous, m.
- H: hauteur du gradin, m.

Le calcul nous donne une valeur égale à  $V_{tr} = 197m^3$ .

4-4-4-5- Nombre de trous forés en une semaine:

On envisage de réaliser un tir au 5<sup>e</sup> poste de travail, c'est-à-dire un tir par semaine. Le nombre de trous forés en une semaine est déterminé par la formule suivante:

$$n_{ts} = \frac{A_s}{V_{tr}}$$

- où:
- $A_s$ : la production hebdomadaire,  $m^3 \cdot A_s = A_j \times 5$ .
  - $A_j$ : production journalière,  $m^3 \cdot A_j = 10301,55 m^3$ .
  - $V_{tr}$ : volume de roche abattu par trou,  $m^3$ .
- d'où  $n_{ts} = 53$  trous.

4-4-4-6- Nombre de rangées par tir :

Il est déterminé par la formule suivante :

$$N_r = \frac{N_{t.s}}{N_{t.r}}$$

- Où :
- $N_{t.s}$ : nombre de trous forés en une semaine (53 trous).
  - $N_{t.r}$ : nombre de trous par rangée (18 trous).
- Après le calcul on a trouvé  $N_r = 3$  rangées.

4-4-4-7- Nombre de sondeuses nécessaires:

On détermine le nombre de sondeuses nécessaires pour assurer les travaux de forage dans la carrière, d'après la formule suivante:

$$N_B = \frac{L}{R_p} \times K_r.$$

où: - L: longueur totale des trous de mine qui doivent être forés dans la carrière pendant un poste, m/poste.

$$L = \frac{A \times H_t}{W_1 \times E_{1c} \times H \times n_p \times n_j} \text{ [m/poste]}.$$

- . A : production annuelle, m<sup>3</sup>/an.
- . H<sub>t</sub> : profondeur total du trou, m.
- . W<sub>1</sub> : banquette pratique, m.
- . E<sub>1c</sub>: espacement des trous, m.
- . H : hauteur du gradin, m.
- . n<sub>p</sub> : nombre de postes de travail par jour.
- . n<sub>j</sub> : nombre de jours ouvrables par an.

après le calcul on trouve: L= 85,38m.

- K<sub>r</sub>: coefficient de réserve, K<sub>r</sub>= 1,2.
- R<sub>p</sub>: rendement pratique de la machine de forage, m/poste. Elle se détermine par la formule suivante:

$$R_p = R_t \times T \times K_u \text{ [m/poste]}.$$

- . R<sub>t</sub>: rendement technique du sondeuse, m/min.
- . T : durée du poste, min.
- . K<sub>u</sub>: coefficient d'utilisation du sondeuse par poste, K<sub>u</sub>= 0,85.

Le rendement technique du sondeuse est:

$$R_t = \frac{H_t}{\frac{H_t}{V_f} + t_{pf} + t_{aux} + t_d} \text{ [m/min]}.$$

- .  $H_t$  : profondeur totale du trou, m.
- .  $V_f$  : vitesse de foration,  $V_f = 0,5\text{m/min}$ .
- .  $t_{pf}$ : temps des opérations préparatoires et finales pour la foration d'un trou,  
 $t_{pf} = 15\text{min}$
- .  $t_{aux}$ : durée des opérations auxiliaires,  
 $t_{aux} = 15\text{min}$ .
- .  $t_d$ : temps de déplacement d'un trou à un autre et la mise en place de la sondeuse,  $t_d = 10\text{min}$ .

Donc on aura  $R_t = 0,23\text{m/min}$ , d'où  $R_p = 93,13\text{m/poste}$ .

Le nombre de sondeuses sera donc  $N_s = 2$  sondeuses.

#### 4-4-4-8- Matériel de foration:

Pour assurer un bon fonctionnement des travaux de foration, la carrière doit être équipée par le matériel suivant:

\* 02 chariots de foration: Ingersoll-Rand CM-341, ses caractéristiques sont:

- vitesse de translation.....0-3,2Km/h.
- diamètre de forage.....63-102mm.
- longueur de la tige.....3m.
- effort axial maximal.....13,62KN.
- pression de l'air comprimé.....0,7MPa.
- poids net.....4250Kg.

\* 02 compresseurs de type Ingersoll-Rand P600S/WCU:

- débit d'air libre.....283l/s.
- pression maximale.....11,3Bar.
- poids net.....3652Kg.

\* 01 compresseur XAS350:

- débit d'air libre.....350l/s.

\* 04 marteaux perforateurs de diamètre 40mm.

4-4-5- Tir:

4-4-5-1- Explosifs et accessoires:

a- Type d'explosifs:

Le type d'explosif est choisi en fonction:

- des caractéristiques du gisement: nature de la roche, fracturation du gisement, présence éventuelle d'eau dans les trous....
- de l'expérience des tirs antérieurs.
- des considérations économiques :
  - \* la charge de fond est constituée d'explosifs Brisants en cartouches.
  - \* la charge de colonne pourra être continue avec un explosif moins puissant, en vrac de préférence si l'absence d'eau le permet.

A partir de ces critères on a adopté le type d'explosif suivant:

- Marmanit II: en cartouche comme explosif Brisant de la charge de fond.
- Anfomil: en vrac comme explosif de la charge allongée.

Les caractéristiques de ces deux explosifs sont données dans le tableau suivant:

Tableau N 28 : caractéristiques des explosifs utilisés.

Caractéristiques	Marmanit II	Anfomil
Densité, g/cm <sup>3</sup>	0,98	0,90
Vitesse de détonation, m/s	4100	3000
Résistance à l'eau	Médiocre	médiocre
Volume gaz, l/Kg	868	975

**b- Accessoires:**

- cordeau détonant de type Milacord1.
- détonateurs électriques instantanés.
- détonateurs électriques à micro-retard, 50ms.
- fil électrique.
- exploseur électrique.

**4-4-5-2- Consommation d'explosifs et accessoires par tir:**

La réalisation d'un tir nécessite une consommation de:

1- explosifs:  $C_1 = Q \times n_{ts}$  [Kg].

- où:
- $C_1$ : consommation d'explosifs, Kg.
  - $Q$ : charge totale par trou, Kg.
  - $n_{ts}$ : nombre de trou par tir.

soit  $C_1 = 3810,7\text{Kg}$ , avec

\* 2135,13Kg de Marmanit II (56,03% de  $Q$ ).

\* 1675,56Kg d'Anfomil (43,97% de  $Q$ ).

En tenant compte des travaux de tir secondaire,

la consommation de Marmanit II peut augmenter à : 2350 Kg.

2- cordeau détonant: 1140m.

3- détonateurs électriques instantanés: 1.

4- détonateurs électriques à micro-retard: 2.

**4-4-6- Débitage des blocs hors gabarit:**

Lors de chargement des roches abattues, les blocs hors gabarit ( $D \geq 0,88\text{m}$ ) sont mis de côté. Par la suite on les regroupe dans une aire pour les forer et les faire sauter simultanément.

La foration peut se faire à l'aide des perforateurs manuels (diamètre 40mm) et la longueur de trou est égale au tiers (0,33) de la longueur du bloc. Pour réaliser le tir, on utilisera la connexion électrique et les cartouches de marmanit II ( $d=32\text{mm}$ ) comme explosif.

#### 4-4-7- Organisation des travaux de foration et de tir:

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

- élaboration du plan de tir.
- foration des trous.
- évacuation du matériel en dehors de la zone dangereuse et acheminement des explosifs vers le gradin.
- tir: chargement et bourrage des trous, raccordement de la maille, mise à feu et examen du front.

Les tirs seront réalisés sur trois rangées de trous inclinés. Un registre d'abattage doit être tenu par le chef de la carrière, où seront inscrits les résultats de chaque tir.

On y portera particulièrement les consommations spécifiques d'explosifs, ce qui permettra d'apporter les corrections nécessaires sur les tirs ultérieurs.

#### 4-4-8- Rayons des zones dangereuses:

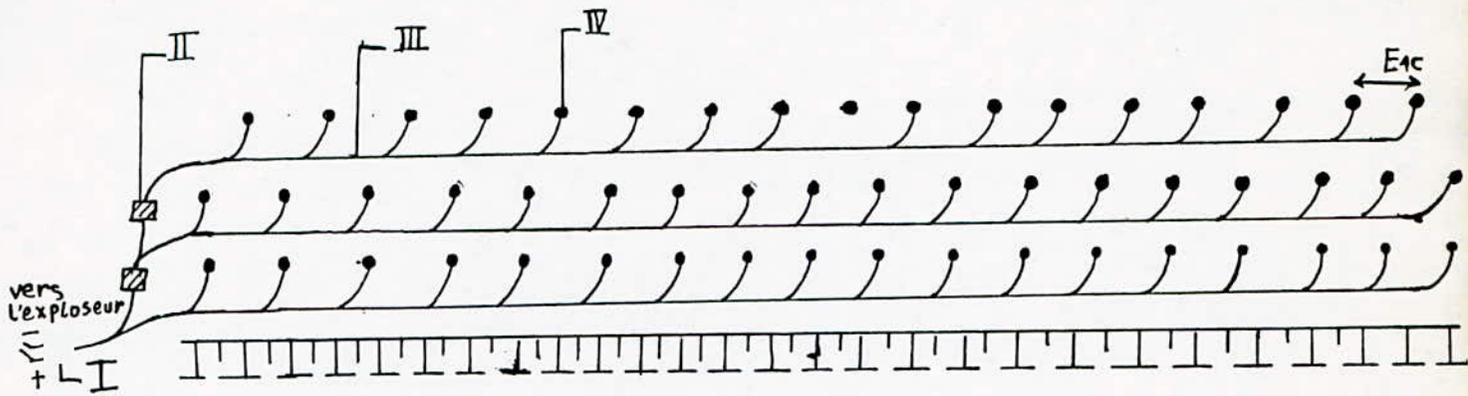
Les travaux de tir présentent un danger pour le personnel de la carrière ainsi que pour les engins. Pour cette raison, on adoptera les rayons de sécurité. Ces rayons sont en fonction du relief de gisement et de la valeur maximale de la ligne de moindre résistance  $W_{\max}$  (m). [13]

Pour un relief plat et  $W_{\max} = 4\text{m}$  les rayons des zones dangereuses sont:

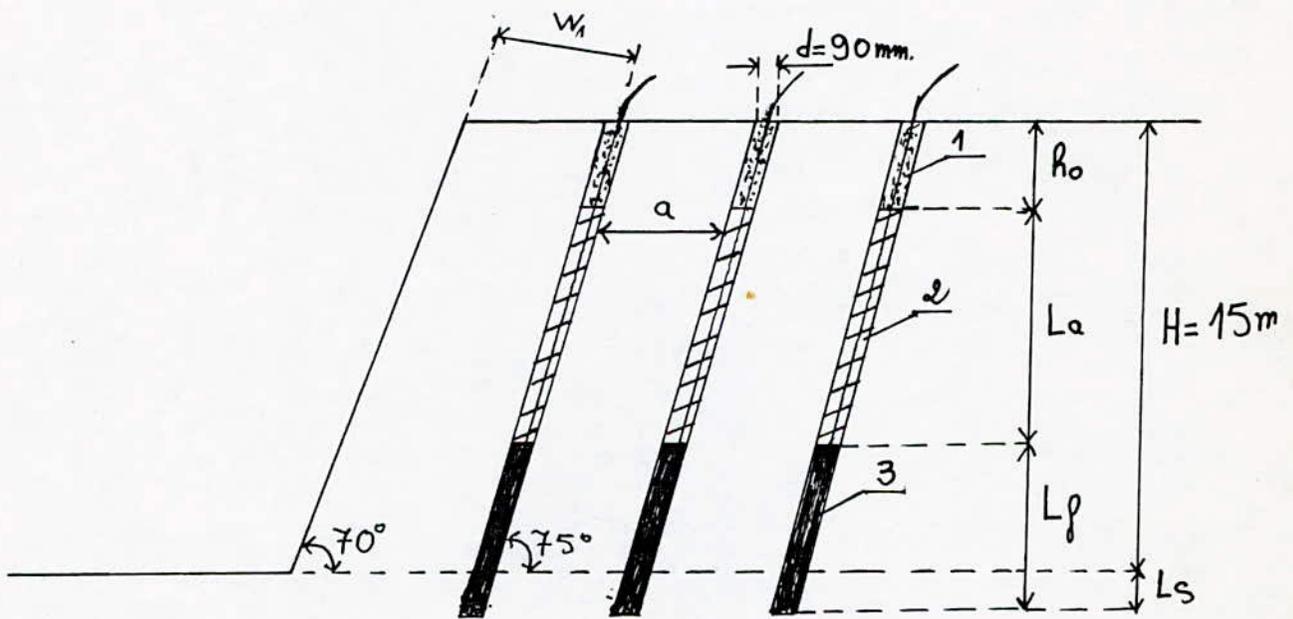
- pour le personnel: 250m.
- pour les engins: 125m.

Pour un relief montagneux les rayons mentionnés augmentent de 1,5 fois, ce qui équivaut:

- pour le personnel: (375 à 400)m.
- pour les engins: 200m.



- A-plan.
- I- DETONATEUR ELECTRIQUE INSTANTANE
  - II- DETONATEUR ELECTRIQUE A MICRO RETARD (50ms)
  - III- CORDEAU DETONANT
  - IV- TROU DE MINE



- B-Coupe.
- 1- BOURRAGE
  - 2- CHARGE ALLONGEE
  - 3- CHARGE DE FOND

Fig. N°9: SCHEMA DE PLAN DE TIR.



#### 4-5- Evacuation des eaux:

L'absence de nappe aquifère dans l'assise utile du gisement élimine le risque d'inondation de la carrière par des eaux souterraines. L'évacuation des eaux de ruissellement pourra se faire sans problèmes jusqu'au niveau 620m.

Pour évacuer les eaux de ruissellement au niveau 605m il sera nécessaire de creuser une petite tranchée d'évacuation d'eau de profondeur de 2m au Sud-Ouest de la carrière (planche N05). Lors de l'exploitation des niveaux inférieurs, c'est à dire après 24ans des travaux d'exploitation, l'évacuation des eaux qui s'accumulent au fond de la carrière sera effectuée par pompage.

#### 4-6- Travaux de chargement:

Comme indiqué précédemment, les travaux de chargement se feront en deux postes.

Le chargement des roches abattues s'effectue à l'aide d'une chargeuse sur pneus de type: Michigan.475B de capacité du godet  $6,9m^3$ , ce qui présente les avantages suivantes:

- grande vitesse de déplacement.
- souplesse d'utilisation.
- grande manoeuvrabilité permettant de faire le chargement dans les conditions difficiles.

##### 4-6-1 caractéristiques techniques de la chargeuse:

- type de chargeuse.....Michigan 4758.
- capacité de chargement.....9,2t.
- capacité du godet..... $6,9m^3$ .
- hauteur maximum de déchargement du godet 4,2m.
- vitesse maximale de déplacement.....45Km/h.
- puissance du moteur.....554cv.
- poids.....60t.

#### 4-6-2 Rendement de la chargeuse:

Il est déterminé par l'expression suivante:

$$R = \frac{3600 \times E \times K_r \times \gamma \times T_p \times K_u}{t_c \times K_f} [t/poste].$$

- où:
- E : capacité du godet de la chargeuse (6,9m<sup>3</sup>).
  - K<sub>r</sub>: coefficient de remplissage du godet de la chargeuse, K<sub>r</sub>= 0,9.
  - γ : poids volumique, (2,633t/m<sup>3</sup>).
  - T<sub>p</sub>: durée d'un poste de travail, (8h).
  - K<sub>u</sub>: coefficient d'utilisation de la chargeuse durant un poste, K<sub>u</sub> =0,7.
  - K<sub>f</sub>: coefficient de foisonnement des roches, k<sub>f</sub>=1,35.
  - T<sub>c</sub>: la durée de travail d'un cycle de la chargeuse lors de la réalisation des travaux de chargement et de transport, [s]. Elle est donnée par l'expression suivante:

$$T_c = t_r + t_{ch} + t_d + t_v [s].$$

- t<sub>r</sub>: durée de remplissage du godet, 10s.
- t<sub>d</sub>: durée de déchargement du godet, 7s.
- t<sub>ch</sub>: durée de parcours en charge vers le lieu de déchargement.

$$T_{ch} = \frac{3,6 \times L_{ch}}{V_{ch}} [s].$$

- . L<sub>ch</sub> : longueur de parcours de la chargeuse vers le lieu de déchargement, 15m.
  - . V<sub>ch</sub>: vitesse de parcours en charge, 4Km/h.
- T<sub>ch</sub> = 13,5s.

$$T_{ch} = 13,5s.$$

- $t_v$ : durée de parcours à vide vers le lieu de chargement.

$$t_v = \frac{3,6 \times L_v}{V_v} [s].$$

- .  $L_v$ : distance de parcours à vide, 15m.
  - .  $V_v$ : vitesse de parcours à vide, 5Km/h.
- $$t_v = 11s.$$

d'où le temps d'un cycle:  $T_c = 41,5s.$

le rendement de la chargeuse sera de:  $R = 5883,7t/poste.$

On voit que le rendement de la chargeuse est supérieur à la production par poste de la carrière ( $A_p = 2712,40 t/poste$ ), donc une chargeuse est suffisante pour les travaux de chargement durant les deux postes de travail.

Elle est surdimensionnée car elle travaillera à 50% de sa capacité par poste.

#### 4-7- Transport de la matière:

le transport de la matière utile à partir de la carrière jusqu'au concasseur primaire se fera au moyen de camions à benne basculante du type komatsu HD 325.5 durant deux postes.

##### 4-7-1- caractéristiques techniques du camion:

- type.....komatsu HD 325.5.
- capacité de la charge.....32000 Kg.
- capacité de la benne.....24m<sup>3</sup>.
- rayon de braquage.....7200 mm.
- vitesse de déplacement:
  - \* marche avant.....max 70 Km/h.
  - \* marche arrière.....max 11 Km/h.
- puissance du moteur.....463 cv.
- poids du camion à vide.....27200 Kg.

4-7-2- rendement d'un camion par poste:

Il est déterminé par la formule suivante:

$$R_c = \frac{G \times T_p \times K_u}{T_{cc}} [t/poste].$$

- où:
- G : capacité de la benne du camion, tonnes.
  - $T_p$  : la durée d'un poste, min.
  - $K_u$  : coefficient d'utilisation pratique du camion  
 $K_u = 0,85$ .
  - $T_{cc}$  : durée d'un cycle du camion, min. Elle est donnée par la formule:

$$T_{cc} = t_{ch} + t_m + \frac{60 \times L}{V_1} + \frac{60 \times L}{V_2} + t_d [\text{min}].$$

- .  $t_{ch}$  : temps de chargement du camion, min.
- .  $t_m$  : temps nécessaire aux manoeuvres,  $t_m = 2 \text{min}$ .
- . L : distance de transport,  $L = 1 \text{Km}$ .
- .  $V_1$  : vitesse à charge.

$$V_1 = \frac{1}{3} \times V_{\max} [\text{Km/h}].$$

soit  $V_1 = 23 \text{Km/h}$ .

- .  $V_2$  : vitesse à vide.

$$V_2 = \frac{1}{2} \times V_{\max} [\text{Km/h}].$$

soit  $V_2 = 35 \text{Km/h}$ .

- .  $t_d$  : temps de déchargement,  $t_d = 0,7 \text{min}$ .

.  $t_{ch}$ : temps de chargement du camion. Il égale à:

$$t_{ch} = t_c \times m [\text{min}].$$

-  $t_c$ : durée du cycle de la chargeuse,  $t_c = 0,7 \text{ min}$ .

-  $m$ : nombre de godets pour charger le camion. Il est égale à:

$$m = \frac{G \times K_f}{E \times K_r \times \gamma}.$$

\*  $G$ : capacité du camion, t.

\*  $E$ : capacité du godet de la chargeuse,  $E = 6,9 \text{ m}^3$ .

\*  $K_f$ : coefficient de foisenement des roches,  
 $K_f = 1,35$ .

\*  $K_r$ : coefficient de remplissage du godet,  $K_r = 0,9$ .

On aura:  $m = 3$  godets, d'où:  $t_{ch} = 2,1 \text{ min}$ . La durée d'un cycle est:  $t_{cc} = 9,12 \text{ min}$ , le rendement d'un camion par poste sera donc:  $R_c = 1431,5 \text{ t/poste}$ .

#### 4-7-3 nombre des camions nécessaires:

le nombre des camions nécessaires est déterminé par l'expression suivante:

$$N_c = \frac{A_p}{R_c}.$$

où: -  $A_p$ : production de la carrière par poste,

$A_p = 2712,40 \text{ t/poste}$ .

-  $R_c$ : rendement du camion par poste.

Le calcul nous donne:  $N_c = 2$  camions.

#### 4-8- Principales règles de sécurité et d'hygiène industrielle:

##### 4-8-1- Règles de sécurité à respecter au cours de la réalisation des travaux miniers:

- la hauteur de gradin ne doit pas dépasser 15m.
- l'équipement minier et de transport doivent être situés hors du prisme d'éboulement.
- on laissera des bermes de sécurité et de transport d'une largeur de 10m.
- l'installation de l'engin de forage doit être réalisée de façon que ces chenilles se trouvent hors du prisme d'éboulement.
- pendant le forage de la première rangée des trous de mine l'axe longitudinal de l'engin de forage doit être perpendiculaire à la ligne longitudinale supérieure du bord du gradin.
- le trou de mine réalisé doit être bouché immédiatement après le forage avec un bouchon en bois.

##### 4-8-2- Règles de sécurité lors des travaux de tir:

- Les pancartes et plaques avertissant le personnel des heures exactes de l'exécution du tir et d'interdiction de s'approcher de la zone de tir doivent être suspendues aux approches de cette zone des travaux de tir.
- Les signaux d'avertissement du danger de tir doivent se suivre dans l'ordre suivant:

\* Premier avertissement présentif, long coup. A ce signal toute personne (sauf boute-feux) doit se mettre hors de la zone du danger.

\* Deuxième signal d'attaque (deux coup longs). A ce signal le boute-feu met le feu au cordeau détonant, on met en marche l'exploseur et se met à l'abri lui-même.

\* Troisième signal de fin du denger (trois coups courts). ce signal doit être donné après l'examen du lieu de tir et signifie la fin des travaux de tir.

- Il est interdit d'utiliser des bouchons de trous à l'aide de morceaux de roche.

- Le chantier après le tir doit être soigneusement examiné par un agent de sécurité et boute-feu qui, une fois assurés des mesures de sécurité donnent la permission de continuer les travaux.

Aux cas où on décelera les "refus" de tir, des mesures appropriées suivantes doivent être prises:

\* arrêter tous les travaux aux approches du chantier.

\* répéter le tir (en cas de détérioration du circuit électrique au cours du premier tir).

\* effectuer le tir d'explosif dans le ou les trous forés parallèlement à la ligne du ou des trous l'explosif est raté.

- la réalisation des travaux de tir doit être faite par des personnes qualifiées et formées spécialement, ayant un permis special.

#### 4-8-3 règles de sécurité à respecter lors du transport:

- la pente des pistes à la carrière ne doit pas dépasser 10%.

- les moyens de transport doivent être en bon état.

- avant de mettre en marche chaque camion, le conducteur doit s'assurer de l'absence du danger pour les personnes du voisinage.

- il est interdit d'abandonner les engins dont le moteur est en marche.

- lors des préparations ou des travaux d'entretien les engins doivent être bien freinés.

- il est interdit au personnel de procéder à toute opération sous lame, sous godet ou benne sans prendre de précautions nécessaires.
- à la fin des travaux, les engins miniers doivent être évacués hors du chantier et les organes de travail de ces engins doivent être déposés sur le sol.
- En cas d'incendie, tous les travaux doivent être arrêtés immédiatement (sauf les travaux pour maîtriser l'incendie).

#### 4-8-4 Hygiène industrielle:

- Le personnel de la carrière doit porter des équipements de protection: bottes, gants et lunettes.
- Les travailleurs au milieu poussiéreux doivent être munis de masques individuels.
- Après les tirs, l'accès à la carrière sera permis qu'après le contrôle et abaissement de la teneur en gaz nocifs dans l'atmosphère jusqu'aux limites admissibles.
- Les engins de forage doivent être équipés de capteurs des poussières. Au cours du forage par les marteaux perforateurs on utilisera l'arrosage à l'eau.
- Afin d'abaisser la quantité des poussières formées sur les pistes et les plate-formes on appliquera l'arrosage à l'eau par des camions arroseurs.
- Afin de créer les conditions normales de travail des conducteurs, les cabines doivent être hermétiquement isolées et climatisées.
- Les travailleurs doivent être assurés des services généraux qui renfermeront les locaux suivants:

- \* Vestiaires (vêtements individuels et bleus de travail).
- \* Séchage et dépoussiérage des vêtements.
- \* Douches, toilettes....
- \* Infirmerie (brancards, ambulance, ... etc).

#### 4-9- Processus d'élaboration des matériaux :[6]

- Les matériaux tout-venant de granularité 0/900 sont déversés dans une trémie en béton de capacité 100 T.
- le soutirage est assuré par un distributeur extracteur à tiroir type DET 12.45. L'élimination des matériaux stériles 0/40 se fait grâce à un crible scalpeur à balourds type CSB 1528 R situé en aval du DET 12.45.
- Le CSB ( crible scalpeur à balourd ) 1528R assure également une coupure à 200 mm qui permet d'envoyer le 40/200 directement au préstock en soulageant le concasseur à mâchoires.
- les autres matériaux sont réduits en 0/250 environ lors de leur passage à travers un concasseur à machoires type VB 13.11. Ces matériaux sont ensuite dirigés vers le préstock par le même transporteur que le 40/200.
- sous le préstock sont disposés deux tunnels en béton qui permettent le soutirage des matérieux par l'intermédiaire d'extracteurs électromagnétiques type FM 1235 U.  
le premier tunnel permet le chargement du 0/250 directement sur des camions de transport.  
le second tunnel alimente la suite de l'installation grace à un transporteur à courroie. Sur ce transporteur de métaux permet l'élimination d'imbroyables métalliques éventuels.
- les produit issus de préstock sont ainsi dirigés vers un crible scalpeur équipé pour coupure à 80 mm.
- les matériaux supérieurs à 80 mm sont broyés dans un broyeur à cone qui les réduit à une granulométrié 0/80.

- le reste des matériaux 80 mm sont alors évacués vers un crible vibrant disposant de 3 étages équipés pour coupure à 40,25 et 15 mm.
- le 25/40 en quantité variable est dirigé vers le stock de produit finis.
- le 25/40 en excédent et une partie du 15/25 sont envoyés dans une trémie tampon de capacité de 22 m<sup>3</sup>.
- deux broyeurs à cône permettant la production d'un matériau 0/25.
- cette production ainsi que les matériaux 0/25 issus du crible de dispatching CVB 2245 sont alors dirigés vers 2 cribles vibrants disposant de 4 étages équipés pour coupure à 25 -15-8 et 3 mm: ces cribles sont des cribles de classement.
- les matériaux classés 0/3 - 3/8 - 8/15 - 15/25 sont stockés au sol ou dans trémie de 75 m<sup>3</sup> à l'aide de transporteurs.
- une station de dépoussiérage traite les principaux points émetteurs de poussière (broyeurs, cribles) à partir de reprise sous préstock.
- une armoire électrique assure la mise en marche asservie et la protection de tous les moteurs, le poste primaire pouvant fonctionner indépendamment du poste secondaire.

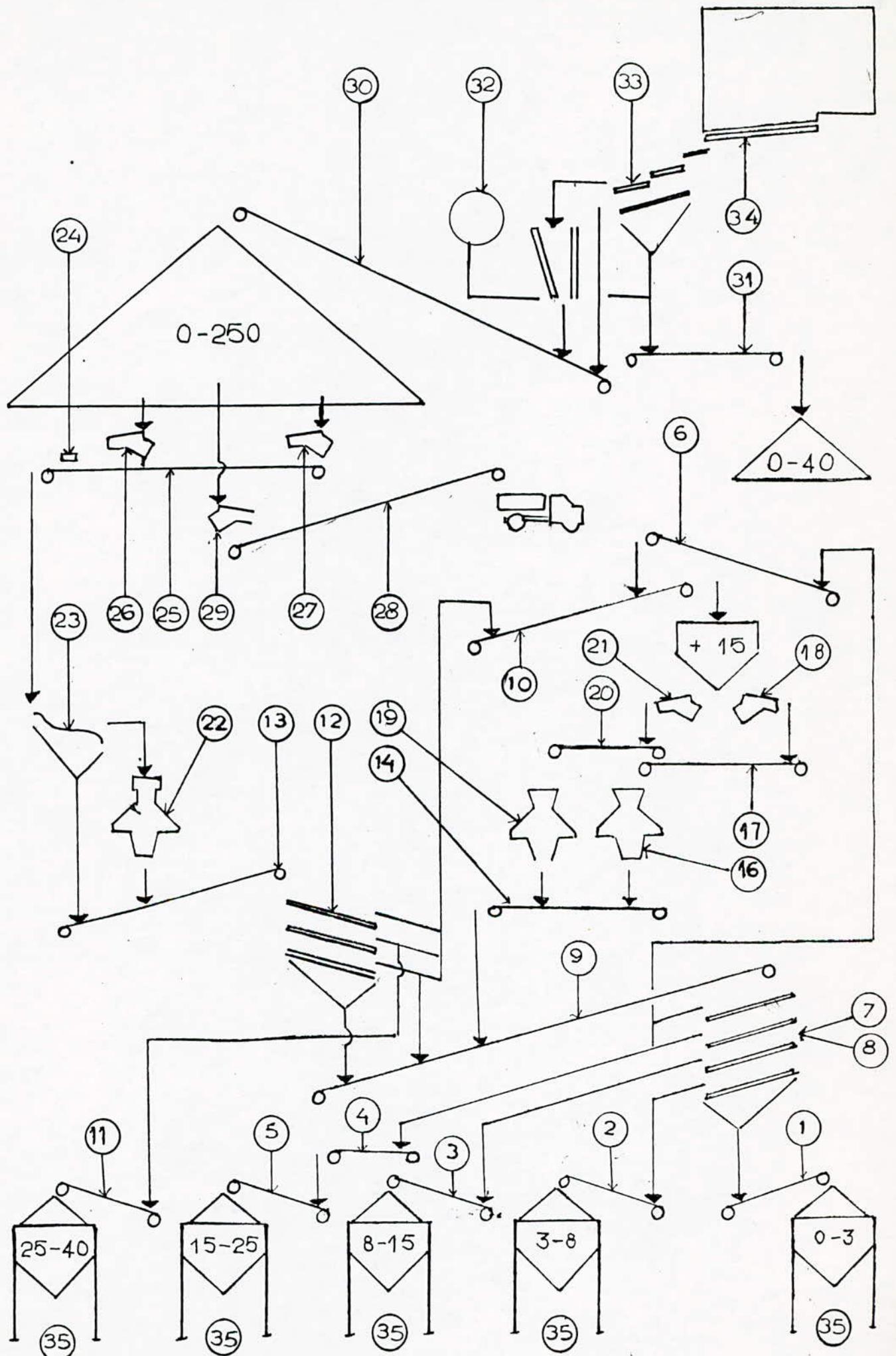


Fig. N° 10: SCHEMA DE CIRCULATION DES MATERIAUX

REPERES	DESIGNATION DU MATERIEL
1	TC.650 × 26.875
2	TC.650 × 26.875
3	TC.650 × 32.670
4	TRCS.06 × 5.800
5	TC.650 × 32.670
6	TC.500 × 14 M
7-8	2 CVB.1845IV
9	TRCF.08 × 31.800
10	TRCS.08 × 19.800
11	TC.650 × 32.670
12	CVB.2245 III
13	TRCS.08 × 24.800
14	TRCS.08 25.800
15-16	BCS.4'1/4 TC.
17	TC.650 × 21 M
18	ALIMENTATEUR FM 824
19	BCS.4'1/4 TC
20	TC.650 × 21 M
21	ALIMENTATEUR FM 824 -TREMIE 22 M <sup>3</sup>
22	BCS.4'1/4 STD.
23	GRIZZLY 42" 5'
14	DETECTEUR DE METAUX "LENOIR "
25	TRCF.10 × 58M
26	ALIMENTATEUR FM 1235 U
27	ALIMENTATEUR FM 1235 U
28	TRCF.08 × 25.800
29	ALIMENTATEUR FM 1235 U
30	TRCF.10 × 83 M
31	TC.650 × 21 M
32	VB.13.11
33	CSB.1528 R
34	DET.12-45
35	5 TREMIES DE 75 M <sup>3</sup>

*CHAPITRE V*  
*CALCUL DU PRIX DE REVIENT*  
*PREVISIONNEL*

## 5- Calcul du prix de revient prévisionnel:

Le prix de revient de la production d'une carrière dépend en premier lieu de la méthode d'exploitation, des dimensions du gisement, des conditions de sa disposition, des modes d'ouverture et de préparation et du volume de production de l'entreprise. [25],[26]

Le prix de revient de la production est le facteur décisif pour l'estimation économique des gisements, pour le choix des variantes lors de l'élaboration des projets des mines, pour la détermination de l'efficacité des investissements et de la rentabilité de l'entreprise. On détermine le prix de revient de production selon les éléments suivants:

- 1- Amortissement de l'investissement.
- 2- Frais d'exploitation.
  - Salaires et charges du personnel.
  - Frais de fourniture.
  - Frais d'entretien.
  - Impôts et taxes.
- 3- Frais divers.

### 5-1- Données de base:

- Production annuelle= 1.000.000tonnes.
- Consommation:

#### 1- Consommation annuelle d'explosifs et accessoires:

D'après le chapitre IV-4-5-2, la consommation de l'explosifs et accessoires par tir est comme suit:

- Marmanit II.....2350 Kg.
- Anfomil.....1675,56 Kg.
- Cordeau détonant.....1140 m.
- Détonateurs électriques instantanés.....1.
- Détonateurs électriques à micro-retard.....2.

Donc la consommation annuelle c'est à dire pour 42 tirs par an est comme suit:

- Marmanit II.....98700Kg.
- Anfomil.....70374 Kg.
- Cordeau détonant.....47880 m.
- Détonateurs électriques instantanés.....42.
- Détonateurs électriques à micro-retard.....84.

2- Consommation en carburant :

Les tableaux N<sup>o</sup>29 et N<sup>o</sup>30 , résument la consommation par poste et la consommation annuelle de chaque engin.

Tableau N 29 : consommation en essence.

Matériel	Consommat/pos te (1)	Nombre	Consommation anuelle [418 postes](1)
Voitures legeres	20	3	25080
Ambulance	20	1	8360
		total	33440

Tableau N 30: consommation en gasoil.

Matériel	Consommation par poste(1)	Nombre	Consommation annuelle[418 postes](1)
I-Matériel du front			
-compresseur I-R	180	2	150480
-Compresseur XA350	90	1	37620
-Bulldozer	404	1	168872
-Chargeuse (Michigan)	538	1	224884
-Camion HD325	450	2	376200
-Camion- citèrne	20	1	8360
-Pompe	20	1	1200
Total 1			967616
III-Matériel soutien			
-Camion SNVI	20	2	16720
II-Matériel au niv.station de concassag			
-Chargeuse ENMTP	100	1	41800
Total général			1026136

### 3- Consommation en électricité:

La consommation en électricité est déterminée par la formule suivante:[24]

$$C = \sum P \times t \times K_1 \times K_2 \times K_3 \text{ [KWh] .}$$

- où:
- $\Sigma P$ : somme des puissances des moteurs, KW.(600 kw)
  - t : durée de travail des moteurs pendant une année de production, h.
  - $K_1$ : coefficient des pertes,  $K_1 = 1,1$ .
  - $K_2$ : coefficient d'utilisation de la puissance des moteurs,  $K_2 = 0,75$ .
  - $K_3$ : coefficient d'utilisation du temps,  $K_3 = 0,85$ .

Soit  $C = 1615680$  KWh.

- Les frais du personnel comprennent les salaires et les charges salariales.
- Les impôts et les taxes comprennent:
  - 1- les droits d'extraction.....12 DA/m<sup>3</sup>.
  - 2- La location des terrains.....1 DA/m<sup>2</sup>/an.

La surface totale de la carrière est égale à 23 hectares.

### 5-2-Calcul du prix de revient:

#### 1-Amortissement des investissements:[6]

L'amortissement des investissements est représenté sur les tableaux suivants:

Tableau N 31:amortissement des investissement.

Désignation	Frais d'achat 10 <sup>3</sup> DA	Nombre			Période dépréciation	Amortiss- ement 10 <sup>3</sup> DA
		Service	Réserve	Total		
I-Matériels du front						
-Chariot I.R	3783	2	1	3	6	1891,5
-Compresseur I.R CM341	2168,4	2	-	2	8	542,1
-Compresseur XA350	2213,6	1	-	1	8	276,70
-Camion HD325	8899,8	2	1	3	8	3337,42
-Chargeuse (Michigan)	8782,8	1	-	1	8	1097,8
-Bulldozer D10	12792	1	-	1	8	1599
-Marteau perf	230	4	-	4	3	306,6
-Camion citèrne	2340	1	-	1	8	292,5
-Pompe	500	1	-	1	10	50
-Citèrne gasoil	238,6	1	-	1	8	29,825
Total I						9423,445
II-Concassage.						
-Station de concassage	60000	1	-	1	12	5000
-Pelle chargeuse	3900	1	-	1	8	487,5
-Installation électrique	22000	1	-	1	20	1100
-Pont bascule	4000	1	-	1	20	200
Total II						6787,5

Tableau N 32: amortissement des investissements  
(frais généraux).

Designation	Depenses (10 <sup>3</sup> DA)	Periode de dépréciation (an)	Amortissement(10 <sup>3</sup> DA/an
Etude et engineering	2500	5	500
Genie civil et batiment	18000	20	900
Frais de premier etabl.	1500	5	300
Transport et montage du conc	5000	12	466,66
Total 1(concassa			2166,66
Travaux préparatoires	1000	20	50
Transport du matériel	5000	12	466,66
Impots et taxes	4500	5	900
Total 2(front)			1416,66
Total 1-2			3583,32

N.B :

1- Etude et engineering:

Il s'agit les frais de Differentes études (levé topographique, études du sols, flow sheet, etude technico-economique...etc):2500.000DA.

2- Genie civil et bâtiments: 18000.000DA.

Cette rubrique porte principalement sur les travaux et fournitures suivantes:

- terrassement généraux.
- travaux de genie civil.
- acquisition des charpentes.

3- Frais de premier établissement: 1500.000DA.

Il s'agit des frais relatifs:

- aux salaires et charges du personnel chargé de la réalisation et du suivi du projet.
- aux fournitures et achats.
- aux installations provisoires (bureau...).

4- Réalisation des routes d'accès, pistes,...: 1000.000DA.

5- Impôts et taxes...: 4500.000DA.

Il s'agit essentiellement des taxes et droits de douanes à prélever du montant imposable des engins et matériel de carrière importés.

6-Investissements totaux du projet :206972200 DA.

\* Financement par l'ENG :116972200 DA.

\* Crédits :90000000 DA.

Intérêts sur les crédits:

- Crédit extérieur: 60000.000DA.
  - Taux d'intérêts: 10%/an.
  - Durée de remboursement: 10ans.

- Crédit intérieur: 30000.000DA.
  - Taux d'intérêts: 16,5%/an.
  - Durée de remboursement: 7ans.

Donc la somme à rembourser pour chaque année est:10950000 DA.

2-Frais d'exploitation :

a-Frais du personnel :

Tableau N 33 :Frais du personnel.

Fonction	Nombre	Salaire brut (DA/mois)	Somme mensuelle (DA)
I-Front de taille			
-Chef du front	2	13500	27000
-Mineur	2	9400	18800
-Foreur	4	9400	37600
-Manoeuvre	4	7000	28000
-Conducteurs engins	8	9800	78400
Total I	20		189800
II-Station de concassage			
-Chef de station	2	11100	22200
-concasseriste	2	9400	18800
-Opérateur machiniste	2	9400	18800
-Manoeuvre	8	7000	56000
-Conducteur de la chageuse	2	17000	17000
Total II	16		132800

Suite du Tableau N 33:

III-Personnel soutien			
A-Entretien			
-Mécanicien	2	9500	19000
-Electromécanicien	2	9800	19600
-Aide-mécanicien	2	8500	17000
-Chauffeurs camions	6	7900	47400
-Chauffeurs voitures	6	7800	46800
-Gardiens	6	7000	42000
B-Administration			
-Chef carrière	2	14500	29000
-Secrétaire	2	9000	18000
-comptable	2	9150	18300
-Magasinier	2	8500	17000
-Chef personnel	2	10000	20000
Total III	34		294100
Total I-II-III	70		616700

Les sommes annuelles des salaires bruts avec les charges salariales (30%) seront comme suit :

1-Personnel du front :2960880 DA

2-Personnel du station du concassage :2071680 DA.

3-Personnel soutien :4587960 DA.

b- Frais de fourniture :

Tableau N 34 :Frais de fourniture.

Désignation des matériaux	Prix unitaire (DA/unité)	Quantité ann. (unité)	Dépenses annuelle (DA)
I-Front du taille			
-GAS-oil	6 DA/l	967616 l	5805696
-Lubrifiant	55 DA/l	8000 l	440000
-Graisse	150DA/kg	100 kg	15000
-Marmanit II	64DA/kg	98700 kg	6316800
-Anfomil	16,9DA/kg	70374 kg	1189320,6
-Cordant dét.	14DA/m	47880 m	670320
-Micro retard	33DA/piece	84 pieces	2772
-Détonateur instantané	27DA/piece	42 pieces	1134
Total I			14441042,6
II- matériel soutien			
-Gas-oil	6 DA/l	16720 l	100320
-Essece	8 DA/l	33440 l	267520
-Graisse	150 DA/KG	50 kg	7500
-Lubrifiant	55 DA/l	2000 /l	110000
Total II			485340
III-Station de concassage			
-Gasoil(pelle)	6 DA/l	41800	250800
-Electricité	1,90 DA/kwh	1615680 kwh	3069792
Total III			3320592
Total général			18246974,6

c- Frais d'entretien :

Les frais d'entretien représentent 10 % du prix de matériels utilisés :

1- Matériel du front (70172200 DA):

$$\text{Fef} = 70172200 \times 10\% = 7017220 \text{ DA/an.}$$

2-Matériel du concassage ( 89900000 DA)

$$\text{Fec} = 89900000 \times 10\% = 8990000 \text{ DA/an.}$$

3-Matériel du soutien (9400000 DA ):

$$\text{Fes} = 9400000 \times 10\% = 940000 \text{ DA/an.}$$

d-Impôts et taxes :

\* Droits d'extraction.....12DA/m<sup>3</sup>.

C'est-à-dire 4,55 DA/tonne.

\* La location des terrains..1 DA/m<sup>2</sup>/an.

Pour 23 hectares, la location sera: 230000 DA/an.

Soit :0,23 DA/tonne.

D'ou la valeur retenue pour les impots et les taxes est de:  
4,78 DA/tonne.

3-Frais divers :

On prévoit des dépenses supplémentaires qui seront estimées à 10% des dépenses totales (95485824,5 DA ).

Donc Fd=95485824,8×10%=9548582,48 DA/an.

Le tableau suivant nous donne le prix de revient prévisionnel total d'une tonne de granulats élaborée et les prix de revient partiels:

Tableau N 35: calcul de prix de revient :

Désignation	Somme (10 <sup>3</sup> DA)	Prix de revient part. (DA/t)	%
I-Front de taille			
1-Amorti			
a-Matériel	9423,41	9,42	10,28
b-Frais génér	1416,66	1,42	1,55
2-Frais du personnel	2960,88	2,96	3,23
3-Frais de fourniture	14441,426	14,44	15,75
4-Frais d'entretien	7017,22	7,02	7,66
Total I	35259,59	35,26	38,48
II-Dépenses de soutien			
1-Amortis.	1746,66	1,75	1,91
2-Frais du personnel	4587,96	4,59	5,01
3-Fourniture	485,34	0,48	0,52
4-Frais d'entretien	940	0,94	1,03
5-Frais divers	9548,58	9,55	10,42
5- impots et Taxes	4780	4,78	5,21
6-Interets	10950	10,95	11,95
Total II	33038,54	33,04	36,05

III-Station de concassage			
1-Amorti.			
a-Matériel	6787,5	6,79	7,41
b-Frais génér	2166,66	2,17	2,36
2-Frais du personnel	2071,68	2,07	2,25
3-Frais de fourniture	3320,59	3,32	3,62
4-Frais d'entretien	8990	8,99	9,81
Total III	23336,43	23,34	25,47
Total général	91634,61	91,63	100

N.B :

Les dépenses de soutien sont réparties comme suit :

- 10% pour le front de taille (3,304 DA/tonne).
- 90% pour la station de concassage (29,736 DA/tonne)

A partir de ces données on peut calculer le prix de revient de la tonne de roches arrivée au concasseur:

$$P1=35,26+3,304=38,564 \text{ DA/tonne.}$$

- D'après le tableau N<sup>o</sup>35, on voit que la plus grande part du prix de revient est celle de l'amortissement et de la fourniture, cela peut s'expliquer par le fait que les investissements et les consommations nécessaires pour la réalisation du projet sont plus élevés.

- De la comparaison entre le prix de revient prévisionnel calculé (91,63 DA/tonne) et le prix de vente d'une tonne de granulats dans le marché qui varié de 180 à 220 DA/tonne, on peut dire que le projet d'exploitation du gisement de Djebel Abiad est très rentable.

## CONCLUSION

### Conclusion :

Le présent projet comporte essentiellement les modalités d'exploitation du gisement de calcaire de Djebel Abiad.

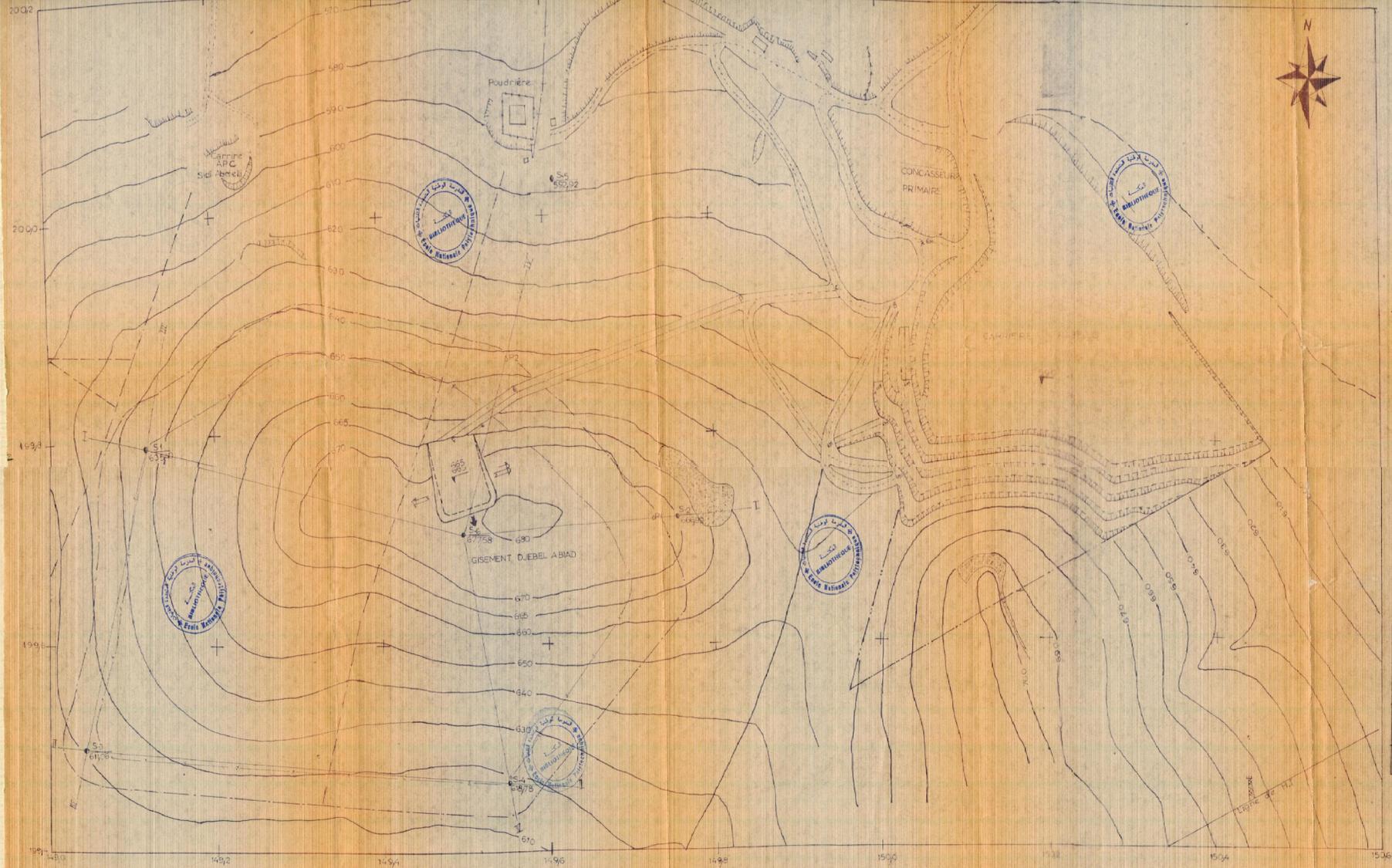
- Sur la base des données géologiques et hydrogéologiques existantes, le projet d'exploitation à ciel ouvert a été réalisé.
- Les résultats de différentes essais montrent que les granulats de Djebel Abiad peuvent être utilisés dans les différents secteurs (construction, ballast ferrovière, hydraulique...).
- Le schéma d'exploitaion que nous avons proposé permet d'extraire à partir de 9 niveaux d'exploitation plus de 50 millions de tonnes de roches massives carbonatées.
- Pour une production annuelle d'un million de tonnes de granulats, la durée de vie de la carrière sera supérieure à 44 ans.
- Les calculs technico-économiques nous ont permis de déterminer:
  - \*Le prix de revient prévisionnel d'une tonne de granulats élaborés à 91,63 DA.
  - \*Le prix de revient de la tonne de roches arrivée au concasseur à 38,564 DA.

## Bibliographie

## Bibliographie :

- [1]- C.N.A.T, Etude de marché sur les granulats. 1992.
- [2]- G.ARQUIE et C.TOURENQ, Granulats. Presse de l'école national des ponts et chaussées (l'ENPC). 1990.
- [3]- P.C.AITCIN, G.Joulicoeur et M.Mercier, "Technologie des granulats". 1<sup>ère</sup> partie. ED.Griffon d'argile.
- [4]- Y.BERTON et P.LEBER, Guide de prospection des matériaux de carrières. B.R.G.M, Manuels et méthodes N°5, 1983.
- [5]- K.FOUIL, Projet d'exploitation de la carrière de granulat de Djebel Bouzegza, mémoire d'ingénieur. ENP Juin 1992.
- [6]- E.N.G, Etude technico-économique du projet de Sidi Abdelli-Tlemcen-1992.
- [7]- A.Tchemiakine, Rapport géologique final du gisement de Djebel Abiad-Tlemcen2-U.R.E.G 1988.
- [8]- D.Achab, Projet d'exploitation Agrégat Sidi Abdelli-Tlemcen (carrière Rabello), U.R.E.G 1992.
- [9]- J.Coustet et G.Sanglerat, cours pratique de mécanique des sols. Tome 1. Dunod 1976.
- [10]- S.Djatouf, projet d'exploitation de la carrière de Ain-Touta (Batna). Mémoire d'ingénieur, ENP 1992.
- [11]- K.Omraci, Exploitation de la carrière de granulats d'El-Madene, mémoire d'ingénieur. ENP 1991.
- [12]- M.Ouadi et I.Assenov, Machines minières -partie 1- "Machines de forage". OPU 1993.
- [13]- V.Kovalenko, N.Ambartsoumian et K.M.Lahmer, "Exploitation des carrières". OPU 1986.
- [14]- A.Komar, Matériaux et éléments de construction. MIR 1989.
- [15]- R.Kara, Plan directeur d'exploitation du gisement d'agrégats de Mlilha (Djelfa). Mémoire d'ingénieur, ENP 1993.
- [16]- B.Boky, Exploitation des mines. MIR 1968.
- [17]- N.Chibka, Exploitation des gisements métallifères. OPU.
- [18]- Revue "Mines et carrières"- Les techniques , "Exploitation à ciel ouvert". 10-1986.

- [19]- Fédération des chambres syndicales des minerais et métaux bruts, "Mines métalliques à ciel ouvert". Mission française aux états unis 1954.
- [20]- Mines et carrières, Les techniques "Tir", Numéro spécial 03-1988 volume 70.
- [21]- Guide technique "Matériel de travaux publics" Ingersol-Rand.
- [22]- ONEX, Guide technique des explosifs et accessoires du tir.
- [23]- Y.Muller, Mines tome 1. Dunod 1964.
- [24]- T.Makhloufi, Influence de la mécanisation sur le prix de revient du calcaire de Meftah. Mémoire d'ingénieur. ENP 1989.
- [25]- D.Merabet et V.Stepanov, "Principes de l'élaboration des projets des mines à ciel ouvert". Partie 1, OPU.
- [26]- G.Temtchenko, "Principes de l'élaboration des projets de mines". Partie 2, OPU.



LEGENDE

- FAUILLE SUPPOSEE
- CONTOUR EXTERIEUR DE LA CARRIERE DE PROJET
- CONTOUR INTERIEUR DE LA CARRIERE DE PROJET
- S1 N° 6357 COTE ABSOLUE DE LA TETE DE SONDAGE, m
- LIGNE DE COUPES GEOLOGIQUES
- AVANCEMENT DU FRONT DE TAILLE
- AVANCEMENT DU FRONT D'ABATTAGE
- PISTE EN PROJET
- T T T T T TALUS
- T T T T T TALUS NATUREL ROCHÉUX
- T T T T T TALUS DE LA CARRIERE



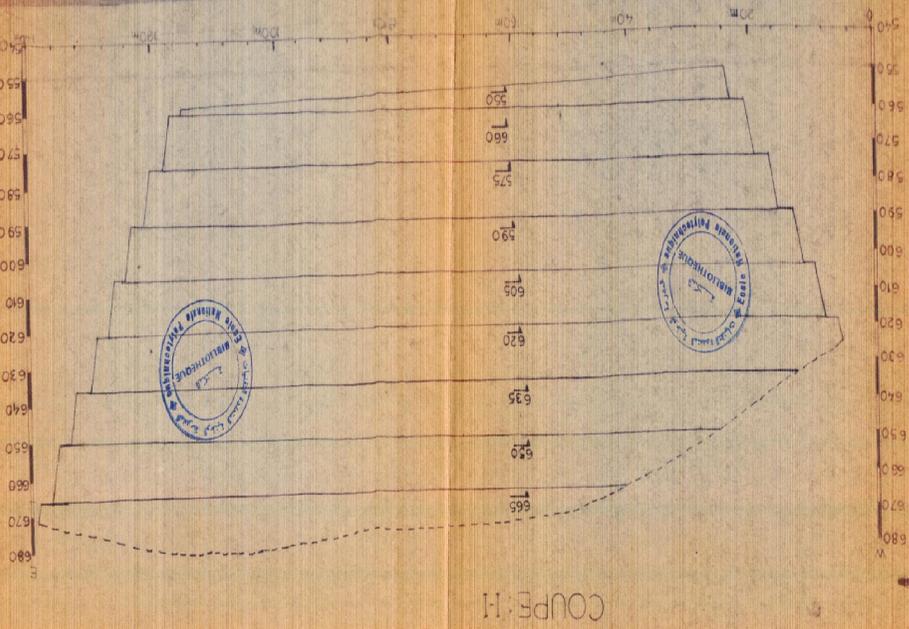
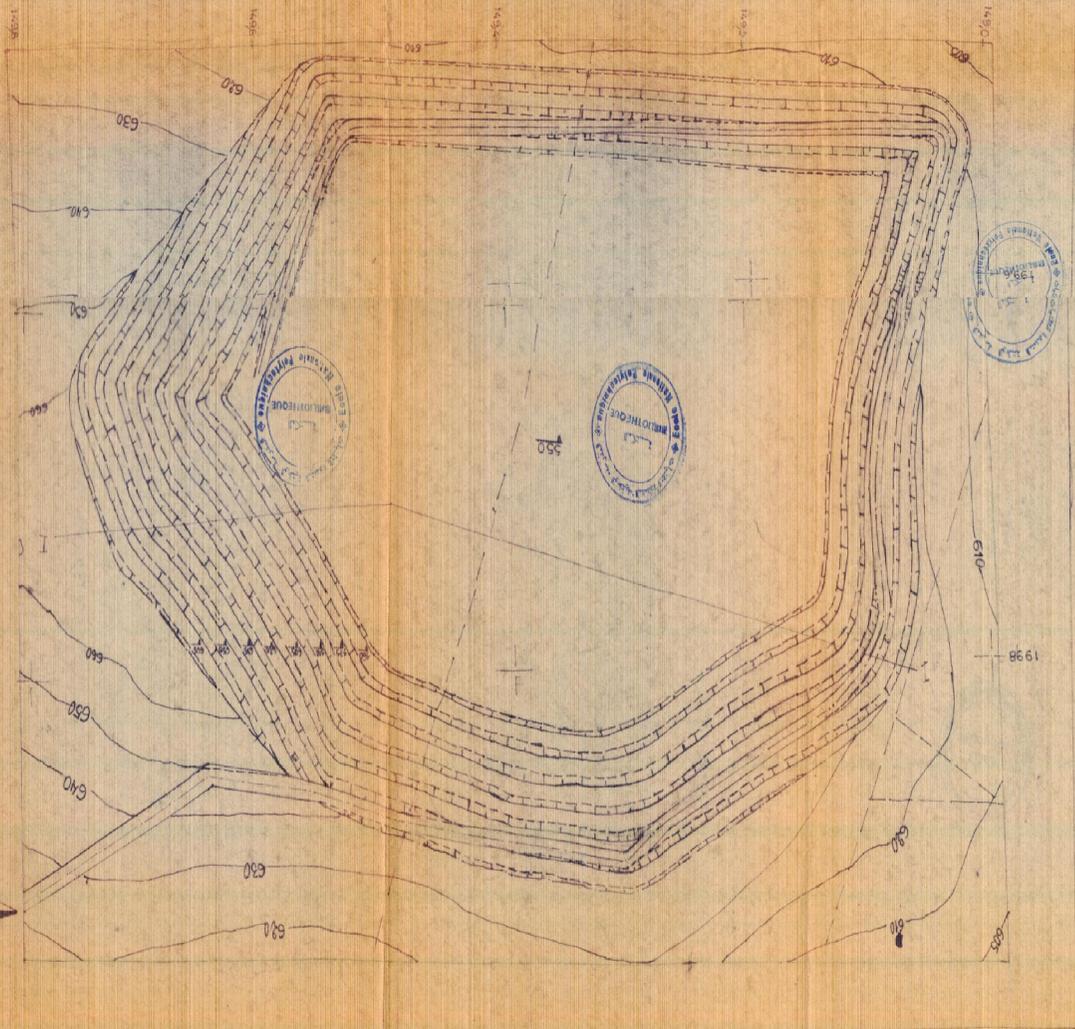
Echelle: 1/2000	ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
Département: Génie minier	Exploitation du gisement de calcine du djebel Abiad (Sidi Abou el Tlemcen)	
Promotion: 94	PLAN TOPOGRAPHIQUE ET OUVERTURE DU GISEMENT	
Dessiné par: M. MERZOUGUI	Contrôlé par: M. SALHI	Plan N°: 1



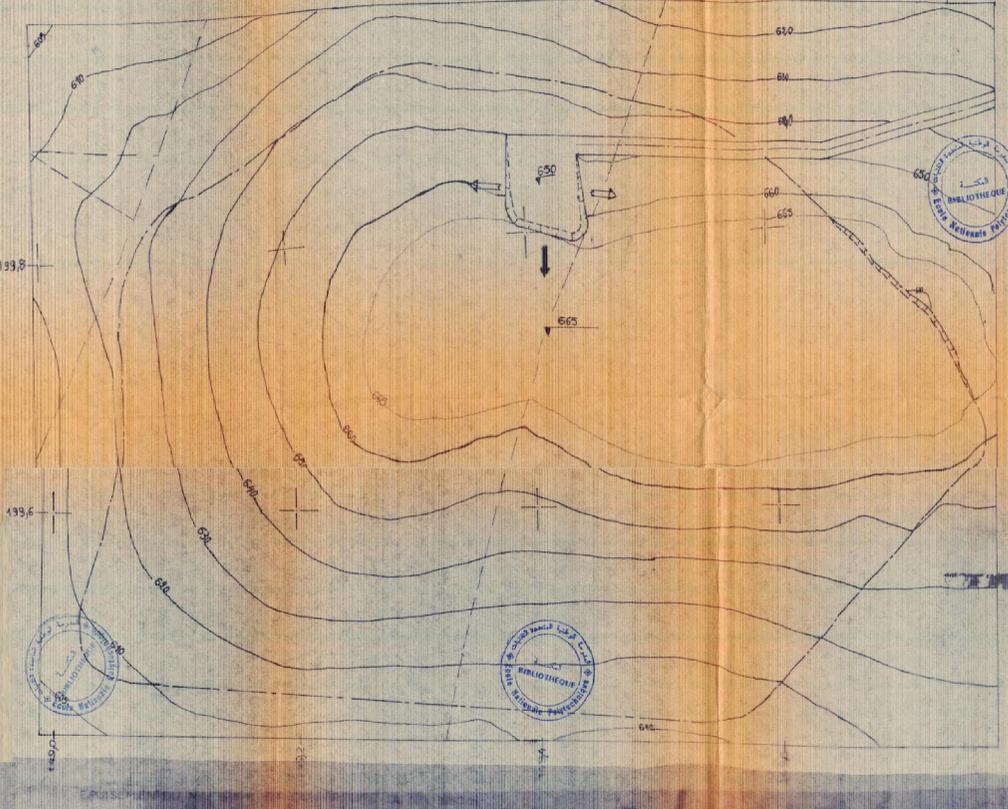
Échelle : 1/2000	École Nationale Polytechnique
Le plan N° 3	Vois légende sur
COUPE H : SÉCHÉ LE VERTICALE 1/1000	
ÉCHELLE HORIZONTALE : 1/1000	
DEPARTEMENT : GIRÈNE MINIER	
ÉPIPLATION DU GISEMENT DE CALCAIRE DU DÉBET ABAD (SIDI ABDELLI TEMCEN)	
PROMOTION : PLAN DE LIQUIDATION DE LA CARRIÈRE	
Contrôle par : M. SAÏHI	
Dessiné par : M. MERZOUGUI	

LEGENDE

VOIS LÉGENDE SUR  
LE PLAN N° 3  
COUPE H :  
SÉCHÉ LE VERTICALE  
1/1000  
ÉCHELLE HORIZONTALE :  
1/1000



COUPE H



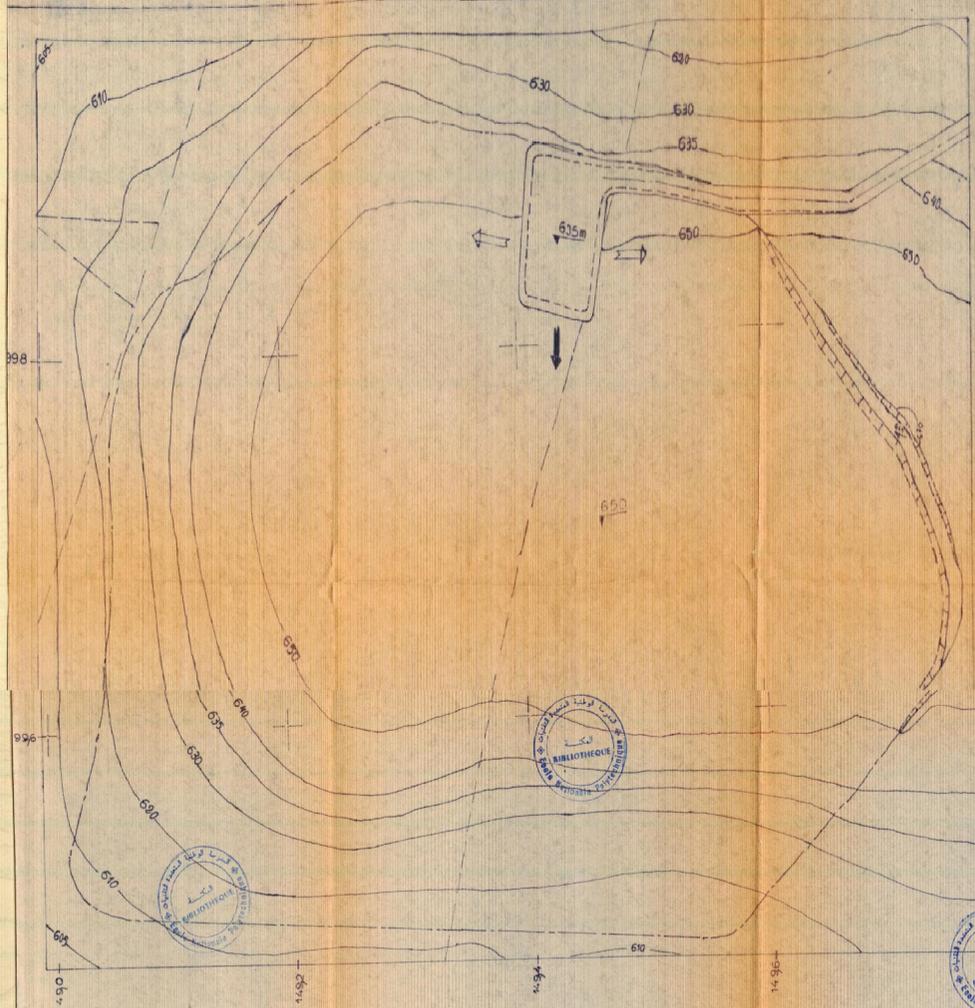
DEVELOPPEMENT DU NIVEAU DE 50m

### LEGENDE

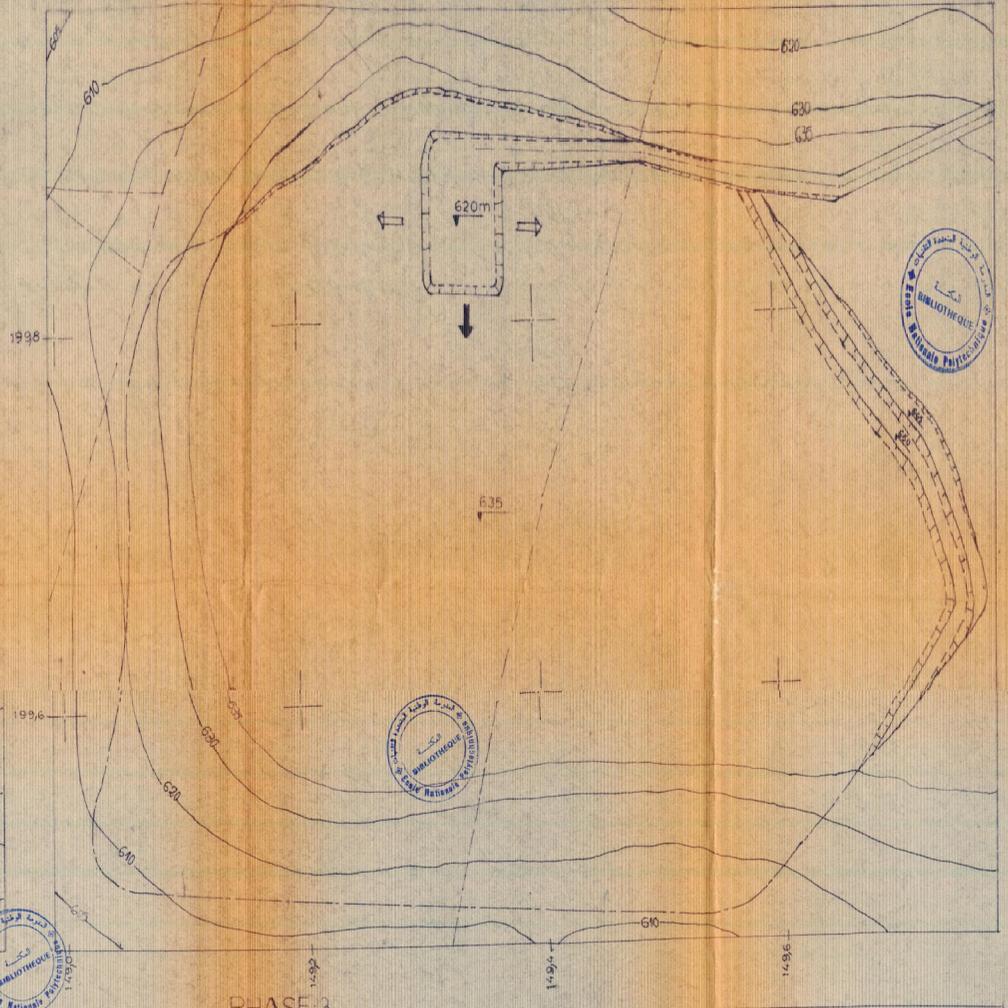
- ⇨ AVANCEMENT DU FRONT DE TAILLE
- ⇩ AVANCEMENT DU FRONT D'ABATTAGE
- PISTE EN PROJET
- TALUS DE LA CARRIERE
- ▽ NIVEAU D'EXPLOITATION
- CONTOUR DU GISEMENT
- FAILLE SUPPOSEE

Echelle : 1/2000	ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
Département : Génie minier	Exploitation du gisement de calcaire du djedel Abiad (Sidi Aoudj-Tlemcen)	
Promotion : 94	PHASES D'EXPLOITATION PHASE 1	
Dessiné par : M. MERZOUCI	Contrôlé par : M. SALHI	Plan N° : 3





PHASE: 2



PHASE 3

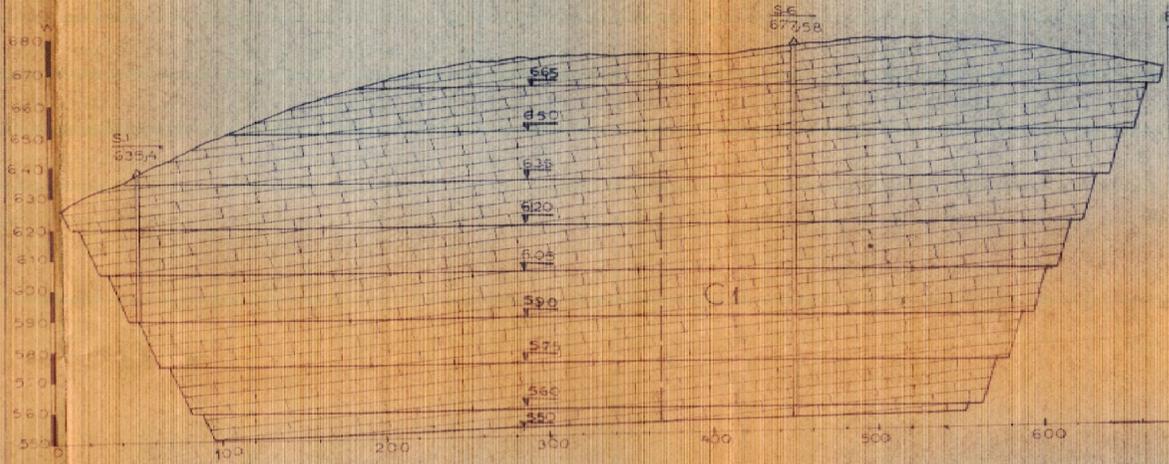
LEGENDE

VOIR LEGENDE SUR LE PLAN N°3

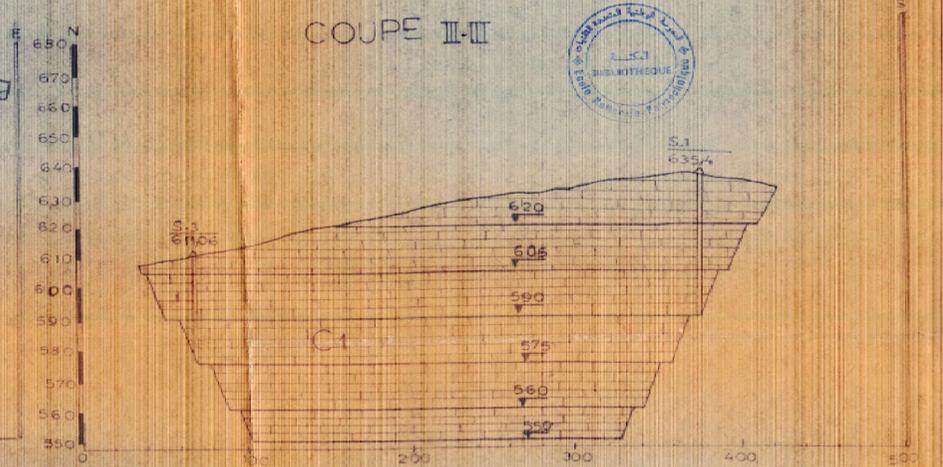


Echelle : 1/2000	ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
Département : Génie minier	Exploitation du gisement de calcaire du djebel Amlad (Sidi Aoudjil Tlemcen)	
Promotion : 94	PHASES D'EXPLOITATION PHASES 1 ET 2	
Dessiné par : M.MERZOUGUI	Contrôlé par : M.SALHI	Plan N°: 4

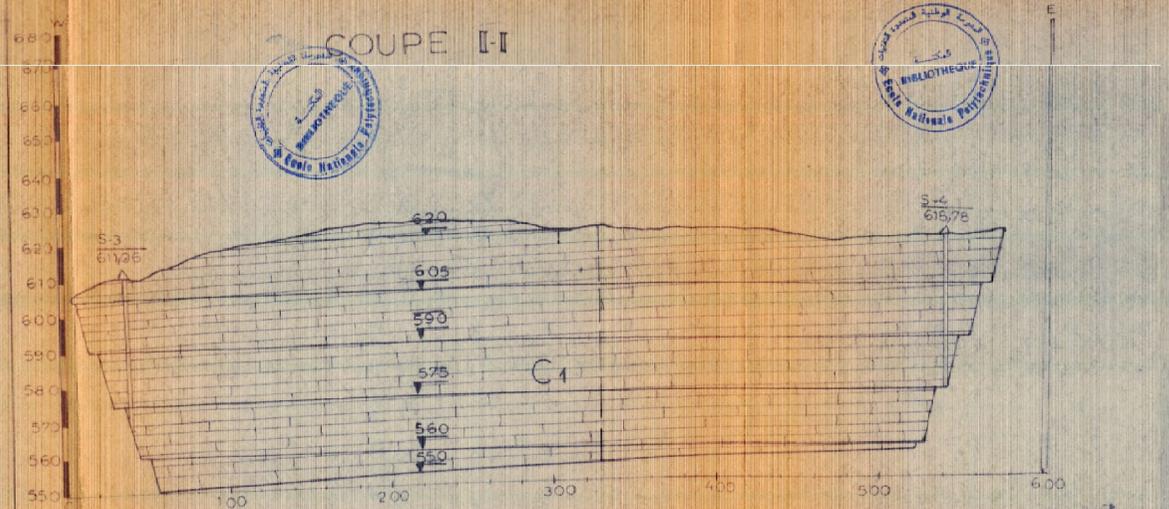
COUPE I-I



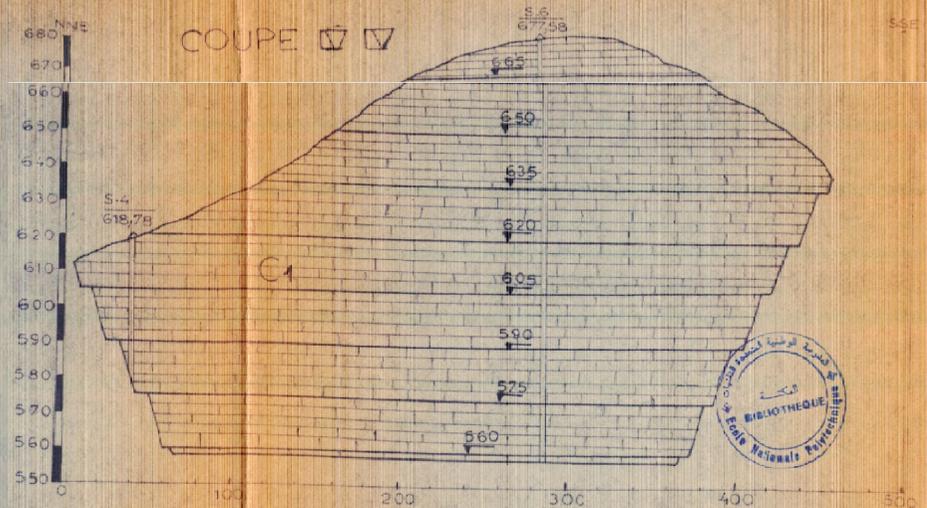
COUPE II-III



COUPE I-I



COUPE III-III



LEGENDE

- ▼ NIVEAU D'EXPLOITATION
- FALLE SUPPOSE
- ▨ CALCAIRE
- ECH. HORIZONTALE : 1/2000
- ECH. VERTICALE : 1/1000

Echelle : 1/2000	ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
Département : Génie minier	Exploitation du gisement de calcaire du djebel ABIAD (Sidi Abdell. - Tiemcen)	
Promotion : 94	COUPES D'EXPLOITATION	
Dessiné par : M. MERZOUGUI	Contrôlé par : M. SALHI	Plan N° : 2