

وزارة الجامعات
Ministère aux Universités

2EX

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

G. MINIER



PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

AMELIORATION DE L'AERAGE

DE LA MINE

D'EL . ABED

Proposé par :
L'enof

Etudié par :
M.L.Soualmia

Dirigé par :
M.Kudelko

PROMOTION

JUIN 91

وزارة الجامعات
Ministère aux Universités

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE MINIER

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE = المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

AMELIORATION DE L'AERAGE

DE LA MINE

D'EL-ABED

Proposé par :

L'ENOF

Etudié par :

M.L.SOUALMIA

Dirigé par :

M.KUDELKO

PROMOTION
JUN

DEDICACES

A ma grand mère

A mes parents

A mes frères et soeurs

A mes neveux et nièces

A mon oncle et son épouse

A mes cousins et cousines

A ceux qui me sont chers

A tous ceux qui croient et qui craignent Dieu

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

- Je remercie: - Mes frères, BADRO, ALI ET NACER pour leur soutien moral et matériel.
- Mon promoteur Monsieur KUDELKO
 - Les membres de jury qui ont accepté d'examiner ce modeste travail
 - Tous les enseignants qui ont contribué à ma formation
 - Monsieur le directeur du complexe minier et son secrétaire BELKACEM

Que chacun trouve ici le témoignage de mon estime et ma profonde gratitude.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I :GENERALITES

- I- 1. SITUATION GEOGRAPHIQUE
- I- 2. HISTORIQUE

CHAPITRE II :GEOLOGIE

- II- 1. GEOLOGIE REGIONALE
- II- 2. GEOLOGIE DU GISEMENT
 - II-2- 1: Stratigraphie
 - II-2- 2: Structure du gisement
 - II-2- 3: Morphologie du gisement et type de minéralisation
 - II-2- 4: Génèse
 - II-2- 5: Paragénèse

CHAPITRE III: METHODE D'EXPLOITATION

- III- 1: CONDITION DU GISEMENT
- III- 2: PRESENTATION DE LA MINE
 - III-2- 1: Découpage du gisement et ossature
 - III-2- 2: Les grandes voies de roulage
- III- 3: METHODE D'EXPLOITATION ET ORGANISATION DU TRAVAIL
 - III-3- 1: Méthode d'exploitation
 - III-3- 2: Organisation du travail
 - III-3- 3: Données techniques sur l'exploitation

CHAPITRE IV: TRAITEMENT DU MINERAL

CHAPITRE V: ETUDE THEORIQUE DE L'AERAGE

V- 1: INTRODUCTION

V- 2: NORMES D'AERAGE

V- 3: REALISATION DE L'AERAGE

V-3- 1: Aérage naturel

V-3- 2: Aérage artificiel et choix d'un ventilateur principale

V-3- 3: Aérage secondaire et choix d'un ventilateur auxiliaire

V-4: LOIS DE VENTILATION

V-4- 1: Lois d'écoulement des fluides

V-4- 2: Détermination des pertes de charge

V-5: DETERMINATION DES RESISTANCES

V-6: REPARTITION DE L'AIR

CHAPITRE VI: ETUDE DE L'AERAGE DE LA MINE D'EL-ABED

VI-1: INTRODUCTION

VI-2: CALCUL DES BESOINS EN AIR DE LA MINE

VI-3: COMPAGNE DE MESURES

VI-3- 1: Appareillage utilisé

VI-3- 2: Présentation des mesures

VI-4: DESCRIPTION DU SCHEMA D'AERAGE

VI-5: CRITIQUES

VI-5- 1: Analyse du schéma d'aérage

VI-5- 2: Quantité et qualité de l'air d'alimentation

VI-5- 3: Conditions climatiques

CHAPITRE VII: SOLUTIONS ENVISAGEES

VII-1: REVISION DU SCHEMA D'AERAGE

VII-2: AMELIORATION QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DE L'AIR

VII-2- 1: Diminution des pertes

VII-2- 2: Augmentation de la vitesse de l'air

VII-2- 3: Intensification de l'aération

Conclusion

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

Introduction

Deux sortes de problèmes d'aérage restent constamment posés à la direction de la mine; Un problème simple, Celui de la surveillance et du contrôle de l'aérage. Il s'agit de mesurer en différents points de la mine les caractéristiques du courant d'air: vitesse, débit, température, concentration en substances nocives. Ce problème se présente d'une façon permanente. Un autre problème plus complexe. Consiste à rechercher quelles sont les modifications qu'il faut faire subir aux installations, à la configuration des travaux miniers et aux ventilateurs; Soit pour remédier à une insuffisance de l'aérage, soit pour adapter l'aérage à une nouvelle situation de l'exploitation.

Ce dernier problème a fait l'objet de notre étude sur un cas réel: Celui de la mine d'EL-Abed.

L'étude s'est déroulée en trois étapes: -

- Description de la mine;
- Etude théorique de l'aérage;
- Etude de l'aérage de la mine.

Des suggestions et des solutions sont apportées aux critiques et aux insuffisances constatées lors de notre étude.

CHAPITRE I

GENERALITES

I. Généralités, [2], [3]

I-1: Situation géographique et infrastructures:

Le gisement d'El Abed est situé à l'extrême nord-ouest de l'Algérie, à 42 kms au sud de la ville de Maghnia, à 58 kms au sud-ouest de la ville de Tlemcen et à 1 kms de la frontière Algéro-Marocaine (Cf.fig1). La région se caractérise par:

- un relief de montagnes dont l'altitude varie de 1260 à 1550m.
- une végétation forestière pauvre et l'absence d'un réseau hydrographique.
- un climat subtropical caractérisé par un été chaud et prolongé avec une température moyenne de 27°C et un hiver froid et court avec une température moyenne de 4°C.

A proximité du gisement se situe la cité ouvrière. Le courant électrique est fourni par le réseau énergétique national, au moyen de lignes électriques de 30 et 60 kw en provenance d'Oran.

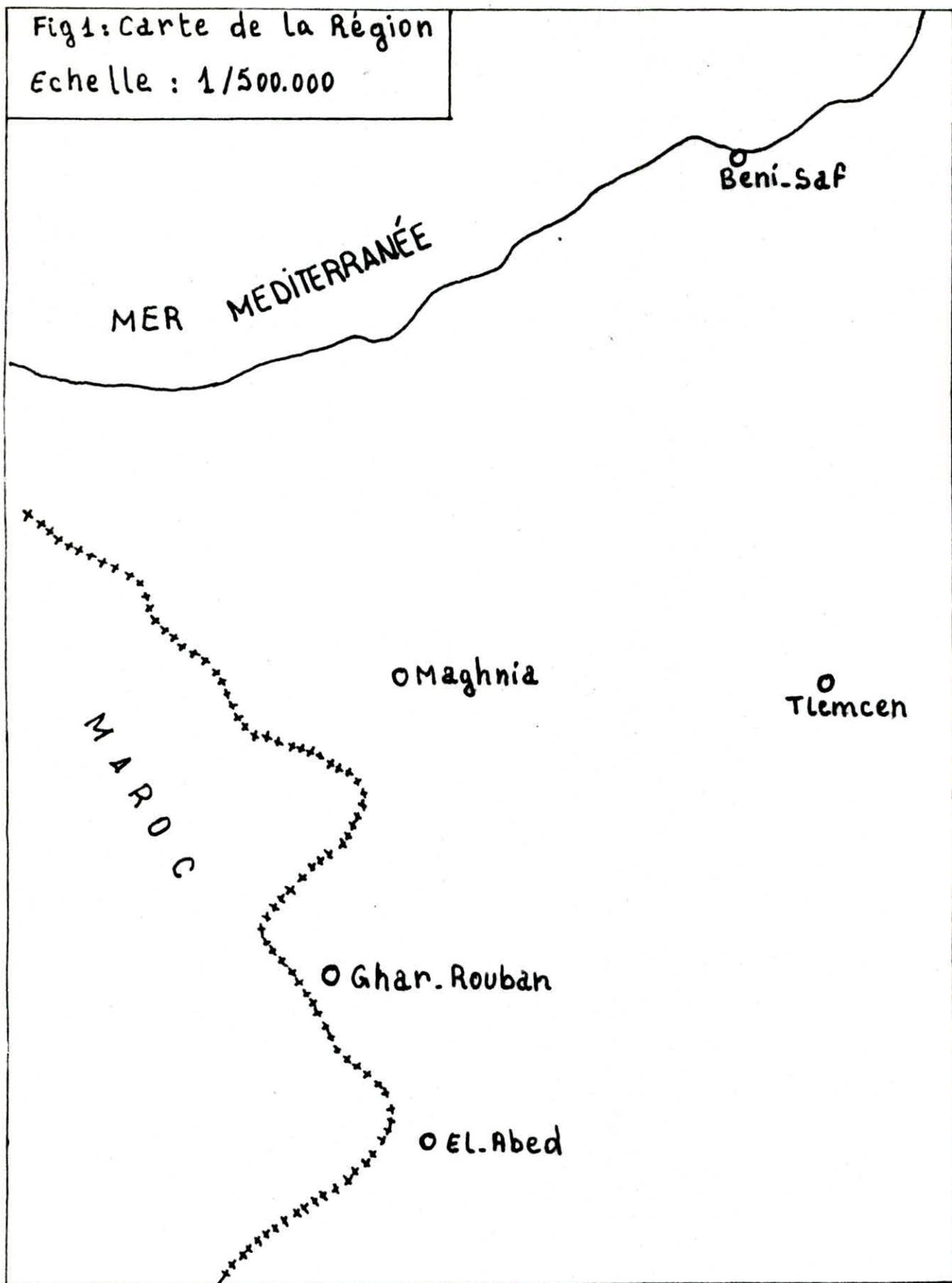
L'approvisionnement en eau se fait par la source "Ktaout" et la source "Grotte noire".

I-2: Historique:

Le gisement d'El Abed représente la partie orientale d'un des plus grands champs minier de Plomb-Zinc stratiforme de l'Afrique du Nord.

L'étude géologique de ce champ a commencé en 1906 sur sa partie occidentale, située en territoire Marocain, sur les gisements de Touissit et Boubekeur.

Fig 1: Carte de la Région
Echelle : 1/500.000



Dans la période 1925-1952, la partie Marocaine du gisement a été exploitée et à l'heure actuelle elle est entièrement épuisée.

Le gisement d'El Abed a été découvert sur le prolongement Est des gites Marocains en 1940 par la compagnie "Zellidja et le BRGM (Bureau de recherches Géologiques et minières) et son exploitation n'a débuté qu'en 1952 par la même compagnie.

Nationalisée en Mai 1966, des travaux géologiques au niveau du gisement et des régions avoisinantes n'ont été exécutés qu'à partir de 1967 par la base "D" (Maghnia) du département de la SONAREM. Cette dernière conclut en 1968 un contrat avec la société Marocaine des Mines pour le traitement du minerai Algérien dans la laverie de "Zellidja" située à proximité de la frontière et ce, jusqu'en 1975. Entre temps, la SONAREM a lancé un projet de construction d'une usine de traitement qui deviendrait opérationnelle dès 1972 et alimenterait la laverie Algérienne en plus de la laverie Marocaine.

Au 01-07-1972, et après analyse des résultats des travaux géologiques, un rapport géologique a été rédigé avec l'évaluation des réserves du gisement.

Nous voyons donc qu'entre 1972 et 1975, El- Abed devait satisfaire la demande en minerais de deux laveries ce qui avait nécessité l'élévation de la production de la mine donc une refonte presque totale des structures internes. Une analyse objective de cette situation fait ressortir une contrainte essentielle qui est l'aérage; cas extrême de la dégradation des conditions climatiques de la mine: problème qui se pose actuellement et qui sera l'objet de notre étude.

CHAPITRE II

GEOLOGIE

II. GEOLOGIE [2], [3]

II-1: Géologie Régionale

Le périmètre métallifère du gisement d'El Abed se trouve dans la région minière de Ghar-Rouban-El-Abed. Cette région est affectée par une tectonique faillée et plisée qui lui a conféré une structure compartimentée définie par une série de horsts et Grabbens qui correspondent à des sous zones structuroformationnelles, chacune desquelles se caractérise par des conditions de sédimentation spécifique au mésozoïque. En effet, les terrains les plus fréquents dans la région sont les dépôts mésozoïque, tandis que les formations magmatiques paléozoïque et méso-cénozoïques ont une extension limitée, et les terrains primaires sont constatés dans le horst de Ghar-Rouban.

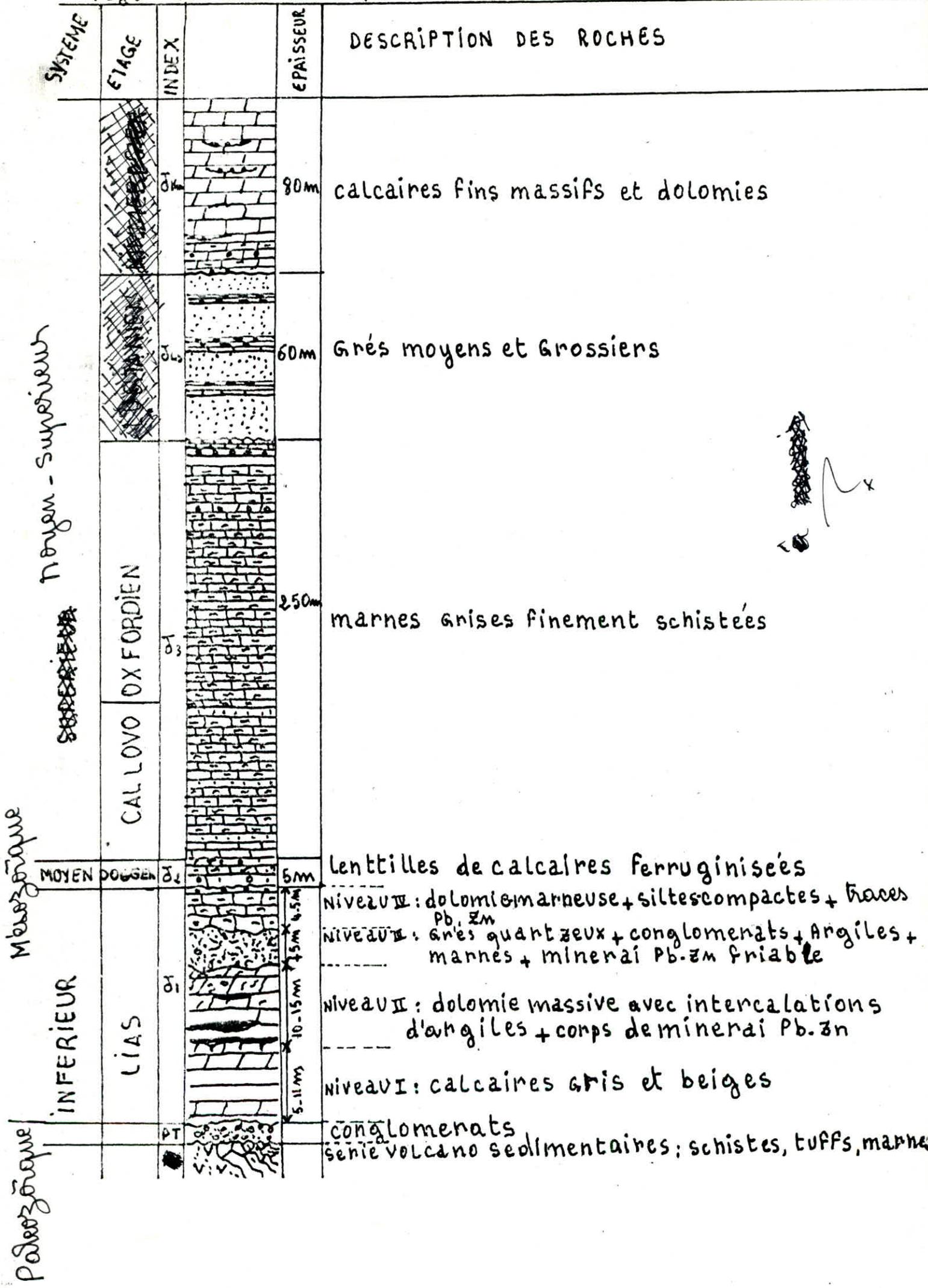
II-2: Géologie du gisement:

II-2-1: Stratigraphie:

Dans les limites du gisement d'El Abed, on distingue de bas en haut (Cf. fig. 2):

- Le paléozoïque qui, à une profondeur allant de 200 à 600 m et dans le Nord du territoire, est représenté par des roches éruptives: diabases quartzeuses, diabaso-phyrites-tufs de porphyrotes et andesito-dacitique; dans la partie sud du gisement il est représenté par des schistes argileux.
- Les dépôts du permo-trias représentés par des lentilles de conglomérats argileux rouges.
- Les dépôts mésozoïques qui reposent en discordance très marquée sur la surface érodée et inégale du socle

Fig 2 : LOG STRATIGRAPHIQUE DU GISEMENT



paleozoïque.

- les dépôts du permo-trias sont surmontés par une assise jurassique ou l'on distingue:

* Les terrains liassiques (J1), développés dans tout le champ minier. Ils représentent les roches encaissantes de la minéralisation et sont différenciés en quatre niveaux:

Le 1er niveau: Ne renferme pas de corps plombo-zincifères, il est constitué de calcaire, des grès et d'argiles. Sa puissance atteint 1 à 2 m, celle de 5-11 m est rare.

Le 2e niveau: Se compose, essentiellement, de corps de minerai Pb-Zn et de dolomies massives intercalées de rares lits minces (1-60m) de calcaires et d'argiles. Les puissances prédominantes sont de 10-15 m.

Le 3e niveau: Représenté par des grès quartzeux incohérents, des conglomérats sédimentaires et de minerai Pb-Zn friable. Ces roches se développent surtout dans la partie Est du gisement (Alzi). La puissance du niveau varie de 2 à 4 m.

Le 4e niveau: Ce niveau ne contient pas de concentrations exploitables de minerais plombo-zincifères, on n'y rencontre qu'une rare dissémination de galène et blende à grains fin. Il est constitué de dolomies marneuses, silts compactes et de matières carbonneuses. Ces roches sont répandues dans la partie sud du gisement, leur puissance moyenne est de 1 à 5 m et localement 4 à 5 m.

* Le DOGGER(J2): Se compose de calcaires ferruginisés avec des schistes. La puissance varie de 2-3 m et localement 5 m.

paleozoïque.

- les dépôts du permo-trias sont surmontés par une assise jurassique ou l'on distingue:

* Les terrains liassiques (J1), développés dans tout le champ minier. Ils représentent les roches encaissantes de la minéralisation et sont différenciés en quatre niveaux:

Le 1er niveau: Ne renferme pas de corps plombo-zincifères, il est constitué de calcaire, des grès et d'argiles. Sa puissance atteint 1 à 2 m, celle de 5-11 m est rare.

Le 2e niveau: Se compose, essentiellement, de corps de minerai Pb-Zn et de dolomies massives intercalées de rares lits minces (1-60m) de calcaires et d'argiles. Les puissances prédominantes sont de 10-15 m.

Le 3e niveau: Représenté par des grès quartzeux incohérents, des conglomérats sédimentaires et de minerai Pb-Zn friable. Ces roches se développent surtout dans la partie Est du gisement (Alzi). La puissance du niveau varie de 2 à 4 m.

Le 4e niveau: Ce niveau ne contient pas de concentrations exploitables de minerais plombo-zincifères, on n'y rencontre qu'une rare dissémination de galène et blende à grains fin. Il est constitué de dolomies marneuses, silts compactes et de matières carbonneuses. Ces roches sont répandues dans la partie sud du gisement, leur puissance moyenne est de 1 à 5 m et localement 4 à 5 m.

* Le DOGGER(J2): Se compose de calcaires ferruginisés avec des schistes. La puissance varie de 2-3 m et localement 5 m.

* Le CALLOVO-OXFORDIEN (J3 c.o): constitué de marnes finement schistées et d'argilites. La puissance varie de 250-300 m.

* Le LUSITANIEN (J3 Ls): Représenté par des marnes argileuses intercalées de lits de grès. Le lusitanien inférieur atteint 130 m d'épaisseur et le lusitanien supérieur atteint près de 300 m.

* Le KIMMERIDGIEN (J Km): Repose en petite discordance angulaire sur les dépôts lusitaniens, il est représenté par des dolomies et calcaires fins massifs à stratification apparente. Sa puissance est de 50m.

* Le quaternaire: Représenté par les formations alluvionnaires de vallées, constituées de dépôts sablo-argileux. Sa puissance atteint 3-4 m dans les vallées.

II-2-2: Structure du gisement

Les corps du minerai Pb-Zn du gisement d'El-Ebed sont localisés dans les dépôts du lias, ces dépôts, ainsi, que les formations sus-jacentes ont une structure compliquée marquée par des signes de déplacement et caractérisée par la discontinuité de certaines couches.

Dans ces dépôts on distingue deux grandes zones minéralisées, la zone sud et la zone nord étirées en direction sublatitudinale et allongées en bandes dans la direction Est. La largeur de la bande Nord varie dans le plan de 200 à 850 m et celle de la bande sud varie de 550 à 1250m. Ces deux bandes se joignent à l'Est en formant une zone de 2,2 à 2,3 kms.

11-2-3: Morphologie du gisement et type de minéralisation:

Le gisement d'El-Abed est du type stratiforme. L'extension verticale de la minéralisation, dans les limites des zones métallifères, atteint plusieurs niveaux. Ainsi, trois niveaux (supérieur, moyen et inférieur) minéralisés sont distingués dans la zone minière Nord, par contre ailleurs on ne trouve que le niveau supérieur. L'un des traits particuliers de la morphologie des corps de minerais du gisement est la structure compliquée due aux failles raides à fort pendage qui divisent les amas de minerai en nombreux panneaux d'importance variable. La minéralisation est du type disseminé et en filons, dans des dolomies transformées hydrothermalement et dans des grès carbonisés.

11-2-4: Génèse:

Deux hypothèses sont avancées sur la génèse du gisement. La première hypothèse suppose que l'origine de la minéralisation est sédimentaire du fait que les corps de minerais en couches se trouvent dans les roches sédimentaires métamorphiques disloquées. La deuxième hypothèse qui paraît la plus probable est d'origine hydrothermale.

11-2-5: Paragénèse:

Les minerais du gisement d'El-Abed se caractérisent par une composition minéralogique relativement simple. Les minéraux principaux sont: Blende (Zns), Galène (Pbs), pyrite (FeS₂) et chalcopryrite (Cu Fe S₂).

Les minéraux secondaires sont: cerusite (PbCO₃), anglésite

(PbSO₄), smithsonite (ZnCO₃). Des oxydes tels que la malachite (Cu₂ CO₃(OH)₂), l'azurite (CO₃(Co₃)₂(OH)₂).

CHAPITRE III

Methode d'exploitation

III-METHODE D'EXPLOITATION, [2], [4], [5]

III-1:Condition du gisement

Il s'étend sur 5200m en longueur et 2100 m en largeur.

Il se trouve à une profondeur allant de 200 à 500 m.

La puissance de la minéralisation varie de 1 à 12m. La puissance moyenne est de 3m.

Le pendage varie de 3 à 5°, donc c'est un gisement en plateure.

III-2: Présentation de la mine

III-2-1:Découpage du gisement et ossature:

Toute la superficie du gisement est divisée en trois quartiers. A partir de l'ouest et le long de la zone sud on distingue:

- Ain Arko, la partie occidentale;
- Alzi au centre;
- El-Abed à l'Est;

L'accès au gisement se fait par trois puits verticaux.

* Le puits N°3, situé au carreau de la mine à 500 m à l'Est de la frontière et donne accès au quartier Ain-Arko. Il a été mis en service en 1963, sa profondeur est de 276 m. Il est de forme rectangulaire et de 10 m² de section, équipé d'une cage pour le transport du personnel et d'un skip pour le transport du minerai, et sert à l'entrée de l'air frais.

* Le puits N°4, situé à l'est du gisement à 2.1 kms du puits N°3 et donne accès aux quartiers Alzi et El-Abed. Il est de forme rectangulaire, de 10 m² de section et de 365 m de profondeur. Il sert à l'extraction du minerai, au transport

du personnel et à l'entrée de l'air frais.

* Le puits N°5, situé au Nord du gisement, prévu initialement pour l'extraction, est utilisé comme puits de sortie d'air à cause de sa mauvaise exécution. Il est de 20 m² de section et de 440 m de profondeur.

11-2-2: Les grandes voies de roulage:

Les chantiers d'exploitation sont reliés aux puits par des galeries principales assurant:

- L'accès du personnel et du matériel;
- L'évacuation du minerai vers les puits N°3 et N°4.

* Du puits N°3 part le TB.1000 de direction générale Est-ouest et de longueur 1400 m, il traverse la frontière Algéro-Marocaine et aboutit au puits N°6 situé en territoire Marocain en passant au Nord des chantiers Boucif et Salim. Il sert de voie de roulage principale pour le quartier Ain-Arko. A 250 m du puits N°3, et à partir du TB.1000 plonge la galerie Brahim sur 300 m vers le sud, puis se redresse vers l'ouest en contournant les chantiers Salim et Badis et enfin se prolonge jusqu'au puits Marocain. A l'Est du puits N°3, le TB.1000 longe la bande minéralisée et aboutit au chantier Salah, situé dans le quartier Alzi. Du chantier Salah et à un niveau inférieur (963), débute le TB Amirouche qui longe le quartier Alzi à l'ouest et est destiné au transport vers le puits N°4 à l'Est.

* Du puits N°4 part:

- vers le sud la descendrie OKachat, longue de 100 m, qui tourne vers l'ouest jusqu'à son intersection avec le TB

Amirouche ouest;

- vers le Nord-ouest le TB El-Abed long de 600 m;
- d'Est en Ouest et de l'extrémité du TB El-Abed, la descendrie Rachid qui aboutit au quartier d'El-Abed, sur une longueur de 700 m environ.
- La descendrie Samir orientée vers l'Est et plonge de 18° sur une longueur de 500 m en passant sous le quartier El-Abed.

III-3: Méthode d'exploitation et organisation du travail:

III-3-1: Méthode d'exploitation:

La méthode d'exploitation utilisée est celle des chambres et piliers abandonnés. Le gisement est découpé par des séries de voies afin de diviser les quartiers en chantiers ou ouvrages et chaque ouvrage en blocs. Les différents travaux exécutés au fond sont:

* Travaux d'infrastructure: ces travaux visent à atteindre le bloc ou les réserves délimitées par les sondages jour. Ils consistent à creuser, à partir du puits, une galerie dans le stérile jusqu'à atteindre le bloc. Cette galerie, après l'avoir soutenue, deviendra une galerie de roulage.

* Travaux de recherche: L'objectif de ces travaux est la découverte du bloc, une fois qu'il est atteint, en creusant une galerie de recherche (principale) et en réalisant des sondages fond.

* Travaux préparatoire: Ce sont les travaux de préparation des réserves à l'abattage, ils consistent à tracer, à partir de la galerie principale, des galeries secondaires

d'elimitants des panneaux de minerais de dimension 60*60 m (cas de Ain-Arko) ou 50*50 m (cas d'El-Abed et Abzi).

* Travaux d'abattage ou exploitation proprement dite: c'est la dernière phase du processus, elle consiste à l'abattage des réserves (panneaux) préparées. L'abattage se fait par chambre avec abondan des piliers (cf.fig3) en laissant un stot de protection de 12 m. Selon les conditions des terrains et la richesse de la minéralisation, la dimensions des piliers est de 6*6m pour les minerais compacts des quartier Ain Arko et El-Abed, et de 4.5*4.5 m pour les minerais meubles du quartier Alzi. La hauteur et la largeur des chambres sont respectivement 3.5 m et 5m. Il est à signaler que le taux de récupération avec cette méthode ne dépasse pas 60%, le salissage y est important généralement superieur à 30%.

III-3-2: Organisation du travail:

Au début de chaque poste de travail on exécute les travaux suivants:

- purgeage (détachement des roches suspendues au toit);
- chargement du mineraï.

Après quoi, on commence la foration des trous, puis leur chargement et enfin le tir. L'évacuation du mineraï abattu se fait en cinq (05) étapes:

- Déblocage et chargement du mineraï abattu dans le chantier vers la cheminée par des pelles chargeuses EIMCO 912, EIMCO 925 et le CT2501 (dans les quartiers Ain-Arko, El-Abed), et par le scraper avec pelle EIMCO 912 (dans Alzi).

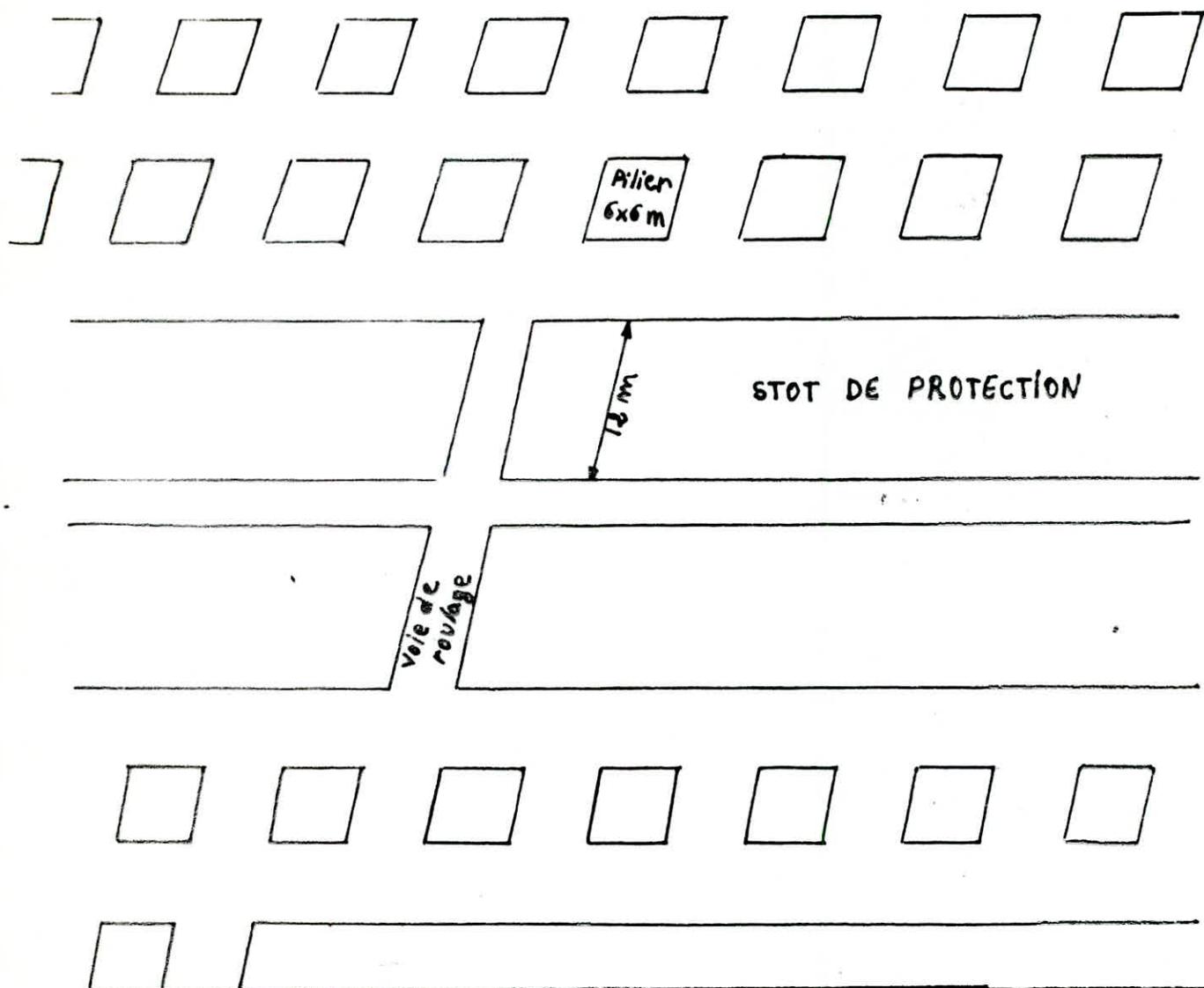


Fig.3 : MÉTHODE D'EXPLOITATION

echelle : 1/500

- Roulage fond par des camions navettes EXPADUMCB-4 et schopf T- 103 qui desservent, par les tremies, les convoyeurs à bande.
- Déplacement le long du convoyeur à bande jusqu'aux tremies doseuses des puits 3 et 4.
- Transport par rame de wagons, de capacité trois (03) tonnes.
- Extraction par skip, de volume 3 m3.

Le transport au jour vers le stock laverie se fait par camions à benne.

III-3-3: Données techniques sur l'exploitation:

- Foration

Elle se fait en roto-percutant, à air comprimé+eau en diamètre 38 mm avec des marteaux perforateurs sur béquilles. La longueur de foration est comprise entre 1.5 m et 2.4 m, ce qui donne un avancement par volée de 1.3 m à 2m. La durée de foration d'un trou est de 2-3min pour les roches friables, est de 5min pour les roches dures.

- Tir:

Les travaux de tir s'exécutent conformément au plan de tir (cf.fig4).

Deux (02) types d'explosifs, en cartouches, sont utilisés: Gélanit et Marmanit. Chaque cartouche est de 250g, de 20cm de longueur et de 32 mm de diamètre. La consommation spécifique en explosifs et en détonateurs retenue est:

Quartier	Explosif (kg/t)	Détonateurs (pièce/t)
- Ain-Arko	0.45	0.55
- Alzi	0.58	0.91
- El-Abed	0.48	0.62

Fig. 4 : plan de tir Aïn-Arko

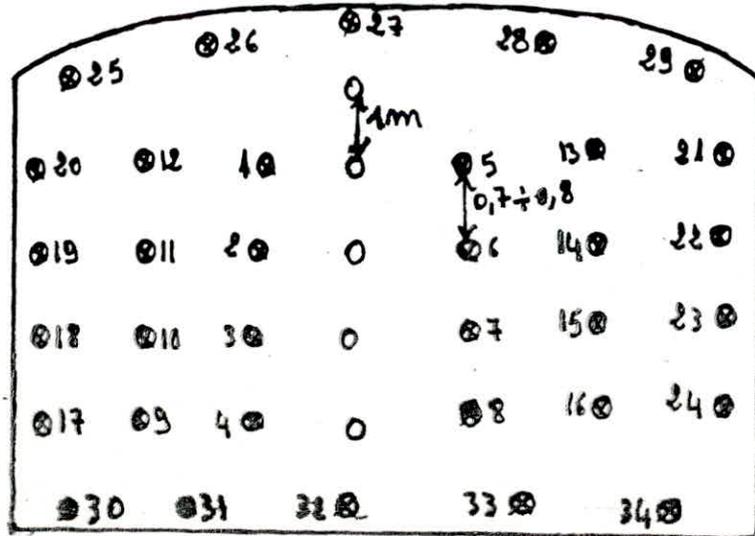
Dans une section de 16m²

Type de la roche : Dure

" d'explosif : Gélatine

Longueur du trou foré : L = 2m

nombre de trous : 34 dont 5 non chargés



N° de trou de mine	N° de détos	N° de détos	q ^{té} d'expl. par trou (kg/trou)	q ^{té} d'expl. totale (kg)
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1	8	1,0	8,0
9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	3	8	1,0	8,0
17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24	5	8	0,75	6,0
25, 26, 27, 28, 29	7	5	0,75	3,75
30, 31, 32, 33, 34	9	5	0,75	3,75

plan de tir Abzi-EL.Abed

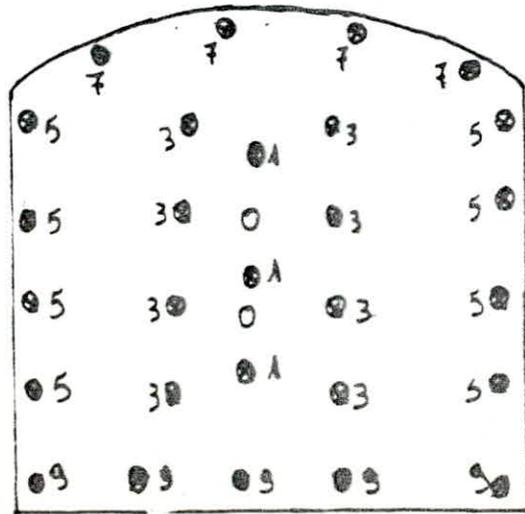
section : 10 m²

longueur de Foration : L = 2 m

longueur de bourrage : P = 0,25 m

longueur d'avancement : 1,5 m

nombre de trous : 29 dont 2 non chargés.



N° de trou de mine	n° de déton	q _{ité} d'exp _l par trou (kg/c)	q _{ité} d'exp _l totale (kg)
1	3	1,5	4,5
3	8	1,0	8,0
5	8	0,75	6,0
7	4	0,75	3,0
9	5	0,75	3,75

- Soutènement:

Deux types de soutènement sont utilisés: ceintre métallique de trois (03) éléments TH26 et le boulonnage avec des boulon (tiges) de 1.8 à 2 m de longueur.

- Evacuation du minerai:

L'évacuation du minerai jusqu'aux puits dure 5 à 10 min. Les caractéristiques des engins de chargement et de desserte sont comme suit:

Engins	Capacité	Année de mise en marche
- Eimco 925	7	1983
- Eimco 912	2	1977
- CT-2501	2	1988
- SCHOPF T-103	7	1982
- EXPADUM CB-4	12	1971

CHAPITRE IV

Traitement du minerai

IV-TRAITEMENT DU MINERAI, [2]

Le traitement du minerai extrait se fait à la laverie d'El-Abed dont la capacité de traitement est de 600.000 t/an. Ce traitement se fait selon le schéma porté sur la fig.5, il consiste en un concassage, du minerai extrait, en deux stades qui le réduit à 20 mm, puis un broyage jusqu'à une dimension de 0.074 mm et enfin une flottation sélective qui permet d'obtenir deux concentrés de l'ordre:

- concentrés Plomb: 60%,
- concentrés Zinc: 54%,

Le concentré Plomb est destiné à l'exportation tandis que le concentré Zinc est expédié vers l'usine de Ghazaouet pour un traitement métallurgique qui consiste en un grillage oxydant, puis une attaque sulfurique et enfin une électrolyse des solutions obtenues. Les besoins en eau de la laverie, pour le traitement, sont de 3.5 m³/tonne de minerai traité, soit environ 6000 m³/j à pleine capacité.

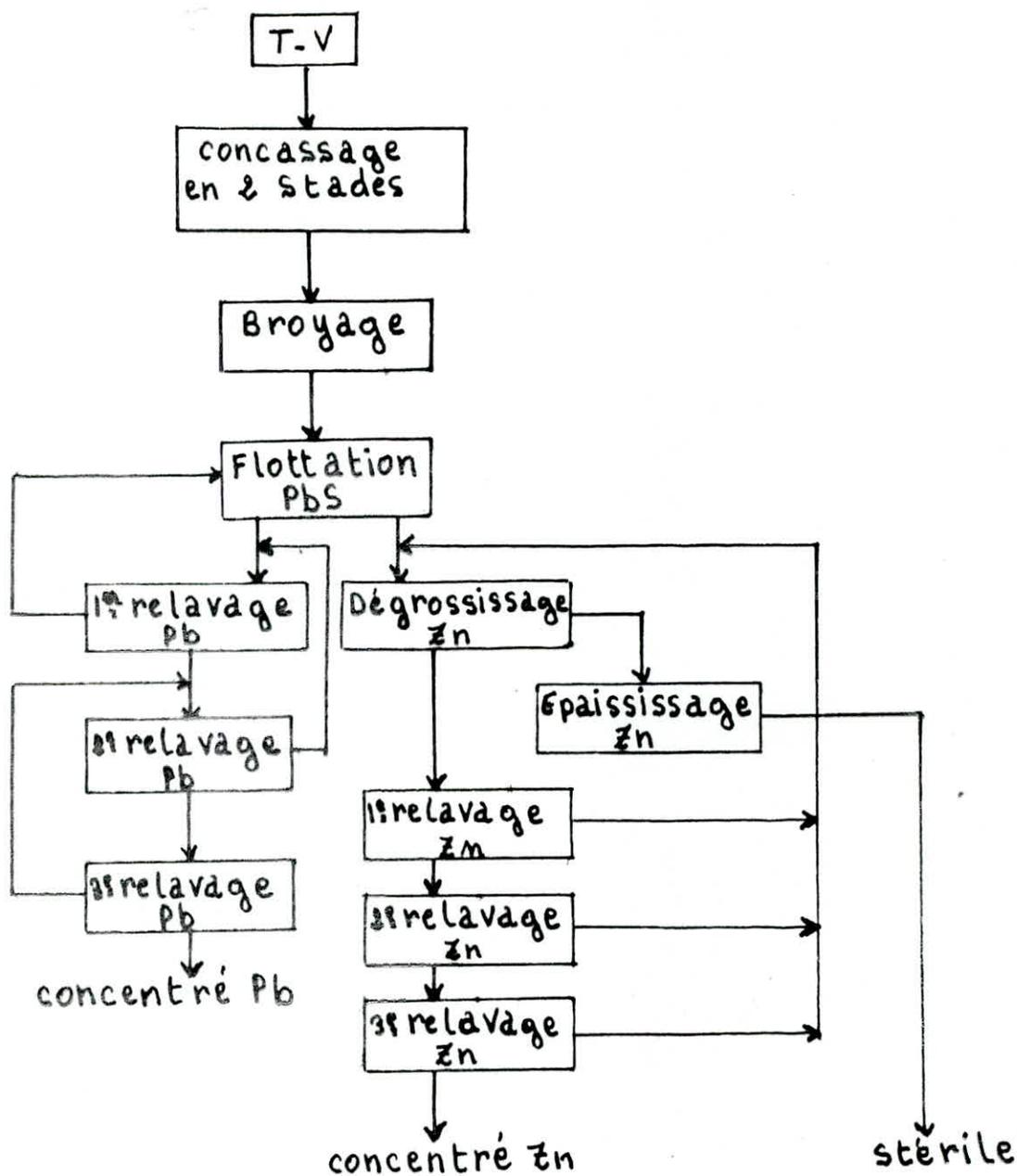


Fig.5 : schéma de traitement de la Laverie d'El-Abed.

CHAPITRE V

Etude theorique de l'aerage

V- ETUDE THEORIQUE DE L'AERAGE

V-1: Introduction

L'air atmosphérique normal contient 21% d'oxygène, 79% d'azote, 0.04% de gaz carbonique et de la vapeur d'eau dont la teneur en eau est sujette à d'assez larges variations. Cette composition reste constante en raison du grand volume de l'atmosphère terrestre et de la compensation réciproque des processus chimiques qui ont lieu sur la terre; Tandisque pour les espaces limités par des barrières quelconques peu perméables aux gaz, tel que les travaux souterrains, cette composition peut être varier facilement suite aux changements physiques de l'air, causés d'une part, par la diminution de la teneur en oxygène et l'augmentation de celle en gaz carbonique, lesquelles sont dues à la respiration des ouvriers, à la combustion des lampes, au pourrissement du bois,...ect. Et d'autre part, par l'addition à l'air de différents gaz nuisibles dégagés par les roches, des gaz formés par le tir des mines et de la poussière. Cette variation de composition influe négativement sur les conditions climatiques de l'atmosphère minier, ainsi que sur la sécurité et le rendement du personnel. Pour cela il devient nécessaire de chasser l'air altéré et de le remplacer par de l'air frais, par une circulation d'air qui maintient à l'atmosphère de la mine une composition, une température et un degré d'humidité compatibles avec la sécurité, la santé et le rendement du personnel, il s'agit alors:

- D'assurer la respiration des ouvriers.

- De diluer les gaz nocifs de la mine.
- D'abaisser la température.

Ainsi, l'optimisation de l'aérage se fait par normalisation de celle ci. Les résultats de cette normalisation sont les normes d'aérage.

V-2: Normes d'aérage:[4], [6]

Pour assurer la sécurité et l'hygiène des conditions de travail il faut chasser l'air altéré et le remplacer par de l'air frais, c'est pourquoi plus il ya de dégagements de gaz, plus il faut de l'air pur pour le diluer. D'une manière générale, il faut envoyer dans une mine une quantité d'air telle que la teneur en oxygène des chantiers en activité ne soit pas inférieure à 20% et celle en gaz carbonique ne soit pas supérieure à 0.5%. On admet, dans l'air de retour, une augmentation de la teneur en gaz carbonique jusqu'à 1%. Dans les mines grisouteuses, et en plus du maintien de la teneur, exigée, en O₂ et en CO₂ l'air pur doit aussi diluer le méthane qui se dégage dans des proportions telles que le retour d'air des quartiers séparés n'en contienne pas plus de 1% et le retour d'air général, plus de 0.75%. Une autre condition essentielle pour l'aérage en mine profonde est la température, celle ci doit être abaissée en dessous de 28°C, en climat sec, et 25°C en climat humide. Le règlement français exige une température résultante, inférieure à 28°C, définie par: $t_r = 0.7t_h + 0.3t_s - v$.

Où t_h , t_s sont respectivement les températures, humide et sèche. En ce qui concerne la vitesse de l'écoulement de

l'air, la quantité d'air passant par les chantiers séparés doit être telle que la vitesse de circulation d'air ne soit pas inférieure, dans le chantier d'abattage, à 0.25 m/s et, dans le chantier de tracage 0.15 m/s. En même temps cette vitesse ne doit pas dépasser les normes suivantes:

- Le long du front de taille des chantiers: 4 m/s;
- Les travers bancs, galeries de roulage et d'aéragé: 8 m/s;
- Autres galeries: 6 m/s;

En résumé, l'atmosphère d'une mine doit satisfaire à la fois aux conditions suivantes:

- Débit.....> 3 m³/min par homme.
- Teneur en CH₄> 1% dans les tailles et les retours d'air.
- Teneur en CO.....> 0.05% dans tous les travaux,
<0.002% dans les galeries où circulent les locomotives diesel.
- Température humide.....< 25°C,
- Vitesse de l'air.....< de 3 à 8 m/s.

Ces conditions permettent, en général, de déterminer les besoins d'air nécessaires, dont l'évaluation se fait comme suit:

- Suivant le plus grand nombre n de personnes susceptibles de se trouver en même temps dans le fond de la mine:

$$Q = q \cdot n \cdot k \quad (1) \quad \text{où } q - \text{norme d'air nécessaire pour un travailleur} = 6 \text{ m}^3/\text{min},$$

n - nombre de travailleurs par poste,
k - réserve en air = 1.5

- Suivant la consommation d'explosif:

$$Q = 5 a F/T \quad (2)$$

où a- consommation max d'explosif par poste,

T- temps d'aérage = 30 min

F- volume de gaz toxique libéré lors de tir d'un kg d'explosif. (Gelanit, Marmanit:

F = 8651/kg, 8401/kg)

- Suivant les engins diesel:

$$Q = g.N \quad (3) \quad \text{où } g - \text{norme d'air nécessaire par } 1 \text{ c.v.} = 5 \text{ m}^3/\text{c.v}$$

N- puissance totale par poste (c.v).

V-3: Réalisation de l'aérage [5], [6]

pour respecter les conditions citées dans le paragraphe précédent, il faut assurer la circulation de l'air. Le déplacement de l'air dans les galeries indispensables pour l'aérage des mines peut être réalisé soit à l'aide de mécanismes, ventilateurs, installés spécialement (aérage artificiel), soit sans mécanismes (aérage naturel).

V-3-1: Aérage naturel:

Dans l'aérage naturel, le mouvement de l'air est provoqué par la différence de température de l'air à l'entrée et à la sortie, ce qui détermine la différence de leurs poids spécifiques.

Du fait de la température des terrains, l'air se réchauffe au cours de sa progression, ce qui diminue sa densité et il y aura donc une tendance naturelle à sa circulation, tout se passe comme si l'air était sollicité par un ventilateur dont la dépression serait:

$h = \frac{\delta}{273} Z(TR-TE)$ (4) où :

- poids spécifique de l'air, kg/m³

Z- profondeur moyenne de la mine, m

TR, TE- températures moyenne des puits
de retour et d'entrée d'air

R- dépression, en mm d'eau.

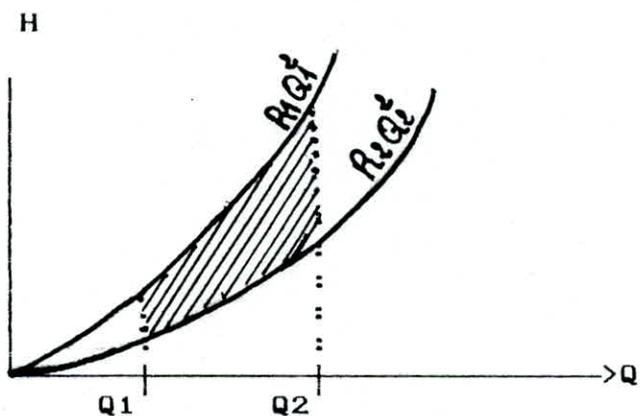
Le défaut du tirage naturel est la variabilité de la quantité d'air entrant dans la mine, puisque la valeur de la dépression naturelle qui dépend de la température extérieure, peut varier non seulement au cours de l'année mais même au cours des 24h. C'est pourquoi l'aération naturelle n'est adoptée que dans les mines peu profondes, de faible rendement et qui exploitent des gisements non grisouteux.

V-3-2: Aérage artificiel et choix d'un ventilateur principal:

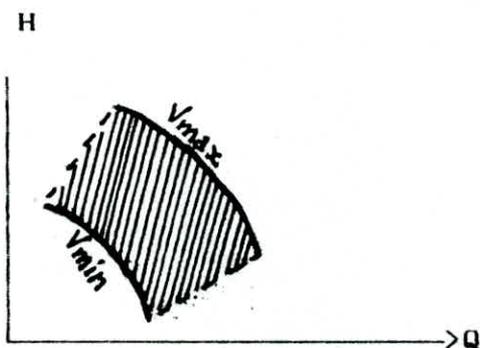
L'aérage artificiel est réalisé par l'installation d'un ventilateur, le rôle de ce dernier est de maintenir l'air en circulation, en vaincant les forces de frottements qui naissent entre l'air et les parois des galeries. Le choix d'un ventilateur se fait en fonction de ses caractéristiques, qui doivent répondre aux exigences et aux besoins en air de la mine, alors pour équiper une mine, il faut tout d'abord évaluer le débit nécessaire et la résistance probable, en prévoyant l'avenir. En effet, le débit devra se maintenir entre deux limites Q1 et Q2 alors que la résistance variera entre R1 et R2.

On trace la caractéristique de la mine pour ces deux limites et par conséquent, les valeurs réelles de Q(débit) et de

H(depression) devons toujours être représentés par des points situés dans la surface hachurée (Cf.fig):



D'autre part, à chaque ventilateur correspond une zone de fonctionnement limitée par ses courbes caractéristiques; à vitesse max et à vitesse min (cf.fig):



Dés lors, le choix d'un ventilateur consiste à trouver celui dont la zone de fonctionnement correspond le mieux aux exigences présentes et futures de la mine, ce qui revient à dire que sa zone de fonctionnement doit bien recouvrir celle de la mine.

V-3-3: Aérage secondaire et choix d'un ventilateur auxiliaire:

L'aérage secondaire est réalisé à l'aide des conduites spéciales, en toile ou en métal, qui grâce à des ventilateurs, permettent d'envoyer de l'air frais dans les chantiers qui ne se trouvent pas sur le circuit de l'aérage principal de la mine.

Le problème de l'aérage secondaire réside dans le fait qu'il y a toujours des fuites, car la canalisation n'est jamais étanche. Le choix d'un ventilateur auxiliaire se fait alors en répondant au problème qui se pose de la façon suivante: quelle pression H et quel débit Q faut-il maintenir à l'entrée de la colonne, de diamètre et de longueur connus, pour obtenir à l'autre extrémité le débit Q' , seul utile? pour cela on se réfère à un abaque relatif à des conduites de diamètre donné (cf. fig. 6). Cet abaque comprend deux familles de courbes: La première (L en traits pleins), traduit la relation entre la pression H et le débit Q à l'entrée de la canalisation pour une longueur donnée de celle-ci; La deuxième (Q' en tirets) représente les courbes d'égal débit Q' . Pour assurer un débit Q' dans une canalisation de longueur l , on cherche le point d'intersection, des familles de courbes correspondantes, qui aura pour abscisse le débit Q et pour ordonnée la dépression H .

V-4: Lois de la ventilation: [7], [8], [9].

Dans la plupart des problèmes pratiques miniers, il suffit de considérer les lois d'écoulement relatives aux fluides

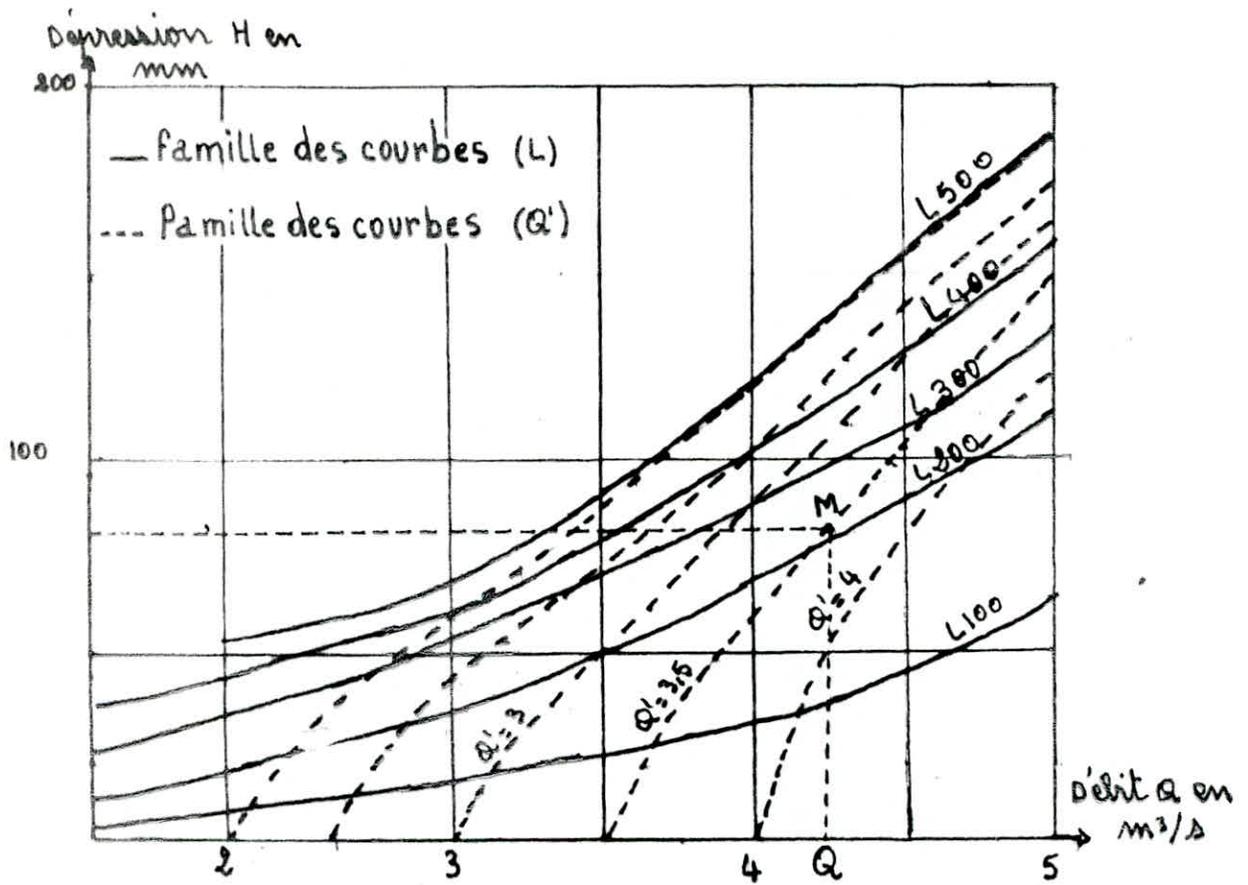


Fig. 6: Abaque pour une canalisation de $\varnothing 600\text{mm}$
à joints à brides

incompressibles, cependant dans certains cas, il est nécessaire de recourir aux équations générales relatives aux fluides compressibles.

V-4-1:Lois d'écoulement des fluides:

Considérons un élément, ducirevit, de longueur dx ; En un point quelconque de cet élément l'état du fluide est défini par les trois variables suivantes: pression(P), poids spécifique(δ), température(T).

Si le fluide s'écoule en régime permanent, son mouvement est alors défini en chaque point par une vitesse v constante et indépendante du temps. Si le régime est turbulent, seule la vitesse moyenne est constante. Selon la nature du fluide, il existe entre les quatre grandeurs (P, δ, T, v) des relations physiques qui constituent les équations de l'écoulement, et qu'on va voir séparément:

* Fluide compressible non visqueux:

Ce fluide est caractérisé par le fait que les forces de frottement qui s'exercent entre ses particules en mouvement sont supposées négligeables et que son poids spécifique δ est variable. Les équations de l'écoulement sont données par:

- Equation de continuité:

$$\rho sv = Qp \quad \text{ou} \quad \rho_1 S_1 V_1 = \rho_2 S_2 V_2 = \text{constante.}$$

Elle exprime la conservation de masse. (S: section de l'élément).

- Equation des vitesses: D'après le théorème de Bernoulli, la charge X en un point du fluide est définie par:

$X = p + V^2/2g + \rho Z$ où p = pression statique, z = altitude, g = force de pesanteur.

Dans notre cas, cette charge demeure constante le long de l'élément c'est à dire:

$$- dP + d(V^2/2g) + d(\rho Z) = 0 \quad \text{ou} \quad P_1 + \rho V_1^2/2g + \rho z_1 = P_2 + \rho V_2^2/2g + \rho z_2$$

* Fluide incompressible visqueux :

Dans ce cas, on tient compte des forces de frottement s'exerçant entre les particules en mouvement. Le travail de ces forces constitue une dissipation d'énergie et la charge X ne demeure plus constante le long de l'élément, elle diminue dans le sens de l'écoulement, on appelle cette diminution; perte de charge ΔX et elle s'exprime par :

$$\bullet \quad dP + \rho d(V^2/2g) + \rho dz = -dX \quad \text{ou}$$

$$X = X_1 - X_2 = (P_1 + \rho V_1^2/2g + \rho Z_1) - (P_2 + \rho V_2^2/2g + \rho Z_2)$$

Cette grandeur, qui est toujours positive représente l'énergie dégagée par les frottements, sous forme de chaleur dans l'unité de volume au cours de son déplacement entre les sections S1 et S2.

* Fluide compressible visqueux :

La perte de charge s'exprime par : $dP + d(V^2/2g) + d(\rho Z) = -dX$.

Si on considère l'écoulement compris entre deux sections S1 et S2 on peut appeler "perte de charge" la grandeur :

$$\Delta X = \int_2^1 dP + \int_2^1 d(\gamma V^2 / 2g) + \int_2^1 \gamma dz$$

Mais, comme γ n'est pas constante, les intégrales du second terme ne peuvent plus s'exprimer en fonction de γ_1 , P_1 , V_1 et γ_2 , P_2 , V_2 ; Elles dépendent de la suite des valeurs prises par γ, Q, P, V tout le long de l'écoulement entre S_1 et S_2 .

V-4-2 : Détermination des pertes de charge:

Pour la détermination de la perte de charge, d'un élément du circuit, on exprime ΔX comme somme de trois termes :

- Terme des pressions statiques : $\Delta X_p = \int_2^1 dP = P_1 - P_2,$

- Terme d'altitude : $\Delta X_z = \int_2^1 \gamma dz$ où nous ferons paraître un

pois spécifique moyen :

$$\gamma_m = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \text{ tel que : } \int_2^1 \gamma dz = \gamma_m (z_1 - z_2)$$

- Terme des pressions dynamiques : $\Delta X_v = \int_2^1 \frac{\gamma V dV}{2g} = \gamma_m \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$

On calcule la perte de charge en faisant diverses simplifications pratiques. Il à remarquer que ΔX_v correspond généralement, pour les galeries du fond, à des valeurs faibles, ainsi nous négligerons dans nos calculs ce terme de sorte que dans l'expression de perte de charge nous aurons :
 $\Delta X = \Delta X_p + \Delta X_z.$

Lorsque la galerie ou le chantier comporte des changements de section ou des changements de direction, des tourbillons

apparaissent dans les zones où ce changement est assez rapide. ET aux pertes de charge par frottements, s'ajoutent des pertes de charges complémentaires dues à ces tourbillons d'expression générale :

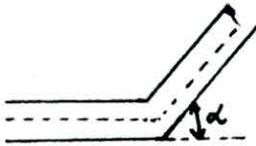
$$\Delta X = \xi \cdot \rho \cdot V^2 \cdot o / 2g$$

où ξ - coefficient de perte de charge singulière dépendant des caractéristiques géométriques.

* quelques valeurs de ξ :

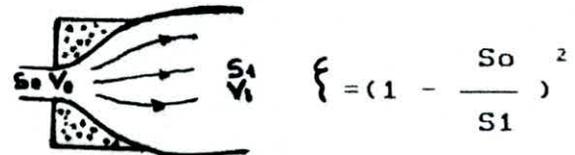
- Changement de direction

α	ξ
90°	1
60°	0,37
45°	0,18
30°	0,07
15°	0,02

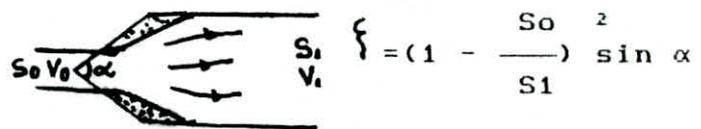


- Changement de section

- Elargissement brusque :



- Elargissement progressif



- Retrécissement brusque:

$$\xi = 1/2$$

V-4-3 Détermination des résistances:

La résistance d'un circuit n'est pas mesurable. On la calcule de deux façons différentes :

Dans le cas où on veut établir un projet d'aérage, ou prévoir l'achat d'un ventilateur, par exemple, on calcule la résistance de chaque élément du réseau par :

$$R = C \cdot \frac{L \cdot P}{S} \quad \text{où}$$

L- longueur de l'élément, en m

P- Son périmètre, en m

S- sa section, en m²

C- Coefficient dépendant de la rugosité

La résistance totale du réseau sera alors :

$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$, Si les éléments sont en série,

ou $1/\sqrt{R_t} = 1/\sqrt{R_1} + 1/\sqrt{R_2} + \dots + 1/\sqrt{R_n}$, si les éléments sont en parallèles.

Dans le cas où la mine existe déjà, la détermination de la résistance du réseau se fait après avoir mesuré la perte de charge et le débit qui la provoque. Et elle sera donnée par :

$$R = \Delta X / Q^2$$

V-4-4 Répartition de l'air:

Il s'agit, connaissant la résistance de chacun des éléments d'un circuit d'aérage, de prévoir la répartition du courant d'air c'est à dire de déterminer le débit d'air circulant dans chacun des éléments du circuit. Considérons le circuit d'aérage le plus général. Il communique avec l'atmosphère par plusieurs orifices d'entrée et de sortie; Certains de ces orifices sont munis de ventilateurs soufflants (entrée d'air) ou aspirants (retour d'air). Il est possible ainsi que dans certaines branches soient installés des ventilateurs (ventilateurs auxiliaires).

Si on connaît la courbe caractéristique de chacun des ventilateurs, la résistance de chacun des tronçons et la valeur du poids spécifique en chaque point du circuit, il est

possible de déterminer la répartition du courant d'air de la façon suivante :

Dans chaque branche on choisit arbitrairement un sens positif, ce qui permettra de mesurer algébriquement les débits Q_i et les pertes de charge ΔX_i , ces derniers sont liés par les relations suivantes :

- Equations des noeuds : $\sum \epsilon_i Q_i = 0$

C'est la 1ère loi de Kirchoff, exprimant la conservation du débit à chaque noeud.

$\epsilon_i = +1$ pour les branches dont le sens positif se dirige vers le noeud et -1 dans le cas contraire.

- Equations des mailles : $\sum \epsilon_i \Delta X_i = 0$ ou $\sum \epsilon_i R_i | Q_i | Q_i = 0$

C'est la 2ème loi de Kirchoff, exprimant que la somme algébrique des pertes de charge le long d'une maille est nulle.

Remarques :

- Dans les branches non munies de ventilateurs (branches passives) on a : $\Delta X = RQ^2$

- Dans les branches munies d'un ventilateur dont la courbe caractéristique est $H = f(Q)$ (branches actives), on a

$$\Delta X = RQ^2 - f(Q)$$

CHAPITRE VI

*Etude de l'aerage de la
mine d'EL-ABED*

VI-ETUDE DE L'AERAGE DE LA MINE D'EL-ABED

VI-1. INTRODUCTION

L'objectif d'une campagne de mesures est d'atteindre deux buts importants: La prévision et le contrôle de l'aérage.

La prévision se base sur la détermination de la résistance des réseaux. Cette dernière nécessite la connaissance des valeurs des pertes de charges et de débit. Elle nécessite donc la mesure des débits, de la température et de l'humidité.

Dans le cas de notre campagne de mesures qui a eu lieu à la mine d'El-Abed, les mesures nécessaires à la prévision n'ont pas pu être réalisées, faute de matériel adéquat.

Pour pallier à ce manque d'informations, nous avons utilisé les mesures relatives uniquement au contrôle de l'aérage.

Dans ce chapitre nous présentons les calculs théoriques des besoins en air pour la mine, ainsi que les mesures que nous avons pu réalisées.

En nous basant seulement sur ces données, nous faisons certains critiques et suggestions en vue de remédier à certaines insuffisances constatées à la mine.

VI-2 Calcul des besoins en air de la mine:

Pour calculer les besoins en air, on s'est basé sur trois facteurs qu'on a jugés les plus importants et qui sont :

Le nombre de travailleurs se trouvant au fond, la consommation d'explosif et les engins diesel. Comme données de départ on a :

Quartiers	Nbre de travailleurs par poste, n	Consommation max d'explosif par poste a (kg)	volume du gaz dégagé F(m /kg)	puissance totale par poste N(C.V)
Abzi	43	118	0,865	340
El-Abed	53	95	0,865	416
Ain-Arko	46	120	0,865	465
Mine	142	333	0,865	1221

La puissance totale, par poste, est calculée en fonction des engins mis en oeuvre dans chaque quartier :

* Alzi :

Equipement diesel	Quantité	Puissance CV	Total CV	Puissance totale par poste, CV
CT x 4	1	76	76	76
CT-2501	2	76	152	76
SCHOPFT-103	3	94	282	188
Quartier	6	246	510	340

* El-Abed :

Equipement diesel	Quantité	Puissance CV	Total CV	Puissance totale par poste, CV
CT x 4	1	76	76	76
SCHOPF T-103	2	76	152	152
EIMCO 912	3	94	282	188
EIMCO 925	1	66	66	-
Quartier	7	312	576	416

* Ain-Arko

Equipement diesel	Quantité	Puissance CV	Total CV	Puissance totale par poste, CV
CT x 4	2	120	240	120
SCHOPF T-103	1	94	94	94
EIMCO 912	1	66	66	66
EIMCO 925	2	185	370	185
Quartier	6	465	770	465

On a utilisé, pour le calcul des besoins en air, les formules (1), (2), (3) du paragraphe (V-1). Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

	Besoins en air (m3/min)		
	ALZI	EL-ABED	Ain-Arko
D'après le nbre de travailleurs	$6 \times 43 \times 1,5 = 387$	$6 \times 53 \times 1,5 = 477$	$6 \times 46 \times 1,5 = 414$
D'après consommation d'explosif	$5 \times 118 \times 0,865 = 30 = 17,02$	$5 \times 95 \times 0,865 = 30 = 3,7$	$5 \times 120 \times 0,865 = 30 = 17,3$
D'après les engins diesel	$5 \times 340 = 1700$	$5 \times 416 = 2080$	$5 \times 465 = 2325$

Les valeurs optimales des débits nécessaires par poste, sont celles qui correspondent aux facteurs les plus exigeants. Soit dans notre cas, le 3^{ème} facteur c'est à dire les engins diesel. Les besoins en air sont alors comme suit :

	Besoins en air	
	m ³ /min	m ³ /s
Alzi	1700	28,33
El-Abed	2080	34,66
Aïn-Arko	2325	38,75
Mine	6105	101,75

VI-3 :Compagne de mesures:

VI-3-1 :Appareillage utilisé:

Lors de cette compagne, on a utilisé deux appareils dont on va donner la description :

- L'anémomètre : c'est un appareil de mesure, qui permet de mesurer la vitesse du courant d'air. Les ailettes, actionnées par le courant d'air permettent d'intégrer la vitesse en fonction du temps. L'appareil peut être mis en marche par l'opérateur en libérant le mouvement d'horlogerie. Le fonctionnement du compteur s'embraye automatiquement, laisse le rotor se mettre en vitesse et s'arrête automatiquement après un temps de 100 s.

La méthode de mesure, consiste à promener dans la section de mesures l'anémomètre perpendiculairement au courant d'air, de telle manière à explorer une section de la galerie qui soit représentative.

- Le psychromètre : c'est un appareil de mesure, qui permet de mesurer les températures (sèche, t_s et humide, t_h) de l'air ambiant.

Cet appareil est constitué de deux thermomètres identiques (cf.fig 7) :

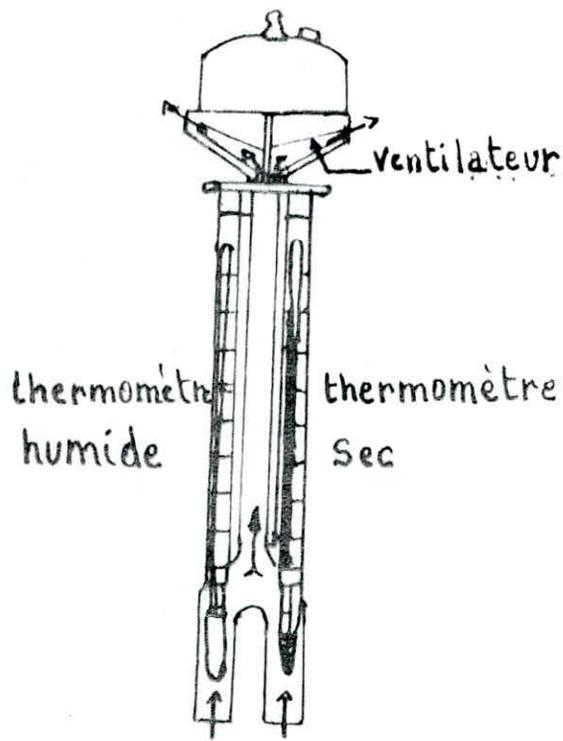
Le réservoir de mercure du premier est sec (thermomètre sec); celui du second est humidifié par une mèche de coton préalablement plongée dans l'eau (thermomètre humide). Les deux réservoirs sont protégés contre le rayonnement du milieu environnant par une gaine. L'air humide traverse les deux réservoirs des deux thermomètres à une vitesse de l'ordre de 2 à 3 m/s grâce à un aspirateur incorporé à l'appareil. Il se produit une évaporation de l'eau, supposée adiabatique, mouillant le thermomètre humide qui indique après un certain temps la température limite de refroidissement de cette eau, c'est à dire, la température humide t_h de l'air ambiant.

En réalité, il y a toujours un échange de chaleur calorifique par conduction et par rayonnement avec le milieu extérieur. et l'aspirateur incorporé est destiné à rendre négligeable cet effet en assurant une vitesse d'air suffisante à travers les réservoirs.

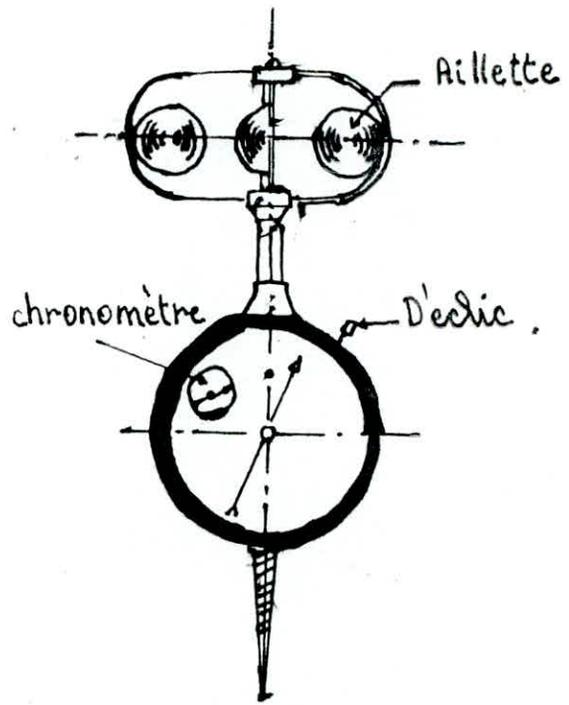
VI-3-2 Présentation des mesures

Les relevés de mesures ont été facilités à partir d'un plan général de la mine établi à l'échelle 1/2000, sur lequel ont été représentés les portes, les ventilateurs et tous les éléments de la mine.

Fig. 7: Appareillage



Psychromètre



Anémomètre

On a choisi dans chaque quartier des stations de mesures qu'on a jugées intéressantes, c'est-à-dire, là où l'on a constaté des pertes, des fuites et un changement de conditions normales. Les mesures, pour chaque quartier sont représentées dans les tableaux suivants :

* Aïn-Arko

Stations	Désignations
1	1 ^{er} tronçon du TB 1000
2	tronçon de la galerie Moussa aboutissant au ventilateur A.Arko (M-2)
3	tronçon de la galerie Moussa (M-1)
4	tronçon de la galerie aboutissant au puits Marocain

Mesures :

Stations	section, m ²	Vitesses, m/s	débits, m ³ /s
1	7	2,33	16,31
2	10	2,5	25
3	10	0,87	8,7
4	10	0.3	3

* Alzi

Stations	Désignations
1	tronçon de la descendrie II
2	Recoupe entre le bloc et le ventilateur du bloc 42
3	Recoupe du bloc 49 C1
4	Avant ventilateur Alzi : R15 - 1
5	1 er tronçon de la galerie RAchid : R15 - 2
6	1 er tronçon de la galerie Aimé
7	2 ème tronçon de la galerie Aimé
8	Tronçon de la galerie RAchid aboutissant au quartier Alzi
9	tronçon de la galerie Abdelkader aboutissant aux ventilateurs principaux

Mesures :

Stations	sections, m ²	Vitesses, m/s	débits, m ³ /s
1	13,78	0,6	8,26
2	9,97	3,25	32,42
3	7	3,8	27
4	7,3	4,52	33
5	7,3	0,82	6
6	4,95	1,41	7
7	4,95	1,17	5,8
8			1,2
9	11	4,29	47,2

* El-Abed

Stations	Désignation
1	1er tronçon de la galerie Samir
2	Cloison : SUZAN
3	Tronçon du TB, avant la fendue à bande

Mesures :

Stations	sections, m ²	Vitesses, m/s	débits, m ³ /s
1	7	2,71	19
2	11,1	0,30	3,35
3	7,3	2,14	15,64

En ce qui concerne les mesures de températures, sèche et humide, on a constaté une fluctuation de celles-ci d'un élément du réseau à un autre, et qu'elles sont élevées près des chantiers d'abattage. On s'est contenté alors de prendre des températures moyennes pour chaque poste et dans chaque quartier :

	1er poste		2 ème poste	
	tsm °c	thm °c	tsm °c	thm °c
Ain-Arko	30	22	30	24
EL-ABed	30	21	31	21,5
Alzi	32	23	33	25

Il est à noter que les températures (sèche et humide) les plus élevées, mesurées au fond sont respectivement 37° c et 28° c.

VI-4 Description du schéma d'aérage de la mine:

D'après les mesures qu'on a effectuées, l'entrée de l'air frais s'effectue par les puits 3 et 4 et l'air vicié sort par le puits 5.

La mine est équipée de six (06) ventilateurs aspirants, installés tous au fond, dont deux principaux de type 1300 HDMS placés en parrallèles et installés près du puits 5 et quatre ventilateurs auxiliaires type 1300 et 1400 MDM : deux à Aïn-Arko, un à Alzi et un à El-Abed.

La distribution de l'air dans les différents quartiers se fait comme suit :

* Aïn-Arko

Il est alimenté par une partie de l'air frais entrant par le puits 3 en quantité de 16,3 m³/s. Cette partie d'air emprunte la galerie Brahim 3 et est aspirée par le ventilateur auxiliaire installé près de la frontière Algéro-Marocaine. Elle parcourt les chantiers en exploitation après avoir passé par les anciens travaux où l'on enregistre des pertes.

L'air vicié provenant de ces chantiers circule par la galerie Brahim 1 en passant par les chantiers BADIS et SALIM puis par MAHFOUD et BOUCIF; une petite partie de cet air en quantité de 3 m³/S circule par la galerie BRAHIM 2 pour sortir enfin par le puits 6, l'autre partie en quantité de 13 m³/s se dirige vers le quartier Alzi.

* Alzi :

Le quartier d'Alzi est alimenté par trois sources d'air :

- La deuxième partie de l'air frais en quantité de 8,2 m³/s entrant par le puits 3 et empruntant la descendrie II.
- L'air vicié sortant du quartier Aïn-Arko et qui se mélange avec l'air frais provenant du puits 3, près de la jonction des descendries II et III.
- L'air frais, circulant par le TB Aimé, en quantité de 5,8 m³/s et qui constitue une partie des 7 m³/s d'air entrant par le puits 4, dont la deuxième partie en quantité de 1,2 m³/s passe par la galerie RACHID. Les quantités d'air des trois (03) sources se rencontrent près du bloc 44 d'Alzi et l'ensemble en quantité de 27 m³/s est aspiré par le ventilateur auxiliaire (d'Alzi).

* El-Abed :

L'arrivée de l'air en vue de la ventilation du quartier EL-Abed se fait suivant le circuit venant du puits 4, et caractérisé par l'air frais de débit 19 m³/s dont 3,357 m³/s se perd par SUZAN (descendrie SAMIR). Ce débit d'air (15,643 m³/s) parcourt les chantiers d'El-Abed et remonte par la galerie RACHID puis se mélange avec l'air vicié venant d'Alzi pour que l'ensemble, en quantité de 47,2 m³/s, soit enfin aspiré par les deux ventilateurs principaux et évacué par le puits 5.

VI-5 Critiques

Pour mieux situer les problèmes de l'aérage actuel de la mine d'El-Abed et en vue de prévoir une éventuelle amélioration, les quelques critiques que nous pensons faire, s'avèrent

nécessaires. En effet, lors de notre stage pratique, on a pu constater que les deux facteurs essentiels causant l'insuffisance en matière d'aérage de la mine sont : Le schéma d'aérage et l'alimentation en air (quantité et qualité); la conséquence directe de ces deux facteurs est la dégradation des conditions climatiques.

VI-5-1 Analyse du schéma d'aérage:

En analysant le schéma d'aérage de la mine, on constate bien et aisément, que le projet d'aérage qui a été réalisé, est contraire au règlement, lequel exige que les exploitations du fond soient formées de quartiers indépendants, chacun aéré par un circuit propre, établi en dérivation, sur le circuit principal qui relie le puits d'entrée et le puits de sortie, et n'autorise pas le branchement en série des chantiers.

En effet, le schéma canonique de la mine d'El-Abed, présente deux réseaux dont l'un est issu du puits 3 et converge vers le puits 6, qui est fermé, et l'autre du puits 4 et converge vers le puits 5, c'est-à-dire que les deux réseaux sont alimentés en air par les puits 3 et 4 et la sortie s'effectue par le puits 5.

Les deux réseaux sont reliés par l'intersection des galeries, BOUCIF et AIME, issues respectivement des quartiers Aïn-Arko (réseau 1) et Alzi, El-Abed (réseau 2). Et comme presque la totalité des chantiers de la mine sont disposés en série, l'air vicié qui provient du quartier Aïn-Arko, après avoir balayé les chantiers, est canalisé en partie par la galerie BOUCIF vers le quartier Alzi lequel se trouve alors alimenté

par cet air vicié, donc pauvre en oxygène, en plus de l'air frais provenant du puits 4.

Un tel schéma influe négativement sur la quantité et la qualité de l'air d'alimentation, donc sur les conditions climatiques de la mine.

VI-5-2 Quantité et qualité de l'air d'alimentation

L'air admis par les puits (3 et 4) qui ne répond plus aux besoins, provoque un grand manque en air frais. En plus de cela, des pertes continues et des pertes dues aux dispositifs d'aérage ainsi que des rebrasages sont enregistrés.

Les pertes continues, sont essentiellement dues à la méthode d'exploitation. Une méthode comportant des piliers et des vides non comblés est peu favorable à une bonne utilisation du débit d'air. Des courts-circuits se produisent à travers ces vides et la proportion d'air utilisée à front est faible, ainsi le courant d'air est constamment divisé par les chantiers, d'où la vitesse est forcément affaiblie; ce qui est d'ailleurs confirmé par les mesures de vitesses effectuées qui sont faibles et inférieures aux normes.

Les fuites à travers les dispositifs d'aérage sont possibles par suite du défaut d'étanchéité des portes; lors de notre stage, on a remarqué que les portes d'aérage et les cloisons assurent une étanchéité imparfaite, et qu'elles n'évitent pas les courts-circuits donc elles ne remplissent pas le but qui leur est assigné. On citera, comme exemple, la cloison de la galerie SAMIR où l'on a pu mesurer une fuite de 3,352 m³/s.

Les rebrassages mesurés, sont ceux, aux ventilateurs d'Aïn-Arko et d'Alzi. En effet, les débits mesurés, à Aïn-Arko,

avant et après le ventilateur sont respectivement $Q=25 \text{ m}^3/\text{s}$ et $Q=16,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ce qui donne un rebrassage $B=25-16.3=8.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

A Alzi, le rebrassage est $B = 33-27=6 \text{ m}^3/\text{s}$

Il est à noter aussi que l'air frais d'alimentation des trois quartiers (Aïn-Arko, El-Abed et Alzi) parcourt un long trajet avant d'arriver aux fronts de tailles et il n'est pas rapidement évacué. Donnons l'exemple du quartier Aïn-Arko, où l'air frais, provenant du puits 3, parcourt environ 1000 m avant d'arriver aux chantiers d'abattage, et après avoir balayé ces chantiers une partie de cet air (vicié) alimente le quartier d'Alzi.

La mauvaise qualité de l'air d'alimentation du quartier Aïn-Arko est illustrée par la remarque suivante :

Le ventilateur d'Aïn-Arko tire $25 \text{ m}^3/\text{s}$, or le débit admis à partir du puits N°3 n'est que $16,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Il en déduit alors un surplus de $(25-16,3)8,7 \text{ m}^3/\text{s}$ d'air très pauvre en oxygène et riche en gaz nocifs. Récapitulons dans un tableau :

	besoins en air m^3/s	débits mesurés m^3/s	pertes continue	pertes dues aux dispositifs d'aé- rage m^3/s	rebrassages m^3/s
Aïn-Arko	38,75	16,31	estimées à 50 %	-	7,8
El-Abed	34,66	15,64	estimées à 30 %	-	-
Alzi	28,33	15,20 +13(vicié)	estimées à 50 %	3.352	6

Remarque : Des études ont montrés que la quantité d'air arrivant au chantier d'abattage en présence des fuites allant jusqu'à 50%, reste pratiquement constante, et que ces fuites ne font qu'augmenter la consommation d'énergie (de 26% avec 40% de fuites et de 37% avec 60% de fuites),[4] Alors, les fuites estimées, dans notre cas ne posent qu'un problème de perte d'énergie, et les quartiers Aïn-Arko, El-Abed et Alzi sont donc pratiquement alimentés, respectivement par :

16, 31; 15, 64 et 28,2 m³/s.

VI-5-3 Conditions climatiques

La dégradation de l'ambiance climatique de la mine est clairement illustrée par les mesures de températures, sèche et humide, enregistrées.

Les températures hautes notées sont : $t_s = 37^{\circ}\text{c}$ et $t_h = 28^{\circ}\text{c}$.

Cette dégradation est due : D'une part, à une mauvaise réalisation du schéma d'aérage et à une importante insuffisance de l'air dans la mine; Et d'autre part, à la profondeur d'exploitation (350 m).

En effet, pour une mine quelque peu profonde, les galeries et les excavations sont toujours situées dans des terrains dont la température est généralement supérieure à celle de l'air de ventilation.

Les diverses causes de l'augmentation de la température de l'air avec l'approfondissement sont : La compression de l'air dans les puits, les échanges thermiques entre l'air et les roches et les processus exothermiques qui ont lieu dans la mine, tels que pourrissement du bois, décomposition de certains minéraux et roches, chaleur dégagée par les moteurs

diesel et les fumées de tir.

En conclusion: Bien que l'aérage de la mine d'El-Abed assure mal la sécurité et le confort aux ouvriers, on a constaté que ce problème est négligé; sinon comment expliquer le non changement des conduits d'air complètement usés?

CHAPITRE VII

Solutions envisagees

VII- SOLUTIONS ENVISAGEES

VII-1 Révision du schéma d'aérage:

En tenant compte des critiques précédentes, le circuit d'aérage de la mine d'El-Abed ne peut être conforme au règlement que par l'isolement des deux réseaux, en vue de les alimenter par un débit indépendant. cet isolement sera réalisé par :

- D'une part, l'installation de deux portes, l'une dans la galerie reliant BRAHIM-1 et BRAHIM-2, et l'autre, soit dans la galerie BOUCIF (bloc 28), soit dans la galerie reliant BRAHIM 1 et BOUCIF.

- D'autre part, l'installation d'un barrage à parois simples, (cf.fig.8), dans la galerie prolongeant la descendrie III jusqu'à la recette du puits 3.

Ces deux procédés permettent d'évacuer tout l'air vicié provenant du quartier Ain-Arko vers le puits 6 et d'alimenter les quartiers Alzi, El-Abed par $26 \text{ m}^3/\text{s}$ et Ain-Arko par $16,3+8,2=24,5 \text{ m}^3/\text{s}$, c'est-à-dire, cette solution permet de faire augmenter le débit alimentant le réseau 1 à $24,5 \text{ m}^3/\text{s}$, en assurant ainsi 64% des besoins prévus, mais elle fait diminuer celui du réseau 2 de 46% tout en augmentant sa qualité. Soit en définitif on aura :

	Etat actuel	Etat futur
Débit d'air entrant par P3	24,5 m ³ /s	24,5 m ³ /s
Débit d'air entrant par P4	26 m ³ /s	26 m ³ /s
Débit d'air frais alimentant A-Arko	16,3 m ³ /s	24,5 m ³ /s
Débit d'air vicié alimentant Alzi	13 m ³ /s	0 m ³ /s
Débit d'air frais alimentant Alzi	15,2 m ³ /s	7 m ³ /s

Remarque:

En isolant les deux réseaux il nous est possible d'inverser le sens de circulation de l'air; En effet, si l'aéragé est inversé, l'air arrivera sur la taille par un chemin plus court, donc il sera plus sec et la température résultante sera plus basse.

Conclusion:

Le puits 6 étant fermé, cette solution (isolement des deux réseaux) exige, alors le creusement d'un nouveau puits ce qui est coûteux et non rentable vu que le quartier Aïn-Arko est presque épuisé. Et comme on a pas d'autres solutions à envisager pour la révision de ce schéma, on propose alors de le laisser tel qu'il est, tout en séparant l'air vicié provenant du quartier Aïn-Arko de l'air frais alimentant Alzi par la réalisation d'un rideau d'air juste avant la jonction des descendries II et III.

On crée le rideau d'air par l'installation d'un ventilateur produisant des courants d'air, de grande vitesse, qui passent perpendiculairement au courant-d'air qui se dirige vers le quartier d'Alzi (cf.fig 9).

Isolément Des Deux Réseaux

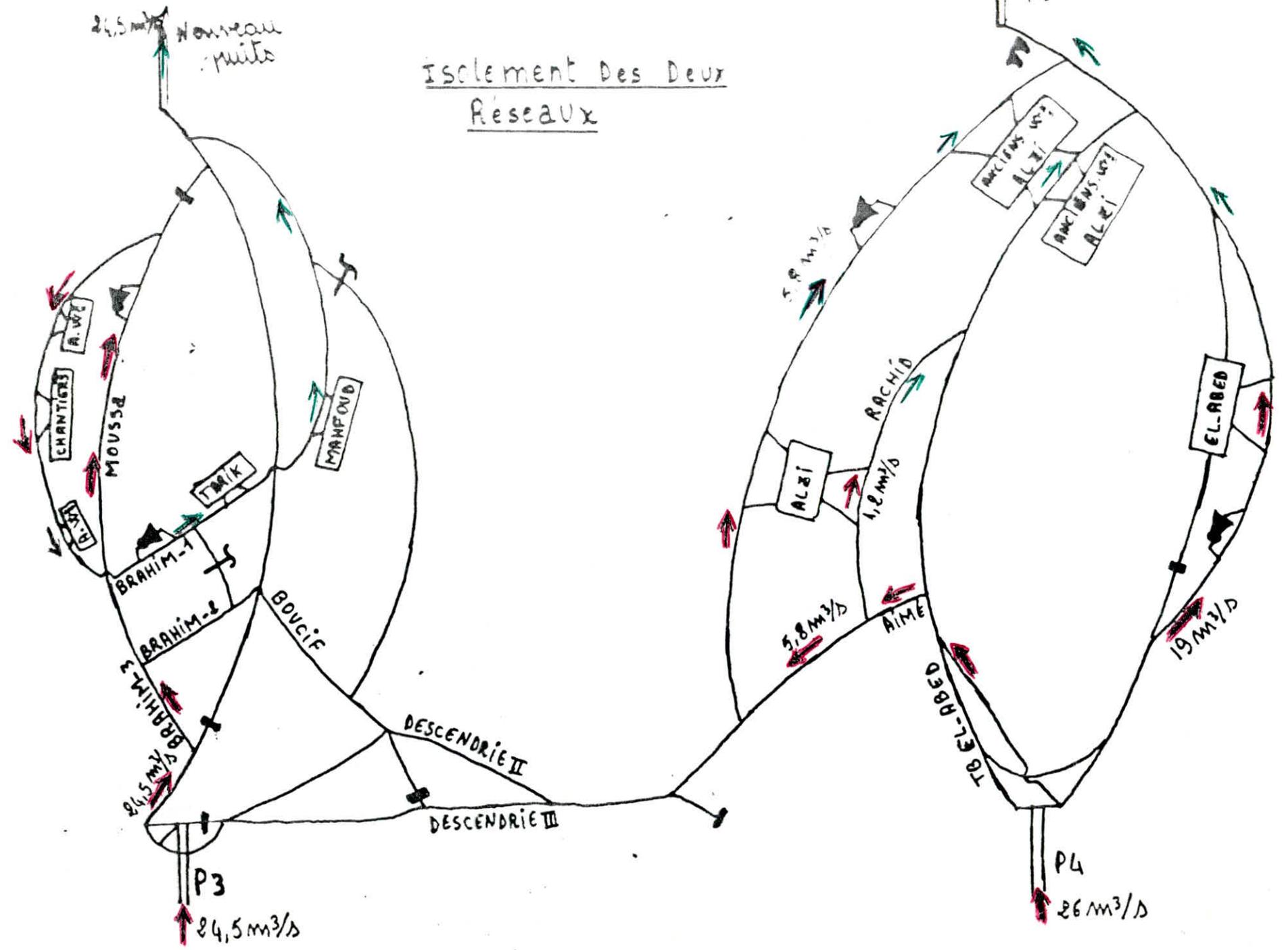


Fig.8 : Barrages d'aération :

a. Simple en bois

b. En bois double

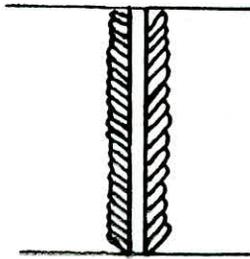
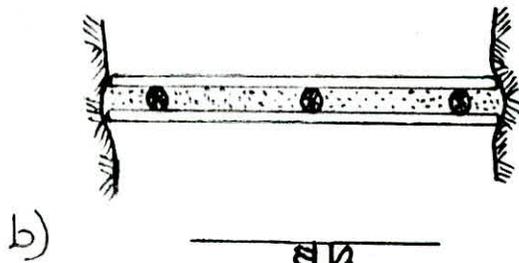
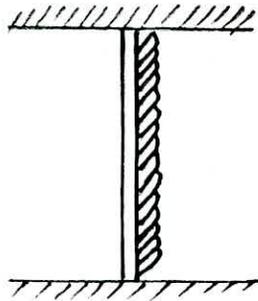
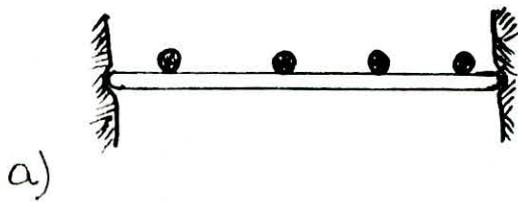
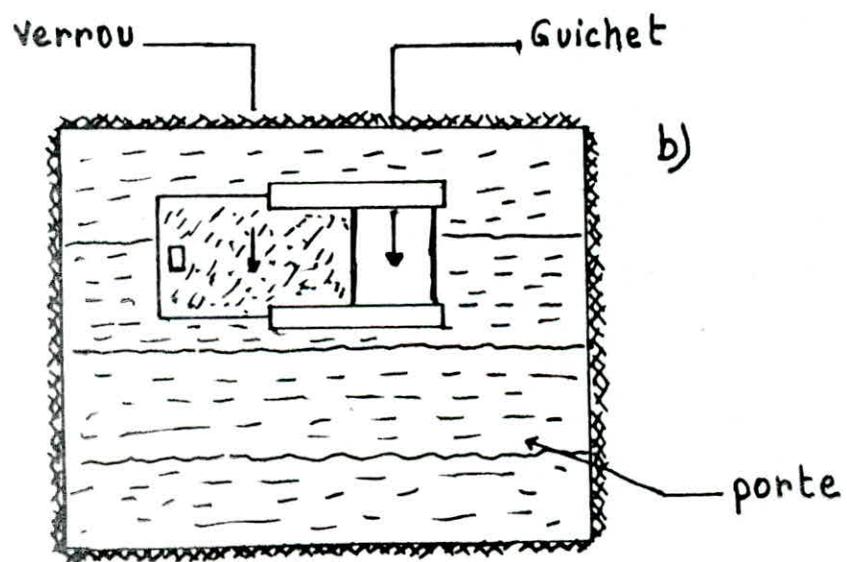
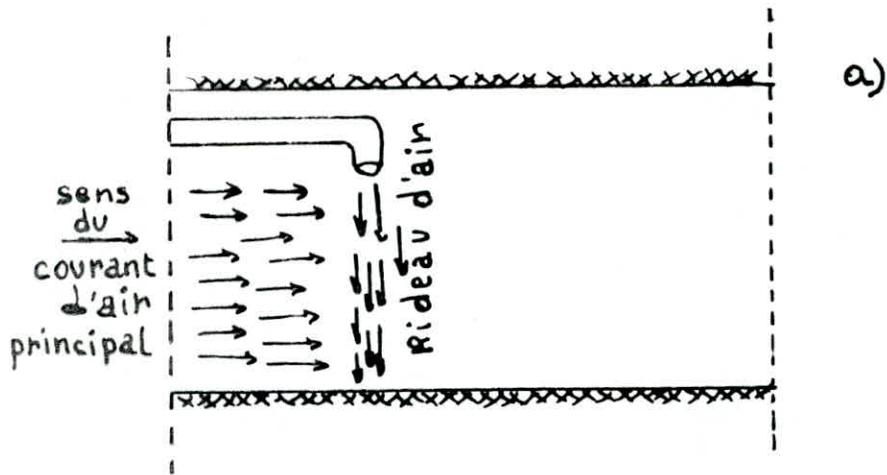


Fig. 9: a. Rideau d'air
b. porte à Guichet



On peut , aussi, diminuer la quantité d'air vicié alimentant le quartier Alzi par l'installation d'une porte à guichet dans la galerie BOUCIF (cf.fig 9). Mais en régularisant, au moyen du guichet, la quantité d'air nécessaire, le guichet augmente la résistance non seulement de la galerie où il est installé mais aussi de toute la mine dans son ensemble. Ce qui pousse à retenir l'idée du rideau d'air.

VII-2 Amélioration quantitative et qualitative de l'air d'alimentation

VII-2-1 Diminution des pertes

Le moyen le plus efficace de lutte contre les pertes de l'air est la garantie de l'étanchéité maximale de toutes les installations de ventilation. Pour cela on suggère :

- Le changement immédiat des conduits d'air.
- Révision et aménagement adéquat du circuit d'aérage, ceci nous permettra, par exemple, de récupérer les pertes enregistrées à travers la cloison de la galerie SAMIR, et le quartier El-ABED sera alimenté alors par 19 m³/s au lieu de 15,35 m³/s.
- Installation de deux portes, l'une à Aïn-Arko et l'autre à Alzi, parallèlement aux ventilateurs auxiliaires correspondants, et ceci pour faire face aux rebrassages mesurés et pour assurer un rendement meilleur des deux ventilateurs. Ainsi, on élimine les 8,7 m³/s et 6 m³/s d'air pauvre en oxygène et chargé de gaz nocifs alimentant respectivement les quartiers Aïn-Arko et Alzi.
- Combler les vides causés par la méthode d'exploitation et qui sont sur le circuit d'aérage principal, par l'installation

de portes en caoutchouc, ce qui permettra de réduire la perte de consommation d'énergie d'au moins 20% pour chaque quartier.

En conclusion:

Ce procédé (diminution des pertes) permettra d'augmenter la qualité d'air et de réduire la perte d'énergie. Soit, enfin, d'avoir les améliorations suivantes :

	Rebrassages		Fuites à travers les dispositifs d'aéragage		perte de consommation d'énergie	
	Etat actuel	Etat futur	Etat actuel	Etat futur	Etat actuel	Etat futur
Ain-Arko	7.8m ³ /s	0	-	-	estimée à 30%	pas plus de 10%
El Abed	-	-	-	-	estimée à 20%	presque éliminée
Alzi	6m ³ /s	0m ³ /s	3.35 m ³ /s	0m ³ /s	estimée à 30%	pas plus de 10%

Remarque:

On peut, aussi, diminuer les fuites par la condensation des dispositifs d'aerage (installation de ventilateurs supplémentaires, par exemple,). En effet, des études ont montré qu'une telle condensation, dans des proportions de 60 à 70%, en plus de la diminution des pertes, procure une augmentation de la quantité d'air dans la taille dans des proportions de 50 à 70% et même jusqu'à 100%.

On note ici, que ce procédé permet, et l'abaissement des fuites, et l'augmentation de la quantité de l'air d'alimentation.

VII-2-2: Augmentation de la vitesse de l'air:

La température de l'air dépend de la vitesse de circulation et, par conséquent, de la quantité d'air passant dans une unité de temps. En effet, dans les mines profondes, la température doit être abaissée en dessous de 28°C, en climat sec, et 25°C en climat humide. Autrement dit, la température résultante t_r définie par: $t_r = 0.3t_s + 0.7t_h - v$.

(t_s , t_h : températures, sèche et humide; v : vitesse de l'air), doit être inférieure à 28°C, température pour laquelle le travail est facile.

On remarque bien, dans la formule ci-dessus que, plus la vitesse de l'écoulement de l'air est grande, pour des températures t_s et t_h supérieures aux valeurs limites (28 et 25°C), plus t_r est maintenue inférieure à 28°C. Or, la plupart des vitesses mesurées dans la mine d'El-Abed sont faibles et trop inférieures aux normes admises (voir VI-2-2); citons comme exemples: Le 1er tronçon du TB 1000 et le tronçon de la descendrie II où les vitesses admises sont: 8m/s et 6m/s, tandis que celles mesurées sont respectivement 2.33 et 0.6m/s. Donc on peut affirmer que les ventilateurs sont mal réglés et de ce fait, on propose une révision du réglage de ces derniers de telle façon qu'on ait un régime de fonctionnement assurant la circulation de l'air avec des vitesses admises (supérieures aux vitesses mesurées). Ceci peut se faire par la modification du nombre de tours du ventilateur au moyen du changement des poulies ou par un simple pivotement d'une partie ou de la totalité des palettes.

Etant donné que les débits d'alimentation en air frais, des quartiers Ain-Arko, Alzi et El-Abed, sont respectivement ceux du:

- 1er tronçon du TB 1000.
- tronçon de la descendrie II et 1er tronçon de la galerie Aimé.
- 1er tronçon de la galerie Samir.

On peut alors montrer l'amélioration de la quantité d'air amenée grâce à un tel réglage par le tableau ci-dessous:

Quartiers	Station	Section m ²	Etat actuel		Etat futur	
			vitesse mesurée m/s	débit m ³ /s	vitesse reglée m/s	débit m ³ /s
Ain-Arko	1er tronçon du TB 1000	7	2.33	16.31	6	42
Alzi	tronçon de la descendrie II	13.78	0.6	8.26	1	13.78
	1er tronçon de la galerie Aimé	4.95	1.41	7	3	14.85
EL-Abed	1er tronçon de la galerie Samir	7	2.71	19	5	35

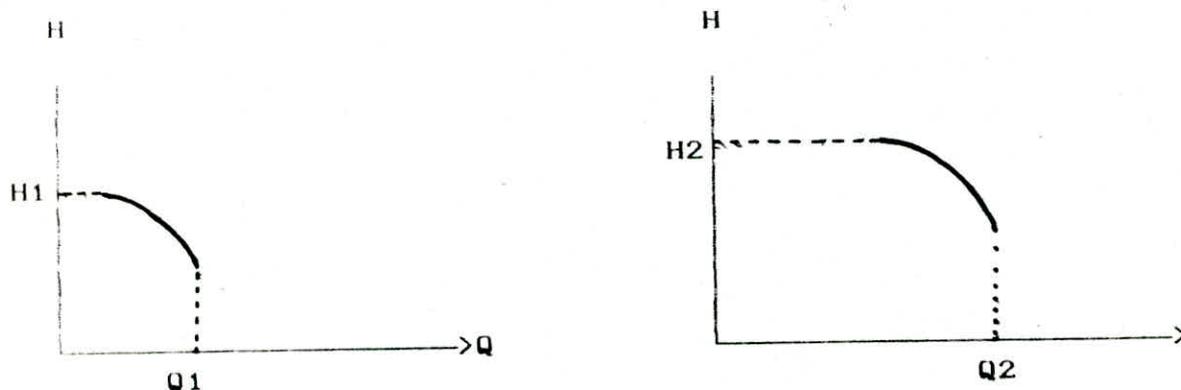
D'après les résultats ci-dessus, on peut dire qu'un tel procédé permettra d'apporter les améliorations quantitatives suivantes:

- Le quartier Ain-Arko sera alimenté par un débit de 42m³/s.
- Le quartier Alzi sera alimenté par 28.63m³/s.
- El-Abed sera alimenté par 35m³/s.

Or, les besoins en air pour ces trois quartiers, sont respectivement: $38.75\text{m}^3/\text{s}$; $28.33\text{m}^3/\text{s}$; et $34.66\text{m}^3/\text{s}$. Alors, le réglage, en question, permet de satisfaire les besoins prévus, à 100%.

Remarque:

Avec l'augmentation du nombre de tours du ventilateur, sa caractéristique se déplace à droite et vers le haut (Cf. fig ci-dessous); ce qui provoquera une augmentation de l'énergie absorbée ($Q \times H$), donc une diminution du rendement.



VII 2 3: Intensification de l'aération:

L'intensité de l'aération est le moyen le plus simple et le plus efficace pour le maintien de la température dans les limites acceptables. Un tel procédé nécessite l'installation de ventilateurs supplémentaires, similaires aux ventilateurs existants, ou de ventilateurs plus puissants. On peut alors satisfaire les besoins préalablement définis:

- a) Soit, en prévoyant la mise en place de trois ventilateurs similaires aux ventilateurs existants et qui alimentent les deux réseaux.

Dans chaque quartier, on place le ventilateur en question, parallèlement au ventilateur existant; Ainsi le débit alimentant chaque quartier sera doublé et on aura:

- Ain-Arko, sera alimenté par $16.3 \times 2 = 32.6 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui représente environ 85% des besoins prévus.

- Alzi, sera alimenté par $27 \times 2 = 54 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 190% des besoins prévus.

- El-Abed, sera alimenté par $19 \times 2 = 38 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui représente 110% des besoins prévus.

b) soit, en changeant les ventilateurs existants par des ventilateurs plus puissants capables d'assurer les débits nécessaires pour chaque quartier.

c) soit, en utilisant des petits ventilateurs destinés à l'aérage individuel des postes de travail; ces ventilateurs sont de faible poids (20aine de kg), donc portatifs et facilement déplaçables.

Remarque:

Les propositions b), c) nécessitent des dépenses (achat de nouveaux ventilateurs); on retient alors la proposition a), plus économique, vu que les ventilateurs, en question, sont disponibles à la mine.

CONCLUSION

Conclusion:

Lors de notre campagne de mesures, on a constaté que les causes principales de l'infériorité en matière d'aérage de la mine d'El-Abed sont:

- La mauvaise réalisation du schéma d'aérage;
- L'insuffisance, quantitative et qualitative, de l'air d'alimentation de la mine.

DE ce fait, et en vue de prévoir une amélioration de l'aérage on a envisagé deux solutions:

- Révision du schéma d'aérage;
- Amélioration quantitative et qualitative de l'air d'alimentation.

Pour des raisons économiques on propose de retenir la deuxième solution où l'on doit diminuer les pertes et intensifier l'aération.

Il serait souhaitable d'acquérir le matériel nécessaire pour vérifier nos prévisions.

Enfin, pour éviter ce genre de problèmes (dans l'avenir) on conseille la direction de la mine, avant d'ouvrir un nouveau quartier ou un nouveau gisement de:

- Bien définir les réserves;
- Elaborer un projet d'aérage conforme au règlement et pouvant maintenir le confort de travail malgré l'évolution de l'exploitation;
- Installer les portes d'aérage, si c'est nécessaire, au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Cours de M^r KUDELKO.
- [2] GUERFI,
Géologie du gisement d'El-Abed et présentation du complexe.
- [3] A. MIROUANE,
Recupération des piliers de la mine d'El-Abed (mémoire de fin d'étude Juin 1990).
- [4] B. BOKY,
Exploitation des mines. Edition MIR (1968).
- [5] V. VIDAL,
Exploitation des mines, tome 2. DUNOD (1962).
- [6] MULLER,
Aide mémoire mines, tome 2. DUNOD.
- [7] L. CHAINEAUX,
Atmosphère des mines:Revue de l'industrie minérale (1962).
- [8] R. LOISON,
Lois de ventilation:Revue de l'industrie minérale (1962).
- [9] C. BERTARD,
Résolution de la règle de calcul des problèmes des réseaux d'aerage : Journée d'informatique 1962.

