

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

8/88

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

1EX

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT : G E N I E M I N I E R

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET -

* Etude de la densite et de la
resistance a la compression
du calcaire de Meftah *

Proposé par :

Dr K. KOCH

Etudié par :

Mr LAZOUNI

A. HAKIM

Dirigé par :

Dr K. KOCH

PROMOTION / JUIN, 1988

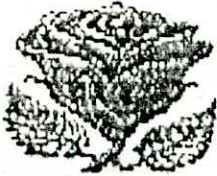
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

DEDICACES



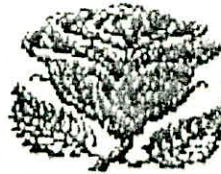
- A mon pere

- A ma mere

- A mon frere et mes soeurs

- *A tous ceux qui me sont chers*

- je dédie ce modeste travail .



o-o-o-o-o- REMERCIMENTS -o-o-o-o-o

C'est avec un grand plaisir que je m'adresse à toute personne ayant contribué à la réalisation de ce modeste travail de projet de fin d'étude en leur exprimant mes sincères remerciements et ma profonde gratitude.

Mes remerciements vont tout particulièrement à mon promoteur M^r Claus Koch pour l'aide et les conseils avisés qu'il m'a donné et grâce auxquels j'ai pu réaliser ce modeste travail.

M^r Dr M^{ed} Aguide Bachar, M^r Dr Wenda et M^r Dr Planita pour leurs informations et orientations qu'ils m'ont fourni.

M^r Saada chef de département pour ses facilités administratives, sans oublier M^r MOURAD et M^{elle} FATIHA

Les responsables et le personnel de l'E.C.C et l'E.R.EG et enfin sans oublier bien sûr les membres de jury

INTRODUCTION

Presentation de la carrière

Ch.I- La situation geologique 10

I- Geologie regionale

I.I- Introduction

I.2- Geologie generale de la region de Meftah

I.2.I- La qualité

I.2.2- Les categories

I.2.3- L'etude geologique des differentes régions
de calcaire et d'argile de Meftah

Ch.II- Etude de la densité 22

II.I- La densité (generalités)

II.2- Principe de determination de la densité
d'un minerai brute

II.2.I- Pesage hydrostatique

II.2.2- Schema general du calcul de la densité

II.3- Description de l'appareil

II.3.I- L'avantage de l'appareil de mesure de la
densité

II.3.2- L'etude expérimentale

Ch.III- Mesure de la porosité 36

III.a- Les methodes directes sur echantillon

III.b- Les methodes indirectes in situ

III.b.I- Resistivité du terrain

CONCLUSION.

- Ch. IV.- L'etude mecanique 46
- IV.1- Generalité sur les fractures naturelles
 - IV.1.1- Definition et description des divers types
de fracturations naturelles
 - IV.1.1.1- Les diaclases et les joints
 - IV.1.1.2- Les fentes ou les fractures d'extension
 - IV.1.1.3- Les joints stilolythiques
 - IV.1.1.4- Les failles
 - IV.2- La fissurité
 - IV.2.1- Calcul de l'intensité des fissures par la
methode photoplanimetrique
 - IV.3- Influence de la petite fissuration
 - IV.4- divers coefficient correctifs de la resistance
à la compression
 - IV.5- la resistance du massif par la methode des
carottes de sondage
 - IV.5.1- Principe de calcul
 - IV.6- Prinsipe de la determination de la dureté
de la roche
 - IV.6.1- Generalité
 - IV.A- La methode destruction
 - IV.A.1- Les points de prelevement
 - IV.A.2- Choix des dimensions des eprouvettes
 - IV.A.3- Calcul de la resistance à la compression.

- 1 -

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



Vue le nombre de demande et le besoin croissant en mater
materiaux de construction , surtout le ciment ; l'entr prise
des ciments et divers du centre (E.R.C.C.) ex S.N.M.C à
entrepris a la costruction d'une cimentrie capable de repondre
au besoin en matiere de ciments .

La cimentrie est située à 25 Km au Sud-Est d'Alger
prés de la ville de Meftah .

L'etude géologique du gisement a etait établie par
la compagnie Canadienne (WATS, GRIFFIS , et Mc. OUAT LTD de
Toronto) à permet de localiser les materiaux bruts néces-
saire à la cimentrie ; (calcaire, argile meftah , mineral de
gypse provenance de Médéa , mineral de fer de provenance des
gisements de l'ouenza et enfin le mineral de silice de
provenance de bougara - hamam el ouane - et d'un autre
gisement de l'Ouest d'ALGERIE - au Sud et à l'Est de mosta-
ganem -) .

Actuellement la cimenterie exploite le calcaire de
la region (I) , et l'argile de la region (5) .

Dans cette etude qui traite quelque propriétés
physico-mécanique du gisement de calcaire de meftah on a
essayer d'établir quelque valeurs de densité , de porosité
ainssi que la résistance a la compréssion pour différente
échantillons pris dans la carriere à partir des talus du
3eme et 4eme gradin .

GENERALITES

Pour tout projet concernant l'exploitation minière et même quelques travaux publics telsque creusement des tunnels, barrages, etc.....l'étude des caractéristiques physico-mécaniques des minéraux et des roches encaissantes (terrai) est strictement obligatoire vue son interét et son importance, car cette dernière influe considérablement sur le choix des méthodes de la conduite des travaux minières et des engins des principaux processus.

Les principaux propriétés physico-mécaniques des roches sont les suivantes:

La densité, la masse volumique, la porosité, l'humidité, l'absorption, la resistance à la compression et à la traction et au cisaillement, l'elasticité, degré de saturation, fissurité et son intensité et même la fracturation, etc....

Dans les chapitres qui s'en suivent nous allons traiter et étudier quelques paramètres indiqués ci-dessus séparément en utilisant quelque échantillons de calcaire de la region de MEFTAH pris dans différents lieux de la carrière (voir schéma 2.1)

.../...

2 / PRESENTATION DE LA CARRIERE DE CALCAIRE DE MEFTAH

La carrière de calcaire de MEFTAH est situé à 26 Km au sud-est d'ALGER.

La carrière présente un regime de travail discontinu; 23 jours ouvrables par mois, avec deux posts par jour:

1^{er} poste : de 5h à 13h

2^{ème} poste : de 13h à 21h

La production journalière en calcaire:

5000 t/j 2500 t/poste

Rendement : 312,5 t/heure.

Avancement annuel des travaux : 20 m/an.

La carrière est constituée par 4 gradins si on inclue le dernier en haut de la colline.

1^{er} Gradin : sur la côte 170, hauteur 18 m;

2^e Gradin : sur la côte 180, hauteur 15 m;

3^e Gradin : sur la côte 200, hauteur 18 m;

4^e Gradin : sur la côte 210, hauteur 15 m.

Pour avoir une idée sur la situation actuelle de la carrière de calcaire de Meftah voir fig .I a 10

.....

FIG.1. PLAN TOPOGRAPHIQUE

e 1:5000

CARRIÈRE DE CALCAIRE DE MEFTAH

-4-

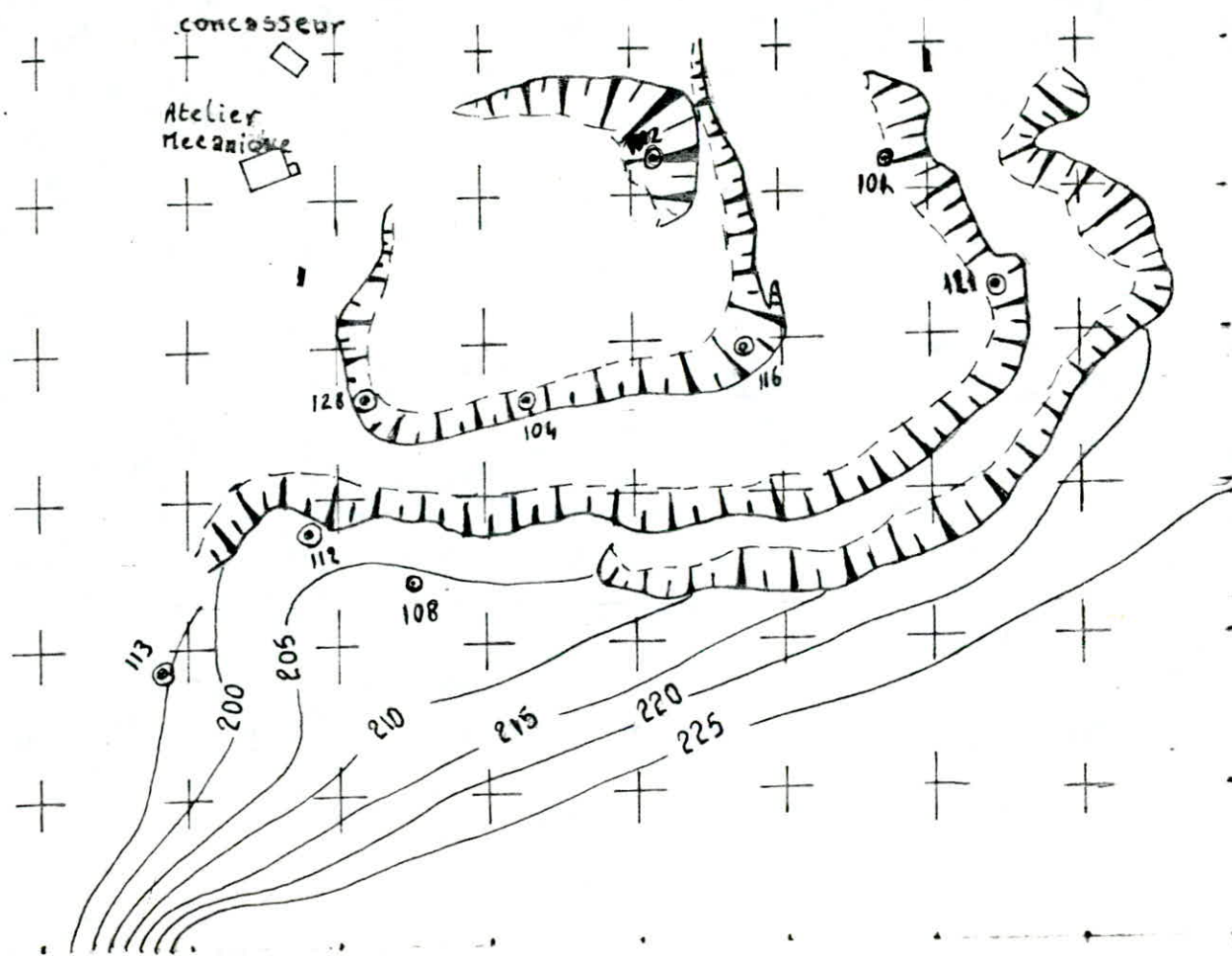




fig:1

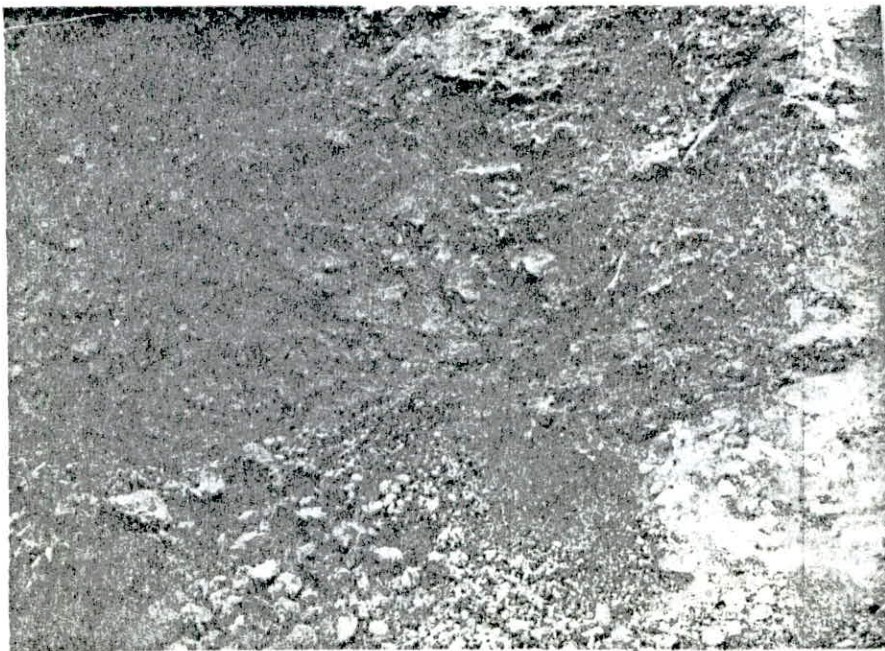


fig:2

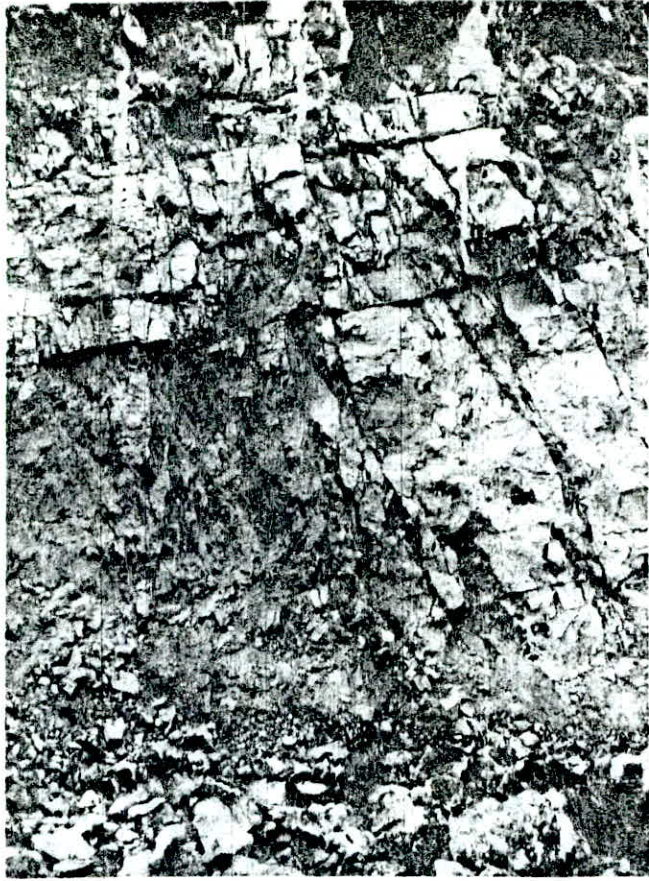


fig:3

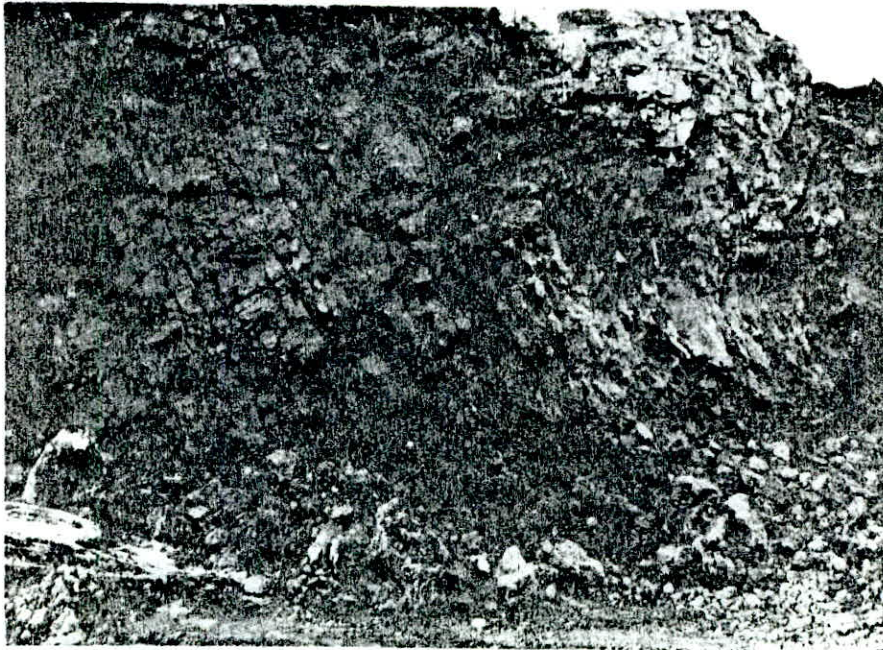


fig:4

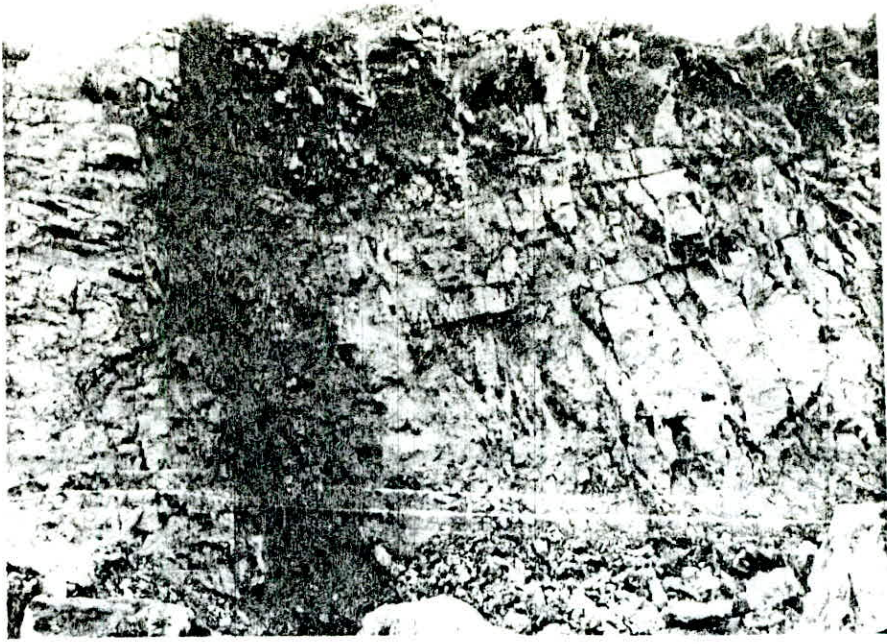


fig.5

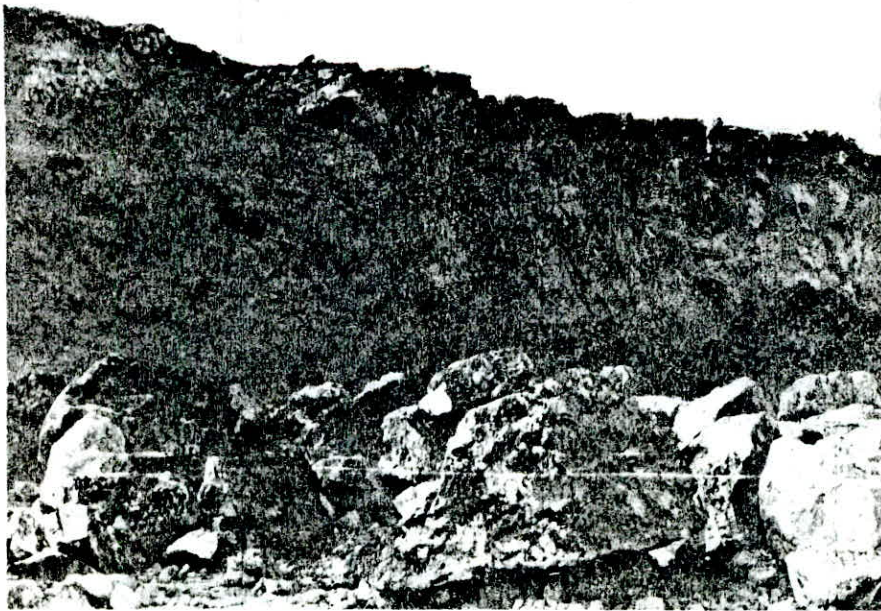


fig.6

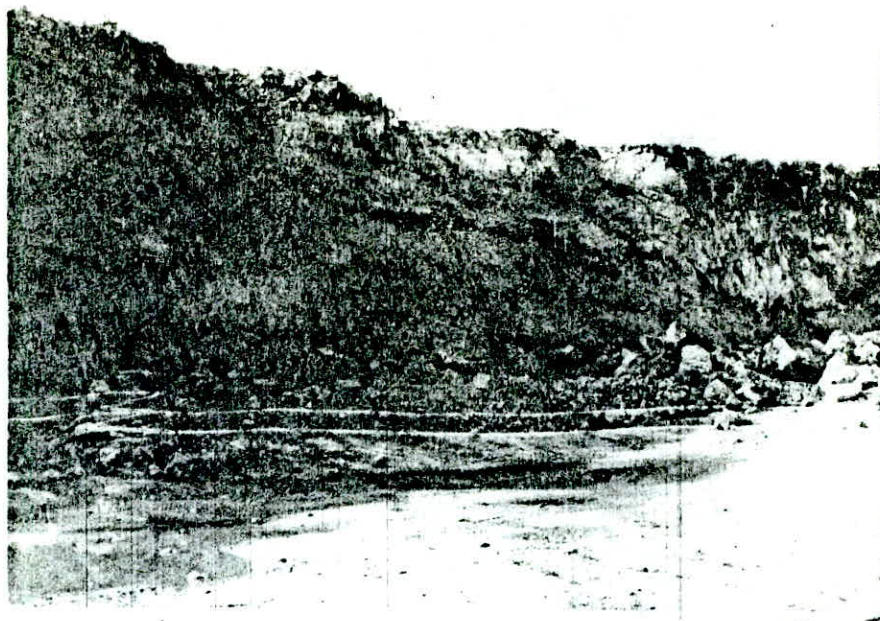


fig :
7

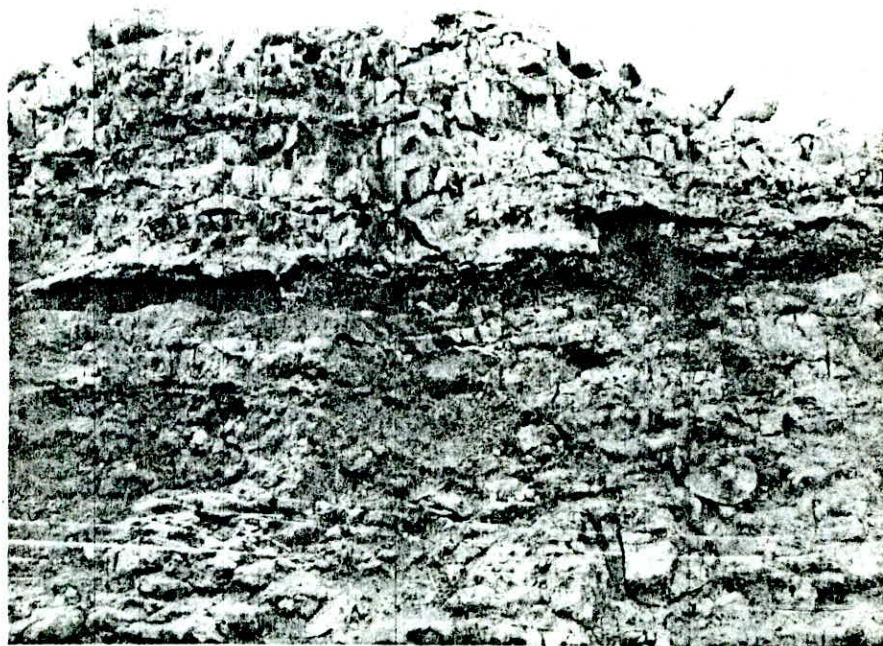


fig:8



fig.9



fig.10

I. GEOLOGIE REGIONALE

I.1. Introduction

Des études entreprises par WALTER Grifeis et Mc OUAT ont démontré que des réserves suffisantes de calcaire et d'argile existantes à proximité de MEFTAHA, pour répondre aux besoins d'une cimenterie produisant un million de tonnes par an ($10^6/\text{an}$) pour une période de 50 ans.

Les réserves de calcaire contenant au minimum: 48% de CaO sont estimées à 83781000 tonnes, de plus il existe aussi 9596000 tonnes de qualité inférieure, et aussi un minimum de 25372000 tonnes d'argile convenable à la fabrication du ciment a été calculé dans la région la plus proche de l'emplacement de la cimenterie.

I.2. Géologie générale de la région de MEFTAHA

Le gisement de calcaire de MEFTAHA fait partie des montagnes Atlas du nord et constitue le Djebel Zerouala, le dépôt de calcaire a une forme de lentille se divise en 3 couches parallèles (voir figure I).

Les dimensions de gîte de calcaire sont les suivantes:

Longueur 775 m

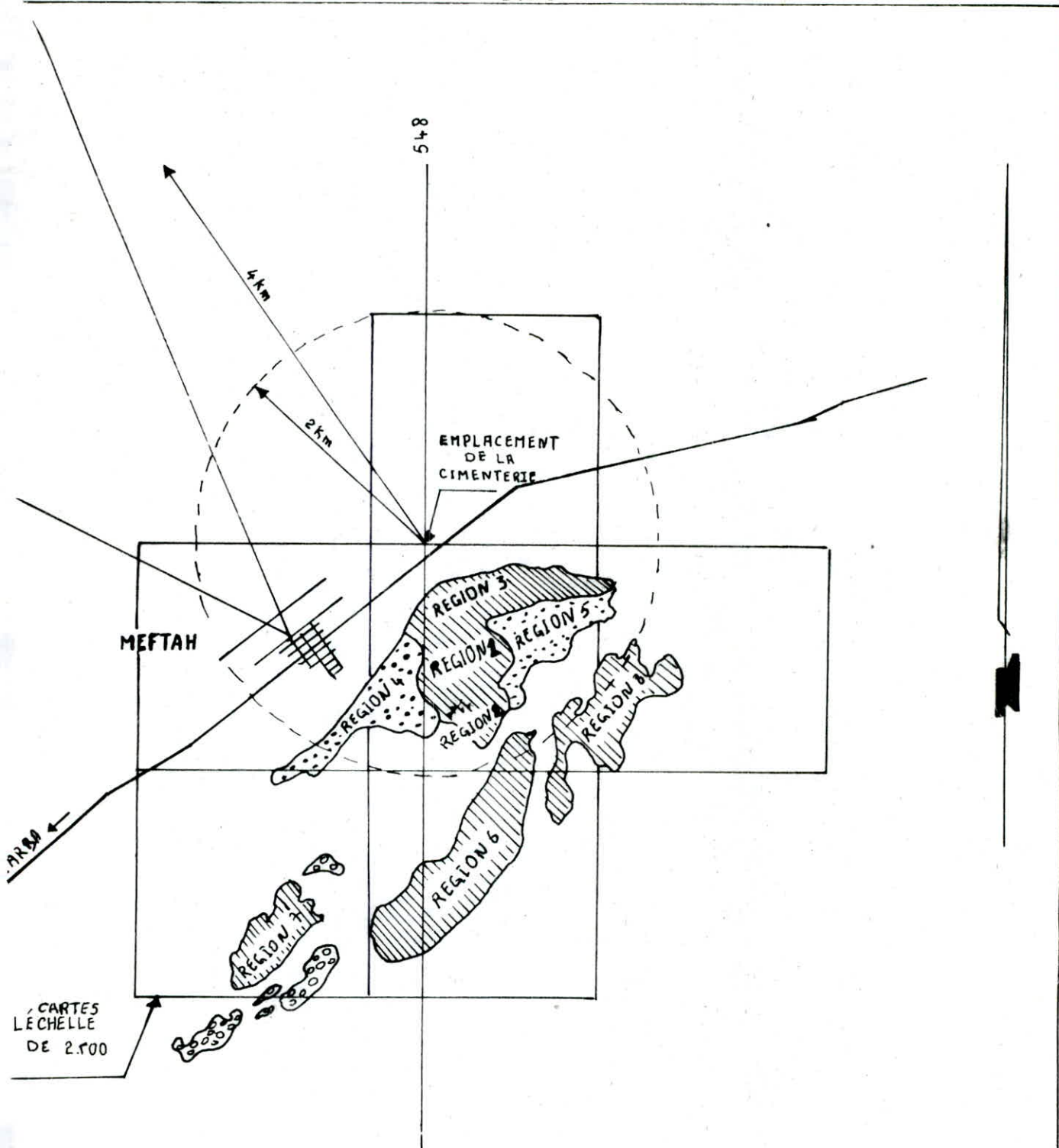
Largeur 425 m

Puissance 10 à 80 m

La région possède une structure géologique complexe telle que suggérée par les nombreuses discordances et les structures plissées qui affectent la lithologie.

Tableau représentant la formation
géologique de la région

Période	Époque	Formation	Lithologie
quaternaire	Pleistocène		Dépôt aluvionnaire
Plissement et Discordance			
	Pliocène		Grès conglomérat
Plissement et discordance			
Tertiaire	Miocène Inférieure	Helvétien	Calcaire
		Plissement et discordance	
		Cartinienne	Argile
		plissement et discordance	
		Burdigaliën	Gres, conglomérat
		Plissement et discordance	
	Eocène		Schiste quartzite



-  Couches post-calcaire
-  calcaire
-  Argile
-  Gres ou conglomérat

WATTS, GRIFFIS & McQUAT LIMITED
 CIMENTERIE DE MEFTAH,
 CARTE GEOLOGIQUE GENERALE
 ECHELLE 1: 50.000

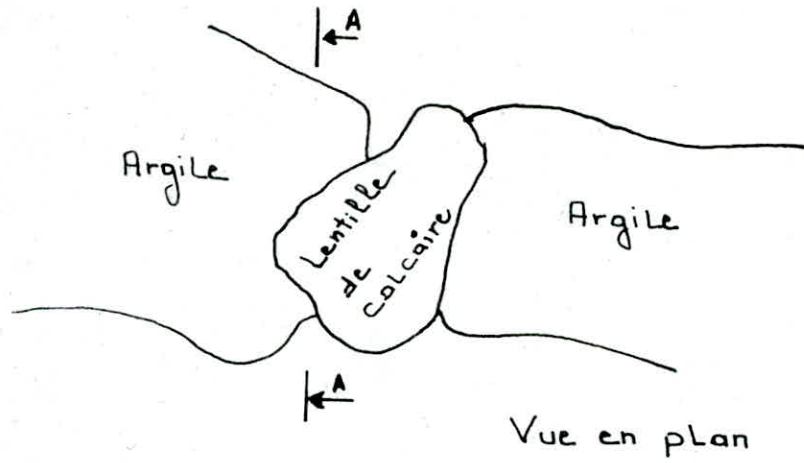
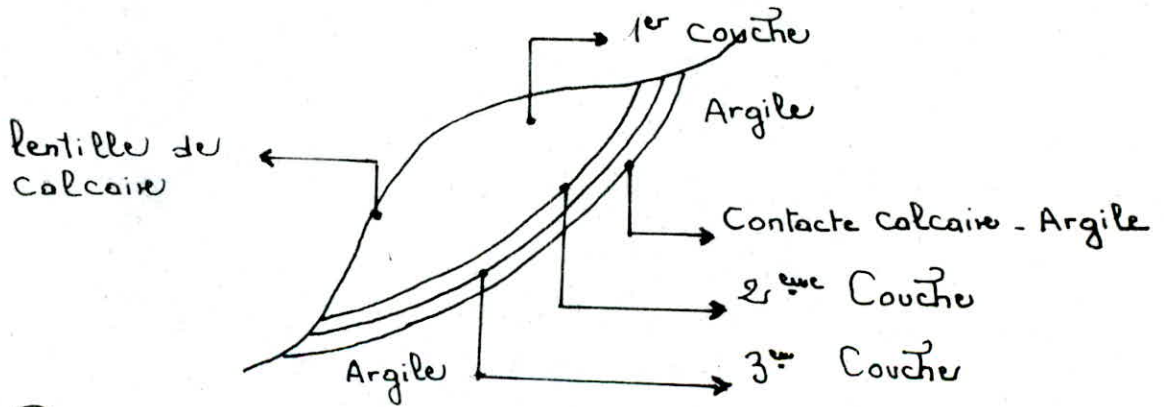


fig. 1



Coupe, plan, et type de lentille de Calcaire

1^{er} Couche : épaisseur 10-80 m, réserves 31 millions de tonne
teneur (minimum 48% en CaO

2^{ème} Couche : épaisseur 5-10 m, réserves 1,5 millions de tonne
teneur 40-48% en CaO

3^{ème} Couche : épaisseur 5-20 m, réserves 3,5 millions de tonne
teneur 30-40% en CaO

Le calcaire d'âge helvétique (Miocène inférieur) recouvre les plus vieilles roches de la région reposant sur les grès et conglomérats et ailleurs sur des argiles.

Il est en majeure partie constitué de calcite mais passe graduellement à des calcaires siliceux.

Il ya deux grandes zones de calcaire et plusieurs petites aires de moindre importance, le pendage régionale du calcaire est incliné vers le nord, mais il est localement interrompu par des plissements et des failles.

L'épaisseur du calcaire est très variable.

I.2.1. La qualité

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

Le calcaire de qualité inférieure ou siliceux n'est pas aussi bien exposé que le calcaire de haute qualité parce qu'il a tendance à s'user plus facilement .

Il est caractérisé par une teneur en silice et en aluminium plus élevée.

I.2.2. Les catégories

Trois catégories de calcaire ont été sélectionnées pour calculer les réserves du minerai suivant le contenu d'oxyde de calcium(CaO) à savoir :

1^{ère} catégorie (3C):

Calcaire contenant plus de 46% de CaO.

2^{ème} Catégorie (3B):

Calcaire contenant entre 40 et 48% de CaO.

3^{ème} catégorie (3A)

Calcaire contenant moins de 40% de CaO.

I.2.3. L'étude géologique des différentes régions de calcaire et d'argile de MEFTAH

Dans le but d'avoir une bonne étude géologique détaillée concernant les gisements de calcaire de MEFTAH, on va procéder à une étude par région du faite que le gisement est divisé en 8 régions à savoir :

Les régions 1,2 et 3 :..... Calcaire

Les régions 4 et 5 Argile

Les régions 6,7 et 8 Calcaire

I.2.3.I. Région I

Le calcaire de cette région se trouve sur une couche d'argile .

L'épaisseur totale de la formation du calcaire varie considérablement, l'épaisseur maximale se trouve au centre du gisement ou elle est de 80 m et qui diminue graduellement en se dirigeant vers les extrémités .

Dans cette région il existe un certain nombre de failles, plus précisément une faille importante est nettement visible sur

le parement actuel de la carrière . Cependant, il semblerait que les déplacements le long de ces failles soient minims.

Le pondage general du calcaire est vers le nord bien que le calcaire au centre du gisement prenne la forme d'un bassin amenant des variations dans l'altitude et la conformation de l'ensemble.

La topographie de surface s'eleve vers le sud la base du calcaire s'eleve a un taux plus rapide donnant ainsi une forme triangulaire.

Des analyses chimiques de haute purete (3C) de la region I donnent les limites suivantes pour les cinq constituants.

Les constituants	Minimum (%)
CaO	48
MgO	1
SiO ₂	7
Al ₂ O ₃	2,5
Fe ₂ O ₃	1,5

Le calcul de reserves etabli donne :

Qualite	teneur en CaO	tonnage
3C	PLUS DE 48	30997000
3B	ENTRE 40-48	1444000
3A	MOINS DE 40	3464000

I.2.3.2 Region 2

Pour cette region le changement que l'on peut remarquer c'est la pente sur le bord sud de la region I, alors la topographie s'élève pour former la serie de collines dans le djebel zerouala sur le mont abrupt de cette colline il existe une couverture de calcaire, on a pensé au debut que cette couche serait relativement épaisse, mais il s'est avéré après des examens détaillés de la surface que l'épaisseur du calcaire de cette region n'atteignait pas dix (10) m il s'ensuit donc que la region ne presente pas d'interet économique.

I.2.3.3 Region 3 (calcaire) :

Au nord est de la region I, le calcaire continue jusqu'à ce qu'il disparaisse sous le gravier et l'argile, qui constitue la plaine de la Metidja, c'est donc dans cette region que LAFARGE a obtenu son calcaire, au debut avant de passer à la carrière actuelle de la region; bien qu'elle presente de faible tonnages qui puissent être obtenus si on exploite le calcaire laissé dans le voisinage de l'ancienne carrière. Le minerai exploitable de cette region est très limité, dans ce cas il avait été décidé de quitter cette region pour se rendre à la region I.

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

I.2.3.4 REGION 4 (argile) :

La region 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 vu 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.

I.2.3.5 REGION 5 (argile) :

Cette région est située directement au sud de la cimenterie.

Composition chimique de l'argile :

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

Reserves d'argiles dans la region (5)

Volume.....	11031250 m ³
Tonnage	25362000 T
	densité 2,3 T/m ³
Tonnage	26475000 T
	densité 2,4 T/m ³

Tonnage 27578000 T
densité 2,5 T/m³

I.2.3.5. REGION 6 (calcaire):

Elle est située sur la crête de la première chaîne de montagne 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 de dureté très grande ; il diffère de celui de la région I , il y'a beaucoup moins de matériaux classés tant que calcaire impure.

Le calcaire de la région I 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.....	Min 48 %
MgO.....	Max 0,5 %
SiO ₂	Max 6,? %
Al ₂ O ₃	Max 2,0 %
Fe ₂ O ₃	Max 1,3 %
P ₂ O ₅	Moy 0,2 %
TiO ₂	Moy 0,2 %

Les calculs de tonnages définitifs ont donné des quantités de calcaire de haute pureté .

<u>Qualité</u>	<u>Tonnage (T)</u>
3C	45824000
3B	499000
3A	653000

I.2.3.7. REGION 7 (calcaire)

A l'ouest de la region 6 se trouve une zone de calcaire qui est divisée en nombreux blocs , il n'ya aucun doute que cette region etait autre fois reliée à la region 6 .

Suite a l'etude geologique de la region , on est rendu compte que l'on ne pouvait pas s'attendre à decouvrir pour cette region de source importante de calcaire .

Le calcaire retrouvé du type 3A moins de 40% de CaO en plus d'autre probleme se posaient pour l'exploitation des batiments se trouvent dans cette region .

I.2.3.8. REGION 8 (calcaire)

L'accès à la region 8 est probablement le plus difficile , cette region est située à 2 Km sud-Est de la carriere actuelle .

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

Vers le Nord le calcaire a une épaisseur de 15 à 40m alors que vers le sud , cette épaisseur n'est pas tres importante et presente donc moins d'interet .

L'analyse a démontrée que le calcaire de la region 8 est d'une pureté bien meilleure que ceux de certaines autres regions , celà est dû a sa couleur qui est plus fonsée .

Les analyses de calcaire de la region 8 ont données les caracteristiques chimiques suivantes :

<u>Les éléments</u>	<u>Pourcentages</u>
CaO	48
MgO	0,5
SiO ₂	3,0
Al ₂ O ₃	2,0
Fe ₂ O ₃	1,5

Les calculs de tonnage :

<u>Qualité</u>	<u>Tonnage (T)</u>
3C	6960000
3B	1996000
3A	1540000

.../...

II.I LA DENSITE :

Par definition la densite est la masse de l'unitée de volume de la roche en phase solide exprimée en (g/cm^3) ou en (T/m^3), en general cette derniere depend de la composition chimique et de la structure .

on entend par la composition chimique la nature des éléments qui constituent le mineralet sa teneur; par consequence on peut determiner la densite d'après la formule suivante :

- : est le nombre de mineraux dans la roche .
- : est la densite du I^{eme} mineral (g/cm^3)
- : teneur en chaque Imineral dans la roche (%)

On divise les mineraux en trois (03) groupessuivant la densite :

Mineraux lourds , mi-lourds , et mineraux legers

Les mineraux lourds ont une densite $4,0 g/cm^3$ comme exemple de mineraux lourds on peut citer

corindon	= $4,07 g/cm^3$
Magnetite.....	= $4,7 g/cm^3$

Les minéraux mi-lourds : ont une densité comprise entre 2,5 et 4,0 g/cm³ ; comme exemple on cite :

quartz	= 2,66 g/cm ³
Labrador	= 2,70 g/cm ³

Les minéraux légers : ont une densité inférieure au égale 2,5 ; comme exemple on cite :

la halite	= 2,5 g/cm ³
le gypse	= 2,32 g/cm ³

II.2 Principe de la détermination de la densité d'un minéral brute :

II.2.1 Pesage hydrostatique :

Le pesage hydrostatique est basé sur la détermination du volume de l'échantillon à partir de la masse du liquide déplacé par ce dernier (pour la plus part des cas , on utilise de l'eau distillée).

Cette méthode s'applique facilement et nécessite pas d'équipement précieux, assure néanmoins une précision suffisante, elle est facile à reproduire, et peut être utilisée pratiquement pour n'importe quelle matière ayant une densité.

II.2.2 SCHEMA GENERAL DU CALCUL DE LA DENSITE:

Pour déterminer la densité d'un minéral ou minéral

quelconque on doit d'abord déterminer son volume et cela lors du pesage hydrostatique (dans un liquide de densité bien connue) et le pesage en l'air .

— L'échantillon pese en l'air doit être sec (privé de l'humidité); pour cela on chauffe l'échantillon dans une étuve jusqu'à la température (105-110° c).

— L'échantillon pese dans un liquide doit être saturé en eau avant de l'immerger dans un liquide (eau);;

Pour accélérer le processus de saturation en eau il est préférable d'opérer sous vide (ou sous pression) en utilisant une pompe à eau pour créer le vide dans un déshydrateur .

Donc on prend un verre rempli à moitié d'eau dans lequel on immerge l'échantillon après l'avoir pesé sec, puis on pose l'ensemble dans le déshydrateur ainsi que qu'on ouvre le robinet qui communique avec le déshydrateur il se crée un vide à l'intérieur et qui accélère la saturation de l'échantillon en eau .

On calcule le volume du minéral "V_m" par la formule suivante :

$$V_m = \frac{M - M_x}{D_x}$$

D'ou l' on determine la densite par la formule
suivante :

$$D_m = \frac{M \cdot D_x}{M_x} ; \quad (g / cm^3)$$

M : étant la masse du mineral sec pese en l' air (g)

Mx : la masse du mineral saturé pese dans le liquide (g)

Dx : la densite du liquide .

D_m : la densite du mineral (g/cm³)

Le pesage hydrostatique est pratiqué la plus souve-
nt dans de l'eau distillée , dont la densite peut etre con-
siderée dans une premiere approche , comme équivalente
a un (OI) (Dx = 1,000 g / cm³), du fait que la
plus part des roches sont solubles dans l'eau ; un (OI)
litre d'eau dissout a la temperature ambiante en gramme
pour le calcaire comme exemple :

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

D'apres les resultats ci-dessus on remarque bien
que le calcaire est peut soluble dans l'eau distillée
et c'est l'une des raisons qui nous pousse à choisir
l'eau distillée pour le pesage hydrostatique .

Dans ce cas la formule de calcul du volume se simplifiée comme suite :

$$V_m = M - Mx \quad ; \quad (\text{Cm}^3)$$

D'ou l'on determine la densite par :

$$D_m = \frac{M}{M - Mx} \quad ; \quad (\text{g} / \text{Cm}^3)$$

Pour établir le resultat avec la temperature 4° c nous introduisons dans la formule la valeur effective de la densite de l'eau correspondant à la temperature de l'expérience ou une valeur relative Q_x

$$D_m^t / \text{air} = \frac{M \cdot Q_x}{M - Mx} \quad ; \quad (\text{g} / \text{Cm}^3)$$

On ce qui concerne les valeurs " Q_x " voir le tableau donnant les différentes valeurs de " Q_x " qui correspondent aux différentes valeurs de la temperature de 10 à 30° C

Remarque :

On utilise les valeurs de " Q_x " que si on doit fair des calculs dont les valeurs sont de (01 / 1000) au minimum .

tableau des valeurs de la densité de l'eau en
 fonction de la température de l'expérience
 au laboratoire :

La température (T° c)	ρ_t	T)° c	ρ_t
I0	0,999701	21	0,997994
III	0,999606	22	0,997772
I3	0,999498	23	0,997540
I4	0,999377	24	0,997299
I5	0,999244	25	0,997047
I6	0,999099	26	0,996786
I7	0,998943	27	0,996515
I8	0,998775	28	0,996235
I9	0,998596	29	0,995946
20	0,998406	30	0,995649

.....

La masse de l'eau déplacée par le mineral équivaut a

$$P_{\text{eau}} = V_m \cdot Q_t ; \text{ (g)}$$

D'autre part ,le mineral trempé dans l'eau perd de son poids une valeur équivalente a la masse de l'eau déplacée par lui.

$$P_{\text{eau}} = M - Mx ; \text{ (g)}$$

Par consequent ,pour le pesage hydrostatique l'équation suivante est valable :

$$V_m \cdot Q_t = M - Mx$$

Ce qui en resulte pour le pesage en l'air :

$$V_m \cdot Q_t = (M - Mx) + V_m \cdot T$$

D'ou le volume du mineral V_m :

$$V_m = \frac{M - Mx}{Q_t - T}$$

T : étant la densité de l'air.

D'ou la densité du mineral :

$$D_m = \frac{M(Q_t - T)}{M - Mx} + T$$

de de
 Si au lieu l'eau on utilise n'importe quel autre
 liquide dont on connaît la densité , alors dans ce cas là
 la densité du mineral sera calculée suivant ~~une des deux~~ La
 formules suivantes :

$$D_{t'}^t = \frac{M \cdot (D_{\frac{t}{x}} - T)}{M - Mx} \cdot T \quad (\text{g/cm}^3)$$

Description de l'appareil

Note appareil de mesure de la densité de minéral brut est constitués de deux systèmes " Voir photos " :

Une balance pour faire les pesées des échantillons sur l'une des extrémités de la balance on a fixé une tige filtrée munie d'un écrou, qui sert à équilibrer la balance en faisant éloigner ou rapprocher l'écrou de la limite de la tige.

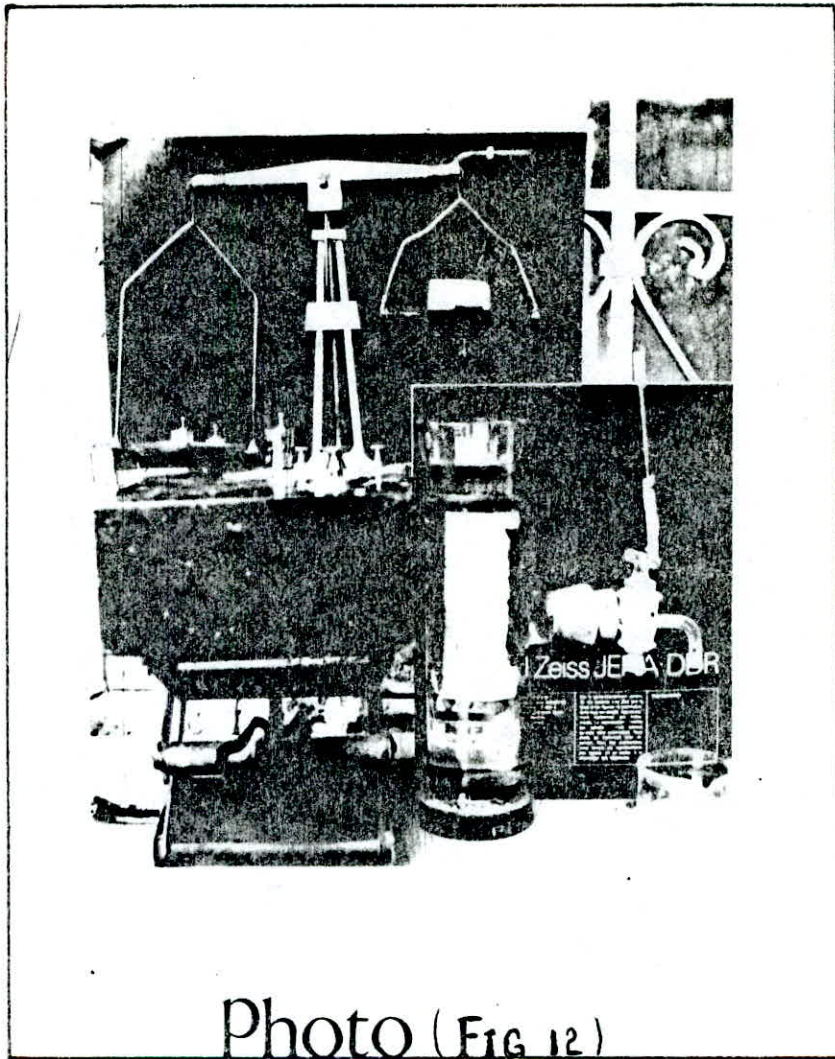
Cette balance peut faire des pesées des échantillons dont le poids peut aller jusqu'à 100 g au de là de 100 g on n'aura plus de précision voir fig A.

LE DEUXIEME Systeme Etant Compose D'un recipient en forme cylindrique a fond plat qui est muni au milieu d'un bouchon a deux tubulures, dans l'une est adaptée un tube vertical diriger vers le haut et qui sert de niveau d'eau liquide : ; l'autre est muni d'un robinet et est dirigé vers le bas.

le robinet peut être sans inconvénient remplacé par une pince disposée sur un raccord en tube souple en caoutchouc : il permet de faire couler une quantité limitée d'eau contenue dans le recipient qui correspond au volume d'eau qui a été déplacé par l'échantillon

donc le deuxième système on le faisant associer avec la balance on peut faire la pesée hydrostatique donc une première (01ère) méthode

ou utilise le deuxième système à part pour mesurer le volume de l'eau déplacé par l'échantillon voir fig b



~~Photo 1~~: Appareil de pesée
hydrostatique

L'avantage de l'appareil de mesure de la densité :

L'avantage que peut présenter un tel appareil dont on a fait la conception est le suivant :

- L'appareil est conçu de telle façon à ce qu'elle nous permet l'utilisation de deux méthodes selon notre choix de procédure, et chaque méthode à ses propres avantages et inconvénients

La première méthode est la méthode qui utilise la pesée hydrostatique plus précise et qui demande plus d'attention .

La deuxième méthode consiste à mesurer le volume de l'échantillon en récupérant le volume d'eau déplacé par l'échantillon , cette méthode est plus rapide mais ne donne pas assez de précision .

L'étude expérimentale:

La densité de roche à étudiée est celle du calcaire de Meftah .

Pour vérifier les résultats expérimentales obtenus par l'appareil de mesure de la densité , on a fait des essais sur des échantillons considérés comme étant des échantillons de référence dont on connaît la densité , voir tableau ci-dessous .

Le minéral	La densité (g/cm ³)
Le gypse	2,32
Le quartz	2,5 - 2,6
Le marbre	2,7
La baryte	4,5

Les roches citée dans le tableau sont des roches de tres faible porosité surtout pour le marbre .

Les résultats expérimentales obtenues lors des essais sont de 1/100 pres voir le tableau suivant :

Le minéral	La desité
Le gybse	2,34
Le quartz	2,53
La baryte	4,41
Le marbre	2 74

.../...

Le tableau ci dessous nous présente quelques valeurs expérimentales de la densité de la roche du calcaire.

N° =	La masse de l'échantillon sec m_{sec} (g)	La masse de l'échantillon saturé et paraffine m_{sp} (g)	La masse de l'échantillon m_{sp} dans l'eau m_{sp_e} (g)	La masse de la paraffine m_p (g)	Le volume de la paraffine V_p (cm ³)	Le volume de l'échantillon V_e (cm ³)	La densité S (g/cm ³)
1	50,25	53,6	23,33	1,50	1,61	21,72	2,31
2	57,7	60,45	24,45	1,40	1,50	22,95	2,51
3	33,45	38,30	18,60	1,30	1,39	17,21	1,94
2'	51,55	57,65	26,5	20	2,15	24,35	2,11
3'	47,25	51,25	22,80	1,50	1,60	21,2	2,22
4'	48,5	54,40	24,70	1,70	1,82	22,88	2,119

(1,2,3): Les échantillons prises à partir du talus du 3ème gradin.

(2',3',4') : Les échantillons prises à partir du talus du 4ème gradin.

Remarque : Les valeurs présentées dans le tableau sont des valeurs moyennes.

LA POROSITE

II.1 Definition

On defini la porosité comme étant l'ensemble des vides contenus dans la roche , elle est mesurée en pourcent du volume total de la roche .

On dit qu'on a une porosité ouverte si les vides de la roche peuvent se communiquer les uns avec les autres et par consequent débouchent à l'exterieur .

Comme exemple de roche contenir le type de porosité indiquée ci dessus on cite : les sables , les gres ,(les calcaires) , etc...

Dans le cas de porosité fermée . Les pores , ou un ensemble de pores , peuvent être complètement clos et par consequent ne pas communiquer tous entre eux et avec l'exterieur , comme dans les roches bulleuses tells que les scories, les ponces .

II.2 Les differents types de porosité

II.2.1 La porosité d'interstices

Elle est definie comme étant l'ensemble des vides compris entre les divers éléments constitutifs d'une roche .

Generalement on l'a rencontre dans les formations meubles comme exemple on cite : les sables, les graviers, les argiles

ou des roches solides non encore complètement colmatées , les pores sont interconnectées .

II.2.I.a - La porosité d'interstices simple :

On l'identifiée pour les roches dans les grains ayant une taille à peu près uniforme et qui laissent entre eux des vides non remplis par des grains de plus petite taille .

Suivant le degres de tassement , la structure rocheuse peut être plus ou moins compacte , ainsi si nous supposons que les grains de sables ont une forme parfaitement spherique et qu'ils ont tous le même diametre , la porosité et la forme de leurs pores dependent de l'arrangement de ces spheres.

II.2.I.b- La porosité d'interstice restreinte :

C'est une porosité très faible par rapport à la porosité expliquée si dessus , du faite de l'intercalation des grains plus petite entre les grains les plus grosses ; voir figure 13a

II.2.I.c- La porosité d'interstice reduite :

C'est une porosité d'interstice diminuée par un dépôt , le plus frequement , soit de carbonate de chaux (CaCO_3) d'hydroxyde ferrique ou de silice ($\text{Fe, Si})(\text{OH})_2$ a la surface des grains ; voir figure 13 B

II.2.I.d - La porosité d'interstice double :

On l'a rencontre dans le cas ou les elements majeurs eux même soient poreux .

La porosité entre les particules plus ou moins soudées des éléments peuvent être examinées dans plusieurs cas ; par exemple dans les gres , on a une porosité reduite par le ciment (reste de porosité primaire), une porosité secondaire , due à une dissolution de carbonate de chaux du ciment .

Dans les calcaires peut existé une porosité primaire entre les differentes particules du calcaire sedimentées au fond de mer (calcaire grossier , calcaire coquille (cas du calcaire de Meftah existant dans la partie ouest de la carriere), calcaire oolitique, etc...) voir figure 13 c .

II.2.2. Porosité vacuolaire :

On l'a definie comme étant l'ensemble des cavités complètement fermées .

Son existence est due à la dissolution des fossiles qui laissent des cavités clos .

Parmi les roches qui ont une porosité vacuolaire, on cite : les quartzites coquillies , et surtout les calcaires coquillies.

Pour les roches eruptives on cite à titre d'exemple: les laves et specialement les scories et les ponces

II.2.3- Porosité des fissures :

Avant d'aborder la porosité des fissures , on presente les diffrents types de fissuré à savoir/

- les joints
- les diaclases
- les failles
- les fissures de schistosité

Pour plus de détaille sur ces différents points cites ci-dessus voir le chapitre 4IV

Nous pourons avec Lehmann (1932), diviser les fissures en fissures capillaires fines , ayant moins de 0,5 mm de largeur , fissures capillaires larges de 0,5 à 3 mm de largeur fissure non capillaires de plus de 3 mm de largeur , et en fin des fissures béantes de plus de 5 cm - 10 cm dans lesquelles le mouvement d'eau est turbulent .

II.2.4- La porosité de chenaux :

Cette dernière n'existe que dans les roches solubles , tels que les calcaires et le gypse .Elle est naturellement tres variable dans un même massif et depend du diamètre et de la densité des chenaux.

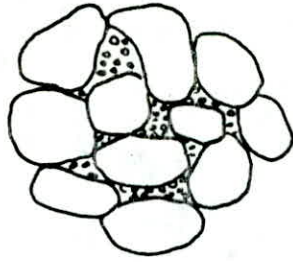


Fig 13A : La porosité restreinte

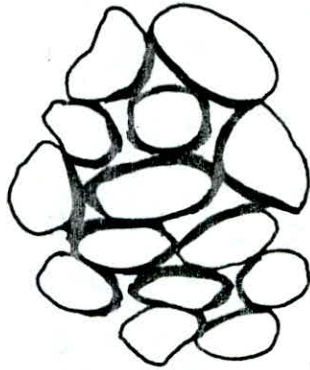


Fig 13B : La porosité d'interstices réduit

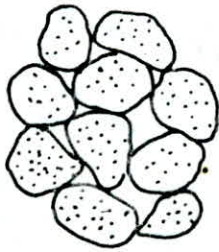


Fig 13C : La porosité d'interstices double

MESURE DE LA POROSITE

pour mesurer la porosité d'un échantillon de roche quelconque, il existe deux méthodes:

a/ Les méthodes directes sur échantillon

Pour cette dernière il ya plusieurs façons qu'on peut utiliser pour mesurer la porosité; en ce but nous allons citer quelques procédures:

On mesure d'abord le volume total de l'échantillon soit par ses dimensions, en particulier dimensions de l'échantillon de sol non consolidé que l'on prélève par carottage, avant que la structure ne soit détruite, soit par le volume déplacé après que sa surface ait été immergée

On peut ensuite mesurer le volume de solide par la poussée d'Archimède sur la phase solide baignée dans un liquide mouillant (voir CH.) la pesée hydrostatique), on obtient ainsi la porosité de tous les vides connectés entre eux, il faut broyer l'échantillon pour atteindre la porosité de tous les vides même non connectés.

On peut ensuite mesurer le volume des vides connectée en faisant la différence des poids de l'échantillon saturé en eau et sec.

ON calcul la porosité par la formule suivante:

$$P = V_p / V_{nat} \cdot 100; \%$$

V_p : étant le volume des pores.

V_{nat} : le volume naturel de l'échantillon.

$$V_{nat} = V_s + V_p ; (cm^3)$$

V_s : volume du solide.

La porosité totale est calculée d'après la formule suivante :

$$P = \frac{100 \cdot (\delta - \delta_r)}{\delta}$$

δ : est la densité de la substance minérale (masse spécifique).

δ_r : étant la masse volumique (la densité du massif rocheux)

b/ Les méthodes indirectes in situ

b.I./ Resistivité du terrain

Cette methode est basée sur le fait que les minéraux usuels du sol sont isolants à l'exception de l'argile et l'électricité circule dans le sol dans la phase liquide, par conséquent la resistivité est fonction de la porosité.

Pour definir la relation entre la porosité et la resistivité on établit d'abord la relation:

$$F = \frac{\text{Resistivité de la roche}}{\text{Resistivite de l'eau contenue}}$$

F : est le facteur de formation.

La formule d'Archie donne alors:

$$F = \frac{C}{w_m} \quad C = I$$

m : étant le facteur de cimentation qui varie de 1,3 pour
les roches non consolidées à 2 pour les calcaires.
w : la porosité totale (P).

Voici quelques valeurs expérimentales de la porosité en utilisant les valeurs du tableau 1 (voir Ch. II: la densité).

N° de l'échantillon	Le volume de l'échantillon	Volume des vides V_v (cm ³)	Volume du solide V_s (cm ³)	La masse volumique g/cm ³	La masse spécifique S (g/cm ³)	La porosité P %
1	21,72	1,85	19,87	2,31	2,52	8,33
2	22,96	1,35	21,6	2,51	2,67	5,90
3	17,21	3,55	13,66	1,94	2,44	20,49
2'	24,36	4,1	20,25	2,11	2,54	16,93
3'	21,2	2,5	18,7	2,22	2,52	11,00
4'	22,88	4,2	18,68	2,12	2,69	18,14

(1,2,3) Les échantillons prises à partir du talus du 3^{ème} gradin.

(2',3',4') Les échantillons prises à partir du talus du 4^{ème} gradin.

Remarque: Les valeurs présentées dans le tableau sont des valeurs moyennes.

CONCLUSION

Vue les resultats obtenus lors des essais au laboratoire pour déterminer la porosité on a remarqué que ctte dernière est très variable.

Sur 6 échantillons pris dans des lieux différents, on a constaté que la différence de porosité varie de 5,99% à 20,49 et cela peut avoir une grande influence sur l'évaluation de réserve:

On calcule les reserves d'après la formule suivante:

$$Q = \delta \cdot V$$

Dans cette formule c'est la densité (δ) du massif qui est variable en fonction de la porosité.

Généralités :

Les fractures naturelles :

IV. I Définition et description des divers types de fractures

naturelles :

La fracturation des roches est la conséquence d'une activité mécanique (la tectonique), en outre la fracturation n'est autre qu'une discontinuité qui englobe les diaclases, les joints stylolithiques, les fentes ou les fractures d'extension et les failles.

IV. I. I. Les diaclases et les joints :

Les diaclases sont des discontinuités perpendiculaires par rapport à la stratification ou la schistosité par contre les joints sont obliques.

Les discontinuités sont généralement planes dont l'extension linéaire peut varier de quelques décimètres à quelques mètres ou décamètres. // voir Fig 14

a

b

Fig 14 Exemple de réseaux de diaclases (a) et de joints (b)

.../...

IV.122. Les fentes ou les fractures d'extension :

Généralement c'est dans les roches calcaire ou siliceuses que l'on peut remarquer les fentes ou les fractures d'extension qui en coupe transversale ont une forme de fente, leurs bordures ou épaves jointives aux extrémités sont ouvertes dans la partie centrale par écartement perpendiculaire au plan de la fissure initiale.

L'écartement des fentes est généralement centimétrique à décimétrique, la continuité transversale est de quelque centimètre à quelque décimètre, souvent décimétrique et en général nettement inférieur à la continuité longitudinale.

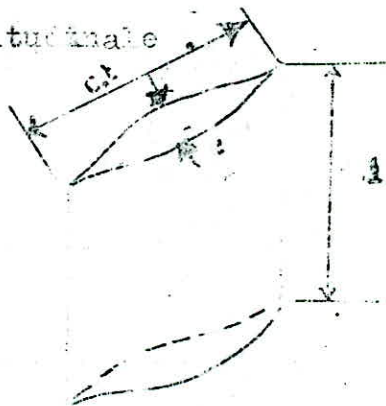


FIG 15 schéma représentant une fente

- C.t. : continuité transversale
- C.L. : continuité longitudinale
- a : épaisseur de la fente (max)

La formation des fentes ou des fractures d'extension est due à l'effet de traction de la même façon que se développent les fissures dans les essais de traction.

IV.1.3. Les joints stylolithiques :

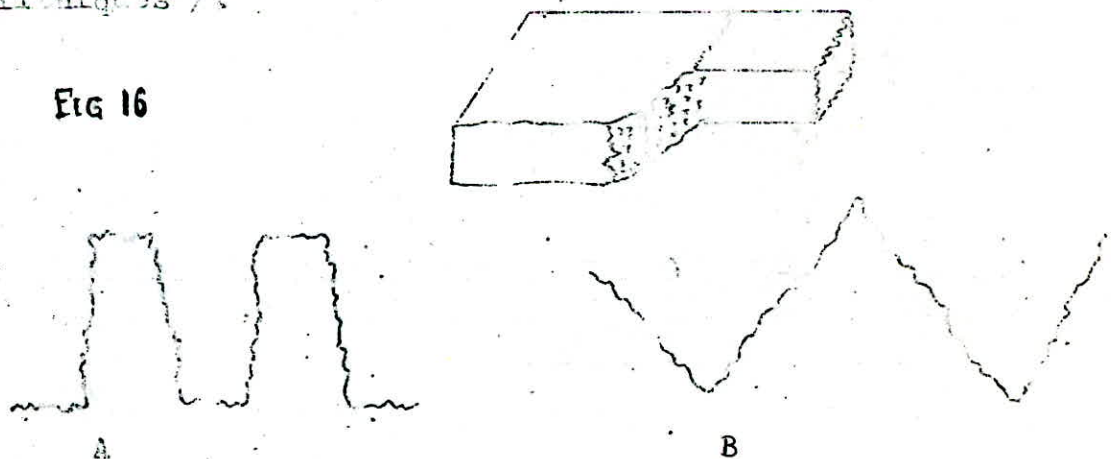
Ce sont des discontinuités très irrégulières présentant des alternances de pics et de creux qui se correspondent d'un compartiment à l'autre (voir schéma).

On distingue deux types de stylolithe suivant leurs allures à savoir : stylolithes coniques et d'autres cylindriques. (voir schéma)

Généralement on rencontre les stylolithes dans les roches calcaires et les roches siliceuses comme les grès du fait que les roches siliceuses se dissolvent très facilement en présence d'eau et de contraintes de compression.

Donc sous l'effet des efforts qui tendent à rapprocher deux compartiments qui s'interpénètrent par suite de la dissolution de la roche situés entre les deux compartiments il se forme ce qu'on appelle les joints stylolithiques.

Fig 16



Vue en coupe des stylolithes

A : en forme cylindrique

B : en forme conique

IV.1.4. Les failles :

Ce sont des fractures dont les compartiments ayant subi un déplacement l'un par rapport à l'autre suivant une direction parallèle au plan de la faille./

Le plan de la faille sur chacun des deux compartiments est appelé "miroir" sur lequel généralement en remarque la présence des stries qui en résultent du fait du glissement d'un compartiment sur l'autre et qui nous renseignent sur la direction du déplacement .

IV.1.4.1 Les différents types de failles :

Suivant des grandeurs de contraintes exercées sur les compartiments on distingue trois (3) types de failles à savoir : Voir FIG 17

A.1. Faille normale

$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$

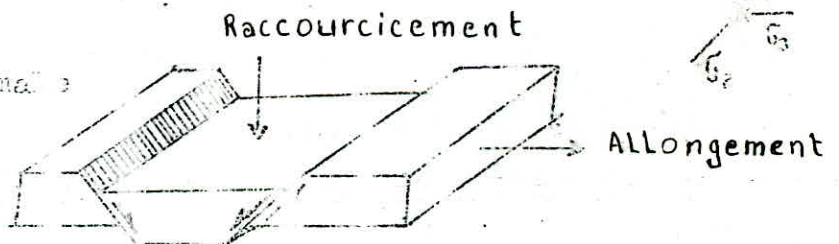


FIG 17 A1

A.2. Failles inverses

$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$

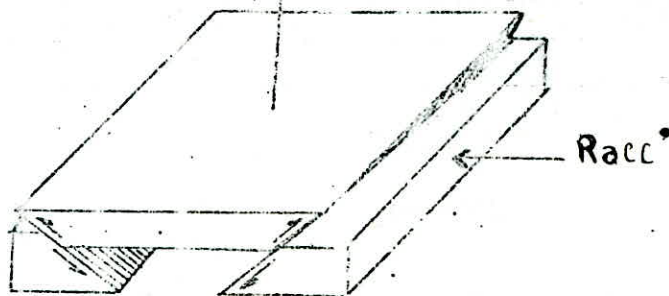
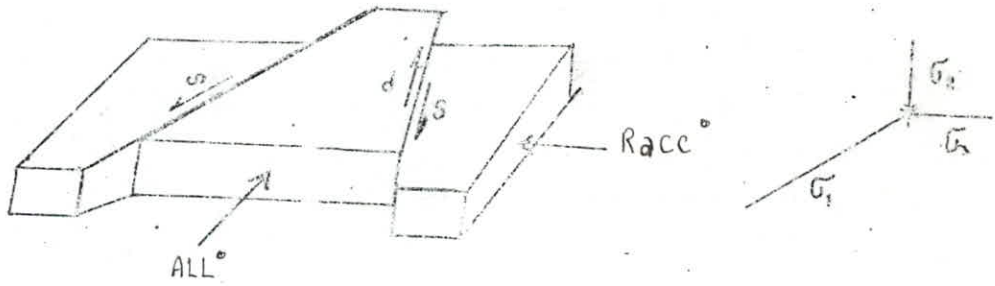


FIG. 17 A 2

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$



A.β. Failles de décrochement

iv. I LA FISSURITE :

Une bonne étude de la fissurité permet d'établir et choisir la méthode d'exploitation la plus rationnelle et surtout nous permet de résoudre de sérieux problèmes que l'on cite par exemple

- La stabilité des gradins
- L'obtention des roches hors gabarée par les travaux de tir .

Généralement on évalue l'intensité de fissuration par la distance moyenne entre les fissures :

$$I_f = \frac{l}{n} \quad ; (m)$$

l : longueur de la partie du massif étudiée (m)

n : nombre de fissure dans la partie étudiée

.../...

IV.2 Calcul de l'intensité des fissures par la méthode photoplanimétrique :

Suivant les intensités des fissures presentent dans le massif rocheux , on diuise ce dernier en 3 zônes a savoir :

Zône I : est la zône de moyenne fissurité

Zône 2 : est la zône de forte fissurité

Zône 3 : est la zône de tres forte fissurité

On calcule dans chaque zône mentionnée si dessus son intensité de fissuration par le procedé suivant .

- On prend deux bandométriques en bache
- On étale dans chaque zône citée si dessus ces deux bandométriques suivant toute la hauteur du gradin .
- On photographie dans chaque zône la partie limitée par les deux bandométriques .

Après l'obtention de la photoplanimétrique de chaque zône , on procede a son analyse d'après la fissurité .

Cette analyse consiste a la division de la photo-planimétrique en plusieurs mailles ; et après avoir analysé chaque maille de la photoplanimétrique on prodede au calcul de son intensité de fissuration par les expressions suivantes/

$$I_f = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{a}$$

$$\sum_{i=1}^n l_i = l_1 + l_2 + \dots + l_m \quad ; (m)$$

- l_i : étant la longueur des fissures dans la maille; (m)
 n : nombre de fissure dans la maille
 a : dimension de la maille ; (m)

On calcul l'intensité moyenne de fissuration dans la partie limitée par les deux bandométriques pour chaque zone d'après la formule suivante :

$$I_{f(\text{moy})} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{fi}}{n_1}$$

n_1 : étant le nombre de ligne de mailles des mailles de la photoplanimétrique .

REMARQUE

Cette methode de calcul de l'intensité de la fissuration du massif rocheux ne donne que des valeurs approximatives c'est-à dire on l'utilise juste pour une appréciation de l'intensité de fissuration de telle ou telle region .

Pour une étude bien détaillée de la fissuration nous allons voir dans ce chapitre comment influe la ptite fissuration sur le'affaiblissement structural et par la suite sur la resistance du massif rocheux.

.../...

IV.3. Influence de la petite fissuration sur la résistance du massif rocheux :

La division du massif en blocs de différentes formes et dimensions conditionne l'affaiblissement structural du massif.

Pour la resolution d'importante tache liée à la planification rationnelle des travaux miniers, on tient compte de l'information objective au sujet de la petite fissuration du massif rocheux.

Pour la correction des resultats d'essai au laboratoire obtenus lors des taches pratiques, les informations ci-dessus sont très importantes et nécessaires.

L'influence de la petite fissuration sur la résistance du massif rocheux se mesure par détermination des caractéristiques de résistance du massif divisé par les fissures, et leur comparaison avec les indices de résistance dans le monolyte.

Actuellement il existe des méthodes de procéder, suffisamment fiables pour l'étude des paramètres géomécaniques?

Les caractéristiques de résistance du massif, la division du massif en fissures et surfaces d'affaiblissement se déterminent au laboratoire et au terrain par des essais sur des échantillons pour déterminer la compression axiale.

L'un des indices essentiels de résistance des roches qui se détermine au laboratoire et au terrain par des essais

mentionnés ci-dessus et la cohésion dans l'échantillon (C_e) et dans le massif (C_m), cependant, le coefficient d'affaiblissement structural d'écoulant de ces essais ne peut pas caractériser d'une manière aussi complète, le moins, parce que les essais sur des échantillons tiennent en compte seulement l'influence de la microfissuration.

Les essais sur le terrain sont limités par les difficultés de leur réalisation, c'est pourquoi en pratique, pour la détermination de la cohésion on utilise les données des essais au laboratoire tout en considérant l'influence de la microfissuration, et du facteur minéralogique; pour cela on fait appel aux méthodes de calcul permettant d'introduire des facteurs complémentaires en vue de la prise en considération l'influence de l'affaiblissement structural de massif: facteur d'orientation, de fréquence, etc....

D'habitude, l'emplacement des blocs structuraux dans l'espace détermine un model structural.

Lors des essais à la compression uniaxiale au laboratoire, sur des échantillons de roche, on distingue en général trois types de destruction.

IV. Destruction en petites parties avec une ou plusieurs formations de pyramides selon le type de roche.

- Deslocation selon la surface d'affaiblissement.
- Destruction combinée.

.../...

IV.4. Divers coefficients correctifs de la résistance à la compression :

Les rapports de résistance dans les différents types se caractérisent par des valeurs moyennes pour chaque massif ou gisement, ces valeurs moyennes dépendant de l'orientation et de la fréquence de répartition des éléments structuraux dans la roche et par la composition minéralogique des roches.

Par conséquent, pour trouver la résistance du massif on doit corriger la résistance trouvée au laboratoire par le coefficient d'affaiblissement structural du massif (λ) que l'on calcule d'après la formule suivante (résumé du Doctorat de M^r Dr. M^{ed} AGUID BACHAR):

$$\lambda = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3$$

f_1 : est une fonction qui tient compte du facteur minéralogique.

f_2 : est la fonction qui tient compte de l'influence due à l'orientation et à la répartition des éléments structuraux par rapport à la direction des forces données.

f_3 : c'est une fonction qui tient de l'intensité de la fissuration.

- Le deuxième facteur que l'on doit introduire " K_2 " est un facteur tenant compte de la résistance longue durée.

$K_2 = 0,7 - 0,9$ pour les roches qui se fracturent dans la masse fragile

$k_2 \equiv 0,5 - 0,7 \dots \dots$ pour les roches plastiques

- Le troisieme facteur que l'on doit introduire est le facteur qui tient compte de l'influence de l'humidite " K_3 " on le determine d'apres les essais au laboratoire et suivant la formule suivante:

$$K_3 = \frac{R_c(h)}{R_c(s)}$$

$R_c(h)$: est la resistance a la compression de la roche humide .

$R_c(s)$: meme chose mais pour la roche seche

Donc pour corriger la resistance a la compression obtenue au laboratoire en une resistance du massif il faut faire le produit des trois facteurs par la resistance du laboratoire

$$R_{cm} = \lambda \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot R_{cl}$$

R_{cm} : resistance a la compression du massif

R_{cl} : resistance a la compression de la roche au laboratoire .

Pour une bonne appreciation de la resistance du massif, en general , on prend la moyenne arithemetique des valeurs obtenues dans chaque interval.

.../...

Pour confirmer ce qui a été déjà dit "la division du massif en blocs de différentes formes et dimensions conditionne l'affaiblissement structural" nous allons présenter un tableau qui nous permet d'avoir des valeurs reliant entre le type de fissuration, dimensions du blocs structural et enfin le coefficient d'affaiblissement structural

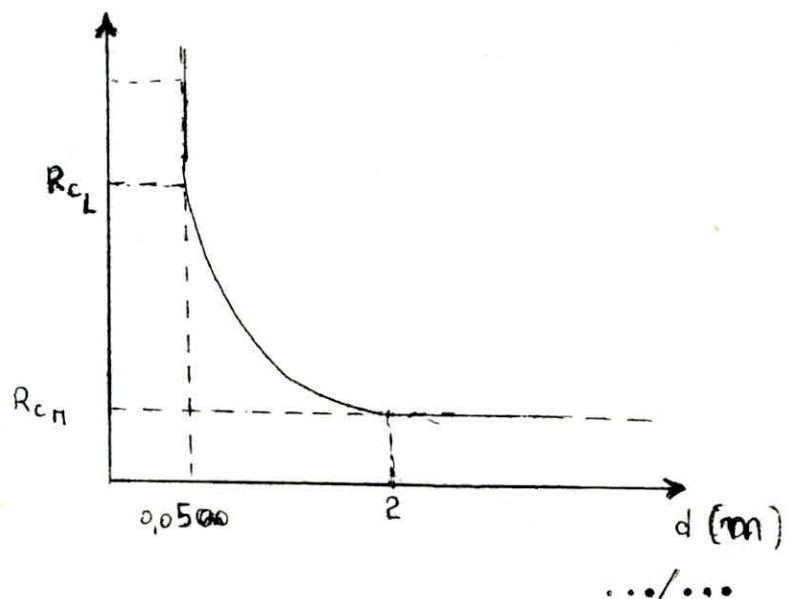
Type de fissure	l_m (Cm)	λ
Extrêmement fissuré	10	0,01 - 0,065
Tres fissuré	10 - 20 20	0,05 - 0,15
Moyen fissuré	20 - 70 70 - 100	0,1 - 0,55
peut fissuré	100 - 120 120 - 150	0,5 - 0,9
Pratiquement monolyte	150	0,6 - 0,98

.../...

D'après les valeurs du tableau ci dessus on peut en tirer la conclusion suivante :

Plus les dimensions du bloc structural (l_m) augmentent plus le coefficient d'affaiblissement (ξ) augmente ce qui permet de dire que a partir d'une certaine dimension du bloc structural il n'existera plus aucune difference entre la resistance a la compression au laboratoire et dans le massif

D'après le professeur BIENIAWSKI si on procede a de differents essais sur les roches de meme nature et pour chaque essai on fait varier, la dimension des échantillons "d" il a remarque que la resistance a la compression " R_c " diminue a chaque fois qu'on augmente les dimensions de l'échantillon suivant une fonction hyperbolique qui admet une asymptote horizontale dès que l'on arrive a une dimension de la roche environ $d = 2m$ voir la courbe



IV.5 La résistance du massif par la méthode des carottes de sondage :

On utilise cette méthode pour le même but que la méthode précédente c'est à dire pour corriger la valeur de la résistance de la roche trouvée au laboratoire en une valeur du massif

IV.5 . I. Principe :

A partir des carottes de sondage on calcule le coefficient RQD qui représente le pourcentage (%) des longueurs cumulées des fragments de carottes dont la longueur dépassant 10 cm

$$RQD = \frac{L_1}{L_2} \cdot 100 ; (\%)$$

$$L_1 = \sum_{i=1}^n l_i ; (\text{cm}) \quad \text{avec} \quad l_i > 10 \text{ cm}$$

voir le schéma

Après avoir calculer le coefficient RQD , on détermine la résistance à la compression du massif par la relation suivante :

$$R_{cm} = RQD \cdot R_{CL} ; (\text{Kgf / cm}^2)$$

.../...

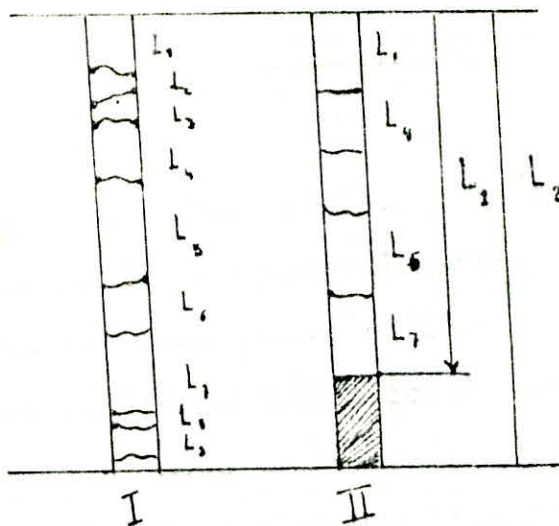


fig : 19

Schéma représentant deux carottes en état fragmenté I, II

I : Schéma de carotte ou la colonne de carotte est représentée tout entière

II : Schéma de carotte représentant une colonne comportant uniquement les fraguements dont la longueur dépassant 10 Cm

Le tableau ci-dessous la qualité de carotte de sondage (etat du massif) en fonction du coefficient RQD d'apres Don Deceea

RQD (%)	Qualité
90 - 100	tres bon
75 - 90	bon
50 - 75	moyen (modéré)
25 - 50	mauvais
0 - 25	tres mauvais

.../...

Principe de la détermination de la dureté de roche :

Généralités :

Pour déterminer la dureté d'une roche quelconque on doit d'abord déterminer sa résistance à la compression "R_c" pour cela on procède à la compression uniaxiale afin de déterminer la charge de destruction de l'échantillon ; cette dernière divisée par la section de contact nous donne la résistance à la compression de la roche au laboratoire que l'on exprime généralement en (KgF/Cm²) .

Cette méthode est appelée la méthode destructive ; .

Il existe une autre méthode intitulée la méthode non destructive et qui consiste à utiliser les méthodes sismiques pour mesurer la vitesse de déplacement longitudinale des ondes sismiques dans le massif "C_p" et établir la relation entre "C_p", le module de Young "E", le coefficient de Poisson "ν" et ainsi que la masse volumique " ρ " .

$$E = \rho \cdot (C_p)^2$$

On calcule le module de Young du massif par la fonction suivante :

$$E_m = \rho \cdot (C_p)^2 \cdot \left(\frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu} \right)$$

ρ : étant la masse volumique (la densité du massif)

.../...

La densité du massif est donnée par la formule suivante :

$$\gamma = \delta \cdot (1 - P)$$

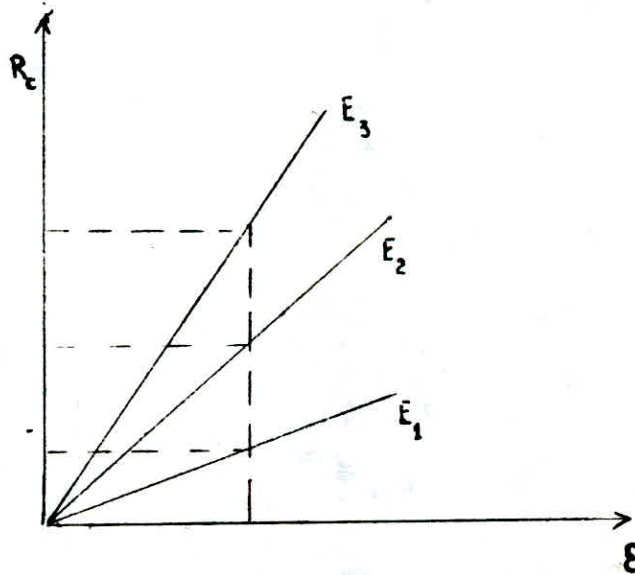
P : étant la porosité .

La relation entre la résistance à la compression et les déformations " est une fonction linéaire donnée par

$$R_c = \epsilon \cdot E$$

$$E_3 > E_2 > E_1$$

$$R_{c1} > R_{c2} > R_{c3}$$



- IV.6.A. La méthode destructive :

-A.I : Les points de prélèvement :

la roche sur laquelle on a fait les essais a la compression est une roche de calcaire prise dans la carrière de Meftah en faisant des prélèvements à partir des talus du troisième (3^{ième}) et quatrième (4^{ième}) gradin a de diverses distances en fonction de l'aspect apparent .

Les échantillons pris du talus du (3^{ième}) gradin correspondent a la date de prélèvement du 22 /02 / 88 , par contre les échantillons du (4^{ième}) correspondent a la date du 12 /04 / 88 .

(voir schéma 21)

-A.2. Choix des dimensions des éprouvettes :

pour faire des essais de compression uniaxiale sur des échantillons de calcaire de la carrière de Meftah on a préparé quelques échantillons de forme prismatique (voir fig 22) , le signe (e//) désigne les échantillons parallèles par rapport a la stratification , par contre le signe (e \perp) désigne l'échantillon perpendiculaire par rapport a la stratification .

Afin d'éviter certaines influences sur la détermination de la résistance a la compression au laboratoire on est amené a choisir les dimensions de l'échantillon

de telle façon a ce que le rapport entre la hauteur et la largeur (cas d'échantillon de forme prismatique) ou alors le diamètre (cas d'échantillon de forme cylindrique) doit être égal ou compris entre 2,5 et 3

$$2,5 \leq \frac{L}{a} = \frac{h}{\phi} \leq 3$$

Dans le cas où le rapport $\frac{L}{a} > 3$; c'est à dire que la hauteur est tres tres grande devant la largeur (ou le diamètre) les résultats obtenues lors des essais de compression seront fausses du fait de la fléction qui facilite la destruction de l'échantillon en exerçant une faible charge et qui donne par la suite une valeur de la résistance a la compression tres petite par rapport a la valeur réelle .

→ Cas où le rapport $\frac{L}{a} < 2,5$

dans ce cas la il y aura l'influence des frottements entre les surfaces de contact (échantillon-presses) ce qui cause l'augmentation de la valeur de la résistance a la compression en exerçant une charge tres grande par rapport a la valeur réelle de la charge de destruction de l'échantillon .

→ Si les échantillons utilisés ont un rapport $\frac{L}{a}$

hors tolérance alors dans ce cas la il faut faire ou introduire un coefficient de correction " K "

que l'on calcul par la formule suivante :

$$K = 1,15 - 0,15 \cdot \frac{L_0}{a}$$

.I.C. Calcul de la résistance a la compression:

Après avoir bien préparé l'échantillon comme recommandé ci-dessus il faut mesurer la section de chaque échantillon a l'aide d'un pieds a coulisse en faisant plusieurs mesures afin de déterminer la valeur moyenne de la section , après cela on soumit l'échantillon a une presse uniaxiale déjà étalonnée par un anneau dynamométrique et en faisant le rapport entre la charge de destruction et la section de l'échantillon on obtiendra la resistance a la compression R_c

$$R_c = \frac{P}{F} ; (\text{KgF/Cm}^2)$$

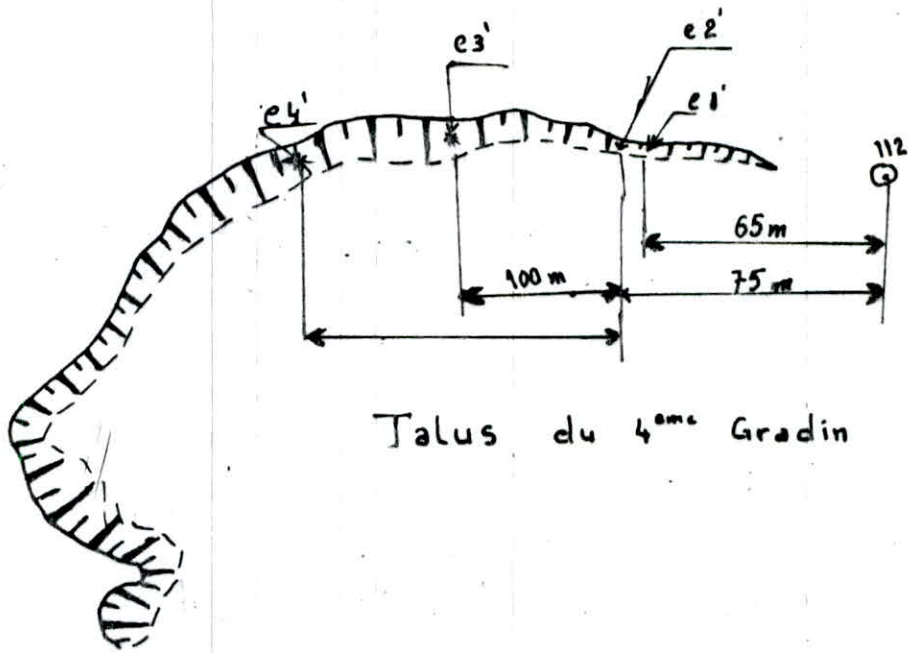
P : est la charge de destruction (KgF)

F : est la section de l'échantillon, (Cm²)

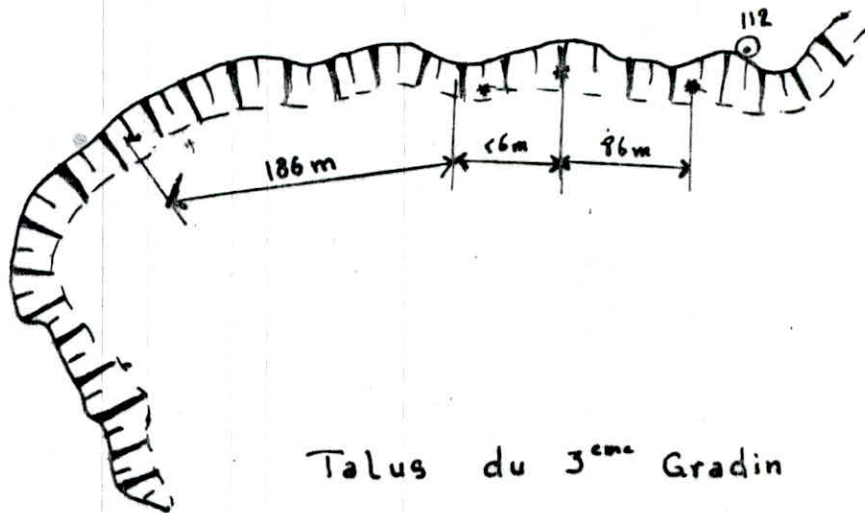
.....

Schema 21

echelle 1:5000



Talus du 4^{ème} Gradin



Talus du 3^{ème} Gradin

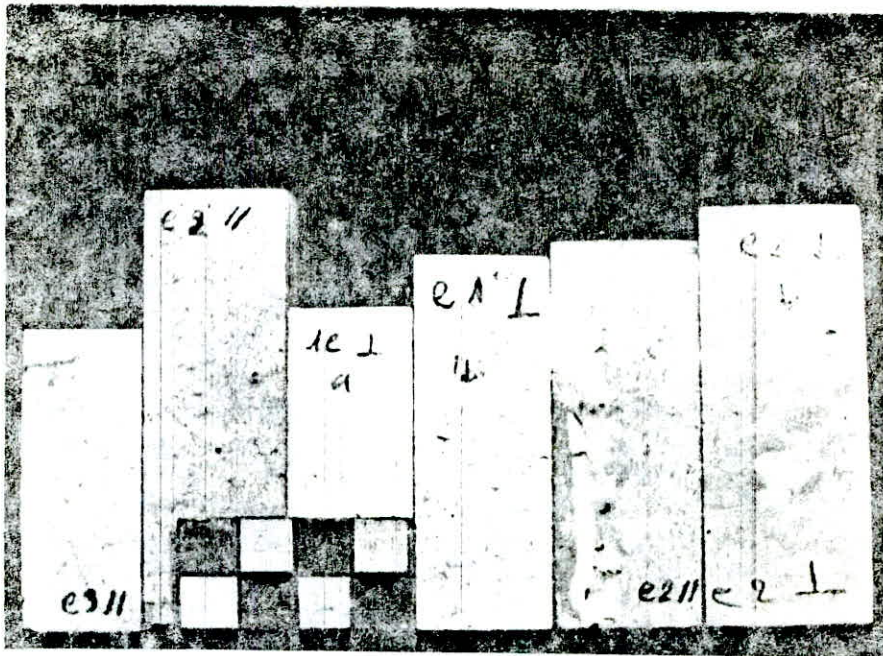


Fig 22: Quelques épreuves des Echantillons de calcaire pour différents facies.

OoOoOoOoOo I N T E R P R E T A T I O N oOoOoOoOoO
-----y-----

Avant de procéder à l'interprétation des résultats obtenues lors des essais au laboratoire pour déterminer la densité, la porosité et enfin la résistance à la compression du calcaire de Meftah, on doit d'abord caractériser les divers types de calcaire présente et qui correspondent aux divers points de prélèvement vue la nécessité de diviser la roche en différents groupes.

Les conditions de formation des sédiments carbonates, liées à l'influence prépondérante des facteurs chimiques et surtout biologiques, sont très divers, par ailleurs le rôle des phénomènes diagenétiques sur les carbonates relativement très solubles dans l'eau est masqué, il en résulte de ces différentes actions une grande variété de calcaire aussi bien dans la nature, la forme et la taille des grains que dans la texture des roches.

La plus part des sédiments calcaires résultent de la précipitation chimique et de la fixation par les êtres vivants des carbonates de calcium CaCO_3 en solution dans l'eau.

Pour cette raison une description pétrographique - génétique exacte des types de calcaires de Meftah est très difficile si non impossible, surtout si on fait savoir qu'on

a pas trouver une bonne étude ou une description pétrographique et génétique ni dans la documentation géologique ni dans la littérature, malgré cette situation on propose la différenciation des divers types de calcaire au niveau de la carrière par de simple observation qui nous permet de distinguer deux grands groupes dont la composition chimique est presque identique et surtout pour le CaO dont la teneur généralement supérieure à 50 %, voir tableau ci dessous.

Reference de l'échantillon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	P.F	T.T
1	0,68	0,35	0,16	54,68	43,47	99,28
2	0,62	0,31	0,13	54,64	43,20	98,90
1'	0,67	0,34	0,15	54,64	43,40	99,20
2'	0,58	0,31	0,14	54,45	43,30	98,78
3'	1,87	0,82	0,32	53,64	42,17	98,62
4'	2,23	0,76	0,28	54,01	42,32	99,65

LES DIFFERENTS GROUPEES

- Groupe I :

On le trouve dans la partie ouest de la carrière à partir d'une grande dislocation en même temps sur le troisième et quatrième gradin, il est caractérisé par une couleur grise claire, la présence d'une richesse des microfissures bien marquées par le processus de cimentation et qui sont généralement hétérogènes, ils sont souvent colorés en blanc et par le processus de dissolution différentielle donne une porosité assez grande, la genèse de ce type de calcaire est probablement dur, stable.

- Groupe 2 :

Il existe dans la plus grande partie de la carrière en direction l'est à partir de la dislocation.

Il est caractérisé par une couleur grise à jaunâtre ou blanchâtre, il a un aspect plus homogène avec une granulométrie très fine à très fine, ce type de calcaire est assez dur mais par la présence de microfissuration et par le processus d'altération devient friable.

L'existence des deux types est due probablement à un changement de faciès en direction de l'est, là où il existe les types meubles avec des conglomérats visibles.

- Pour le groupe I

On a les échantillons I, 2, I', 2'

Pour ce groupe on a trouvé que la résistance à la compression maximale a une valeur de $R_{c(max)} = 470,23 \text{ Kgf/cm}^2$ et une valeur minimale de $R_{c(min)} = 196,14 \text{ Kgf/cm}^2$

$R_c(\perp)$: résistance à la compression pour des échantillons de roche de calcaire pris perpendiculairement par rapport à la stratification

$R_c(//)$: idem. mais pour des échantillons pris parallèlement par rapport à la stratification .

$$R_c(\perp)_{max} = 470,23 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$R_c(\perp)_{min} = 196,14 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$R_c(//)_{Max} = 413,16 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$R_c(//)_{Min} = 251,15 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$R_c(//)_{Moy} = 332,15 \text{ Kgf/cm}^2$$

Remarque :

Pour ce groupe on a la plus part des valeurs de $R_c(\perp)$ sont supérieures à ceux de $R_c(//)$

- 2^{ieme} groupe :

On a les échantillons 3, 3', 4, 4'

$$R_c(\perp) = 300,31 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$R_c(-I)_{\text{Min}} = 34,29 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$R_c(//)_{\text{Max}} = 180,32 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$R_c(//)_{\text{Min}} = 31,92 \text{ Kgf/cm}^2$$

Voici un tableau récapitulatif des valeurs expérimentales que nous avons établis au laboratoire

Type de calcaire	la masse spécifique g/cm ³	masse volumique g/cm ³	laporo- site (%) P	R _c Kgf/cm ²	La dureté (F)
1 ^{er} groupe	2,52-2,67 (2,59)	2,11 à 2,51 (2,31)	5,99 à 16,93	196,14 à 470,23	1,96-4,70
2 ^{ème} groupe	2,44-2,69 (2,56)	1,94 à 2,22 (2,08)	11,90 à 20,49 (16,19)	335,31 à 31,92	3,3531 à 0,3192

remarque :

chaque valeur entre parenthese représente la valeur moyenne entre deux limites .

o-o-o-o-o-o-o- CONCLUSION -o-o-o-o-o-o-o

L'.

L'étude de quelques propriétés physico-mécaniques et mêmes chimiques faites sur des échantillons de calcaire pris dans la région I la où se poursuit l'exploitation; m'a permet de conclure que le gisement de calcaire de MEFTAH a eu un génèse très varié ce qui à conduit à avoir un facies très variable d'un lieu à l'autre d'ailleurs on peut le constater sur place:

La couleur, la densité, la porosité, la durété, etc...

-La couleur

Ca varie soit à cause de l'infiltration des eaux pluviales dans le massif à partir des micro et macro-fissures et qui donne la couleur brune due à la présence de l'argile dans l'eau qui provient du sol, ou alors une couleur blanchâtre à jaunâtre suivant le pourcentage en CaO et SiO₂ et d'autres éléments.

- La densité

Elle est très variable et cela est du à la forte variation de deux facteurs " physique et chimique ".

Le facteur physique étant la porosité, cette dernière influe directement sur la valeur de la densité du massif c'est à dire si la porosité augmente la densité du massif diminue et vice-versa.

Le deuxième facteur " chimique " : est la composition

chimique du minerai et le pourcentage des éléments formant le minerai à l'état brut.

-La dureté

En étudiant la dureté des mêmes échantillons utilisés pour l'étude de la densité et la porosité on a constaté que les roches les plus dures ont une teneur en silice assez importante.

Pour une étude plus détaillée à l'avenir on propose le travail suivant :

- Faire une étude de la fissuration du massif rocheux de la carrière de Meftah et qui permet d'établir le coefficient d'affaiblissement structural pour pouvoir déterminer la résistance à la compression du massif rocheux parce que notre tâche c'est limitée à déterminer juste quelque valeurs de la résistance à la compression du calcaire de Meftah au laboratoire en faisant les essais sur des échantillons de différents facies :

- On propose aussi de faire une étude pétrographique surtout pour vérifier la répartition de la silice dans le calcaire et de trouver la relation entre la répartition de la silice et la résistance à la compression

^d
- Enfin dernière recommandation c'est de faire les études citées ci-dessus sur des échantillons pris à partir des carottes de sondage afin de généraliser ces études sur tout le gisement de calcaire de Meftah.

— La détermination de la densité des minéraux

Ilynskiy, G.A

Exploitation des carrières

V. KOVALENKO
N. AMBARTSOUMIAN
K.M LAHMER

→ hydrogéologie quantitative

G. DE MARSILY

— La fracturation des roches

Gean -Louis Bles
Bernard Feuga

La petite fissuration

These de doctorat de
M^r D^r M^{ed} ACHID BACHAR

