

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Ecole Nationale Polytechnique

Département Génie Minier

Mémoire de Master en Génie Minier

Intitulé

*Appréciation de l'état de stabilité des
des galeries de la mine - Chaabet El-Hamra*

Présenté par :

Mr. BABAHOUM Nabil

Devant le jury :

Dr. AKKAL Arazki

Président

Dr. BACHAR ASSED Mohamed Aguid Promoteur

Mr. GASEM Rachid

Examineur

Promotion Juin 2014



Dédicaces

Je dédie ce travail :

- ★ *A mes parents, pour leurs sacrifices, soutien et encouragements.*

- ★ *A Tous mes amis de l'école nationale polytechnique.*

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Dr Mohamed Aguid BACHAR ASSED pour son encadrement bénéfique et ses conseils judicieux, qui m'ont été d'une grande utilité, qu'il trouve ici, l'expression de ma profonde reconnaissance.

Mes remerciements s'adressent aussi à :

- ★ *Tous les enseignants du département Génie Minier de l'ENP surtout Monsieur le chef du département Malek OULD HAMOU .*
- ★ *Mrs les membres de jury, qui ont très aimablement accepté d'examiner mon travail.*

الملخص:

الهدف من هذا المشروع هو وضع دراسة جيوتقنية للجدار العلوي و السفلي للسرداب الخاص بمنجم الزنك للشعبة الحمراء في منطقة عين أزال ولاية سطيف، هذه الدراسة تسمح بمعاينة مدى الاستقرار ، و هذا باستخدام الخصائص الفيزيائية والكيميائية للصخور.

الكلمات المفتاحية : السرداب، جيوتقنية، استقرار، معدن الزنك، للشعبة الحمراء ، الخصائص الفيزيائية والكيميائية .

Résumé :

L'objectif de ce projet est faire une étude géotechnique sur la stabilité de toit et de mure des galeries souterraines de la mine de Chaabet-El-Hamra. Situé dans la région d'Ain-Azel. A partir caractéristiques géotechniques et geomécaniques des roches du gisement.

Mots clés : Galeries, Géotechnique, Stabilité, Minerai zinc, Chaabet-El-Hamra, Caractéristiques geomécaniques .

Abstract:

The objective of this work is to study the slope stability of the roof of the mining galleries for Chaabet-El-Hamra, situated in the region of Ain-Azel by using the physical and mechanical characteristics of the rock.

Key words: Galleries , Geotechnicol, stability, ménirol of zinc ,underground mine, Chaabet-El-Hamra, Physical and mechanical ,Characteristics.

Sommaire :


Introduction générale.....	1
I. Pression des terrains :	2
I. 1. Généralités :	2
I.2.Pression des terrains sur les ouvrages miniers :	4
a) Ouvrage minier horizontal	4
b) Ouvrage minier vertical	7
c) Ouvrage minier incliné :	9
II. Appréciation de l'état de stabilité des galeries de la mine de Chaabet El-Hamra.....	11
1. Conditions naturelles :	11
2. Conditions géotechniques du gisement :	11
3. Calcul des propriétés physico-mécaniques in-situ	12
3.1 Résistance à la compression (R_c)	12
3.2 Résistance à la compression in-situ (σ_c)	13
3.3 Relation entre la résistance à la compression (RC) et la résistance à la traction (R1)	14
4. Facteurs influençant sur la résistance du massif du gisement de Chaabet El-Hamra :	14
a. La fissuration	14
b. Influence de l'infiltration des eaux :	16
c. Influence de la durée de chargement	17
d. Influence du facteur géométrique	17
5. Nature des épontes du champ minier :	18
1. Pression des terrains	18
a. Calcul de la pression verticale	18
b. Calcul de la pression horizontale :	19
2. Nature des épontes et des parois :	20
3. Condition du toit	21
4. Stabilité du toit et du mur	21
Conclusion générale.....	22
Bibliographie.....	24

: Liste des tableaux

Tableau 1 Les propriétés physico-chimiques du gisement de Chaabet El-Hamra.....	12
Tableau 2 Le coefficient de fissuration K1 selon Popov.....	16
Tableau 3 classification des toits en fonction de la nature des roches gisant.....	21

Liste des figures :

Figure I.1 : Les différentes charges qui s'exercent dans un ouvrage horizontal.....	4
Figure I.3 : Ouvrage miner vertical.....	9
Figure I.4 : Action des contraintes dans le toit d'un ouvrage incliné.....	10
Figure II.1 : Principe de compression uniaxiale.....	13
Figure II.2 : Dispositif expérimentale.....	13
Figure II.3 : fissuration des roches.....	14
Figure II.5 : schéma représentatif de la pression de terrain vertical et horizontale.....	19



*Introduction
générale*

L'exploitation souterraine ou à ciel ouvert des mines qui consiste à ramollir, à ameublir, à excaver, à débiter et/ou à creuser le massif rocheux s'accompagne incontestablement par la mise en cause de l'état de tension du massif rocheux. Dès lors ces roches vont tendre à acquérir un nouvel équilibre de l'état de tension. Ce processus appelé déplacement des roches suite à l'exploitation des mines entraîne à divers degrés et ampleur des déformations de roches qui peuvent affecter leur stabilité et causer de sérieux dégâts et dangers et pertes humaines et matérielles considérables voire irréparables tant au niveau local qu'au niveau de l'environnement minier.

Donc l'exploitation des mines est une activité dangereuse et la sécurité des mineurs est un aspect important de cette industrie. L'exploitation souterraine est une opération qui consiste à creuser des galeries souterraines pour extraire le minerai. Avant toute excavation, la roche en place, en profondeur, est soumise à une forte compression. L'ouverture d'une galerie provoque un changement de l'état de contraintes, ce qui influe sur la stabilité du terrain.

Dans ce modeste travail on va parler sur les conditions naturelles de la mine de Chaabet El-Hamra et aussi les caractéristiques géotechnique et physico-chimique du gisement pour but d'évaluer la stabilité de toit et des mure des galeries souterraine de Chaabet El-Hamra.

I. Pression des terrains :

I. 1. Généralités :

Les manifestations de la pression des terrains varient selon les facteurs géologiques tels que :

- ❖ Les propriétés physico-mécaniques des roches.
- ❖ Conditions du gisement.
- ❖ Présence des eaux dans le gisement.
- ❖ les dimensions des ouvrages miniers souterrains ainsi que du mode et la qualité de leur exécution.

La cause principale de la pression des terrains est la force de la pesanteur, car les couches de roches situées au-dessus compriment par leur poids les couches inférieures qui à leur tour résistent à cette pression. Dans les conditions normales, ces forces sont en équilibre mais les roches se trouvent sous contraintes.

Après l'exécution d'un ouvrage minier dans le massif vierge de roches, une redistribution des tensions se produit autour de cet ouvrage. Pendant ce processus de redistribution, les roches tendent vers un nouvel état d'équilibre en subissant certaines déformations.

Les déformations élastiques sont en tant que grandeur très faible et n'existent que pendant un très court laps de temps. Par conséquent, dans les cas où les déformations de roches ne dépassent pas, pendant les travaux, les limites d'élasticité, dans ce cas les ouvrages peuvent rester pendant longtemps sans soutènement. Par exemple, un ouvrage minier à grande portée creusé dans les roches suffisamment dures (grès compacts durs, granite...) ou une chambre de faible dimension creusée dans l'argile compacte, peuvent rester pratiquement un temps sans subir des déformations appréciables.

Du fait que les roches ne sont pas en générale dures, et que les ouvrages miniers ont des dimensions transversales considérables, les déformations plastiques, la fissuration se produit et il en résulte la dégradation des roches. Ces déformations se manifestent par le fléchissement du toit et la formation de fissures qui s'élargissent au fur et à mesure en causant ainsi la chute des morceaux de la roche.

La dégradation peut provoquer un effondrement de grandes masses de roches, dans ces cas il est nécessaire de créer un soutènement suffisant pour conserver à l'ouvrage minier les dimensions et la forme données.

❖ **Les facteurs principaux déterminant les propriétés physico-mécaniques des roches sont :**

- **la profondeur du gisement .**
- **la tectonique de la région :** les processus tectoniques engendrent des efforts de traction qui dépassent parfois la résistance des roches, provoquant ainsi leur déformation et leur fissuration ;
- **l'âge géologique de la roche :** il est d'une grande importance du point de vue appréciation de la solidité du massif rocheux gisant au-dessous de l'ouvrage minier ;
- **l'érosion éolienne :** pendant les variations saisonnières, les roches se trouvant à la surface subissent l'action de l'atmosphère et des eaux ce qui diminue de leur solidité et stabilité ;
- **présence d'eau et son régime :** les fissures du massif rocheux augmentent sa perméabilité, de ce fait l'eau pénétrant à travers les interstices favorise le glissement des roches et provoque une augmentation de la pression des terrains.

I.2.Pression des terrains sur les ouvrages miniers :

a) Ouvrage minier horizontal :

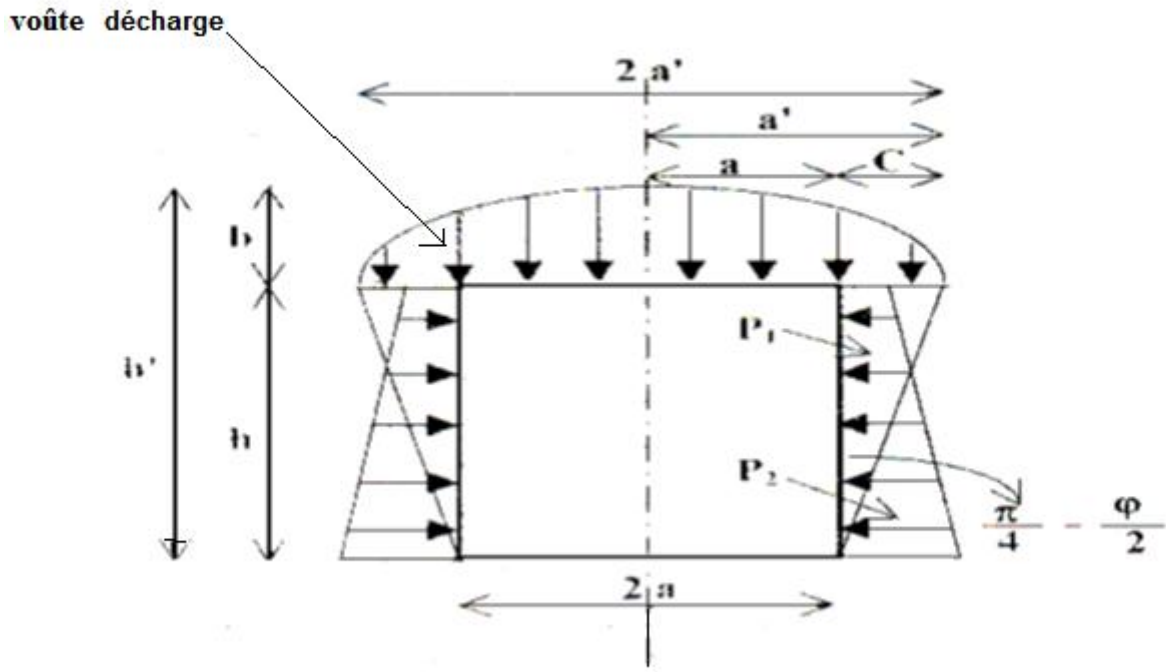


Figure I.1. : Les différentes charges qui s'exercent dans un ouvrage horizontal.

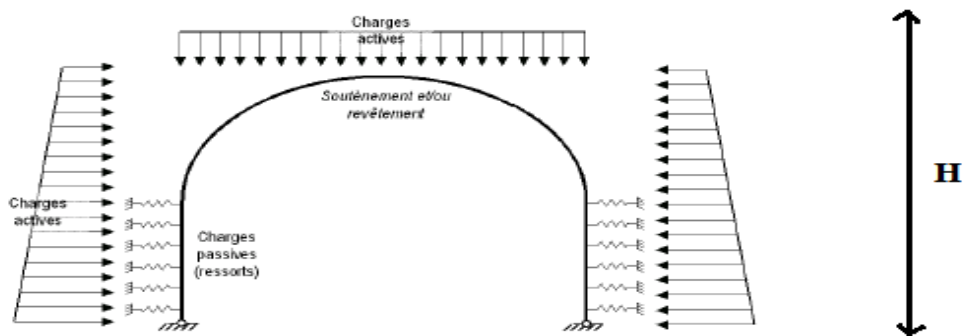


Figure I.2. : Les différentes charges qui s'exercent dans un ouvrage horizontal.

La grandeur des tensions dépend de la forme transversale de la galerie, pour la conserver on se sert du soutènement dont les dimensions doivent être stables et correspondant à la valeur de la pression des terrains.

Suivant le professeur Protodiakonov, on peut déterminer la valeur de la pression des terrains autour de l'excavation tout en partant de la théorie de la voûte d'équilibre naturel. Suivant cette théorie, lors du creusement de la galerie de tension existante au départ se répartie et s'équilibre, il ne restera qu'une partie à l'intérieure de la voûte qui tendra à l'effondrement et qui agira sur le soutènement.

Le contour de la voûte de déchargement prend la forme d'une parabole dont la hauteur et la surface sont données par les relations suivantes (**Figure I.1**) :

$$b = \frac{a}{f}, \text{ en m}$$

b- La hauteur de la voûte en m.

a- la demi largeur de la galerie.

f- Le coefficient de dureté sur l'échelle de Protodiakonov.

$$S = \frac{4}{3} . a' . b, \text{ en m}^2$$

S- La surface de la voûte, en m².

a'- la demi largeur de la voûte naturelle.

$$a' = a + c = a + h . \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Pour trouver la pression de la roche par mètre linéaire de l'ouvrage, il faut multiplier la section par l'unité et la densité apparente γ des roches, on aura donc :

$$P = S.l.\gamma = \frac{4}{3} \cdot \gamma \cdot \frac{a'^2}{f}, \text{ en t/m}$$

La pression des terrains P_1 au voisinage du toit et la pression P_2 au voisinage du mur de l'ouvrage sont donnés par les formules suivantes :

$$P_1 = b_1 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right), \text{ en t/m}$$

$$P_2 = h_2 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right), \text{ en t/m}$$

b_1 - La hauteur de la voûte calculée d'après la formule

Dans le cas où les roches au toit de l'ouvrage différent de celles latérales, il est recommandé dans ce cas de prendre la hauteur de la voûte naturelles h_0 comme est indiqué dans la formule ci-après :

$$h_0 = b_1 \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma}$$

h_0 - La hauteur de la voûte en m.

γ_1 - La densité apparente de la roche au toit, en t/m³.

γ - La densité apparente des roches latérales, en t/m³

b) Ouvrage minier vertical :

L'intensité de la manifestation de la pression des terrains sur le soutènement d'un puits vertical est fonction d'une série de facteurs qui peuvent être divisés en trois groupes :

- 1- Conditions hydrogéologiques du gisement des roches : propriétés physico-mécaniques des roches, conditions de leur gisement, présence et régime des eaux souterraines.
- 2- Forme, profondeur et dimensions de la section transversale du puits.
- 3- Choix correct du mode de fonçage et son exécution.

D'après la mécanique des constructions, la pression sur le mur de soutènement est déterminée suivant l'expression suivante :

$$P = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \cdot \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$P = \frac{dP}{dh} = \gamma \cdot h \cdot \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

h- La profondeur du remblai.

γ - La densité apparente du matériau du remblai.

φ - l'angle de frottement du matériau de remblai.

D'après cette expression, on peut déterminer la pression sur le mur de soutènement dans n'importe quel point de profondeur h :

M. Protodiakonov a proposé cette formule pour évaluer la pression sur le soutènement des puits verticaux. Dans ces calculs on prend h comme profondeur totale du puits de mine. Lorsque le puits recoupe un ensemble de roches relativement homogènes, différant l'une de l'autre par leurs propriétés physico-mécaniques, on prend la valeur moyenne pondérale de φ . Par exemple, si le puits a recoupé une quantité A mètres de roches avec le coefficient de dureté f_1 , une quantité B avec le coefficient f_2 et une quantité C avec le coefficient de dureté f_3 ,

le coefficient moyen pondéral sera égal à :

$$f = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{A + B + C}$$

Et la valeur φ sera déterminée d'après l'expression :

$$f = \operatorname{tg} \varphi$$

La valeur de la pression des terrains évalués suivant la formule de Protodiakonov est surestimée, car les roches dures n'obéissent pas aux lois des corps pulvérulents.

Dans le cas où un puits rencontre des roches de duretés très différentes, la valeur de la pression des terrains est déterminée pour chaque couche et il peut être nécessaire d'augmenter les dimensions du soutènement et même d'en modifier la forme.

Par exemple : (figure I.03)

- Si à une profondeur H de la surface se trouve une roche peu stable.
- une puissance m
- dont l'angle de frottement interne est égale à φ_1

et la densité apparente γ_1 et si cette roche est recouverte de roches plus stable de densité apparente γ_2 dont l'angle de frottement est φ_2 , le problème dans ce cas se ramène à la détermination de la pression sur le soutènement exercé par la roche peu stable avec un angle de frottement φ_1 sur la surface à laquelle s'exerce une pression $\gamma_2 \cdot H$ par chaque unité carrée, c'est-à-dire :

$$P = (m \cdot \gamma_1 + H \cdot \gamma_2) \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

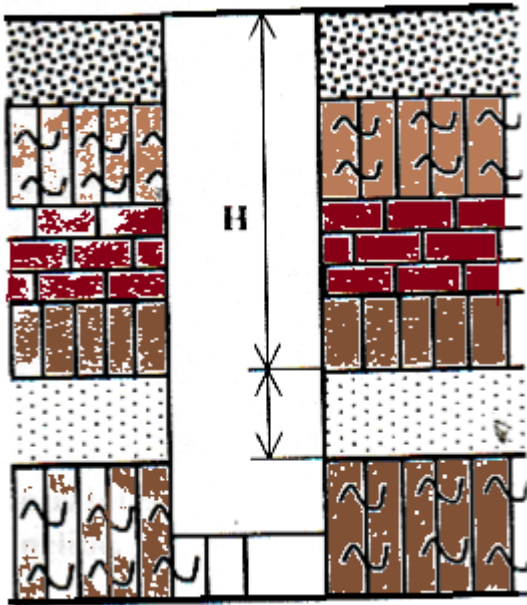


Figure I.3 : Ouvrage minier vertical

c) Ouvrage minier incliné :

Les méthodes de détermination de la pression des terrains sur le soutènement d'un ouvrage minier incliné ont été moins étudiées que celles de la pression sur le soutènement des ouvrages horizontaux et verticaux.

La pression horizontale se manifeste surtout dans les ouvrages verticaux et la pression verticale dans les ouvrages horizontaux, tandis que dans les ouvrages inclinés, la force de la pression verticale se répartie en deux composantes : normale P à l'axe longitudinal de l'ouvrage et parallèle T à l'axe (voir figure I.04)

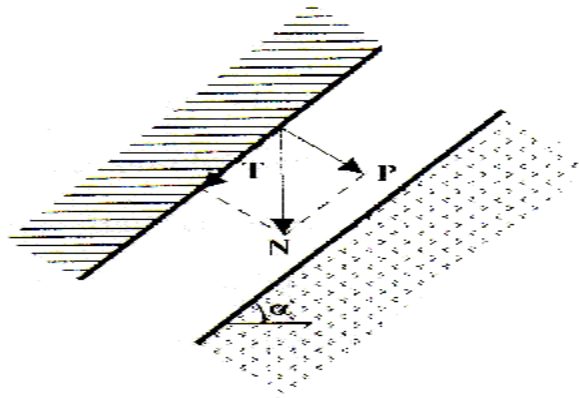


Figure I.04 : Action des contraintes dans le toit d'un ouvrage incliné.

La composante normale de la force N agit directement sur le soutènement et détermine sa résistance, et la composante tangentielle tend à déplacer le soutènement suivant le pendage et à le renverser.

Avec des valeurs connues de N et de l'angle de pendage α de l'ouvrage, on aura :

$$P = N \cdot \cos \alpha \quad (29)$$

$$T = N \cdot \sin \alpha \quad (30)$$

D'après ces deux expressions on déduit que l'augmentation de l'angle de l'ouvrage engendre l'augmentation des forces qui tendent à renverser le soutènement. La composante tangentielle de la pression des terrains provoque le charriage des roches du toit.

II. Appréciation de l'état de stabilité des galeries de la mine de

Chaabet El-Hamra :

Jusqu'à présent, aucune étude géotechnique détaillée n'a été effectuée sur les propriétés Géomécaniques du minerai et des roches encaissantes.

1. Conditions naturelles :

- Les réserves des lentilles puissantes représentent **51 %**, des réserves totales.
- La profondeur moyenne de la mine de Chaabet El-Hamra est de **110 m**.
- Le degré de foisonnement est de **1,7**.
- La dureté de minerai est de **8**.
- Le pendage des faisceaux varie de **5 à 15°**.

2. Conditions géotechniques du gisement :

L'étude géotechnique du gisement est basée uniquement sur la documentation préalable des sondages et les résultats des analyses physico-chimiques des carottes, élaboré par l'Office des **Recherches Géologiques et Minières (ORGM)** en **1992**.

Le tableau suivant représente les différentes caractéristiques physico-chimiques de chaabet EL-Hamra :

Nature de la roche	Indice	Poids Volumique Kg/m ³	Compression simple	
			Etat sec Kg/cm ²	Etat saturé kg/cm ²
Dolomie peu gréseuse et poreuse	n ^{2d} ₃	2,624	474	nd
Calcaire mameux oxyde par endroits	n ^{2c} ₃	2,738	826	nd
Dolomie parfois argileuse et gréseuse		2,758	1599	917
Dolomie gréseuse, hématitisée à calcite	n ^{2b} ₃	2,747	925	nd
Dolomie oxydée, fine et bréchiq		2,654	404	nd
Grés rubanés parfois argileux		2,533	1080	nd
Grés à lilas, rubané parfois argileux	n ^{2a} ₃	2,636	nd	nd
Dolomie hématitisée, poreux	n ^{1c} ₃	2,781	809	nd
Dolomie hématitisée, fortement oxydée		2,643	430	nd
Dolomie argileuse compacte		2,847	905	nd
Grés organogène (niveau repéré)	n ^{1b} ₃	2,603	1023	nd
Dolomie peu argileuse à minéral pyrite		3,155	nd	nd
Dolomie argileuse à géode de calcite		2,823	611	nd
Dolomie bréchiq, broyée bitumineuse		3,178	1120	nd
Dolomie à gros grains	n ^{1a} ₃	2,963	1550	nd
Dolomie broyée, à calcite		2,800	932	nd
Dolomie argileuse à géode de calcite		2,823	611	nd

Tableau 1 : Les propriétés physico-chimiques du gisement de Chaabet El-Hamra.

En l'absence de la valeur du coefficient de Poisson des roches du gisement de Chaabet El-Hamra, nous allons utiliser dans les calculs celui des roches de la mine de Kherzet Youssef.

Le coefficient de Poisson des roches de la mine de Kherzet Youssef est de **0,2** (Larachi, 2001).

3. Calcul des propriétés physico-mécaniques in-situ

3.1 Résistance à la compression (R_c)

Elle est déterminée lors des essais de compression simple. Dans cet essai, l'échantillon est pris sous la forme d'une carotte (éprouvette cylindrique), d'élanement L/D (L : hauteur, D : Diamètre) compris entre 2 à 2,5 avec deux faces planes, lisses et parallèles obtenues par une rectification soignée. L'échantillon est ensuite placé entre les plateaux d'une presse et la force axiale est augmentée jusqu'à la rupture de l'éprouvette.

Elle est donnée par la formule :

$$R_c = P/s$$

Avec P : charge exercée par l'échantillon ;

S : section transversale de l'échantillon.

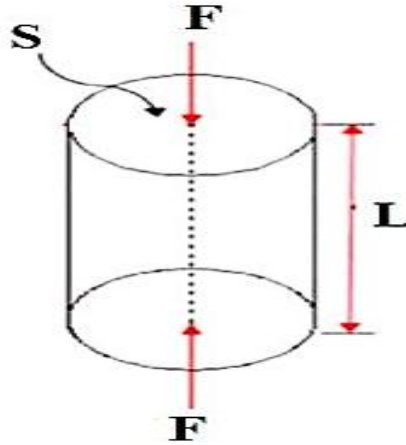


Figure. II 1 : Principe de compression uniaxiale



Figure II 2 : Dispositif expérimentale

3. 2 Résistance à la compression in-situ (σ_c)

La résistance à la compression in-situ est la grandeur inférieure à celle calculée au laboratoire, étant donnée l'influence de certains facteurs naturels.

Elle est calculée grâce à la résistance déterminée au laboratoire, affectée de coefficients incarnant des facteurs naturels, appelé « **indice d'affaiblissement structural λ** ».

$$\sigma_c \text{ insitu} = \lambda \sigma_c = R_c$$

$$\sigma_t \text{ insitu} = \lambda R_t$$

3. 3 Relation entre la résistance à la compression (RC) et la résistance à la traction (R1)

$$\sigma_t = (R_t) = 0,1 \sigma_c (R_c)$$

Où : σ_t : résistance à la traction in-situ [MPa]

R_t : résistance à la traction au laboratoire [MPa]

σ_c : résistance à la compression in-situ [MPa]

R_c : résistance à la compression au laboratoire [MPa]

4. Facteurs influençant sur la résistance du massif du gisement de Chaabet El-Hamra :

Les facteurs qui peuvent avoir une influence sur la résistance du massif du gisement de Chaabet El-Hamra sont :

a. La fissuration

La fissuration diminue la valeur de la résistance du massif rocheux à cause des plans de faiblesse qui se créent dans ce dernier :

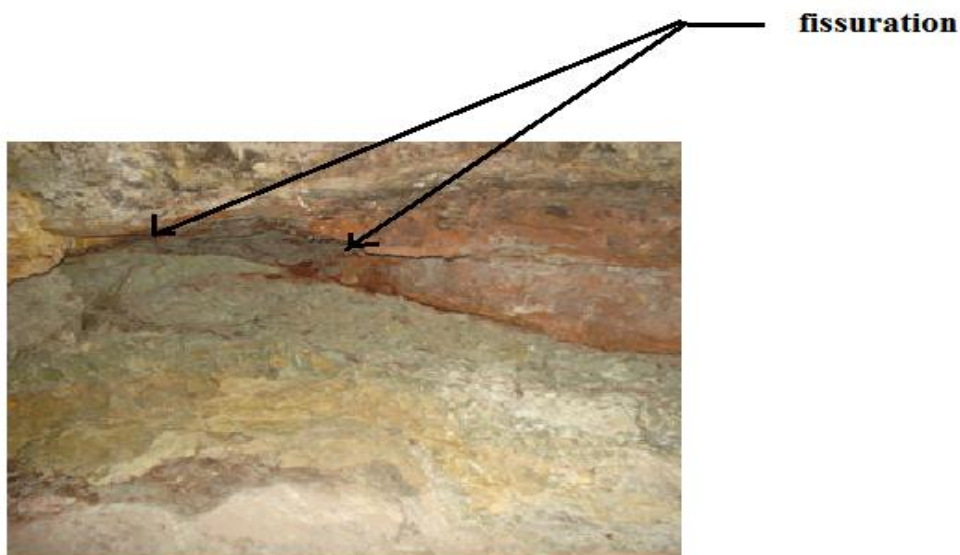


Figure II 3 : fissuration des roches (la mine de CHaabet El-hamra)

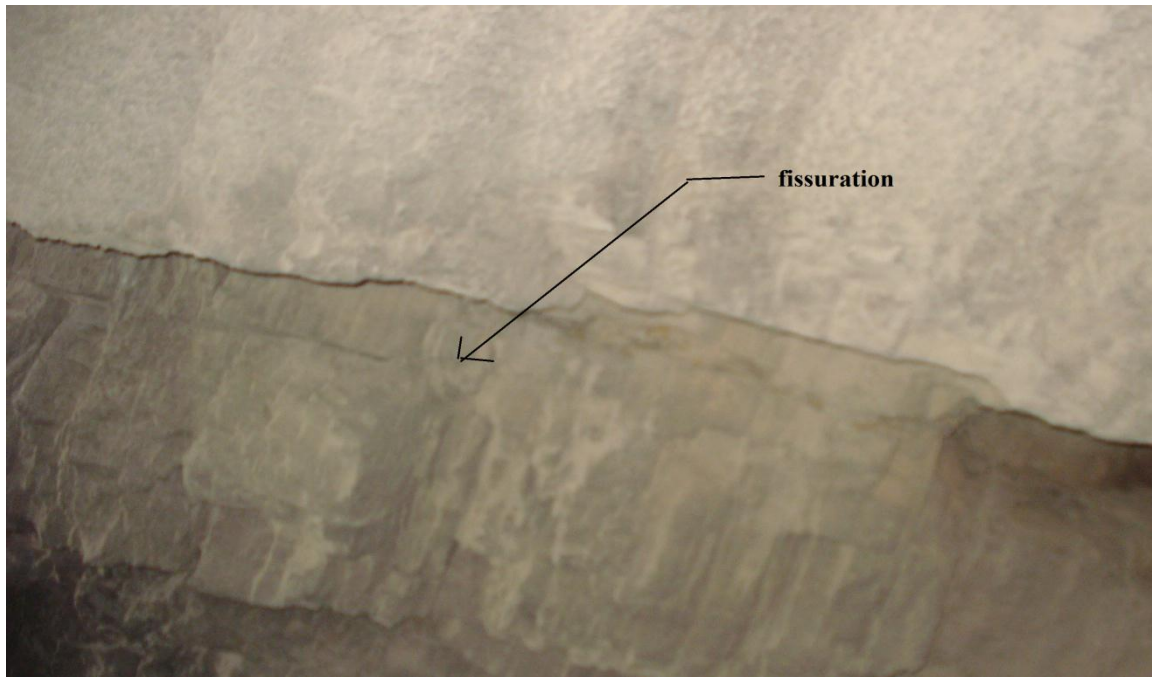


Figure II 4 : fissuration des roches (la mine de CHaabet El-hamra)

Numériquement, cela se traduit par l'introduction d'un coefficient K_1 qui sera multiplié par la résistance déterminée au laboratoire.

On peut la déterminer par plusieurs procédés, tels que :

- La méthode des carottes de sondages.
- La méthode de la vitesse de propagation des ondes sismiques.
- A partir des abaques, donnant (K_1), en fonction du rapport (B/b).

Où : B : dimension du massif.

b : distance moyenne entre les fissures.

- A partir des tableaux donnant (K_1), en fonction de la distance moyenne entre les fissures.

Selon Popov, le coefficient de fissuration K_1 peut être pris en fonction de la densité des fissures dans un massif rocheux.

Fissuration	Intervalle de coefficient K_1
Réseau très dense dans toutes les directions, desserrement de la roche en morceaux séparés, non cimentés.	0,000 à 0,001
Réseau dense dans toutes les directions	0,001 à 0,01
Fissuration dense	0,01 à 0,04
Fissuration supérieure à la moyenne	0,04 à 0,08
Fissuration moyenne (fissures ouvertes et fermés sur longueur de 20 à 30 cm)	0,08 à 0,12
Fissurations inférieures à la moyenne	0,12 à 0,3
Réseaux des fissures profondes de la longueur de 30 à 50 cm peu nombreuses des fissures ouvertes.	0,3 à 0,4
Roches peu fissurées, fissures fermées	0,4 à 0,6
Micro fissuration, peu nombreuses	0,6 à 0,8
Roches monolithiques sans fissuration	0,8 à 1,000

Tableau 2 : Le coefficient de fissuration K_1 selon Popov

D'après l'ENOF, la valeur du coefficient de fissuration de la mine de Chaabet El-Hamra est égale à 0,8.

b. Influence de l'infiltration des eaux :

La présence de fissures dans un massif provoque l'infiltration des eaux entre les différents paquets, ce qui facilite le glissement des uns sur les autres, produisant une compression. La résistance à la compression et à la traction diminue ostensiblement en présence d'eau. Cette influence se quantifie par un coefficient (K_2), obtenue au laboratoire par le biais du rapport des résistances à la compression de l'échantillon humide, sur la résistance à la compression de l'échantillon sec .

$$D'où : K_2 = \frac{\sigma_{sature}}{\sigma_{sec}} = \frac{605}{1080} \approx 0.6$$

c. Influence de la durée de chargement

Cette influence est caractérisée par le coefficient de réduction de longue durée.

Ce coefficient varie suivant la nature des roches :

$K_3 = 0,7$ à $1,0$: dolomites, grés, granite.....etc.

$K_3 = 0,5$ à $0,7$: schiste argileux, calcaires....etc.

Etant donné la stratigraphie de gisement de Chaabet El-Hamra qui se caractérise principalement par des séries dolomitiques et gréseuses, la valeur de ce coefficient est égale à $0,8$.

d. Influence du facteur géométrique

Le pilier est défini par sa section transversale et sa hauteur, on peut définir un coefficient de souplesse, qui lie la largeur (ou le diamètre) et la hauteur du pilier suivant la forme du pilier (prismatique ou cylindrique). Ce coefficient est donné par la formule suivante :

$$K_3 = 1.15 \text{ à } 0.15 \cdot \frac{h}{a}$$

a : largeur du diamètre du pilier (m).

h : hauteur du pilier (m).

NB. On fait intervenir le coefficient de souplesse lors du calcul du dimensionnement des piliers.

En récapitulant les valeurs des coefficients :

- Coefficient de fissuration $K_1 = 0,8$
- Coefficient de l'humidité $K_2 = 0,6$
- Coefficient de la durée de déchargement $K_3 = 0,8$

Le Coefficient d'affaiblissement structural est calculé selon la formule :

$$\lambda = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$\text{D'où : } \lambda \approx 0.8 * 0.6 * 0.8 \approx 0.4$$

Les lentilles zincifères des deux faisceaux du champ minier sont caractérisées par une minéralisation bréchique, broyées ou à gros grains ; Ainsi, d'après les données géotechniques issues de l'étude élaborée par l'ORGM, on aura :

$$\sigma_{c\text{ instu}} = \sigma_c \lambda = \frac{1120 + 1555}{2} \cdot 0.4$$

$$\sigma_{c\text{ instu}} = 535 \text{ Kg/m}^3$$

$$\sigma_{t\text{ insitu}} = 0.1 \sigma_{c\text{ insitu}}$$

$$\sigma_{t\text{ insitu}} = 53.5 \text{ Kg/m}^3$$

5. Nature des épontes du champ minier :

1. Pression des terrains

Le poids gisant au-dessus de la couche minéralisée exerce une pression, qui traduira une accumulation des contraintes sur ce massif rocheux. Ainsi, au cours de création des vides par l'exploitation, le massif tends à acquérir un état d'équilibre tout en subissant une suppression traduite par des déplacements tels les affaissements et des déformations qui conduisent à des dégradations du toit.

Par ailleurs, dans les couches puissantes, les vides créés par l'exploitation ont trois faces au minerai, la quatrième étant généralement le toit de couverture. La présence de minerai de trois cotés amène des mouvements du toit, mais aussi des parois et du mur. On peut expliquer ce phénomène de pression des terrains très important par l'incompressibilité du minerai.

a. Calcul de la pression verticale

Elle est évaluée quantitativement par la formule suivante :

$$p_z = \gamma \cdot H_m$$

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \gamma_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

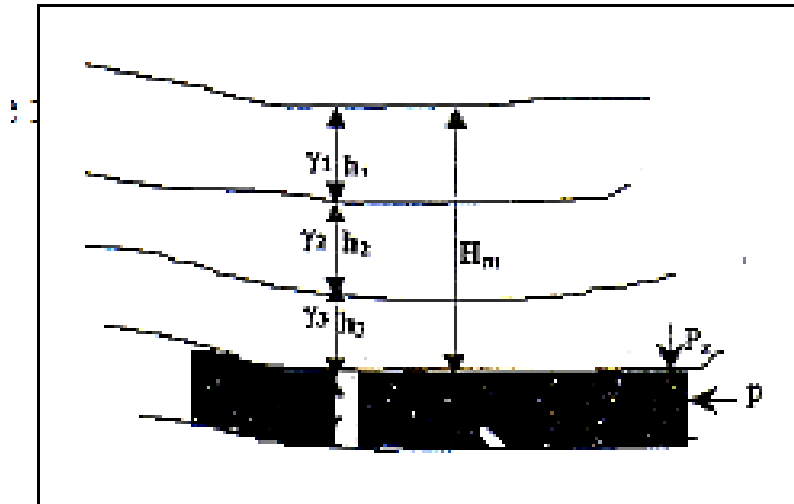


Figure. II 5 : schéma représentatif de la pression de terrain vertical et horizontale

Où :

γ : densité moyenne des terrains.

H_m : profondeur moyenne de la couche minéralisée.

γ_i : densité des différentes couches de couverture.

h_i : épaisseur des différentes couches de couverture.

Pour notre cas, on prendra la lentille traversée par les sondages 221 et 276. Donc, on aura :

$$\gamma_m = 2.513 \text{ t/m}^3$$

$$H_{\text{moy}} = 120 \text{ m}$$

$$P_z = \gamma H_m = 2.513 \cdot 10^3 \cdot 120 = 301560 \text{ kg/m}^2$$

$$P_z = 30.16 \text{ kg/cm}^2$$

b. Calcul de la pression horizontale :

On sait que la pression verticale subite par les couches minéralisées en présence des vides faits alors naître des contraintes horizontales dont l'importance ne dépend que du coefficient de poisson.

D'où la pression horizontale P_h est évaluée par la formule suivante dans un milieu élastique:

$$P_h = \frac{\nu}{1-\nu} p_z$$

ν = coefficient de poisson

Donc :

$$p_h = \frac{0.20}{1-0.20} \cdot 30.16$$

$$P_h = 7.54 \text{ kg/cm}^2$$

2. Nature des épontes et des parois :

En fonction de la géométrie et du dimensionnement des excavations, ainsi que de la distribution des pressions, on distingue plusieurs natures du toit :

a. Toit immédiat :

C'est le massif de roches se trouvant directement sur la couche minéralisée. Ce toit peut être composé de quelques couches séparées ou paquets dont la pression est reçue par des piliers de minerai ou soutènement. Il peut s'étendre jusqu'au jour où, la couche minéralisée reçoit la pression de tout le massif de couverture. Il peut quelques fois avoir une puissance insignifiante et même être absent.

b. Toit supérieur :

Ce sont les couches de roches gisant au-dessus du toit immédiat et dont la pression est reçue par le pilier ou par le massif. Ce toit peut être découvert sur une grande surface sans que son éboulement se produise avant un temps assez long.

c. Faux toit :

Il est constitué de roches friables d'une puissance insignifiante qui s'éboulent facilement, et se trouvant directement sur la couche minéralisée.

Par ailleurs, selon B. Boky, on peut diviser les roches gisant dans le toit en 4 classes :

N° classe	Type de roche se trouvant dans le toit
Classe I	Toit immédiat : - une roche facile à ébouler. - un ou plusieurs paquets. - une puissance supérieure (de 6 à 8 fois à celle de la couche minéralisée).
Classe II	Toit immédiat : - roche facile à ébouler. - puissance supérieure de 6 à 8 fois de la couche minéralisée. Toit supérieur : - roche difficile à ébouler.
Classe III	Toit immédiat : - une roche difficile à ébouler. - puissante ou absente. Toit supérieur : - découverte sur une grande surface.
Classe IV	Toit immédiat : - roche possédant une aptitude à descendre lentement, sans fissures importantes et avec une faible puissance de la couche inférieure. - susceptible de se gonfler.

Tableau 3 : classification des toits en fonction de la nature des roches gisant

3. Condition du toit

D'après les coupes géologiques, la couverture des lentilles minéralisées est constituée d'un toit immédiat et d'un toit supérieur.

Le toit immédiat est constitué de bancs minces de marne noire d'une épaisseur de **3 m** environ, et au-dessus de grès organogènes de **2 m** d'épaisseur. Selon le tableau 3 le toit immédiat est de catégorie IV.

4. Stabilité du toit et du mur

Un contour d'une excavation est considéré comme stable si les tensions sur le contour ne dépassent pas la résistance du massif rocheux à la compression et à la traction. C'est-à-dire pour les murs :

$$\frac{\sigma_{c \text{ in situ}}}{k_c \cdot \gamma \cdot H} > 1$$

K_{C1} = coefficient de la concentration des contraintes dans le mur ; il varie de 2 à 5.

$$P_z = 30,16 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{c \text{ insitu}} = 535 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c \text{ insitu}}}{k_c \gamma \cdot H} = \frac{535}{30,16 \cdot 2} = 8,87 > 1$$

La relation est vérifiée donc Le mur est stable.

Pour le toit il faut vérifier que :

$$\frac{\sigma_{t \text{ insitu}}}{K_{c2} \cdot \gamma \cdot H} > 1$$

K_{c2} = coefficient de la concentration des contraintes dans le toit, $K_{c2} = 1$.

$$\sigma_{t \text{ insitu}} = 53,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t \text{ insitu}}}{K_{c2} \cdot \gamma \cdot H} = \frac{53,5}{2 \cdot 30,16} = 0,88$$

Le toit est également instable.



Conclusion

Conclusion :

❖ Ce travail nous permet de savoir les conditions de sécurités de travail de Chaabet El-Hamra et aussi l'organisation de travail dans cet ouvrage souterrain. Il permet aussi de savoir les différents types de toit et de mure et la méthode de calcul de la stabilité d'une galerie souterraine.

❖ D'après les calculs de la stabilité on conclue que le toit et le mur est instable .

Sites Web :

https://www.google.dz/?gws_rd=cr&ei=Z96eU8HUCYO6ygOP84GwBw#q=geotechnique+du+galerie+souterraines&start=10

<http://www.structuresdacote.com/galerie.html>

https://www.google.dz/?gws_rd=cr&ei=3d2eU8j0B8rnygPtzoDgBw#q=le++mur+et+le+toit+d+%27un+galerie

https://www.google.dz/?gws_rd=cr&ei=Z96eU8HUCYO6ygOP84GwBw#q=calcul+de+la+stabilit%C3%A9+d%27un+toit+et+mur+de+sout%C3%A8nement&start=20