

6/88

LEX

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE ENP

DEPARTEMENT MINES ET METALLURGIE

المركز الوطني للتميز التعليمي  
BIBLIOTHEQUE - المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

# PROJET DE FIN D'ÉTUDES

## SUJET

ELABORATION DE LA TECHNOLOGIE D'EXPLOITATION

DANS LA CARRIÈRE DE CALCAIRE DE

MEFTAH W. BLIDA

Proposé par :

Étudié par :

Dirigé par :

D<sup>r</sup> S. WENDA

LACHKHEM YAHIA

D<sup>r</sup> S. WENDA

PROMOTION : Janvier 88



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ .

رهري .

إلى :- الوالدين الكريين  
- إخوتي وأخواتي  
- كافة الأصدقاء  
- كافة الأقارب  
- كل من هو عزيز عليّ

رهري هذا العمل المتواضع  
راجيا من المولى عز وجل  
التوفيق للعمل الصالح الذي  
يرضاه .

يجي لشخص

\* R E M E R C I M E N T S \*

Je tiens à remercier et exprimer ma profonde gratitude à:

M<sup>er</sup> WENDA chargé de cours à l'ENPA pour ses aides et orientations précieuses qu'il n'a cessé de me les présenter le long de la préparation de notre mémoire.

\*M<sup>er</sup> SAADA chef département Mines et Métallurgie pour ses aides administratives .

\* Personnel de la cimenterie de Méftah qui se sont montrés très coopératifs .

LACHKEOY YALLA

L. YALLA

== / O M M A I R E ==

- INTRODUCTION :
- CHAPITRE I : Géologie de la région de Méftah ..... 3
  - 1 - Introduction
  - 2 - Les régions de calcaire et d'argile
  - 3 - Méthode de calcul et sommaire des réserves (calcaire)
  - 4 - Minerais auxilliaires.
- CHAPITRE II : Pétrographie et sondage ..... 13
  - 1 - Généralités
  - 2 - Propriétés mécanique et physico chimique
  - 3 - Sondage.
- CHAPITRE III : LES explosifs ..... 26
  - 1- Généralités
  - 2 - Propriétés et essais
  - 3 - Classification
  - 4 - Composition chimique des dynamites et explosifs nitrates.
- CHAPITRE IV) / Abattage ..... 38
  - 1 - Généralités
  - 2 - Consommation des trous de mine
  - 3 - Application numérique à la consommation
  - 4 - Formation.
- CHAPITRE V : Transport ..... 55
  - 1 - Généralités
  - 2 - Transport par camions
  - 3 - Rôle des bulldozers
  - 4 - Les chargeuses
  - 5 - Transport par convoyeurs.

- Conclusion

## I N T R O D U C T I O N

L'entreprise des ciments et divers du centre (ERCC) ex SNMC, dans le cadre du plan quadrénéal a entrepris à la construction d'une cimenterie répondant aux besoins croissants en matière de ciment .

La cimenterie est située à 26 Km au sud-Est d'Alger près de la ville de Méftah .

Une étude géologique établie par la compagnie canadienne WATTS ,GRIFFIS and McOUAT LTD de Toronto a permis de localiser les matériaux bruts nécessaires à la cimenterie .

Les deux principaux matériaux bruts sont le calcaire et l'argile.

Le calcaire exploité actuellement dans la région (1), et l'argile dans la région (5) .

On s'est contenté dans notre étude de présenter ou établir les étapes d'exploitation du calcaire de la région (1).

Ce mode d'exploitation comme on le sait certains avantages par rapport à une exploitation souterraine que nous citons les principaux d'entre eux:

\* L'extraction à ciel ouvert permet le plus souvent une sélectivité et surtout un taux de défrêtement plus grand que l'exploitation souterraine .

\*A capacité égale, un projet d'exploitation à ciel ouvert peut généralement démarer plus rapidement à moindre coût qu'un projet d'exploitation souterraine.

## Présentation de la carrière de calcaire de Méftah .

Dans la carrière de calcaire de Méftah qui se situe à 26 Km au sud-est d'Alger, on travaille 23 jours ouvrables par mois, avec 2 postes par jour:

1<sup>er</sup> Poste : de 5<sup>h</sup> à 13<sup>h</sup>

2<sup>ème</sup> Poste: de 13<sup>h</sup> à 21<sup>h</sup>

La production journalière en calcaire :

5000 t/jour ----- 2500 t/~~jour~~<sup>poste</sup>

Débit : 312,5 t/heure

Avancement annuel des travaux : 20 m/ans

La carrière est constituée par quatre (4) <sup>gradins</sup> si on inclue le dernier en haut de la colline .

1<sup>er</sup> Gradin : sur la côte 170  
hauteur 18m

2<sup>ème</sup> Gradin : sur la côte 180  
hauteur: 15m

3<sup>ème</sup> Gradin : sur la côte 200  
hauteur 18m

4<sup>ème</sup> Gradin : sur la côte 210  
hauteur 15m

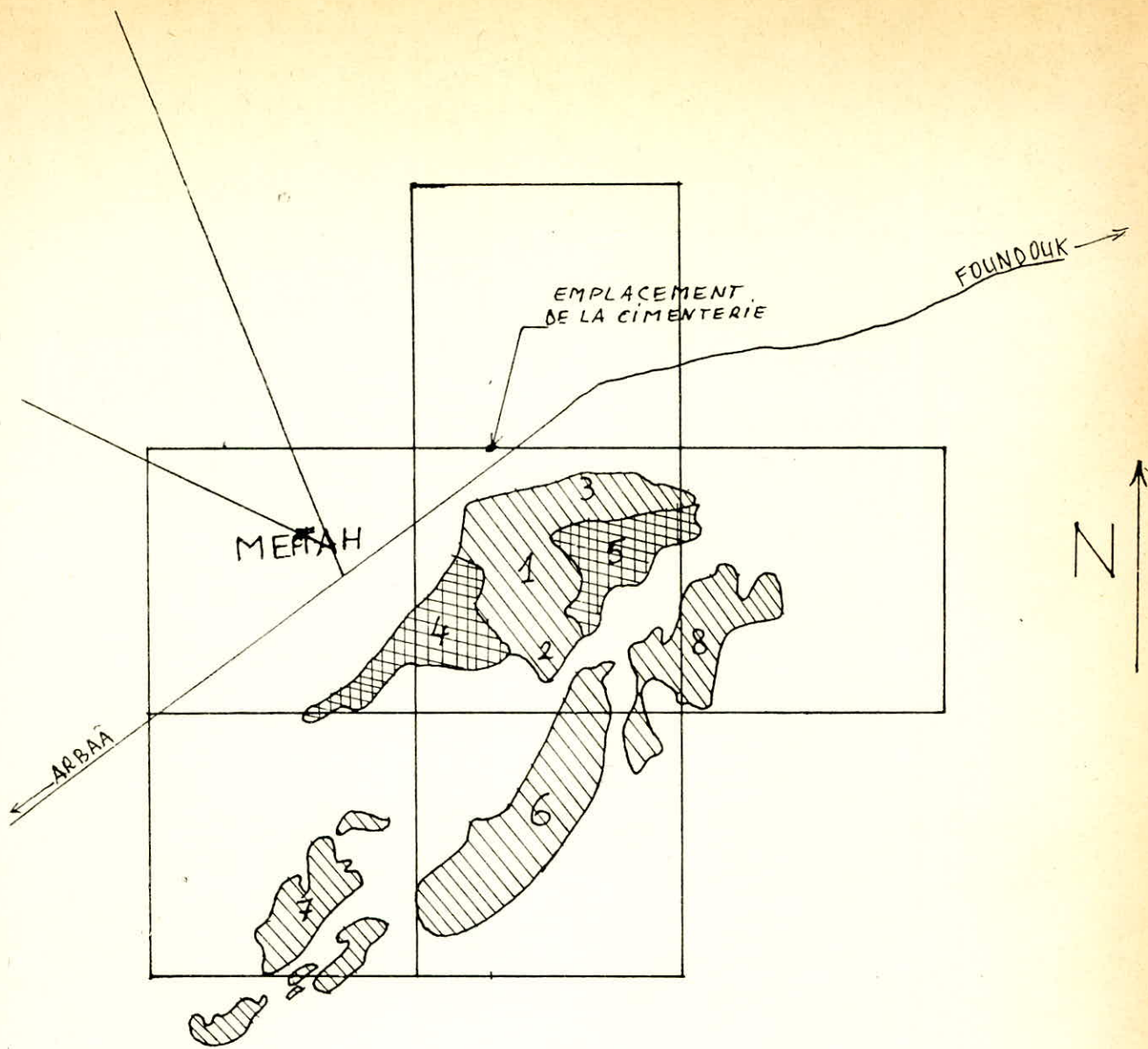
La largeur moyenne de la piste du gradin est de 35m

La profondeur moyenne de la carrière est de 70m

## Atelier de réparation et maintenance .

Au sein de la carrière on dispose d'un atelier de réparation dirigé par un personnel hautement qualifié , et un autre atelier de vulcanisation et changement des pneus .

La carrière dispose également de 2 réservoirs de gas-oil avec capacité de 24 m<sup>3</sup> chacun .



LÉGENDE GÉOLOGIQUE

 CALCAIRE

 ARGILE

WATTS GRIFFS and McOYAT LIMITED
CIMENTERIE DE MEFTAH
CARTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE
ECHELLE 1:50,000



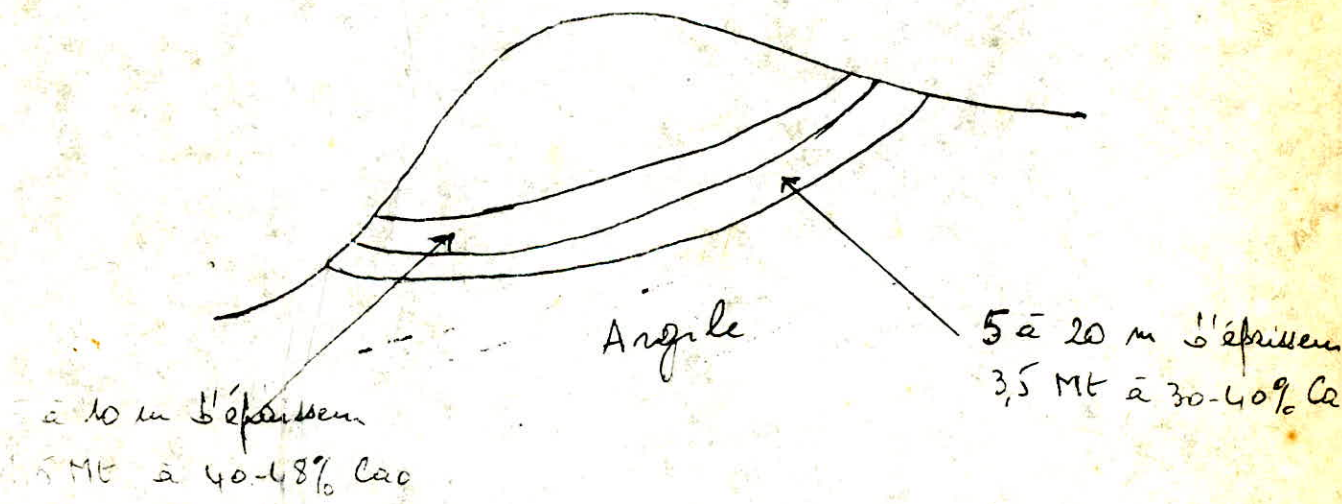
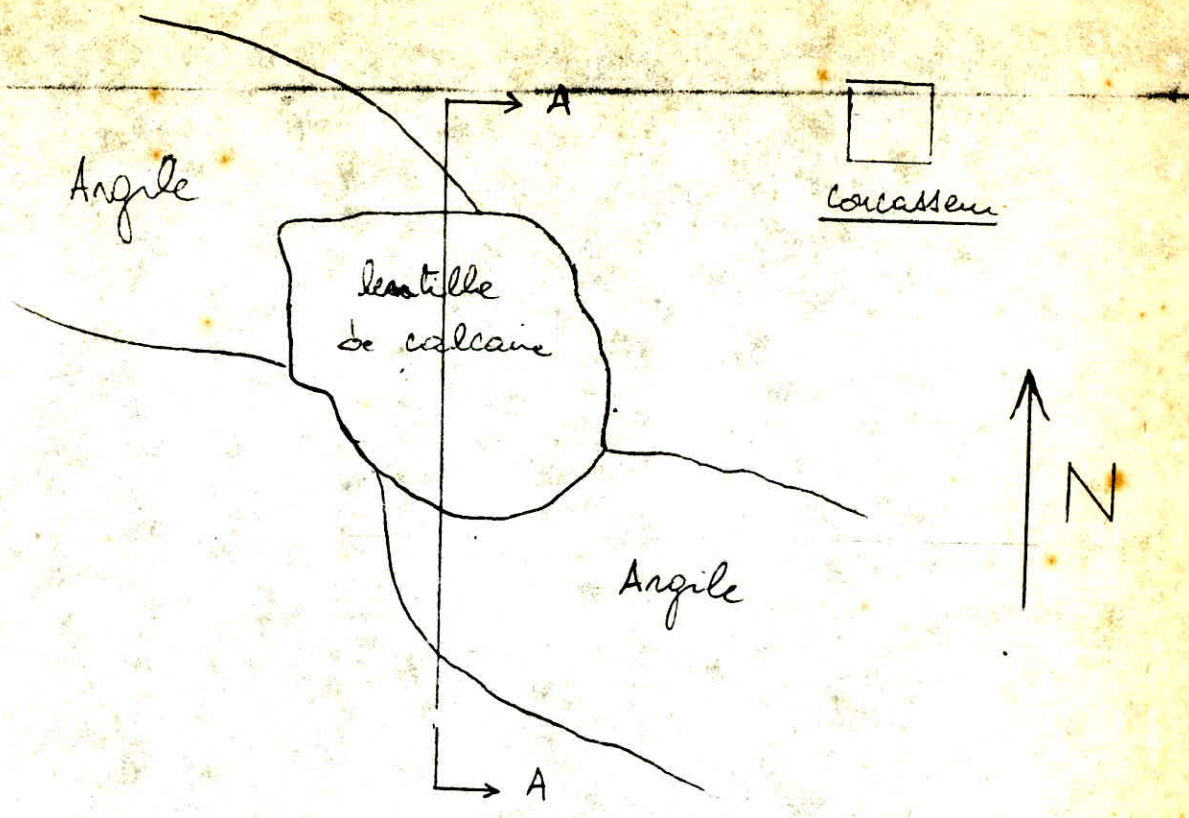


Schéma-plan et coupe type de la  
lentille de calcaire

## CHAPITRE I : GEOLOGIE DE LA REGION DE MEFTAH

### 1 - INTRODUCTION :

Meftah est situé à la base de Djebel Zerouala, aux pieds des montagnes Atlas, au nord de l'Algérie.

Au nord de Meftah s'étend la fertile plaine de Mitidja.

La région possède une structure géologique complexe telle que suggère les nombreuses discordances, et les structures de plissage qui, se trouvent dans la séquence géologique.

Le calcaire de haute qualité est bien exposé avec des falaises proéminentes, de couleur grise à la surface il devient blanc où jaune crème sous la surface.

Le calcaire est généralement cristallin où granuleux d'une dureté variable.

Le calcaire cristallin est le plus dur, mais passerait rarement le chiffre (3) sur l'échelle de dureté de MOHS le calcaire de qualité inférieure où silicieux n'est pas aussi bien exposé que le calcaire de haute qualité parcequ'il a tendance à s'user plus facilement par les intempéries et il est aussi souvent couvert par les éboulis du calcaire pur.

L'eau qui circule sous la terre a dissout le calcaire, en particulier le calcaire de qualité inférieure, formant des cavités et des grottes, dont quelques unes sont couvertes, les autres sont remplies d'argile.

.../...

Trois catégories de calcaire ont été sélectionnées, pour calculer les réserves de minerai suivant le contenu d'oxyde de calcium (cao)

- 3 C ..... calcaire contenant plus de 48 % de Cao
- 3 B ..... " " entre 40 et 48 % de Cao
- 3 A ..... " " moins de 40 % de Cao

Les régions d'intérêt ont été numérotées de 1 à 8 afin de mieux les identifier.

I-2 Les régions de calcaire et d'argile

I-2-2 La région - 1 - Calcaire

L'épaisseur maximum de la formation de calcaire se trouve au centre du gisement où elle est de 80 Mètres.

Un certain nombre de failles existent dans cette région le pendage général du calcaire serait vers le nord, la limite de la réserve de minerai a comme fonction de délimiter une zone contenant du calcaire pouvant être extrait d'une façon économique.

On n'oublie pas de noter que tout le calcaire de la région(1) se trouvait sur une couche d'argile.

Les tonnages éprouvés pour les trois qualités de calcaire sont :

QUALITE	TONNAGE (t)
3 C	30,997,000
3 B	1,444,000
3 A	3,464,000

.../...

I-2-2 Région - 2 - CALCAIRE :

Des examens détaillés de la surface ont révélé par la suite qu'il était peu probable que le calcaire de cette région atteigne une épaisseur de 10 mètres, il s'ensuit donc que la région ne présente pas d'intérêt économique.

I-2-3 Région -3- calcaire :

Le minerai exploitable de cette région est très limité, dans ce cas il avait été décidé de quitter cette zone pour se rendre à la région ( 1 ).

Il est possible que ce restant ait été séparé dans une certaine mesure d'une masse importante de calcaire à la suite d'une faille.

Aucun tonnage important ne devait se trouver dans cette région bien que de faibles tonnages puissent être obtenus si on exploite le calcaire laissé.

I-2-4 Région - 4 - Argile :

La région ( 4 ) est située directement au sud de la ville de Meftah et renferme une carrière d'argile pour la cimenterie actuelle, cette carrière peut seulement être exploitée pendant la saison sèche vue les problèmes de déplacement que peut causer la moindre humidité et, ce sera encore pire dans la saison des pluies.

Les matériaux sont d'une nature identique à ce que l'on retrouve dans la région ( 5 ).

Aucun forage n'a été effectué dans la région (4), mais on peut dire qu'on peut trouver une quantité équivalente d'argile à ce que l'on avait trouvé dans la région (5).

.../...

.../...

1-2-5 Région - 5 - Argile

Cette région est située directement au sud de la cimenterie

Composition chimique de l'argile

	Minimum	Maximum
CaO	6,0 %	11 %
MgO	1,0 %	3 %
SiO <sub>2</sub>	46,0 %	53,0 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,0 %	16,0 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,5 %	7,5 %

Réserves d'argile dans le région (5)

Volume	-	11,031,250 M3			
Tonnage	-	25,362,000 tonnes	- densité	2,3 T/M3	
	-	26,475,000 "	-	"	2,4 "
	-	27,578,000 "	-	"	2,5 "

.../...

.../...

I-2-6 Région - 6 - Calcaire

Elle est située sur la crête de la première chaîne de montagnes au sud de la ville de Meftah et elle se trouve à une altitude de 300 à 400 M au dessus de cette ville.

Le calcaire de la région 6 est un calcaire d'une pureté très grande. Il diffère de celui de la région (1), il ya beaucoup moins de matériaux classés en tant que calcaire impur, le calcaire de la région (1) a une teneur en Cao moins de 48 %.

L'analyse chimique sur les échantillons provenant de cette région permet d'établir les limites suivantes sur la composition chimique :

Cao	Minimum	48 %
Mgo	Maximum	0,5 %
Sio <sub>2</sub>	Maximum	6,0 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Maximum	2 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	"	1,3 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Moyenne	0,2 %
Ti O <sub>2</sub>	"	0,2 %

Les calculs du tonnage définitif ont donné des quantités de calcaire de haute pureté

Qualité	tonnage (t)
3 C	45,824,000
3 B	499,000
3 A	653,000

.../...

.../...

I-2-7 Région - 7 - Calcaire :

A l'ouest de la région (6) se trouve une zone de calcaire qui est divisée en nombreux blocs, il n'y a aucun doute que cette région était autrefois reliée à la région (6).

Suite à l'étude géologique de la région, on s'est rendu compte que l'on ne pouvait pas s'attendre à découvrir dans cette région de sources importantes de calcaire.

Calcaire retrouvé du type 3A (moins de 40 % de Cao), en plus d'autres problèmes se posaient pour l'exploitation, des bâtiments se trouvent dans cette région.

I-2-8 Région - 8 - Calcaire :

L'accès à la région (8) est probablement le plus difficile, cette région est située à 2 km sud-Est de la carrière actuelle.

Une faille importante se dirigeant vers le nord-Est a tendance de diviser cette région en deux zones.

Vers le nord le calcaire a une épaisseur de 15 à 40 mètres alors que vers le sud, cette épaisseur n'est pas très importante et présente donc moins d'intérêt.

L'analyse a démontré que le calcaire de la région (8) est d'une qualité bien meilleure que ceux de certaines autres régions, cela est dû à sa couleur qui est plus foncée.

.../...

.../...

Les analyse du calcaire (8) ont donné les caractéristiques chimiques suivantes :

Cao	Minimum	48 %
Mgo	Maximum	0,5 %
Si O <sub>2</sub>	"	3 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	"	2,5 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	"	1,5 %

Les calculs de tonnage :

Quantité	Tonnage (t)
3 C	6,960,000
3 B	1,996,000
3 A	1,540,000



.../...

I-3 Méthode de calcul et sommaire des réserves (calcaire) :

Les gisements de calcaire dans la zone de Meftah ne sont pas des gisements complexes du point de vue de leur structure ou leur composition chimique.

Le problème de calcul de réserves de minerai repose sur le choix de la méthode qui convient le mieux au calcul des volumes pour des formes relativement simples.

Des sections ont été établies à intervalles réguliers dans les régions 1, 6 et 8 où on a placé les renseignements géologiques indiqués dans la cartographie de la surface.

Les trous de forage ont été indiqués sur la section la plus proche de leur emplacement.

Les composés ont été faits si une série de résultats d'échantillonnage se trouvait dans la même catégorie de teneur (3A, 3B, ou 3C).

On a effectué l'interprétation des tendances géologiques et des teneurs entre les sections en gardant à l'esprit plusieurs facteurs :

- L'emplacement des trous de forage par rapport aux diverses sections.
- Les pentages mesurés de la formation.
- La distance entre les sections.
- Les connaissances détaillées de la région.

Après l'interprétation géologique et l'emplacement des points de contact entre les diverses qualités de calcaire et entre le calcaire et la formation sous-jacente.

On a placé des limites sur la largeur minimum du calcaire de haute qualité (3C).

La largeur exploitable ne se trouve pas et en aucun cas dans une zone où le calcaire de haute pureté a moins de 10 mètres d'épaisseur.

.../...

.../...

Pour déterminer une zone de matériaux exploitables sur chaque section verticales, on a superposé sur chaque section une grille de lignes horizontales à intervalle verticaux de cinq (05) mètres, on a mesuré la longueur de chaque tranche horizontale de cinq (05) mètres se trouvent à l'intérieur des limites de chaque qualité de calcaire.

Ces tranches horizontales ont été prolongées aussi longtemps que l'épaisseur complète de cinq (05) mètres soit atteinte.

La somme de ces tranches horizontales donne la zone de la section considérée. Les zones de sections ont été prolongées jusqu'à la moitié de la section suivante :

- dans la région 1 était de 50 mètres
- " les régions 6 et 8, de 100 mètres.

Des tests ont été entrepris pour déterminer la densité du calcaire lesquels ont donnés des indices entre 2,45 et 2,60, on a utilisé le chiffre 2,5 T/M<sup>3</sup> pour convertir tous les volumes en tonnage.

Une réduction de 10 % de ce tonnage a été effectuée pour les raisons suivantes :

- pour tenir compte du faible mort terrain (0 à 2 Mètres)
- " " " du fait que les opérations d'extraction ne se rendront probablement pas tout à fait au fond de chaque secteur de qualité.

#### I - 4 MINERAIS AUXILAIRES

##### 1-4-1 G y p s e :

On prévoit que la cimenterie exigera une quantité de gypse qui s'élève à 5 % de la production du ciment soit une demande annuelle de 50,000 tonnes.

Le gypse est ajouté au ciment non broyé au titre d'agent renforçant et retardant.

La teneur en  $SO_3$  devrait dépasser 40 %.

La majorité des gisements sont malheureusement situés dans des régions d'accès relativement difficile.

Les ressources potentielles de gypse pour Meftah proviennent des gisements de Taihi (Médéa) et un autre gisement situé à mi-chemin de Chelef et de Tenes.

Les analyses chimique révèlent une composition importante : on trouve :  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ , et  $S_3$ .

.../...

1-4-2 Minerai de fer

Le minerai de fer dont la cimenterie de Meftah aurait besoin est peu important par rapport aux autres matériaux qui lui sont nécessaires.

Le Minerai de fer est en provenance des gisements de l'Ouenza il est porté voie maritime en première étape. de Skikda à Ténés et en seconde étape par voie routière, par camions.

I-4-3 S I L I C E :

La ressource de silice nécessaire pour la cimenterie devrait être à grains fins.

La teneur en silice devrait être aussi importante que possible avec un minimum d'impuretés tel que le chlore (cl), et il serait préférable que la silice soit le résultat de la présence d'un minéral que le quartz.

Les différentes sources ont été classées en trois catégories principales.

- La durés de sable près de la côte méditerranéenne ( Réghaïa, Ain Taya ...)
- gisements à haute teneur en silice Bougara (Hamame Melouane)
- gisements dans l'ouest d'Algérie ( au sud et à l'Est de Mostaganem)  
avantage : silice sans quartz.

Naturelement on n'oublie pas de citer les sables du sahara (sud Algerien), mais malheureusement, le Sahara est assez éloigné de Meftah, et les frais de transport seraient très élevés.

L'usine de Meftah peut accepter une source de silice contenant 75 % de Si O<sub>2</sub>.

## CHAPITRE II : PETROGRAPHIE ET SONDAGE :

### II-1 Généralités

#### Roches sédimentaires :

La formation des roches sédimentaires a des origines distincts, pour cela on distingue :

\* Les roches détritiques qui sont engendrées par action mécanique après fragmentation des roches préexistantes ; les agents naturels (fleuves, mer, glaciers...) arrachent les morceaux, les transportent usent les plus gros et les plus fragiles et finalement déposent le tout sous forme de galets, sable...

\* Les roches d'origine chimiques sont engendrées par dissolution ou par cristallisation par dissolution, les matières solubles sont entraînées. Laissant une roche résiduelle insoluble par dissolution, si les matières en solution se déposent en milieu liquide, elles engendrent des roches continues sur des grands espaces.

Si elles se déposent à l'intérieur même des roches tantôt elles les modifient dans leur totalité tantôt elles se concentrent en points privilégiés

\* Les roches d'origine organique.  
Sont engendrées <sup>par</sup> l'action des êtres vivants, des animaux marins dont les parties dures forment un calcaire (caquille, squelette...) ou les plantes.

#### ROCHES SEDIMENTAIRES CARBONATÉES.

Principalement composées par carbonaté de calcium, magnésium et parfois de fer. Elles se caractérisent par leur effervescence avec les acides, au moins à chaud. Elles sont rayées par un canif, les principaux sont les calcaires.

Les calcaires d'origine organiques sont très variés.

Les calcaires d'origine chimique sont souvent concrétionnés par dépôt dû aux eaux d'infiltration.

## II- 2 Propriétés mécaniques et physico-chimiques :

Les propriétés mécaniques et physico-chimiques des roches sont d'une extrême importance à l'étude des roches. Ces propriétés conditionnent leur évolution dans la nature, et leur utilisation par l'homme.

### II-2 Propriétés physiques :

#### Solubilité dans l'eau :

La grande majorité des roches est soluble dans l'eau, un litre d'eau dissout, à la température ordinaire, en grammes :

- calcaire	0,19 (eau de mer)
	0,014 (eau distillée)
	0,06 (eau douce)

on constate que le calcaire est extrêmement peu soluble dans l'eau distillée.

#### Masse spécifique, densité apparente, porosité :

La masse spécifique  $D$  d'une roche préalablement broyée pour supprimer les vides et desséchée est déterminée à l'aide d'une balance ou de densimètres.

La densité apparente  $d$ , pores et vides compris, c'est la masse de 1 dm<sup>3</sup> taillé dans la roche en place.

Porosité, ou volume des vides contenues dans l'unité de volume, exprimé en %

$$100 \left\{ 1 - \frac{d}{D} \right\} \%$$

#### Perméabilité :

La circulation de l'eau dans les pores des roches est régie par la loi de Darcy  $q = K \frac{h}{e}$

$q$  : le débit à travers l'unité de surface (cm / s)

$h$  : hauteur de la colonne d'eau

$e$  : épaisseur de la couche filtrante

$k$  : coefficient de perméabilité .

(0,7 - 120)  $10^{-9}$  cm/s pour échantillon sans fissures

pour massif avec fissures (largeur de fissure = 4 mm)

$$q = 5 \text{ cm/s}$$

## II-2-2 Propriétés mécaniques :

### Compressibilité :

La variation du volume ( $dV$ ) à la variation de la pression ( $dP$ ) est proportionnelle au volume initial  $V_0$  et au coefficient de compressibilité  $\beta$

$$\frac{dV}{dP} = -V_0 \beta \quad ; \quad \beta = -\frac{dV}{V_0 dP}$$

Le signe (-) est dû à la diminution du volume.

### Elasticité :

Si on tire une tige prismatique de longueur  $L$  et de section  $S$ , avec une force  $P$ , elle s'allonge d'une longueur  $l = \frac{L.P}{S.E}$

$E$  : module d'YOUNG où module d'élasticité qui augmente avec la pression.

### Résistance à la compression (à l'écrasement) :

Sur un cylindre taillé dans la roche, on applique une force verticale croissante jusqu'à ce que l'échantillon s'écrase. Alors le quotient de la force par la surface représente la résistance à la compression.

### Résistance à la traction :

Au lieu de comprimer le cylindre l'effort au contraire le tend la rupture se produit généralement pour une tension beaucoup plus faible que celle de la compression.

Les informations requises auprès de l'UREG, (l'unité de recherche et étude géologique) Boumerdes, expriment la résistance à la compression et à la traction en (bar)

### Résistance au cisaillement :

Lorsqu'une roche subit une pression normale  $n$  et que par un effort tangentiel ( $S$ ) on imprime à une de ses parties un déplacement relatif ( $d$ ) par rapport au reste, il y a rupture, par cisaillement.

La valeur correspondante à ( $S$ ) est appelée résistance au cisaillement. Elle est liée à ( $n$ ) par la relation :

$$S = C + n \operatorname{tg} \varphi$$

.../...

La vitesse des ondes de compression P exprimée en Km/s pour le calcaire

Min ..... 1,7 Km/s

Max ..... 6,4 Km/s

Dans le tableau suivant on dresse quelques propriétés du calcaire (cas général)

Calcaire	Densité en place ( $\frac{D_p}{D_f}$ )	Volume des vides 100 ( $1 - \frac{D_p}{D_f}$ )	Module de YOUNG en 100KG/MM <sup>2</sup>	Compressibilité en 10 <sup>7</sup> bars réciproque	
				Sous 1 KG/cm <sup>2</sup>	sous 400 KG/cm <sup>2</sup>
- très dur	2,6-2,8	0-4	-	44	-
- dur	2,4-2,6	4-11	19-80	23	21
- demi dur	2,2-2,4	11-19	-	13	-
- tendre	1,7-2,2	19-37	8	-	-
- très T.	1,2-1,8	33-55	-	-	-

- Quelques propriétés physiques et mécaniques du calcaire de Meftah recueillies auprès de l'UREG (Boumerdes)

Calcaire	Densité en place D <sub>p</sub>	Densité foisonnée D <sub>f</sub>	résistance à la compression (bar)	résistance la traction (bar)	Po (m/s)	Sio <sub>2</sub> %
- dur	2,70	-	1800	-	-	-
- assez dur	2,50	1,45	500 à 800	28	4500	4
- marneux	2,2 à 2,60	1,90	-	-	200 à 4000	-
- argileux	2,50	1,50	1800	-	-	-
- marneux argileux	2,40 à 2,60	1,20 à 1,30	-	-	-	4 à 7,5

Po : propagation des ondes (vitesse sismique)

Sio<sub>2</sub> % : teneur en silice

M<sub>2</sub>o % : Humidité pour le calcaire :

- assez dur ..... 5 %

- Marneux argileux ..... 4 à 7,5 %.

.../...

## La fissurité

Sa connaissance permet de choisir la méthode d'exploitation la plus rationnelle, et de résoudre le problème de stabilité des gradins la fissurité des roches plus souvent s'évalue par la distance moyenne entre les fissures :

$$n = \frac{L}{N} \quad (n)$$

où L : longueur de la partie du massif étudiée (m)

N : nombre de fissures sur la partie mesurée (pièces)

\* coefficient de fissurité linéaire  $S_1 = \frac{N}{L} \left( \frac{1}{n} \right)$

\* coefficient de fissurité superficielle  $S_2 = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{F} \text{ m}^2/\text{m}^2$

n : nombre de fissures

l : la longueur d'une fissure

f : surface mesurée

\* coefficient de fissurité volumique :

$$S_3 = \frac{\sum_{i=1}^N S_{i,N}}{V} \quad \text{M}^2/\text{M}^3$$

N : nombre de fissures

S : surface de chaque fissure

V : volume examiné.

Poids volumique /  
calcaire

moyenne:  $\frac{21}{25} \frac{29}{\text{KN}/\text{M}^3} \text{ KN}/\text{M}^3$

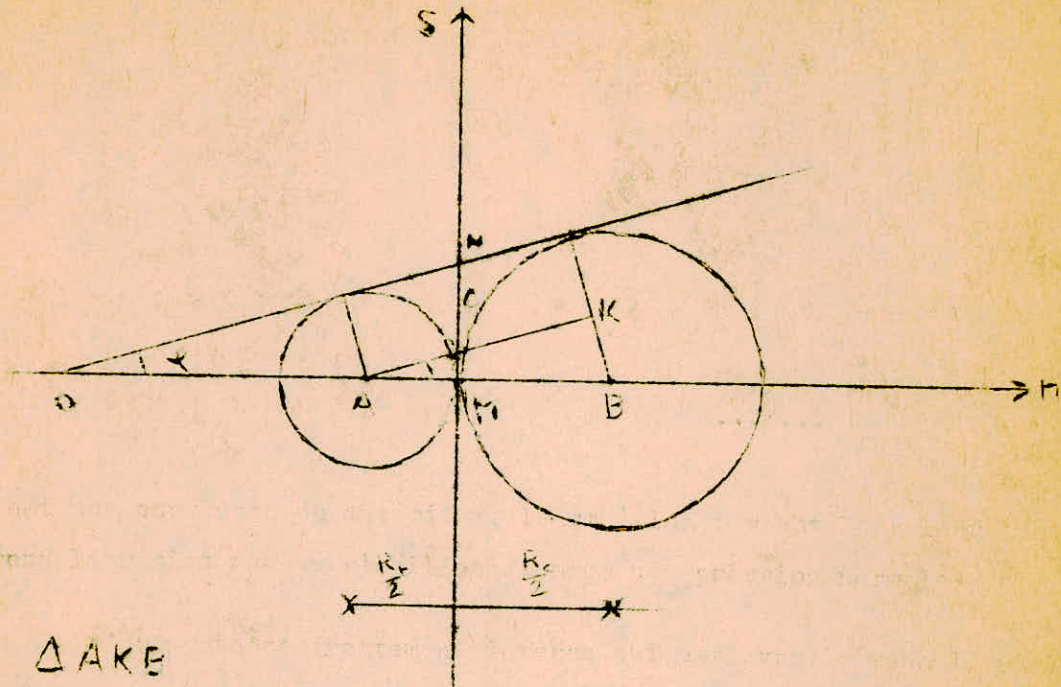
Porosité: 1-37 %



C est une constante du matériaux, la cohésion : c'est la valeur que prend la résistance au cisaillement sous une prèssion normale = 0

$\varphi$  : angle de frottement interne qui est exposée sans la partie  
 -(transport par convoyeurs).

- Relation entre  $R_t$ ,  $R_c$  et  $C, \varphi$   
 d'après le cercle de MOHR



$\triangle AKE$

Relation

$$\frac{R_c}{2} - \frac{R_t}{2}$$

$$\sin \varphi = \frac{\frac{R_c}{2} - \frac{R_t}{2}}{\frac{R_c}{2} + \frac{R_t}{2}} = \frac{R_c - R_t}{R_c + R_t}$$

$\triangle OMN$  :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{C}{\frac{OA + RT}{2}} = \frac{C}{\frac{R_t}{2} + \frac{R_t}{2}} = \frac{2C \sin \varphi}{R_t (1 + \sin \varphi)}$$

$$\frac{2C}{R_t} = \frac{1 + \sin \varphi}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi}}$$

En remplaçant  $\sin \varphi$  par sa valeur on bobtient :

$$C = \frac{\sqrt{R_t R_c}}{2}$$

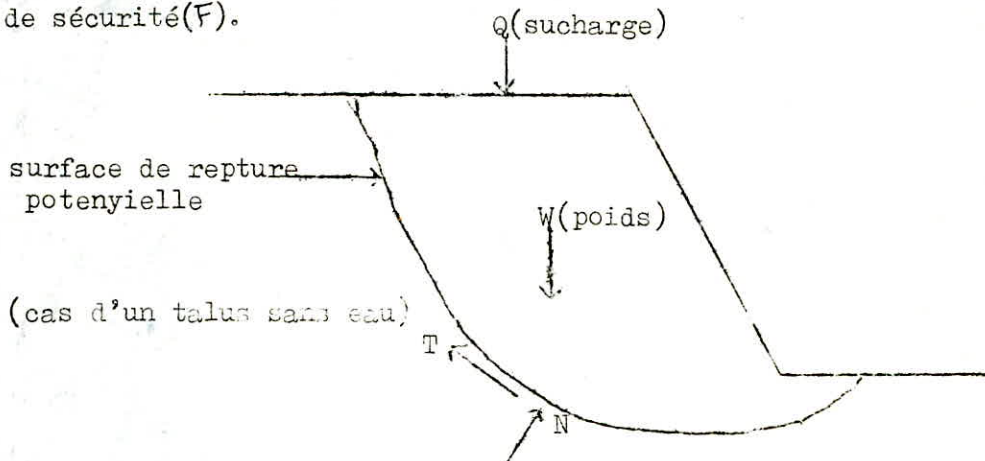
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_c - R_t}{2 \sqrt{R_c R_t}}$$

-La stabilité

La stabilité des bords des carrières et des talus des gradins est une des conditions principales de la sécurité des travaux miniers à ciel ouvert .

L'effondrement et l'éboulement des roches dérangent tous les processus technologiques .

L'étude de la stabilité des talus revient à la détermination du coefficient de sécurité(F).



Le coefficient de sécurité (F) est défini comme étant le rapport des forces qui tendent à retenir un certain volume de sol délimité dans le talus considéré (T) sur celles qui tendent à l'entraîner vers l'aval(W,Q) Tant que la force motrice reste inférieure à la résistance maximale que peut mobiliser le sol, F est supérieure à 1 et la pente est stable.

Dans le cas contraire ,F est inférieure à 1 et la pente ne peut que glisser F=1 correspond à l'état d'équilibre limite .

Le coefficient de sécurité est aussi défini comme étant le rapport entre la hauteur critique  $H_{cr}$  et la hauteur réelle.

$$F = \frac{H_{cr}}{H_{réel}}$$

La hauteur critique  $H_{cr}$  est calculée par les formules suivantes:

1-CYMBARIEVITCH -----  $H_{cr} = \frac{2C \cdot \cos \varphi_0}{\gamma_0 \sin(45 + \frac{\varphi_0}{2})}$

2-HENNES -----  $H_{cr} = \frac{4C \cdot (1 + \sin \varphi_0)}{\gamma_0 \cos \varphi_0}$

3- FELLENIUS -----  $H_{cr} = \frac{4C \cdot 0,958}{\gamma_0}$

4- SOKOLOVSKI -----  $H_{cr} = \frac{2C}{\gamma_0} \cdot \text{ctg}(45 - \frac{\varphi_0}{2})$

Vérification de la stabilité des talus

La masse volumique du calcaire : 2,5 t/m<sup>3</sup>

La résistance à la compression : 143 MPa

La résistance à la traction : 16 MPa

La cohésion :

$$c = \frac{\sqrt{R_c \cdot R_t}}{2} = 24 \text{ MPa}$$

Angle de frottement interne :

$$\sin \varphi = \frac{R_c - R_t}{R_c + R_t} = 0,79 \quad \varphi = 53^\circ$$

La hauteur critique  $H_{cr}$  selon :

1- GYMBARIEVITCH :  $H_{cr} = 114,36 \text{ m}$

2- HENNES :  $H_{cr} = 114,36 \text{ m}$

3- FELLENIUS :  $H_{cr} = 36,66 \text{ m}$

4-SOKOLOVSKY :  $H_{cr} = 57,18 \text{ m}$

Coefficient de sécurité:  $F = \frac{H_{cr}}{H_{réel}}$

doit être 1 pour vérifier la stabilité des talus

1-  $F = 6,35$

2-  $F = 6,35$

3-  $F = 2,03$

4-  $F = 3,17$

Donc les 4 vérifications affirment la stabilité des talus

## II - 3 Sondage :

Le sondage comme étant le premier pas pour l'exploitation d'un gisement est d'une extrême importante vue les informations précieuses qu'on peut recueillir des échantillons obtenus par sondage.

Ce prélèvement se fait par carottage qui consiste à fabriquer et à récupérer un échantillon continu dans des terrains forés, échantillon que l'on nomme carotte.

Cette carotte est un prélèvement noble au service du géologue car elle présente les caractéristiques réelles des différentes couches de terrains forés.

Le but de ce type de forage est donc de fournir un échantillon représentatif des formations géologiques que veut connaître le géologue, échantillon sur lequel il pourra effectuer des études, analyses ou essais.

Il existe 3 modes principaux de sondages carottes qui ont respectivement leurs sondeuses et matériels de carottage :

- sondage carotté effectué en rotation qui est le plus courant.
- " " " par percussion dont l'application se limite aux terrains meubles.
- sondage carotté effectué en roto-percussion, méthode peu courante

la firme canadienne WATTS GRIFFIS and MCOUAT LTD a effectué environ trente sondages dans la région 1 en état d'exploitation dans l'état actuel comme elle a fait d'autres sondages dans les autres régions que ce soit celles de calcaire (régions 2,3,6,7,8) ou d'argile (4 et 5).

Le sondage est indiqué par le chiffre 100 ajouté au numéro du sondage

exp : 101 ..... sondage 1  
230 ..... sondage 130

Chaque sondage effectué nous donne la profondeur et la puissance de chaque couche géologique et pour chacune une composition minéralogique a été déterminée.

On a choisi quelques sondages de la région 1 et où les travaux sont actuellement en cours et que nous présentons dans les tableaux ci dessous dont les principaux sont 101, 102, 104, 106 et 112.

.../...

.../...

Sondage 103

DE (m)	A (m)	GEOLOGIE	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P;F	Total
0,0	0,5	Découvèrture							
0,5	15,5	Calcaire	54,15	0,40	0,25	0,66	0,30	43,5	99,25
15,5	30,5	//	53,20	0,45	1,35	0,60	0,30	43,15	99,25
30,5	42,5	//	49,40	0,40	6,85	2,30	0,95	40,3	100,20
42,5	45,6	Calcaire marneux							
45,5	52,5	Cal marneux et silicieux	33,0	1,40	25,85	3,70	1,95	30,60	97,50
52,5	57,0	Calcaire silicieux							
57,0	67,0	Argile		3,15	51,74	14,27	5,50	15,35	98,51

Sondage 101

De (m)	A (m)	GEOLOGIE	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P.F	Total
0,0	2,70	Découvèrture							
2,7	17,7	Calcaire	51,45	0,45	3,40	2,10	2,10	42,25	99,65
17,7	25,0	Cal marneux et silicieux	43,05	0,60	15,90	2,50	1,80	36,25	100,10
25,0	29,0	Argile	10,14	2,16	48,98	15,10	4,93	18,00	99,31

..../....

.../...

Sondage 106

De	A	Géologie	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P.F	Total
0,0	15,0	Calcaire	0,30	54,30	0,80	0,80	0,70	43,50	100,40
15,0	30,0	//	0,20	55,0	0,60	0,40	0,40	43,45	100,05
30,0	45,0	//	0,30	54,45	0,90	0,80	0,80	43,24	100,50
45,0	60,0	//	0,30	53,45	1,10	2,15	1,30	42,35	100,65
60,0	79,0	Calcaire silicieux	1,25	37,25	2,50	22,55	4,75	31,45	99,75
54,0	58,0	Calcaire	0,41	52,37	0,22	3,38	1,20	42,17	99,75
58,0	66,0	//	0,67	51,08	0,23	5,44	1,39	40,95	99,75
66,0	68,4	Calcaire marneux	1,48	42,32	3,30	2,42	2,90	37,43	99,85

Sondage 112

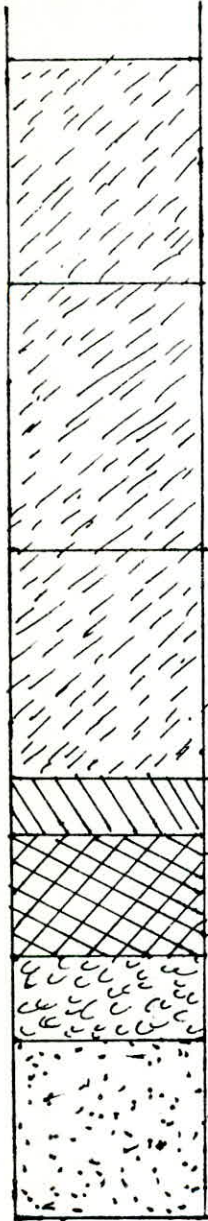
De	A	Géologie	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P.F	Total
0,0	15,0	Calcaire	51,95	0,20	1,10	1,25	0,65	42,35	97,50
15,0	30,0	Calcaire avec des cavités emplies d'argile	54,15	0,35	0,30	0,65	0,10	43,55	99,10
30,0	45,0	Calcaire	53,05	0,25	0,35	0,75	0,10	43,30	97,80
45,0	60,0	//	53,20	0,60	1,00	0,95	0,40	42,80	98,95
60,0	75,0	//	52,0	0,65	2,15	1,00	0,25	42,00	98,05
75,0	90,0	Calcaire marneux	46,50	0,4	6,25	2,85	0,90	38,35	95,25
90,0	96,0	Cal marneux et silicieux	35,0	0,60	24,2	5,75	1,30	31,0	97,89
103,5	105,75	Argile	9,82	2,24	45,85	15,27	7,41	19,17	99,71

...../.....

.../...

Sondage 104

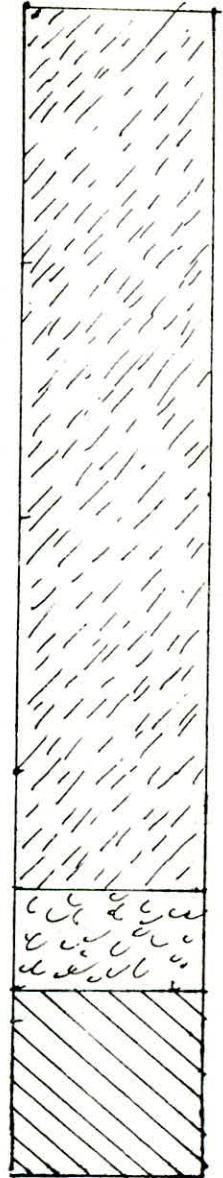
DE <sub>(m)</sub>	A <sub>(m)</sub>	Géologie	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P.F	Total
0,0	15,0	Calcaire	51,95	0,30	1,10	1,25	0,65	42,35	97,50
15,0	30,0	//	56,75	0,45	0,26	0,32	0,31	43,40	101,49
30,0	45,0	//	53,40	0,80	0,55	0,70	0,25	43,60	99,30
45,0	60,0	//	51,85	0,80	3,65	0,85	0,30	42,65	100,10
60,0	75,0	//	50,40	0,50	6,70	1,10	0,60	40,75	100,05
75,0	87,0	Cal marneux et silic	33,75	2,70	25,75	3,65	3,10	19,95	98,90
71,0	75,0	Calcaire	50,05	0,27	6,70	1,92	0,77	40,25	99,96
75,0	79,0	Calcaire marneux	44,47	0,39	14,50	3,30	1,56	35,81	100,03
79,0	88,0	Calcaire marneux et silicieux	32,24	0,39	24,61	5,16	1,92	32,99	96,65
88,0	90,0	Calcaire silicieux	9,42	3,06	48,37	14,27	5,41	18,96	99,49
90,0	92,0	Calcaire silicieux	9,58	2,49	48,12	14,92	5,90	18,73	99,74
92,0	94,5	Calcaire silicieux	10,29	3,40	45,90	14,56	6,23	19,36	99,74



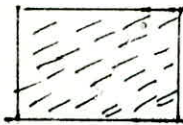
Sondage 102



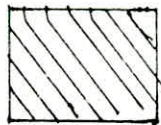
Sondage 104



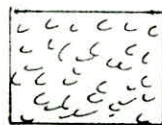
Sondage 112



calcaire



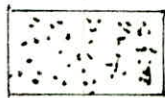
calcaire  
marneux



calcaire  
siliceux



calcaire  
marneux-siliceux



Argile.



### CHAPITRE III: LES EXPLOSIFS

Les explosifs sont des substances avec combinaisons chimiques ou mélanges mécaniques qui sous l'effet d'une action extérieure (rechauffement, choc...) se transforment en d'autres combinaisons chimiques caractérisées par un volume de gaz important à une température élevée.

La température du gaz peut atteindre 2500 à 4000 °C, et l'augmentation du volume à 12 fois.

L'explosion, ou le dégagement du grand volume de gaz se produit en un temps extrêmement court.

ON distingue:

Les explosifs pneumatiques: qui produisent par l'éclatement d'un récipient dont la pression intérieure est devenue trop grande

Les explosifs électriques: l'éclatement d'un arc électrique entre deux points.

Les explosifs nucléaires: sont dues à la variation d'un rayon atomique.

Les explosions chimiques: dont l'origine est brusque réaction chimique. Dans notre étude on s'intéresse au dernier cas à l'étude des substances explosives.

La vitesse de l'explosion, l'intérieur d'une charge se mesure en m/s.

Et en fonction de la grandeur de l'explosion on distingue 2 phénomènes la déflagration et la détonation. Un thème important facilitant l'explication de la déflagration et la détonation c'est la zone de réaction.

#### Zone de réaction:

C'est une zone qui sépare à chaque instant la région (I) constituée par l'explosif elle-même dans son état physique et la région (II) constituée par les produits finaux de la décomposition.

#### La déflagration

C'est le déplacement de la zone de réaction dans la région initiale (I) par conductibilité thermique (sans onde de choc), ce cas est suivi d'une variation continue des paramètres physiques (volume, pression et température).

La vitesse de propagation de déflagration est de quelques cm/s.

#### La détonation

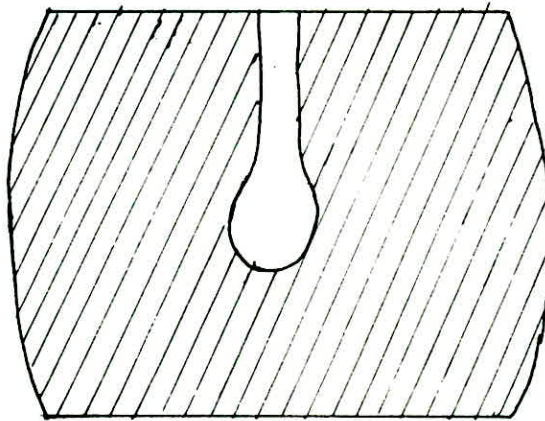
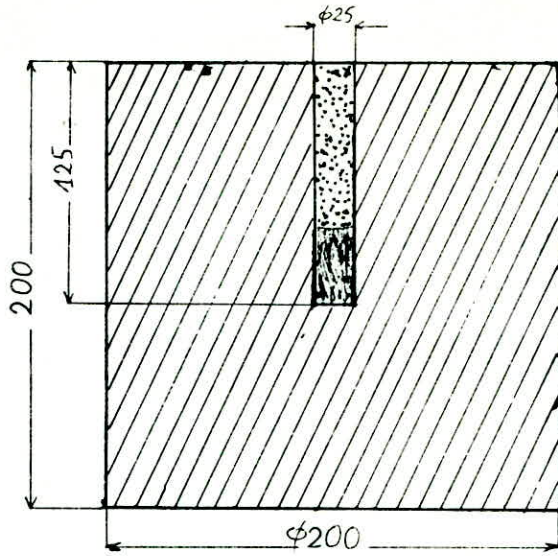
C'est le déplacement de la zone de réaction au milieu de la région (I) par l'intermédiaire d'une onde choc.

La détonation est suivie d'une variation de la température et la pression d'une façon continue et s'effectue à une vitesse supersonique constante de l'ordre de quelques milliers de m/s.

On peut caractériser les explosifs par leur capacité de travail (pression de détonation) et par leur brisance.

#### Capacité de travail

Elle se définit comme étant l'aptitude des explosifs à exécuter un travail mécanique à l'arrachement des du massif.



ESSAI CAPACITÉ DE TRAVAIL

.../...

Cette capacité dépend de la quantité de chaleur évacuée au volume du gaz et de la vitesse de détonation.

Pour mesurer la capacité de travail de l'explosif on dispose d'un bloc de plomb de forme cylindrique d'un diamètre et d'une hauteur de 200 mm. Dans l'axe du cylindre existe un trou (canal) d'un diamètre de 25 mm et d'une longueur de 125 mm. Une quantité d'explosif (10g) ayant une forme cylindrique, équipée d'un électrodétonateur est plongé dans le trou, à la partie supérieure du canal, on a un bourrage de sable lavée

$$\text{capacité de travail} = V - V_0 - 30 \quad (\text{cm}^3)$$

$V_0$ : volume du trou avant l'explosion.

$V$ : volume du trou après l'explosion.

$30 \text{ cm}^3$ : représente le volume formé par l'explosion du détonateur.

Après l'explosion le canal aura une forme de poire.

#### La brisance

La brisance d'un explosif est son aptitude à fragmenter un matériau placé à son voisinage. La grandeur principale caractérisant la brisance est la pression de détonation.

#### Méthode de détermination de la brisance :

La méthode est basée sur le sertissage d'un cylindre plomb sur une place d'acier (1) on installe un cylindre (2) en plomb de hauteur 60 mm et de diamètre 40 mm au dessus duquel on pose un disque en acier (3) de diamètre 41 mm et d'épaisseur 10 mm.

Sur le disque on pose une cartouche (4) de diamètre 40 mm remplie de 50 g de l'explosif d'essai, puis on installe le détonateur.

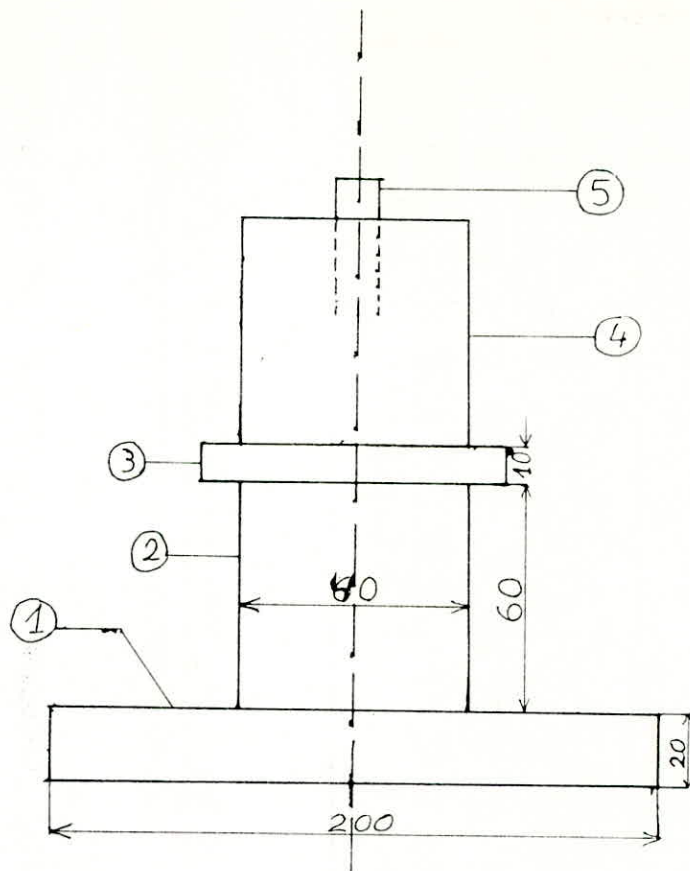
Après l'explosion on mesure la hauteur du cylindre, et la différence en hauteur avant et après l'explosion exprimée en millimètre caractérise la brisance de l'explosif éprouvé.

#### La sensibilité :

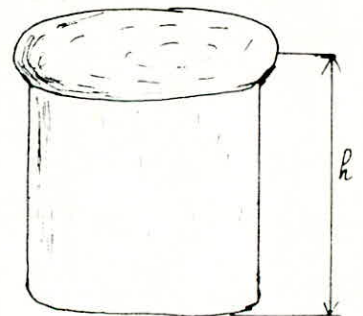
on distingue : la sensibilité au choc

- " à l'eau, au gel et à la chaleur
- " aux frottements
- " à l'onde

Cette dernière (sensibilité à l'onde) se mesure à l'aide de 2 cartouches de 100 g écartées de la distance dite CSE (coefficient de self-excitation) d'environ 20 cm permettant l'explosion par influence.



- ① plaque en acier
- ② cylindre en plomb
- ③ Disque en acier
- ④ cartouche d'explosif
- ⑤ détonateur



## ESSAI DE BRISANCE

Coefficient d'utilisation pratique :

Avec le CSE on peut parler du coefficient d'utilisation pratique qui est le rapport du poids d'acide **picrique** et celui de l'explosif donnant la même dilatation d'un bloc de plomb de 200 mm de diamètre et d'hauteur.

Classification des explosifs suivant le mode d'emploi :

D'après leurs modes d'emploi les explosifs sont classés en 3 catégories :

- I) - permises seulement pour les travaux à ciel ouvert
- II) - permisés pour les travaux souterrains y compris les mines dangereuses en gaz et en poussières
- III) - permises pour les travaux souterrains non dangereuse au gaz et en poussières.

Classification des explosifs leur composition chimique :

Les explosifs utilisés dans les entreprises minières se répartissent selon leur composition :

- les explosifs au nitrate d'ammonium
- " à la nitroglycérine
- " chloratés et perchloratés
- " nitrocellulose
- " aux dérivés nitrés
- " trinitrotoluol et dinitrotoluol

Parmi les explosifs à nitroglycérine on distingue les dynamites avec plus de 35 % de nitroglycérine et les détonites à 15 % de nitroglycérine au max

Dynamites : Dans leur emploi les dynamites présentent des avantages et des inconvénients qu'on peut résumer comme suit :

- Avantages :
- densité importante
  - grande vitesse de détonation
  - **brisance** élevée
  - grande énergie

- Inconvénients :
- sensibilité élevée aux actions extérieures
  - sensibilité élevée aux chocs à l'état gelé

Il est donc interdit d'utiliser des dynamites gelées ou demi gelées.

Les détonites :

Sont aussi brisants et énergiques que les dynamites mais avec une densité moins importante

Dans la carrière de calcaire de Meftah on utilise : l'~~am~~omil, la gélatine et la marmanit dont l'obtention de la composition chimique rencontre certaines difficultés, l'approvisionnement en explosifs ainsi que le cordeaux détonant et la mèche lente est assuré par l'ONPEX (office national des substances explosives) du Ministère de la défense nationale.

Amorçage des substances explosives :

Pour amorcer l'explosion une action extérieure est indispensable qu'on appelle impulsion initiale qui se présente sous forme d'énergie calculée par unité de volume à tant que cette énergie est faible on dira que l'explosif est sensible.

De nombreux modes d'amorçage sont utilisés on peut citer :

le choc, le frottement, l'échauffement, l'inflammation, l'irradiation l'onde de choc et l'étincelle qui est le plus utilisé dans la carrière de Meftah comme on verra dans l'opération de tir.

L'exécution d'un bon amorçage doit satisfaire à :

- Les fils et les cordons ne doivent jamais être sujet à des tensions trop fortes
- L'amorce doit être soigneusement attachée à l'explosif
- l'amorce doit être à l'épreuve de l'eau si c'est nécessaire.

Dans la carrière de calcaire de Meftah l'explosion des charges explosives est réalisée à l'aide de la mèche lente, cordeau détonant et un détonateur pyrotéchnique (simple).

Dans d'autres carrières on utilise les détonateurs instantanés, à retard et à microretard.

- Le détonateur pyrotéchnique (simple)

Est constitué un petit tube cylindrique métallique (en aluminium ou en cuivre), dans la partie inférieure on a une charge secondaire (charge détonante) et juste au dessus la charge primaire (charge amorçante) qui est couverte par une cuvette métallique avec un orifice au milieu.

Le cordeau détonant :

Le cordeau détonant est constitué par un mince filet d'explosif détonant (âme placé à l'intérieur d'une gaine qui est en général une enveloppe textile. Il détone avec une vitesse élevée 6000 à 8000 m/s, comme il est capable de faire détoner une charge d'un explosif classique placée à son contact.

Avantages de l'amorçage par cordeau détonant :

- 1- Augmentation de la sécurité par suite de la suppression des détonateurs à l'intérieur des trous de mine
- 2- Les explosifs sont amorcés par une onde choc très forte, on a donc une augmentation du rendement des explosifs
- 3- possibilité d'amorcer simultanément un très grand nombre de charges.

La mèche lente :

La mèche lente appelée aussi cordeau Bickford est constituée d'une poudre enveloppée par des gaines de coton et un autre revêtement extérieur la mèche lente permet de passer le feu à l'explosif, elle est allumée par un étincelle.

Avec un avancement de combustion de 1cm/s, le cordeau Bickford est dit normal et il est lent dans le cas d'un avancement de combustion de 0,5 cm/s

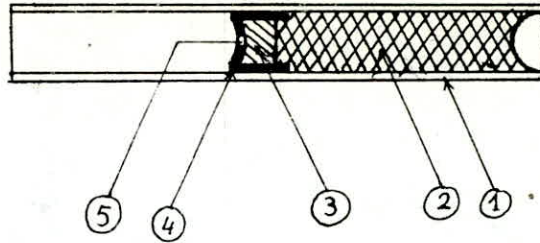
Bourrage :

Le bourrage est le remplissage des trous de mine par un matériau inerte tel que le sable ou l'argile et dont la granulométrie ne doit être élevée ce qui aura des effets négatifs menant à couper le fils de l'amorce le bourrage est une opération préventive et assurante, préventive contre la répulsion ou la projection dangereuse des roches et la formation d'onde de choc forte, et assurant à l'utilisation complète de l'énergie de tir.

On utilise généralement une longueur de bourrage ( $l_b$ ) proportionnelle du diamètre de trou (D)

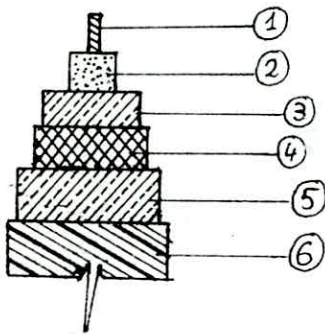
$$l_b = ( 20 \div 30 ) D \text{ (m)}$$

Dans notre carrière, le bourrage est réalisé avec les déchets de formation qui surmontent à la surface par soufflage.



### Détonateur pyrotechnique (Simple)

- ① tube en aluminium
- ② explosif secondaire
- ③ explosif primaire
- ④ Cuvette métallique
- ⑤ lumière



### Mèche Lente

- ① fil en coton
- ② âme en poudre
- ③, ⑤ gaines en coton
- ④, ⑥ gaines asphaltées



Dynamites d'usage général :

.../...

Désignation	Composition	Densité normale d'encartouchage	coefficient de self excitation C.S.E (cm)	vitesse de détonateur m/s	coefficient d'utilisation pratique C.U.P
Gélatinée n° 1	Nitroglycérine 57 Coton azotique 3 Na No <sub>3</sub> 34 farine de bois 6	1,58	7	3000	106
Dynamite N° 2	Nitroglycérine 34 coton azotique 1 Na No <sub>3</sub> 52 farine de bois 13	1,20	15	5000	84
Dynamite n°3 gélatine N°3	Nitroglycérine 33,5 coton azotique 1,5 NH <sub>4</sub> No <sub>3</sub> Na cl 3 35 sulfate de baryum 10	1,95	9	5900	60
Dynamite gélatine n° 4	Nitroglycérine 33,5 coton azotique 1,5 NH <sub>4</sub> No <sub>3</sub> 20 Na cl 35 Broxyde de Mn 10	1,75	4	5600	59
Dynamites gélatine n° 5	Nitroglycérine 33,5 coton azotique 1,5 NH <sub>4</sub> No <sub>3</sub> 20 Na cl 3 35 silicate de zirconium 10	1,65	4,5	5300	64

.../...

.../...

Explosifs nitrates d'usage général :

Désignation	Composition	Densité normale	C.S.E (cm)	Vitesse de détonateur m/s	C.U.P
Nitrate/Fuel 94/6	NH <sub>4</sub> No <sub>3</sub> 94 Fuel de point éclair 6 70° c° et 90°	0,8	2	3000	105
N n°/96	NH <sub>4</sub> No <sub>3</sub> 92,5 Fuel 3,5 farine de bois éclair supérieur à 70° c° 4	0,95	2,5	3300	100
N n° 19 c	NH <sub>4</sub> No <sub>3</sub> 87,9 Tolite 5,5 Fuel de point éclair supérieur à 70 c° 2,5 farine de bois 4,1	0,98	3,5	3800	106

- Caractéristiques des cartouches d'explosif :

Cartouche poids en (g)	Diamètre de la cartouche			
	31	36	40	45
Longueur des cartouches en cm				
200	22 - 23	17 - 18	14 - 15	11 - 12
200	28 - 29	22 - 23	18 - 19	14 - 15
250	34 - 35	26 - 27	21 - 22	16 - 17
400 comprimé	33 - 34	26 - 27	21 - 22	16 - 17

.../...

Le nitrate d'ammonium  $NH_4NO_3$

La densité est de 1,72 dont la dureté est légèrement plus faible que celle des cristaux de tolite, il est connu sous cinq (5) formes cristallines différentes, sa température de fusion est de 169,6 °C à la pression atm

Extremement soluble l'eau  
118 g dans 100 g à 0 °C  
271 g dans 100 g à 100 °C  
également soluble dans l'éthanol et dans le méthanol

3,8 et 17,1 g dans 100 g à 20 °C respectivement  
il est décomposé par les bases fortes avec formation de nitrate d'ammoniaque on ne doit jamais d'outils en su ou ses allages (bronze, laiton) en manipulant explosifs contenant du nitrate d'ammonium.

Sa masse critique, c'est à dire la masse nécessaire pour qu'une combustion puisse dégénérer en détonation, serait de plusieurs tonnes.

La présence d'impuretés augmente nettement sa sensibilité.

La vitesse de détonation du nitrate d'ammonium est composée entre 1100 et 22700 et 2700 m/s CUP 2 fois plus faible que celui de la tolite (94)

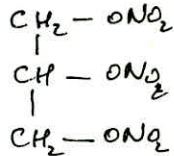
Le nitrate d'ammonium n'est pas toxique

	formule chimique brute	masse moléculaire	masse spécifique à 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	T° de fusion (°C)	chaleur spécifique (dal/kg/°C)	chaleur de combustion (à V. (KAL/KG))
Nitrate d'ammonium	$NH_4NO_3$	80,05	1,72	169,6	0,404	628

../...

-La nitroglycérine

La nitroglycérine est en réalité le trinitrate de glycérol du groupe d'esters nitriques



La nitroglycérine est un liquide huileux dont la densité à 25° est égale à 1,60

Son évaporation commence à 40° à laquelle il dégage une odeur caractéristique . Elle est peu soluble dans l'eau comme elle est très sensible aux chocs .

La nitroglycérine est utilisée à la fabrication des dynamites et des poudres propulsives.

La nitroglycérine est un explosif très puissant

Il est nécessaire de la mélanger à des corps absorbants afin de diminuer sa sensibilité .

Caractéristiques :

Formule chimique brute :  $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$

Masse moléculaire : 227,09 g

Masse spécifique à 20° : 1,60 g/cm<sup>3</sup>

Température de fusion : 13,2 °C

Chaleur spécifique : 0,356 Kcal/Kg/°C

Chaleur de combustion à volume constant : 1623 Kcal/Kg!

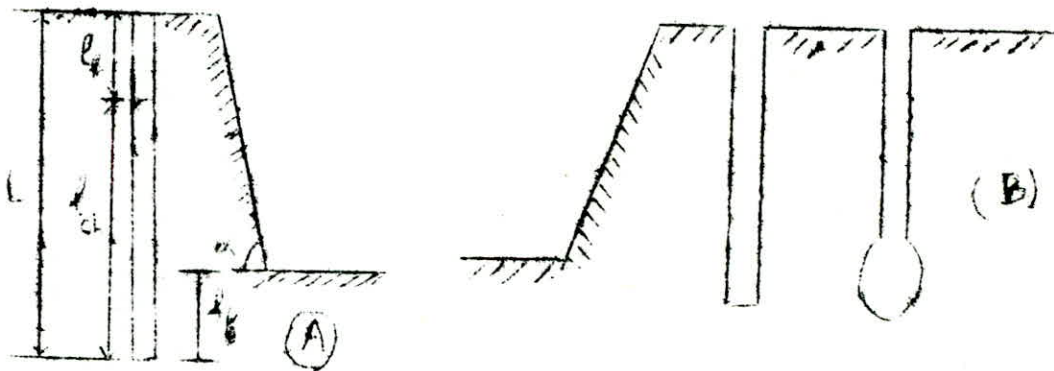
VI IV) C H A P I T R E IV : ABATTAGE

IV61 Abattage :

L'abattage dans le cas de minerai tendre se fait à l'aide des pelles (mécaniques) hydrauliques) et des excavateurs.

Et dans le contraire, avec des roches dures on procède à l'abattage à l'explosif qui peut être réalisé par plusieurs méthodes :

- charges de trous (A)
- charges de poches (B)
- charges superficielles (C)

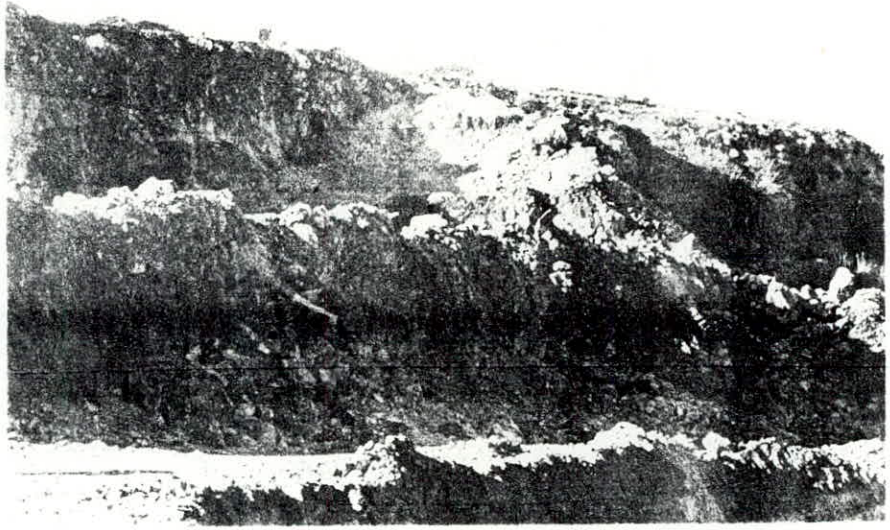


L'abattage par trous profonds est le plus répandu, la profondeur peut atteindre 50 m avec un diamètre jusqu'à 320 mm

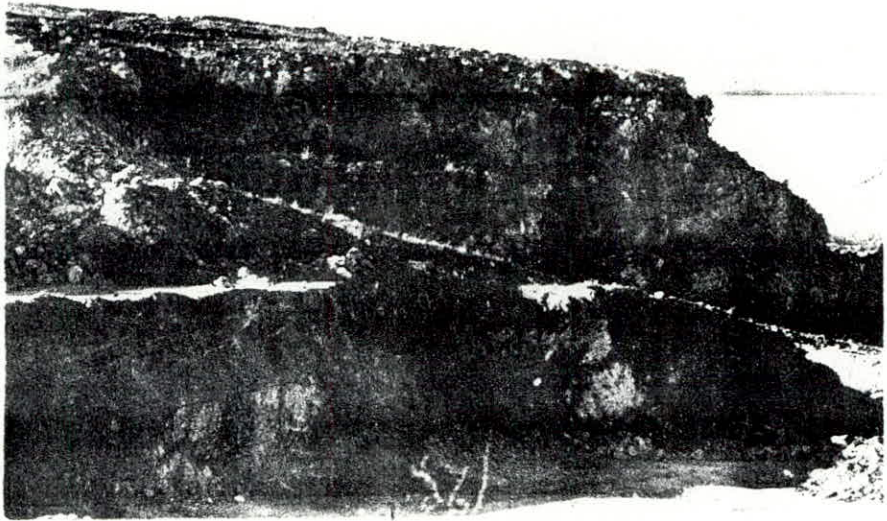
Si le diamètre du trou ne permet pas d'y loger la charge indispensable à la destruction du massif on procède à l'abattage par charges de poche et à cela en chargissant la partie inférieure du trou.

Généralement les trous de mines sont verticaux, mais qui peuvent être inclinés et leur inclinaison est égale à celle du gradin, les trous inclinés diminuent le volume de forage, la consommation d'explosifs mais ils nécessitent un matériel convenable.

Dans la carrière de calcaire de Meftah dont la roche est moyennement dure l'abattage s'effectue par charge de trous de mines verticaux vue la présentation du front des gradins qui est vertical (angle de talus  $\alpha = 90^\circ$ )



Les fronts de taille du granit



L'extrême droite du 3<sup>e</sup> gradon

IV-1-1 Les trous de mines sont caractérisés par :

- la profondeur du trou "L"
- la diamètre du trou "d"
- l'excès du trou (  $l_f$  : sous forage) par rapport à la hauteur du gradin H
- la distance des trous dans une rangée (a)
- " entre les rangées (b)
- la distance minimale admissible du trou de mine à l'arête supérieure du gradin (c)
- la ligne de moindre résistance (w)

\* la profondeur du trou "L" est donnée par le formule suivante :

$$L = \frac{H}{\sin \beta} + l_f \quad (m)$$

H : hauteur du gradin (m)

$\beta$  : angle d'inclinaison du trou (degré)

$l_f$  : longueur du sousforage (m)

\* Diamètre du trou (d) :

Le diamètre du trou de mines est un élément essentiel à la détermination de la quantité d'explosif à utiliser mesurée par unité de longueur.

D'autre part le diamètre du trou de mine est un moyen permettant de déterminer où de régler la qualité de fragmentation en tenant compte des propriétés des roches à fragmenter (fissuration).

Cette influence est d'autant plus grande que la fissuration des roches est intense.

Le diamètre étant en relation directe avec la profondeur du trou, il peut atteindre 320 mm pour une profondeur de 50 m.

Les sondeuses dont dispose la carrière actuellement forent de trous dont le  $\phi$  atteint 90 et 130 mm et cela pour une profondeur de 20 m au maximum.

IV-1-2 L'excès du trou : sous forage ( $l_f$ ) :

Le sous forage est exécuté pour assurer une bonne fragmentation et destruction des roches au pied du gradin.

Le facteur dépend de certains facteurs qu'on peut citer les plus importants qui sont :

la profondeur du trou, son diamètre, les propriétés physico mécaniques des roches et les caractéristiques de explosifs utiliser.

...//...

Pour les gradins de la carrière de calcaire de Meftah le sous forage est généralement égal à 1 mètre.

La longueur du sous forage est déterminée par la formule d suivante :

$$l_f = K_s D \text{ (m)}$$

où  $K_s$  : coefficient qui dépend des propriétés des roches ( $K_s = 10 - 15$ )

$D$  : diamètre du trou (m)

#### IV-1-1 La ligne de résistance au pied :

La disposition verticale des charges dépendant de la consommation spécifique d'explosif (kg/m<sup>3</sup>) est déterminée d'après la formule suivante

$$W = \frac{(0,5 P^2 + 4 m q PHL)^{\frac{1}{2}} - 0,75 P}{2 m q H} \text{ m}$$

$P$  : capacité d'un mètre de trou (kg/m)

$$P = 785 D^2 \cdot \Delta$$

$D$  : diamètre du trou mm  $\Delta = \begin{matrix} 90 \text{ mm} \\ 130 \text{ mm} \end{matrix}$

$\Delta$  : densité d'explosif (gélatine à 75 %  $\Delta = 1,4 \text{ kg/M}^3$ )

$m$  : coefficient de rapprochement des trous = 1,15 (tableau n°)

$q$  : consommation spécifique d'explosif kg/M<sup>3</sup>

$H$  : hauteur du gradin (m)

$L$  : longueur du trou (m)

#### IV-2-1 La consommation spécifique d'explosif (q) :

$$q = 0,12 \text{ kg/t}$$

La densité du calcaire = 2,5 t/M<sup>3</sup>.

$$q_v = 0,12 \cdot 2,5 = 0,3 \text{ kg /M}^3$$

La capacité d'un mètre de trou (kg/m)

$$P = 785 D^2 \cdot \Delta = 785 (0,09)^2 \cdot 1,4 = 8,90 \text{ / kg/m}$$

La ligne de résistance au pied (W)

$$W = \frac{(0,5 P^2 + 4 m q PHL)^{\frac{1}{2}} - 0,75 P}{2 m q H} = 4,70 \text{ m}$$

il faut vérifier W d'après les conditions de sécurité du travail

$$W \geq H \text{ ctg } \alpha + C$$

$\alpha$  : angle de talus du gradin ( $\alpha = 85^\circ$ )

$C$  : distance minimale de l'arête supérieure du gradin ( $C = 3\text{m}$ )

$$H \text{ ctg } \alpha + C = 4,57 \text{ M}$$

$$W = 4,70 \text{ m} > 4,57 \text{ m}$$



Distance entre 2 trous :

$$a = m W = 1,15 \times 4,70 = 5,40 \text{ m}$$

Mais actuellement dans notre la distance entre 2 trous est prise à 4 m

IV-2-2 La quantité de charge d'un trou :

La détermination de la quantité de charge d'un trou est déterminée pratiquement et par expérience dans notre carrière.

Cela nous amène à la détermination du tonnage du massif de roches à abatte en sachant la densité prise à 2,5 t/M<sup>3</sup> et le volume du massif, ainsi que le nombre de trous distant de 4 m (24 trous).

Une fois le tonnage déterminé une simple opération nous donnera la quantité de charge pour 24 trous avec une consommation spécifique déterminée par expérience sur le chantier qui est égale à 0,12 Kg/t

IV-2-3 Longueur de charge d'un trou :

La longueur de la charge d'un trou est déterminée d'après la quantité de charge  $Q_{ch}$  et la capacité de charge d'un mètre de trou (P)

$$L_{ch} = \frac{Q_{ch}}{P} \quad (m)$$

Exp :

On essaye de déterminer le tonnage d'un massif de volume V.

- \* hauteur du gradin H = 18 m
- \* la puissance du massif = 50 m
- \* la largeur = 50 m

$$N = 50 \cdot 18,5 = 4500 \text{ M}^3$$

$$t = 4500 \times 2,5 = 11250 \text{ t}$$

pour 1 t .....	0,12 kg d'explosif
11250 .....	X kg

$$X : 11250 \cdot 0,3 = 1350 \text{ kg d'explosif}$$

$$\text{pour 1 trou } Q_{ch} = 56,25 \text{ kg}$$

$$L_{ch} = \frac{Q_{ch}}{P} = 6,31 \text{ m}$$

$$\text{la longueur de b}^{\text{or}}\text{age } l_b = H - l_{ch} = 18 - 6,31 = 11,68 \text{ m}$$

ce b<sup>or</sup>age est divisé en 2 parties.

.../...

IV-3-1 Pour un trou de mine de diamètre  $\phi$  égal à 130mm, on essaye de calculer la quantité de charge et la longueur de charge pour le même massif décrit précédemment

Hauteur du gradin = 18 m

La puissance du massif = 5m

La largeur = 50m

Volume  $V = 50 \cdot 18 \cdot 5 = 4500 \text{ m}^3$

Tonnage =  $4500 \cdot 2,5 = 11250 \text{ t}$

Pour 1 tonne ----- 0,12 Kg d'explosifs

11250 t ----- X Kg

$X = 11250 \cdot 0,12 = 1350 \text{ Kg d'explosifs}$

Pour un trou la quantité de charge  $Q_{ch} = 56,25 \text{ Kg}$

La longueur de charge  $L_{ch} = \frac{Q_{ch}}{P}$

P la capacité d'un mètre de trou (Kg/m)

$P = 785 \cdot D^2 \cdot \Delta$

$\Delta$ : la densité d'explosif (la gélatine) =  $0,1,4 \text{ Kg/m}^3$

$P = 18,57 \text{ Kg/m}$

La résistance au pied du gradin:

$$W = \frac{(0,5 P^2 + 4 \eta q P H)^2 - 0,75 P}{2 \eta q H} = 6,49 \text{ m}$$

vérification de W d'après les conditions de sécurité de travail:

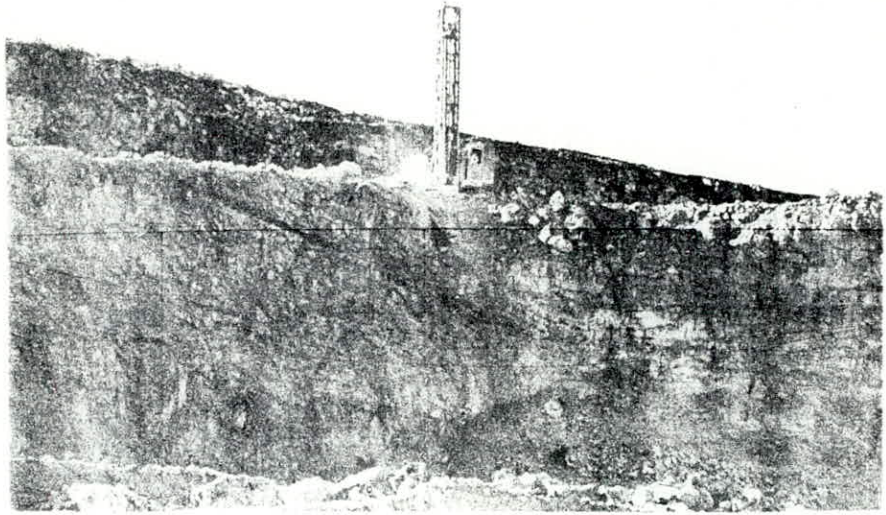
$$W \geq H \text{ctg} \alpha + C$$

$$H \text{ctg} \alpha + C = 4,57 \text{ m}$$

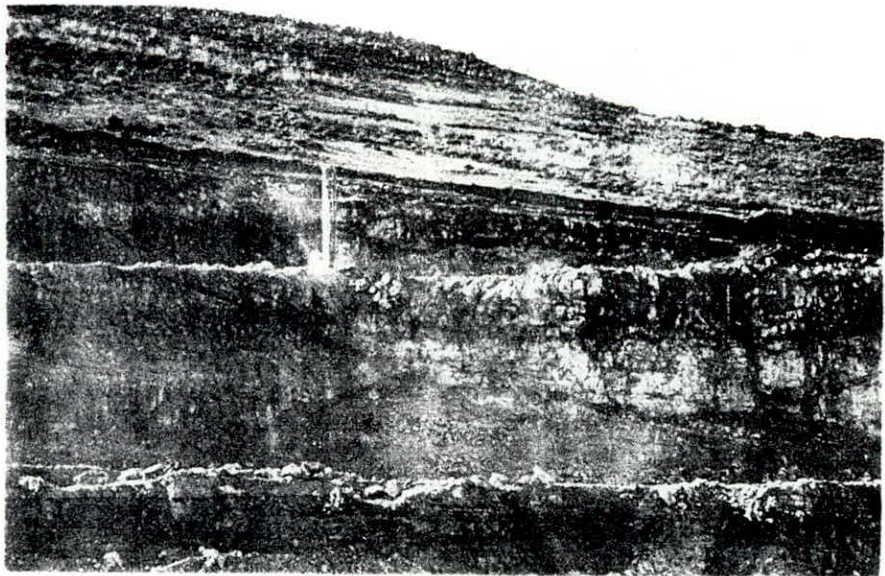
$$\text{La longueur de charge } L_{ch} = \frac{56,25}{18,57} = 3,02 \text{ m}$$

$$\text{La longueur du bourrage } L_b = 18 - 3,02 = 15 \text{ m}$$

Ce bourrage est divisé en trois parties chacune de 5 mètres



Sondeuse hydraulique au 3<sup>ème</sup> gradier



La sondeuse hydraulique vue de loin

#### IV-4 Méthodes de forage des trous de mines

On effectue le forage des trous de mines dans un massif à l'aide d'outils spéciaux et qui ont des actions différentes .

Le forage peut s'effectuer par abattage à l'air comprimé (marteaux-pneumatiques) , à vis , à diamant, etc.....

Le régime de forage le plus optimal est tel que lorsqu'il assure un redement suffisamment grand et un prix de revient d'un mètre du trou est minimal.

##### IV-4-1 Forage percutant à l'air comprimé

La destruction des roches lors du forage par percussion à l'air comprimé s'effectue à l'aide du marteau pneumatique .

L'air comprimé venant par la tige , provoque le mouvement alternatif du piston frappeur sur la queue de la couronne .

La fréquence des frappes varie de 2000 à 2500 frappes par minute  
Les débris du forage et qui serviront comme bourrage pour le chargement des trous en explosifs, sont évacués à l'aide de l'air comprimé.

##### IV-4-2 Technologie de foration

Le forage percutant à l'air comprimé est régit par certains dont les principaux sont :

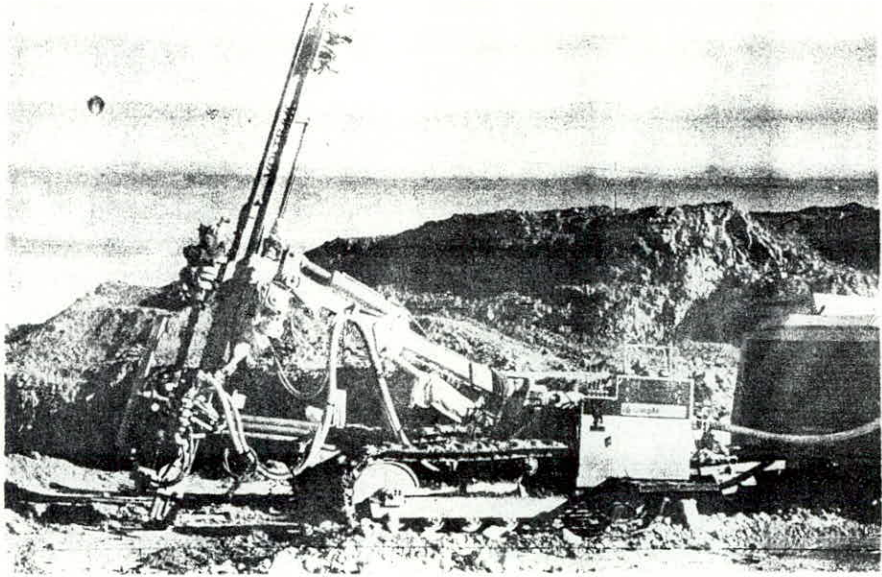
- \*pression de l'air comprimé
- \*pression axiale sur l'outil de foration.
- \*résistance de la couronne de forage .

La pression de l'air comprimé détermine la force de percussion de l'outil de forage sur le fond du trou .

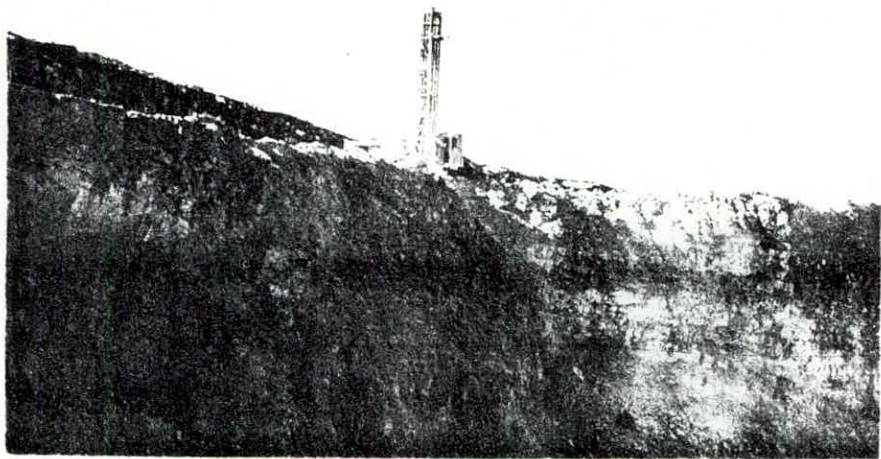
L'air comprimé doit créer la force qui doit être suffisante pour la pénétration de la couronne de dans la roche

Pour procéder à la foration efficace , l'outil de forage doit être serré contre le fond du avec une force déterminée .  
La croissance de la pression axiale augmente la vitesse de forage , mais cette croissance a sa limite , car dans certains roches l'augmentation de l'air comprimé provoque l'arrêt du processus de forage .

.../....



Une sondeuse à percussion (au comprimé)  
 $\phi$  90 mm



La sondeuse hydraulique ( $\phi$  430 mm)

Paramètres physiques de forage

Nombre de tours de l'outil (marteau pneumatique)

$$n_r = \frac{h_p \cdot n_p}{D \cdot \text{tg } \theta}$$

$h_p$  : profondeur de la pénétration de la lame par une seule percussion (cm).

$n_p$  : nombres de percussions du marteau pneumatique (frappes/mn)

D : diamètre du trou de mine

$\theta$  : angle de clivage de la roche ( 20 à 30 degrés dans notre cas )

La vitesse technique de forage

$$V_f = \frac{0,6 \cdot W_p \cdot n_p}{K_v \cdot D_f \cdot D^2 \cdot K_c}$$

$W_p$  : travail d'une seule percussion du marteau pneumatique

$W_p = 6$  à  $12$  Kgf.m lorsque la pression d'air est  $5$  à  $7$  Kgf/cm<sup>2</sup> et le débit d'air  $3,5$  à  $18$  m<sup>3</sup>/mn

$n_p$  :  $2000$  à  $2500$  frappes/minute

$D_f$  : la forabilité des roches

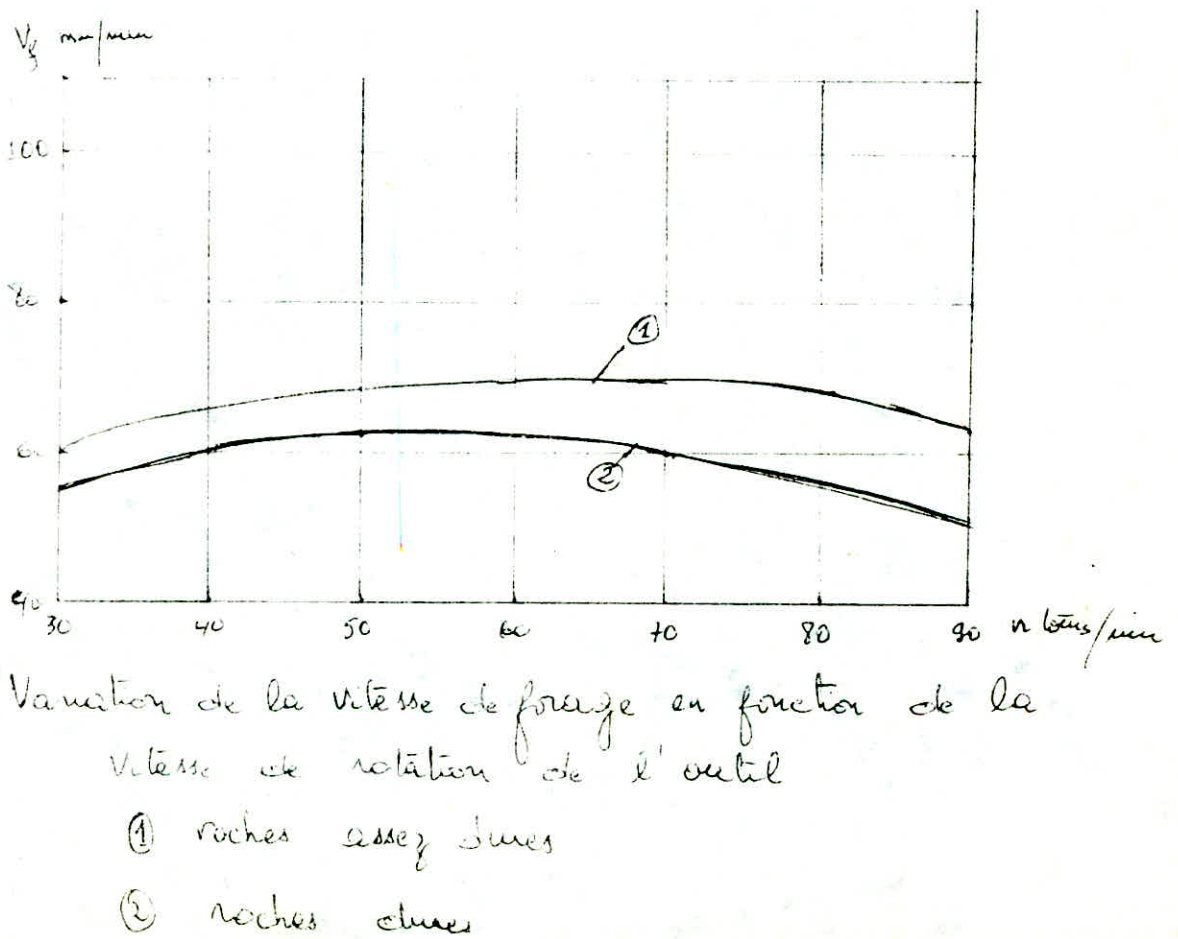
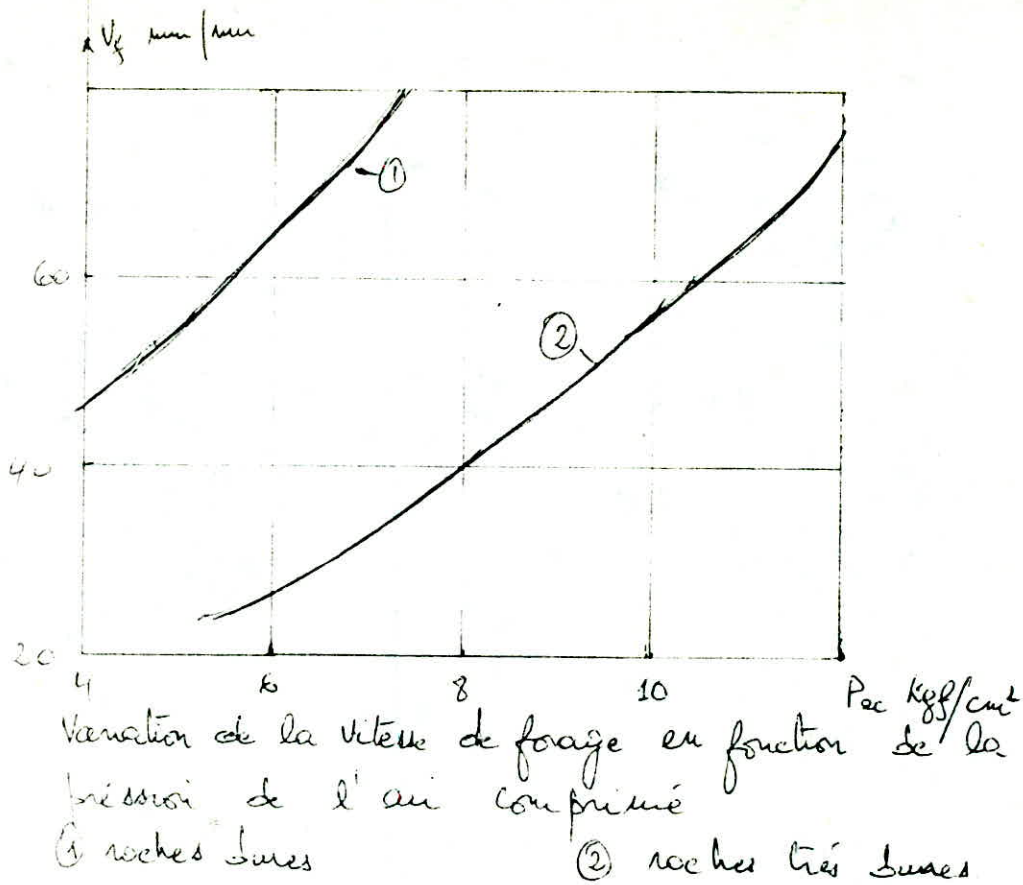
$K_v$  : coefficient qui tient compte de la variation de la forabilité des roches forées .

$K_v = 1,0$  pour  $D_f = 10$  à  $14$

$K_v = 1,05$  //  $D_f = 15$  à  $17$

$K_v = 1,1$  //  $D_f = 18$  à  $25$

$K_c$  : coefficient qui tient compte du type de couronne ( $K_c = 1$  à  $1,1$  )



.../...

IV-4-3 Les fond de trou à roto-percussion fonctionnent avec des compresseurs (de 10 à 17 bars ,pour forer des trous de diamètre  $\phi$  102 à 165 mm (exception faite pour 2 cas en  $\phi$  89mm)  
il ya une relation à respecter entre du taillant ,diamètre du marteau et diamètre des tiges, on distingue trois catégorie principales :

1<sup>er</sup> catégorie:

- pression du compresseur :17 bars
- taillant  $\phi$  157 à 160 mm
- $\phi$  marteau fond de trou : 137 mm
- $\phi$  tige : 89 mm

2<sup>eme</sup> catégorie :

- pression du compresseur : 12 bars
- taillant  $\phi$  127 mm
- $\phi$  marteau fond de trou : 111 mm
- $\phi$  TIGE :89 mm

3<sup>eme</sup> catégorie :

- pression compresseur :10 - 12 bars
  - taillant  $\phi$  104 à 110 mm
  - $\phi$  marteau fond de trou :93 à 96 mm
  - $\phi$  tige :89 à90 mm
- Si le  $\phi$  du taillant est trop petit , la paroi extérieure du marteau s'use ewagèrement par frottement et la remontée du cuttingest freinée.  
-<sup>S</sup>Si le  $\phi$  du taillant est trop grand , ilsera nécessaire d'utiliser un très grand volume d'air comprimé pour faire remonter les cuttings .  
-il faut 15 à 25 m/s pour removter les cuttings .

.../...



.../...

### Chargement des trous secs

Pour mieux arracher le au niveau requis , on emploie des cartouches à base de gélatine sur une hauteur d'environ 2 mètres et le reste du est rempli avec de la nitrate d'ammoniaque jusqu'au niveau du bourrage. Le taux de chargement est de l'ordre de 0,2 Kg/t .

### Chargement des trous trempés

Dans le cas d'existence d'eau , on aura recours à une combinaison de cartouches à base de gélatine placées dans la partie mouillée et de la nitrate d'ammoniaque en dehors de l'eau .

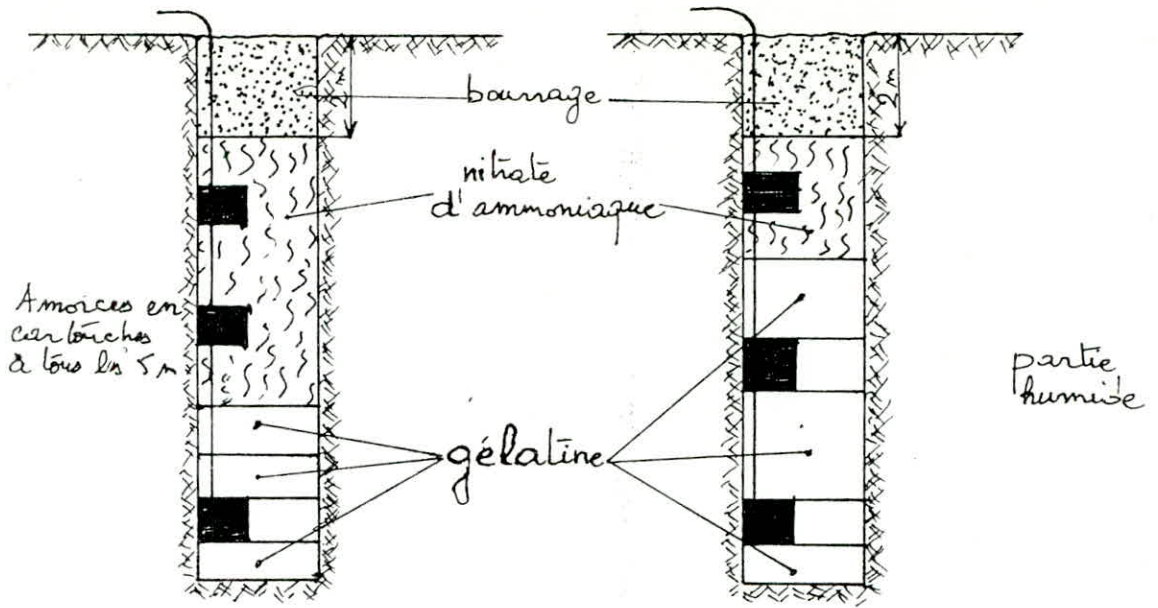
### Prévention des risques

Toutes les manipulations des substances explosives sont des travaux dangereux et qui ne peuvent pas être faits par n'importe qui et à n'importe quelle condition

le personnel devra posséder des qualités strictes et assurantes dont nous citons :

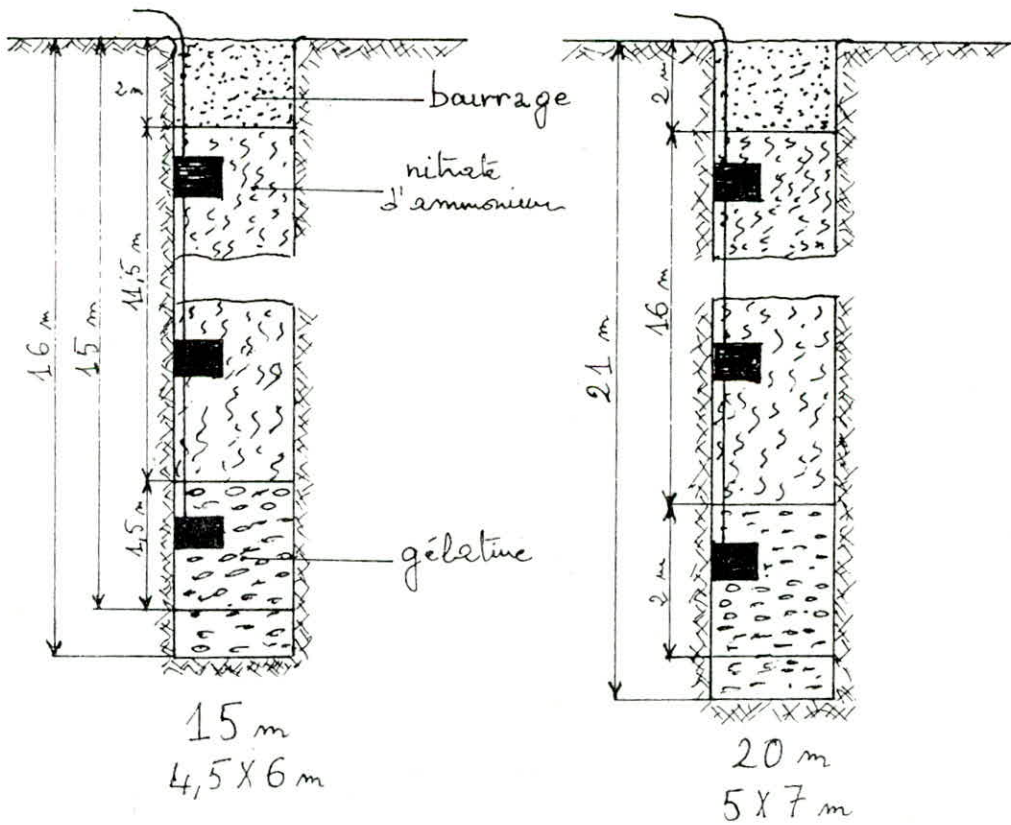
- La compétence
- La discipline
- La vigilance

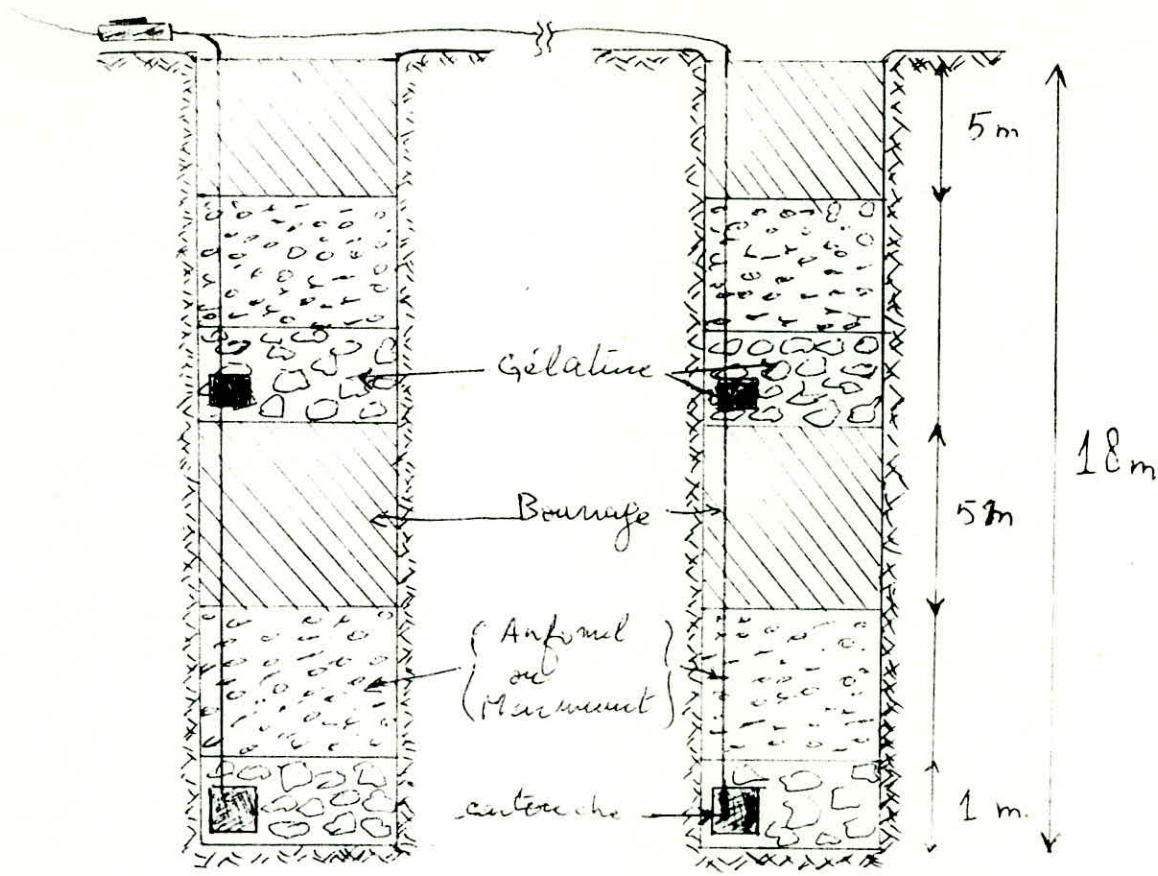
En un mot il faut que chacun possède l'esprit de sécurité en il faut être calme .



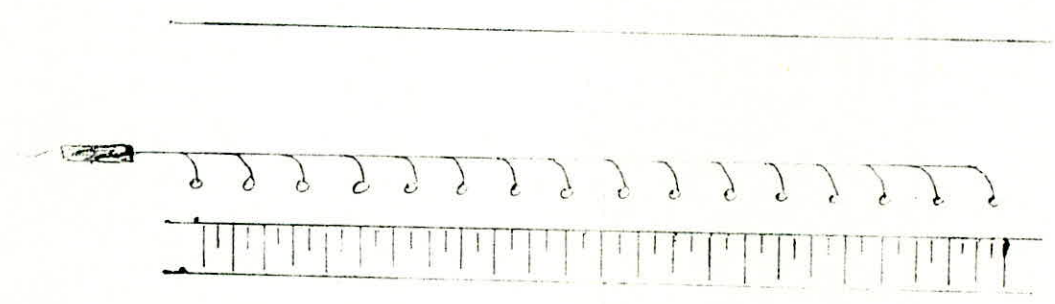
trou sec

trou humide





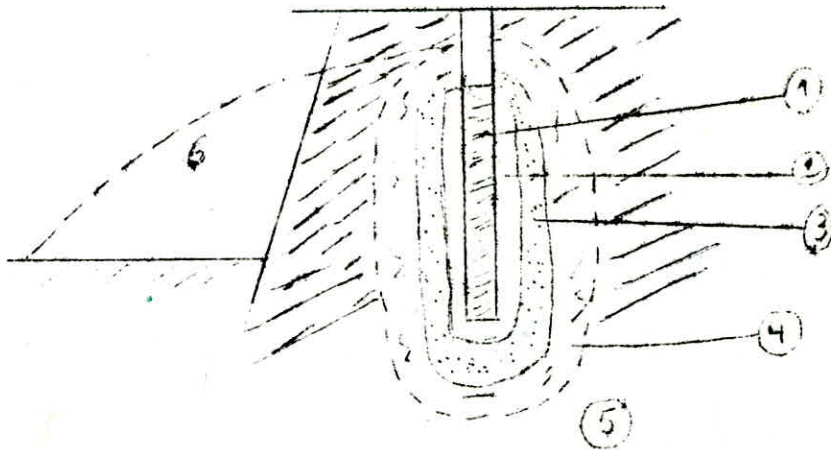
Plan de tir pratique actuellement à Meftah



Schema d'amorçage des charges (24 trous 3x4)

Effets d'une explosif

- Autour d'une charge se forme la zone de compression (Zone de déformation plastique).
- Le trou de mine s'élargit de près du double
- Dans la zone de formation de fissures ,l'énergie de tir est consommée pour surmonter la résistance des roches au cisaillement, à la traction, et à la compression .



- 1- Charge d'explosif
- 2- Poche de gaz
- 3- Zone de compression
- 4- Zone de formation de fissures (Varie de 20 à 50 D<sub>ch</sub>)
- 5- Zone de déformation élastique
- 6- Tas des roches abattues

Les zones de compression et de la formation des fissures forment la zone de fragmentation réglée.

La zone de fragmentation non réglée c'est la zone dans laquelle la fragmentation des se fait en partie suivant les fissures naturelles. Le degré de fragmentation de la à l'explosif dépend de sa résistance au tir, pour atteindre ce degré de fragmentation une consommation spécifique de l'explosif est exigée ( $g/m^3$ ), quantité d'explosif nécessaire pour l'abatage de 1  $m^3$  de roche (ou 1t de minerai) C'est l'expérience pratique et les nombreuses observations sur le terrain qui permettent de faire une appréciation relative sur la consommation spécifique.

Degrés de fragmentation  $n = \frac{l_n}{d_n}$  où :

$l_n$  : dimensions linéaires moyennes des blocs naturels du massif

$d_n$  : dimension moyenne du morceau de la roche fragmentée .

Total Annuel	Matières	Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Séptemb	Octobre	Novembre	Décemb
881215	CALCAIRE		52175	79720	86960	86960	86960	86960	---	79720	81160	81160	79720	79720
187267	ARGILE		11087	16940	18480	18480	18480	18480	---	16940	17250	16940	16940	16940
25338	SABLE		1500	2292	2500	2500	2500	2500	---	2292	2335	2335	2335	2292
7713	MINERAI DE FER		457	698	761	761	761	761	---	698	710	710	698	698
39000	GYPSE		2100	3300	3720	3720	3720	3720	1200	3300	3360	3720	3480	3660
	TOTAL/MOIS		67319	102950	112421	112421	112421	112421	1200	102950	104815	115175	10130	103130

Prévision de production -- Matières premières -- ( 1987 )

Base 700090 t de ciment

Total Annuel	Matières	Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Séptemb	Octobre	Novembre	Décembre
963815	CALCAIRE		52175	72465	94205	89860	89860	89860	89860	89860	89860	89860	89860	89860
204812	ARGILE		11087	15400	20020	19095	19095	18480	6160	19095	19095	19095	19095	19095
27725	SABLE		1500	2085	2710	2585	2585	2500	835	2585	2585	2585	2585	2585
8440	MINRAI DE FER		457	634	825	787	787	761	254	787	787	787	787	787
42000	GYPSE		2100	3240	3900	3780	3900	3780	1800	3900	3900	3900	3900	3900
	TOTAL/MOIS		67319	93824	121660	116107	116227	112481	38039	116227	116227	116227	116227	116227

## CHAPITRE V : TRANSPORT :

### V-1-1 Généralités :

L'un des principaux facteurs dans l'exploitation à ciel ouvert est le transport qui présente une part importante de prix de revient total de l'exploitation.

Vu cette place qu'occupe le transport, une grande importance est donnée aux moyens de transports en plus particulier aux camions dans le cas de notre carrière, et ce la par les efforts que le personnel de la division de maintenance ne cesse de présenter en vue de la mettre à la disponibilité du personnel d'exploitation.

Actuellement la carrière dispose de 4 camions (2 Euclid R 35 et 2 ~~BOCKUM~~) dont les caractéristiques seront décrites ultérieurement.

Le but principal de cette opération (transport) est le déplacement du minerais qui se trouve étale au pied du gradin jusqu'à la station de concassage et cela le long d'une piste dont une partie est sur le gradin et l'autre partie peu entretenue.

### V-1-2 Le trafic :

C'est la quantité de charge transportée par unité de temps en plus du minerais le trafic comprend les stériles qui présentent habituellement une partie prédominante.

D'autres termes caractérisant le transport dans une carrière, il nous est permis de citer le travail du transport qui présente la quantité de charge à déplacer par la distance parcourue.

Le rayon minimal de courbure : c'est le rayon qui permettra de manoeuvrer le camion sans passer par d'autres opérations tel que la marche arrière.

### V-1-3 Particularités du transport dans la carrière :

- déplacement de la charge d'une distance relativement faible
- important volume de charges transportés
- intensité de la circulation dépend de ce que la carrière dispose de moyens
- la distance de transport augmente selon l'avancement des travaux
- espace réduit pour transport
- lors du chargement et du roulage une charge importante se trouve disperser sur la piste
- les autres processus de l'exploitation dépendant de la bonne exécution du transport.

.../...

V-1-4 Exigences principales du transport dans la carrière :

- minimiser la distance du transport des front de taille au point de déchargement (concasseur dans notre carrière)
- bénéficier au maximum de transport
- sécurité du travail
- la Bonne état de la piste du parcours
- la pente des voies du transport devra être de l'ordre ou moins que 35°
- Meilleur sens de progression des travaux miniers.

V-1-5 Les engins du transport en carrière :

Les principaux types de transport en carrièremen sont :

- Les camions
- les convoyeurs (bande transporteuse ou tapis roulant)
- par wagons

une combinaison de transport peut se faire entre ces moyens présentés où avec d'autres moyens selon l'exigence du transport et l'état présent de la carrière.

Les conditions géologiques du gisement ses dimensions ainsi que les propriétés des minéraux et des roches sont les facteurs principaux dont dépend le choix du mode du transport dans la carrière.

Dans notre carrière le choix s'est porté sur les camions vu l'état dont se présente le chantier et en plus le transport par camions est un moyen plus pratique et qui présente certains avantages.

V-2 TRANSPORT PAR CAMIONS:

2-1 L'utilisation des camions comme moyen de transport est très répandue dans les carrières où l'exploitation des gisements est parfois compliquée.

Cette utilisation présente certains avantages dont nous citons :

- la suplicité d'organiser le travail
- facilité de manoeuvres ces engins même sur les fonts de taille où une largeur importante est prise en considération
- les pentes élevées ne présente pas de problème pour les camions vue leur puissance importante.

2-2 Inconvénients :

parmi les inconvénients on peut citer :

- les frais d'entretien et de réparation présentent une part importante du prix de revient du l'exploitation

- la distance de transport économiquement rationnelle est faible  
la plupart des camions ont un moteur diesel de puissance importante et sont équipés d'une benne ayant un masque pour la protection de la cabine de conduite.

2-3 Typs de camions utilisés en général :

- camions tambereaux)
- remorqueur avec remorque
- " avec semi remorque
- dumper (pour les petites carrières)

2-4 Caractéristiques techniques des camions :

Paramètres	Type de camion		
	KOCKUM	Euclid 5 35	Euclid R 50
- capacité de charge (t)	34,2	35,0	45,4
- capacité de la benne (m <sup>3</sup> )	16,7	17	23,5
- puissance (ch)	380	400	576
- rayon braquage (m)	7,5	7,9	9,5
- poids total chargé (t)	58,2	61,3	81,3
- poids à vider (t)	24	25,3	35,9

3-1 Rôle des bulldozers :

Avant l'entrée en scène des chargeuses et des camions, un rôle est attribué aux bulldozers afin de regrouper les morceaux de roches fragmentées, et un terrassement de la piste facilitant dans un second tour la tâche aux chargeuses et aux camions.

En général on utilise les bulldozers à chenilles pour des travaux exigeant une importante puissance.

Les bulldozers utilisés dans notre carrières sont super puissants vue leur puissance qui atteint 480 ch avec une seule dent dont le rôle sera décrit ultérieurement.

Les bulldozers ont un processus de travail qui consiste à baisser la lame qui s'enforce dans le terrain sous l'action de son poids.

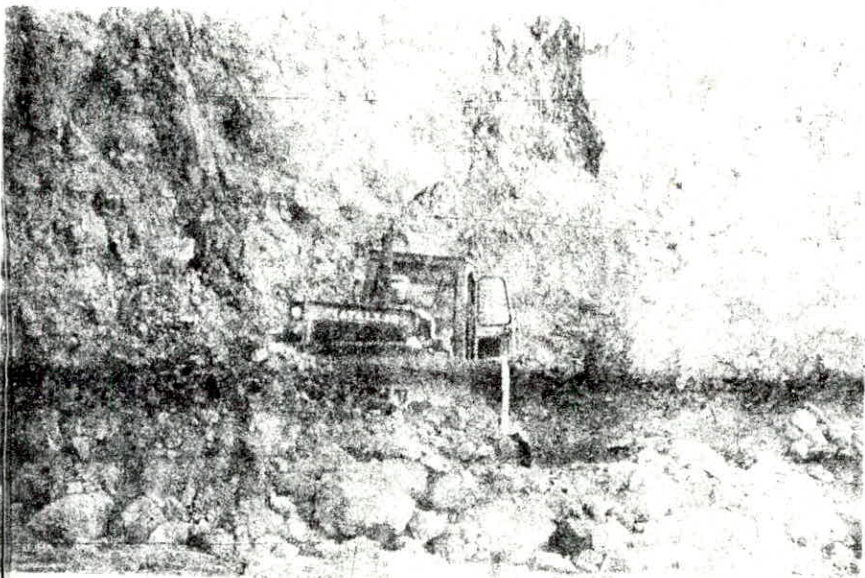
Cependant l'exploitation des roches fragmentées à l'exploisif exige une dimension des blocs de roche qui ne dois pas dépasser 100 - 120 cm.

Lors du déplacement du bulldozer sur le pied du gradin, la pénétration de la lame est partielle.





Camion Euclid R-35



Bulldozer (ripper) Fiat-Allis

Buldozer	Type	chenille ou pneu	date de mise en service	puissance (ch)	longueur de la larne(n)	hauteur de la larne(n)	nombre de dents
- KOMATSU	D 85 1 12	chenille	1980	180	3,8	1,3	3
- "	1355 D	"	1981	4/0	4,3	1,8	1
- FIAT ALLIS	F D 40	"	1985	480	5,5	1,5	1
- "	"	"	"	"	"	"	"

Afin de diminuer les pertes des roches lors du transport, le buldozer passe plusieurs fois le long d'une bande de largeur de 3 - 3,5 m en formant par ses côtés des renblais les pentes maximales lors du travail du buldozer sont :

Procédé	montée	Descente
charge	15-18	45
à vide	35-40	45

### 3-2 Les rippers :

Ce sont des buldozers portant des dents qui serrent à détruire les roches par les pénétration.

La manoeuvre de ces dents est assurée par un système hydraulique qui baisse et monte les dents.

En pénétrant les dents dans la roche, les rippers se déplacent sur une plate forme horizontale avec une vitesse 1,2 m/s

#### Forme des sections de la pente



dans les roches visqueuses



dans les roches fissurées.

4 - 1 Les chargeuses :

Nul ne doute de l'importance des chargeuses dans l'exploitation des carrières actuellement, les chargeuses remplacent avec une importante proportion des excavateurs et les pelles mécaniques et hydrauliques, cela revient aux nombreux avantages qui caractérisent les chargeuses.

4 - 1 Avantages :

- Capacité importante du godet = 5 m<sup>3</sup>
- Une importante vitesse de déplacement
- manoeuvrabilité facile et grande permettant le chargement même dans des lieux étroits
- vue la vitesse de déplacement, les chargeuses peuvent rendre service à plusieurs carrières proches l'une de l'autre
- réduction des frais d'exploitation
- capacité de surmonter de grandes pentes.

A côté des avantages qui caractérisent les chargeuses, ces dernières présentent quelques inconvénients qu'on peut citer en résumé :

- leur utilisation dans certaines carrières est limitée, elle ne peuvent pas être utilisées comme engins d'extraction.
- Elles offrent des efforts de pousser relativement faibles envers les roches dures
- pertes du minerais du godet lors du chargement, ce qui oblige des fois l'intervention des bulldozers pour le dégagement et le terrassement.

Les chargeuses utilisées dans notre carrière pour le chargement des camions Enclid R 35 et KOCKUM sont de taille importante formées de deux parties articulées.

Ce système d'articulation permet une manoeuvre de braquage plus facile grâce à se système hydraulique comme ils possèdent un effort important de pénétration.

- 2 Fiche technique des chargeuses :

	CATEGORIE	IM. INTER HARMES H 400 B	IM. INTER HARMES 500	FIAT ALLIS 645 - B
capacité du godet	4,97	7,65	5,86	2,5
- capacité de chargement (t)	5,44	13,5	8,9	4,35
- puissance (ch)	325	635	420	210
- Vitesse max de déplacement km/h	35	40	40	35
- date mis en service	1980	1973	1982	1976
- hauteur max de déchargement godet (m)	3,3	4,2	3,7	3,1
- pneu ou chenille	pneu	pneu	pneu	pneu
- nombre d'engins	1	3	1	1

D'après le tableau qu'on vient de dresser ou d'aperçoit que les principaux paramètres qui caractérisent les chargeuses soit :

- la puissance ee qui nous entraine à identifier la force d'anachement
- la hauteur maximale de déchargement du godet
- capacité du godet (tonnage, où volume)

4 - 3 Paramètres d'un cycle de travail :

- durée de travail d'un cycle
- un cycle de travail d'une chargeuse comporte : le remplissage, parcours vers le déchargement, retour vers le lieu de chargement.

$$t_c = t_2 + t_{ch} + t_d + t_v$$

$t_2$  : durée de remplissage (10 - 15 sec)

$t_d$  : durée de déchargement (7 - 15 sec)

$t_{ch}$  : durée de parcours de la chargeuses vers le lieu de déchargement(sec)

$t_v$  ; " " " " " " de chargement (sec)

$$t_{ch} = \frac{3,6 L_{ch}}{V_{ch}}$$

$L_{ch}$  : distance de parcours de la chargeuse vers le lieu de déchargement = 15 m

$V_{ch}$  : vitesse de parcours en charge = 4 km/h

$$t_{ch} = 10,82 = 11 \text{ sec}$$

$$t_v = \frac{3,6 L_v}{V_v}$$

$L_v$  :  $L_{ch} = 15 \text{ m}$

$V_v$  : vitesse de parcours à vide :

vuè la distance de parcours que ce soit vers le lieu de chargement ou déchargement qui n'est longue ce qui ne permet pas à la chargeuse d'augmenter la vitesse, par rapport à celle du parcours vers le lieu de déchargement on a pris :

$$t_v = t_{ch} = 11 \text{ sec}$$

$$t_2 = 10 \text{ s}$$

$$t_d = 7 \text{ s}$$

$$t_c = 7 + 10 + 2 \times 11 = 39 \text{ sec}$$

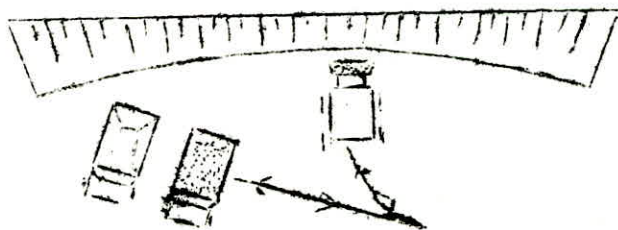
4 - 4 Modes de chargement :

On entend par celà les différents types de manoeuvres qu'effectue la chargeuse pour charger un camion, celà dépend de l'état du massif abattu qui peut être en position parallèle ou perpendiculaire à la piset au gradin.

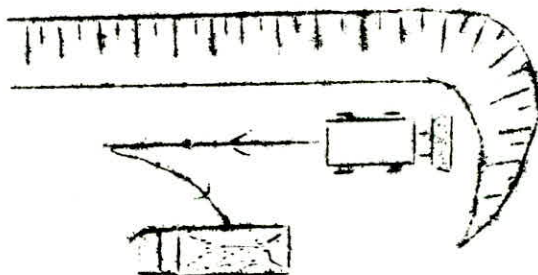
.../...

Dans le premier cas, le camion se met en marche arrière vers le chantier en faisant un angle de 30 à peu près par rapport au front de taille, et avec un angle de 90 la chargeuse s'éloigne du chantier en marche arrière dont en s'éloignant du chantier et en se rapprochant du camion la chargeuse fait un angle de 30 - 90°.

Ce mode de déchargement permet à 2 camions de se placer l'un à côté de l'autre



Dans le second cas le massif abattu se trouve à l'extrême Ouest de la carrière, le camion fait marche arrière perpendiculairement au massif abattu la chargeuse s'éloigne du chantier parallèlement au camion en soulevant le godet chargé puis s'approche du camion en faisant un virage de 90°



#### Calcul des paramètres du rendement des camions :

Le bon déroulement de l'opération d'évacuation et de transport du calcaire abattu exige la disponibilité d'un certain nombre de camions afin qu'il n'y ait aucune interruption lors du chargement, et cela en prenant en considération l'état de la piste de roulage et l'encombrement qui existe au niveau du déchargement (concasseur).

Durant le temps de parcours d'un camion, le chargeuse peut charger  $N_c$  camions durant un temps  $t_{ch}$  (pour 1 camion).

.../...

.../...

Calcul des paramètres du rendement des camions :

Le bon déroulement de l'opération d'évacuation et de transport du calcaire abattu exige la disponibilité d'un certain nombre de camions afin qu'il n'y ait aucune interruption lors du chargement, et cela en prenant en considération l'état de la piste de roulage et l'encombrement qui peut exister au niveau du point de déchargement (concasseur).

Durant le temps de parcours d'un camion, la chargeuse peut charger  $N_c$  camions durant un temps  $t_{ch}$  (pour (01) camion)

la durée de chargement d'un camion  $t_{ch}$  est =

$$t_{ch} = n_g \cdot t_c \quad (\text{min})$$

où :  $n_g$  = nombre de godets déversés dans la benne du camion (2)

$t_c$  : durée du cycle de chargement (min)

$$t_{ch} = 2 \frac{32}{60} = \frac{78}{60} = 1,30 \text{ min}$$

$N_c$  : nombre de camions nécessaires

$$N_c = \frac{T_{par}}{t_{ch}}$$

$$t_{par} = t_{ch} + t_t + t_d + t_m$$

$t_{tr}$  : durée du trajet du camion chargé et vide  
camion chargé  $t_{tr}$  durée du parcours = 4 min  
" à vide :  $t_{tr}$  durée du parcours = 3 min

$$t_t : 4 + 3 = 7 \text{ min}$$
$$\text{durée du déchargement} : t_d = 15 \text{ s} = \frac{15}{60} = 0,25 \text{ min}$$

- durée des manoeuvres ( $t_m$ ) au niveau du déchargement = 10 s  
" du chargement = 10 s

$$t_m = 20 \text{ s} = 0,33 \text{ min}$$

$$t_{par} = 8,88 \text{ min}$$

$$N_c \frac{8,88}{1,30} = 6,83 \text{ pièces}$$

Le nombre de camions est un nombre entier

$$N_c = 7 \text{ camions}$$

Naturellement ce nombre est déterminé s'il l'on considère qu'on travaille sans interruption, c'est ce qui est impossible.

Rendement des camions :

Le rendement d'un camion c'est le nombre de tonnes par poste transportés par un camion

$$R_c = \frac{G_o - G_c \cdot T_p \cdot K_q \cdot K_u}{t_{par}} \quad \text{t/poste}$$

$G_c$  = capacité de charge du camion (t)

$T_p$  = durée d'un poste de travail (8 heures)

$K_q$  = coefficient d'utilisation de la capacité d'un camion

$K_u$  = coefficient d'utilisation d'un camion durant un poste.

.../...

\* Camion Euclide R 35

capacité de charge  $G = 35 \text{ T}$

$K_q = 0,43 = 43 \%$

$K_u = 0,80 = 80 \%$

$T_{\text{par}} = 7 \text{ min}$

$\eta_c = 825 \text{ t/poste}$

\* Camion KOCKUM

capacité de charge =  $34 \text{ T}$ .

$K_q = 43 \%$

$K_u = 80 \%$

$t_{\text{par}} = 7 \text{ min}$

$\eta_c = 802 \text{ t/poste}$

Le coefficient d'utilisation de la capacité des camions a été déterminé d'après le production par poste (2500 T/poste) estimé dans notre carrière.

5 - Transport par convoyeurs :

5 - 1 Généralités :

Le mode de transport (tapis roulant, bandes transporteuse est d'une extrême importance vue son rôle qui consiste à alimenter la cimenterie de calcaire au point de stockage, assurant le transport d'un débit très important, et résolvant un problème de transport par piste, cette dernière des fois très difficile à emprunter et qu'elle ne présente pas un rendement appréciable.

L'importance de la bande transport exige un entretien quotidien qui est assuré par un personnel qualifié dont la formation est assurée au sein de la cimenterie.

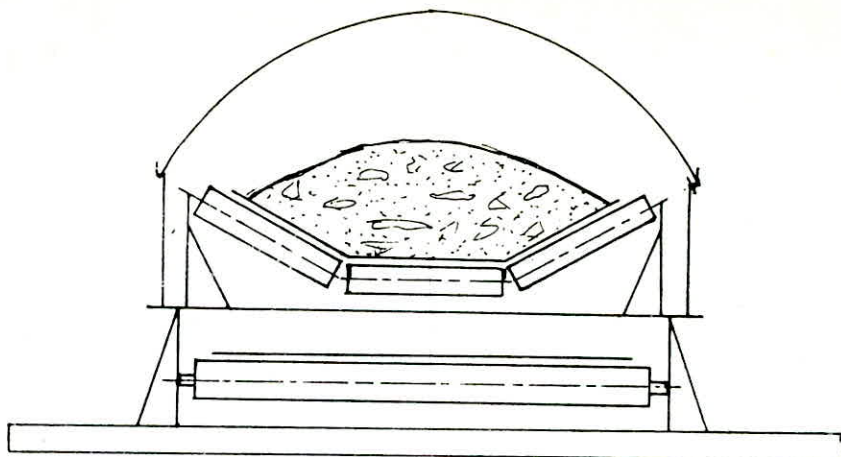
La bande se dresse le long d'une colline avec une pente assez importante, elle se repose sur des infrastructure (poteaux) de 4 et 2 pieds.

5 - 2 Caractéristique générales :

La bande est portée sur trois rouleaux en acier l'un d'eux horizontal, les deux autres inclinés de  $20^\circ$  environ, les rouleaux son disposés à intervalle de 1 à 1,5 m. Le mouvement de la bande est dû à une force d'adhérence de cette dernière sur le tambour de tête de forme cylindrique dont la rotation est assuré par un moteur électrique avec un dispositif permettant la régulation de la vitesse qui est de l'ordre de 2 m/s dans notre cas.

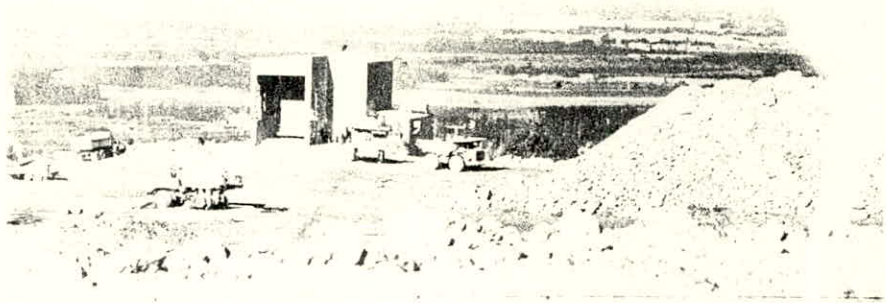
d'autres cylindres horizontaux dont le mouvement de rotation est de sens opposé par rapport aux rouleaux supérieures et qui assure le mouvement de retour de la bande transporteuse.

Le calcaire transporté est protégé des effets atmosphériques (pluie, vent) par un couvercle de forme demi-cercle tout le long de la bande transporteuse.

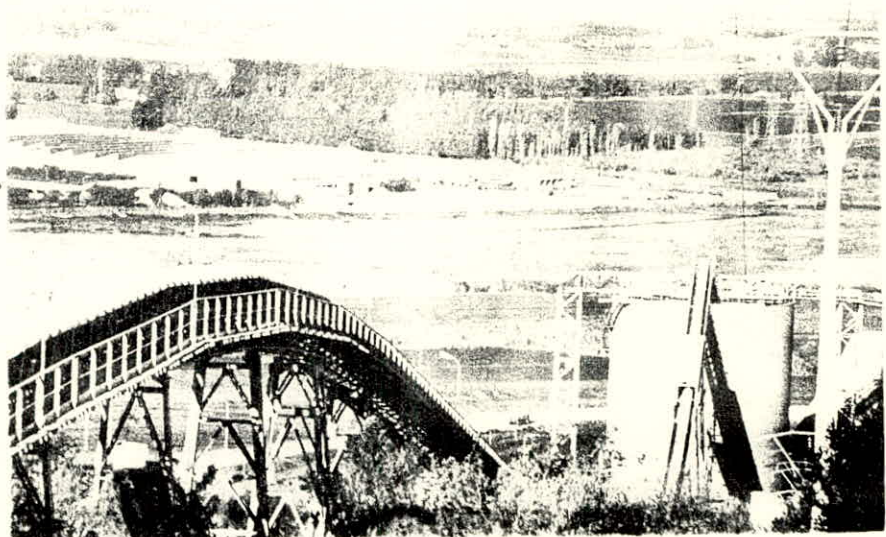


charge sur la bande transporteuse  
protégée par une tôle





la station de broyage, à droite les réserves  
de calcaire



la bande transporteuse

5 - 3 Fiche technique de la bande :

- longueur (m) : 800 X 2 = 1600 m
- largeur (mm) : 760
- vitesse (m/s) : 2 m/s
- débit normal : 450 t/h
- débit maxi. : 565 t/h

5 - 4 Cohésion d'une masse de calcaire sur la bande transporteuse :

Un tas calcaire sur la bande faisant avec l'horizontal un angle de talus qui est caractéristique du matériel.

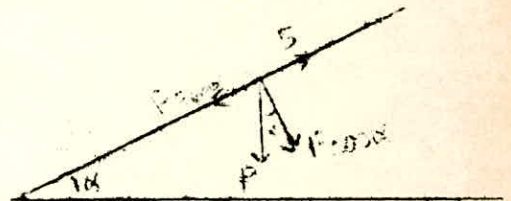
Considérons un fragment M placé à la surface de la bande son poids P peut être décomposé en deux forces.

L'une,  $P \cos \alpha$  normale à la pente tend à l'appliquer contre les autres fragments l'autre  $P \sin \alpha$  tend à l'entraîner parallèlement à la pente. Elle est empêchée, tant qu'elle est inférieure ou égale à la force de frottement S

Dans le cas où la cohésion (C) est nulle, on a

$$S = n \operatorname{tg} \varphi$$

$$n = P \cos \alpha$$



Lorsque la pente du talus est égale à  $\varphi$ , il y a tout juste équilibre,

on a :  $P \sin \alpha = S = P \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi$

d'où  $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi$

Ainsi, dans ce cas considéré ( $\alpha = \varphi$ ) l'angle du talus est égal à l'angle de frottement interne. La valeur de l'angle de talus est indépendante de la dimension des éléments. Elle dépend au contraire de leur forme de leur rugosité.

Pour le calcaire l'angle de talus admissible est (en degrés)

Min .....	28°
Méd .....	32°
Max .....	37°

## \* C O N C L U S I O N \*

La préparation de ce modeste travail nous a permis d'avoir une idée générale sur le déroulement de l'opération d'exploitation de calcaire à Méftah, selon les moyens dont elle dispose la carrière, caractérisés par une insuffisance appréciable.

Comme on a constaté aussi la non disponibilité au niveau de la cimenterie d'un tènement d'extrême importance concernant l'étude pétrographique du calcaire permettant de déterminer les caractéristiques physico-mécaniques du calcaire avec ses différentes formes .

IL nous est permis en ce moment même d'affirmer que le bon déroulement de l'exploitation consiste à mettre à la disposition du personnel un matériel répondant aux exigences d'exploitation

On espère avec des études qui se suivront on pourra fixer la lumière sur ce qui est sombre à l'état actuel

En dernier pas on peut citer les points qui manquent et qui pourront trouver des solutions à l'avenir .

- disponibilité des informations pétrographiques sur le calcaire (propriétés physico-mécaniques)
- ~~PROTECTION~~ des pneus avec des chaînes, les pneus qui représentent parfois 20% du prix de revient total de l'exploitation.
- La rechange du tapis roulant chaque 2 ou 3 ans
- La disponibilité des pièces de rechange pour l'atelier de maintenance.
- Mettre à la disposition du personnel 1 ou 2 camions de réserve.
- 6 Une bonne fragmentation des roches avant l'opération de concassage.

\* BIBLIOGRAPHIES \*

- Exploitation des carrières V.KOVALENKO OPU 1986
- Exploitation des mines  $t_2$  et  $t_3$  V.VIDAL DUNOD Paris 1962
- Géologie de la région de Méftah et Sondage WATTS, GRIFFIS and  
McOUAT LTD  
CANADA 1970
- Industrie minérale (Mines et carrières) Les techniques Revue 1986 et 1987
- Etude géologique -Matières premières et mélanges exploratech LTE  
québec CANADA 1972
- Les substances explosives et leurs nuisances J.CALZIA  
DUNOD 1969
- Les roches A.CAILLEUX Série Que sais-je? 1968

