

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE MINIER

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة - BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE

DE L'APPROFONDISSEMENT
DU PUIIS DE LA MINE
DE KHEZET-YOUSSEF

6 PLANCHES

Proposé par :

Etudié par :

Dirigé par :

A.WENDA

K.DAHLAIB

A.WENDA

PROMOTION : 1990

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE MINIER

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE
DE L'APPROFONDISSEMENT
DU Puits DE LA MINE
DE KHERZET-YOUSSEF

Proposé par :

Etudié par :

Dirigé par :

A.WENDA

K. DAHLAIB

A.WENDA

PROMOTION : 1990

--=00== DEDICACE ==00==
~~~~~



- A mon père pour son soutien moral et matériel .
- Ama mère pour sa patience et toute l'affection que j'ai trouve  
auprès d'elle .
- A mes frères et soeurs pour l'amour qu'il m'inspirent .
- A ma belle soeur .
- A mes neveux et nièces .
- A mes amis NOUR-EDDINE, TAREK, EL HADI, HOCINE, REDA, FARID, FARIDA  
REDOUANE, ET M'HAMED .
- A mes beaux frères .
- A tous ceux (celles)qui me portent au coeur...

Je dédie ce mémoire

DAHLAB KHALED .

-oOo- AVANT-PROPOS -oOo-

Au terme de cette étude, je tiens à présenter mes sincères condoléances aux familles des victimes de la mine de Kherzet-Youssef (Ain-Azel).

Mes remerciements à toutes les personnes ayant contribué à divers titres à la réalisation de ce mémoire, malgré les difficultés de toute nature en vue de sa réalisation.

Ma gratitude à Monsieur A. WENDA pour le suivi, les conseils, les directives et tous les efforts qu'il a usé à mon égard.

Je remercie Monsieur J. KUDELKO qui a bien voulu corrigé mon travail et me faire l'honneur de présider le jury.

Je remercie Monsieur A. AIT YAHIA TENE qui a bien voulu faire parti du jury.

Ma reconnaissance et mes remerciements à Monsieur A. BOTOV pour les conseils, les remarques et les corrections qu'il m'a adressés. Mes remerciements à Messieurs K. LOUMI et son collègue S. ZITOUNI pour l'accueil, l'aide moral et matérielle qu'ils ont porté à mon égard.

Nous tenons à remercier les membres de la base de l'ENOF d'Ain-Azel (mine de Kherzet-Youssef) et plus particulièrement l'ingénieur géologue S. GHALEM, l'ingénieur S. OUAZOUAZ, le technicien géologue YUCEF. F et le Directeur de la mine.

Je voudrais remercier tous mes amis(es) et particulièrement DAIMELIAH MOHAMED-REDA et HALFAOUI ALHADI pour leur soutien.

SOMMAIRE

|                                                 | <u>Pages</u> |
|-------------------------------------------------|--------------|
| Introduction.....                               | I            |
| <u>A) PARTIE GENERALE</u>                       |              |
| 1°) Renseignements historiques de la mine.....  | 2            |
| 2°) Situation géographique.....                 | 7            |
| 2.1 Localisation.....                           | 7            |
| 2.2 Topographie.....                            | 7            |
| 2.3 Réseau hydrographique.....                  | 7            |
| 2.4 Climat et végétation.....                   | 8            |
| 2.5 Réseau routier.....                         | 8            |
| 2.6 Population et économie.....                 | 9            |
| 3°) Renseignements économiques.....             | 9            |
| 4°) Aperçu géologique.....                      | II           |
| 4.1 Géologie régionale.....                     | II           |
| 4.1.1 Trias exotique ou extrusif.....           | II           |
| 4.1.2 Autochtone hodnéen et paraautochtone..... | II           |
| 4.1.2.a Jurassique inférieure et moyen.....     | II           |
| 4.1.2.b Crétacé inférieur.....                  | I2           |
| 4.1.2.c Crétacé supérieur.....                  | I3           |
| 4.1.3 Ensemble allochtone sud-Sétifien.....     | I5           |
| 4.1.4 Formations peu ou pas tectonisée.....     | I5           |
| 4.1.4.a Miocène.....                            | I5           |
| 4.1.4.b Quaternaire.....                        | I6           |
| 4.2 Tectonique régionale.....                   | I6           |
| 4.3 Géologie locale.....                        | I7           |
| 4.4 Tectonique locale.....                      | I8           |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5°) Les réserves de minerais dans le gisement et les perspectives pour l'accoisement des réserves bilans..... | 20 |
| 6°) Aperçu métallique.....                                                                                    | 22 |
| A) Introduction.....                                                                                          | 22 |
| B) Minéralisation.....                                                                                        | 22 |
| 6.B <sub>I</sub> Description de quelques couches.....                                                         | 23 |
| B <sub>2</sub> Type morphologique du minerai.....                                                             | 25 |
| B <sub>2</sub> .1 Type caverneux.....                                                                         | 25 |
| B <sub>2</sub> .2 Type disséminé.....                                                                         | 25 |
| B <sub>2</sub> .3 Type filonnet.....                                                                          | 26 |
| B <sub>2</sub> .4 Type fissural et en amas.....                                                               | 26 |
| C) Genèse du gisement.....                                                                                    | 26 |
| 7°) Aperçu hydrogéologique.....                                                                               | 28 |
| 7.1 Condition hydrogéologique de la mine.....                                                                 | 28 |
| 7.2 Exhaure de la mine.....                                                                                   | 31 |
| 8°) Ouverture du champs minier.....                                                                           | 35 |
| 8.1 Schéma d'ouverture à l'heure actuelle.....                                                                | 35 |
| 8.1.1 Différentes excavations appliqués à la mine.....                                                        | 37 |
| 8.1.1.1 Ouvrages verticaux.....                                                                               | 37 |
| 8.1.1.2 Ouvrages horizontaux.....                                                                             | 38 |
| 8.1.2 Dimensions des wagons basculants utilisés dans la-<br>mine de Kherzet-Youssef.....                      | 40 |
| 8.2 Les variantes différentes qui ont été étudiés pour<br>l'ouverture du gisement.....                        | 40 |
| 9°) Exploitation.....                                                                                         | 42 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.1 Méthode et mode d'exploitation.....                                        | 42 |
| 9.2 Conditions minières et techniques d'exploitation...                        | 43 |
| 9.3 Technologie d'abattage.....                                                | 44 |
| 9.4 Technologie des travaux de tir.....                                        | 45 |
| 9.5 Paramètres technico-économiques.....                                       | 46 |
| Conclusion.....                                                                | 48 |
| 10°) Mesures de sécurité.....                                                  | 49 |
| 10.1 Mesures de sécurité et de prévention aux avaries.                         | 49 |
| 10.1.1 Plan d'action en cas d'avarie de l'exhaure.....                         | 49 |
| A) Avant le démarrage de la nouvelle statique de pompage<br>au niveau 682..... | 49 |
| B) Après démarrage de la station principale de pompage<br>au niveau 682.....   | 50 |
| 10.2 Plan d'action à effectuer en cas d'avaries.....                           | 50 |
| 10.2.1 En cas d'incendie.....                                                  | 50 |
| 10.2.2 Cas d'inondation au niveau 692.....                                     | 51 |

B) PARTIE SPECIALE

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. Renseignements sur l'état existant concernant les travaux d'exploitation réalisées aux niveaux 835 et 775 à partir du niveau 905m.....                           | 53 |
| I°) Caractéristiques techniques et d'exploitation de la mine à partir du niveau 905 jusqu'au niveau 775.....                                                        | 53 |
| I.1 Généralités.....                                                                                                                                                | 53 |
| I.2 Caractéristiques techniques du puits existant N°3..                                                                                                             | 54 |
| I.3 Exhaure.....                                                                                                                                                    | 57 |
| I.3.1 Caractéristiques techniques du complexe d'exhaure au niveau 775.....                                                                                          | 57 |
| I.4 Recette aux niveaux 835 et 775.....                                                                                                                             | 58 |
| II. Solutions techniques principales adoptées par le fonçage du puits existant N°3.....                                                                             | 58 |
| I°) Approfondissement, armement et équipement du puits N°3.                                                                                                         | 58 |
| 2°) Matériel et équipement utilisés lors des travaux de l'approfondissement du puits existant et les différents types de travaux de fonçage réalisés à la mine..... | 60 |
| 3°) Technologie et organisation de l'approfondissement du puits N°3.....                                                                                            | 67 |
| 4°) Réaménagement du puits existant et technologie d'extraction.....                                                                                                | 70 |
| 4.1 Généralité.....                                                                                                                                                 | 70 |
| 4.2 Récipient d'extraction.....                                                                                                                                     | 70 |
| a) Skip-cage.....                                                                                                                                                   | 70 |
| b) Skip.....                                                                                                                                                        | 71 |

|                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3 Reconstruction de la recette-jour.....                                                                                                                         | 71  |
| 4.4 Technologie d'extraction.....                                                                                                                                  | 73  |
| <b>///</b> Vérification des contraintes maximales qui se produi-<br>ent dans les moises et les guides adoptés pour l'arme-<br>ment du puits N°3.....               | 75  |
| a) Moise en profilé 180x70.....                                                                                                                                    | 75  |
| b) Moise en profilé 200x75.....                                                                                                                                    | 79  |
| c) Guide I60xI40.....                                                                                                                                              | 84  |
| 5°) Cimentation.....                                                                                                                                               | 89  |
| A) Introduction.....                                                                                                                                               | 89  |
| B) Mode opératoire.....                                                                                                                                            | 89  |
| B <sub>I</sub> Choix du ciment et choix de la densité du ciment<br>liquide.....                                                                                    | 89  |
| B <sub>2</sub> Installation des dispositifs d'injection.....                                                                                                       | 91  |
| B <sub>3</sub> Mode d'injection.....                                                                                                                               | 91  |
| C) Technologie et organisation de la cimentation.....                                                                                                              | 93  |
| <b>///</b> Calcul de la pression horizontale total des terrains<br>sur les parois du puits N°3 de Kherzet-Youssef.....                                             | 97  |
| <b>///</b> Vérification de l'épaisseur du soutènement admise pour<br>le puits N°3 de Kherzet-Youssef et détermination du<br>choix de la marque de soutènement..... | 101 |
| Conclusion-Recommandation.....                                                                                                                                     | 103 |

Introduction ;

Au fur et à mesure de l'exploitation du gisement plombo-zincifère de kherset-youssef; il était nécessaire d'avoir procédé au raval du puits existant N°3 .

Cette opération devant être organisée de telle sorte qu'elle n'entraîne aucun ralentissement dans l'extraction du minerai; Notre travail consiste à l'exposition des solutions techniques qui ont été adoptées à savoir :

- approfondissement, armement et équipement du puits existant N°3 du niveau 775 au niveau 672m;
- matériel et équipement utilisés lors des travaux de l'approfondissement du puits N°3 et les différents travaux de fonçage réalisés;
- technologie et organisation de l'approfondissement du puits N°3;
- fonçage et équipement de recette au niveaux +712 ET 692 m;
- réaménagement du puits existant et technologie d'extraction ;
- exécution des travaux de cimentation préalable nécessaires à l'assèchement du massif rocheux à travers du quel seront réalisés les travaux minières .

Toutes ces solutions techniques citées ci-dessus seront développées en détail dans la partie spéciale de notre étude qui suit.

- A ) PARTIE GENERALE

## I) Renseignements historiques de la mine

Le gisement de Kherzet Youssef est connu depuis les débuts du siècle grâce aux affleurements "en chapeaux de fer" des couches minéralisées.

L'Exploitation du gisement a commencé en 1906 à partir de la surface (extraction des calamines à l'aide de descenderies sur des couches (N°:3, 15 et 17) par la société des mines d'Ampère (S.M.A.).

Trois sondages de prospection numérotés: KI, K2 (négatif) et K3 sont forés par la société "REMINA" d'une longueur totale de 494,35m. L'Exploitation très partielle et irrégulière a subi plusieurs arrêts. En 1920, Mr J. Savorien.4. travaille sur la région du hodna et du plateau sétifien et ce n'est qu'en 1934 qu'il publie une carte géologique à  $1/50.000$ .

Depuis plusieurs explorations géologiques ont été réalisées dont celle de Mr Glacon.5. de (1952 à 1963).

Entre temps et en 1954; le bureau de recherches minières de l'Algérie (B.R.M.A.) a effectué 9 sondages de reconnaissances, tous positifs, numérotés: SI, S2, S3, S4, S6, S7, S8, S10, d'une longueur totale de 1404,05m.

Le puits N°:1 (actuel puits d'aération) est foncé à une profondeur de 90m et atteignant le niveau 905m.

A une cinquantaine de mètres au nord est foncé le puits N°:2 à une profondeur de 30m mais ce dernier a été abandonné.

De Décembre 1962 à Avril 1963; 7 sondages sont creusés par le bureau de recherches géologiques et minières (B.R.G.M.) numérotés: S9, S11, S12, S13, S14, S15, S16, tous positifs d'une longueur totale de 1672m.

d'Octobre 1963 à Aout 1965, 18 sondages sont creusés par la société yougoslave "RUDIS", numérotés: D22 (négatif), J27, K27<sup>5</sup>, K28<sup>3</sup>, N29, N28, P29<sup>5</sup> et S30 d'une longueur totale de 6861,7m.

Rudis a creusé le puits d'extraction N°:3, d'une profondeur totale de 239m à partir de la surface. Elle a également creusé le niveau 835m.

Le puits N°:3 est situé à 460m au nord du puits N°:1 (sud) par suite à des difficultés assez diverses, la mine après 1971 est noyée. En Octobre 1975, jusqu'en 1979, la société bulgare a effectué le dénoyage de la mine et a construit le complexe minier de Kherzet Youssef. Enfin, l'exploitation du gisement a commencé en Septembre 1979.

En 1983, la division de recherches de la "SONAREM" a effectué un sondage à proximité du puits N°:1 afin de prospector des couches Barrémiennes se trouvant à la base du gisement, sous les couches minéralisés jusqu'ici connues par les compagnes précédentes.

L'idée était une Rythmicité de la minéralisation dans les formations carbonatées du Barrémien, les résultats sont négatifs. La division de recherches effectua également dans la même année 3 sondages au nord du puits N°:3 pour la prospection de 3 bancs dolomitiques qui affleurent en chapeau de fer à proximité de la grande Faille de Kherzet Youssef, dans la zone de Draa Maiz. Cette formation appartient déjà à l'aptien. Les carottes ont montré en profondeur des sulfures de fer pyrite et marcassite; avec du bitume, mais aucune minéralisation industrielle malgré leur ressemblance, en surface aux affleurements des couches Barrémiennes minéralisés de Kherzet Youssef. (contact avec la faille, dolomie silicifère, chapeau de fer). Cet indice a été déjà prospecté en 1954, par le (B.G.M.).

Le deuxième niveau principal est creusé (N 775).

L'Exploitation du gisement jusqu'au niveau 775 est entièrement

terminée en Mars 1987.

En 1987, l'ENOF a confié à B.G.M.; l'approfondissement du puits N°:3 dont les travaux de fonçage ont débuté en Aout 1987.

l'Extension prévue sur 130m de profondeur à partir du niveau 775 jusqu'au niveau 625m; a subi des modifications, suite à des difficultés rencontrées dans le fonçage, liées à la présence d'une couche de grés (sablonneuse) rencontrée par les sondages de cémentation entre 104 et 107m avec des venues d'eaux très importantes qui ont atteint  $140\text{m}^3/\text{h}$ .

Après discussion entre deux partis et suite au P.V. de réunion du 19 Juillet 1988, on a arrêté le fonçage du puits à 83m (niveau 672m) et décide d'ouvrir un seul niveau d'exploitation (galerie 692m).

Au départ, le fonçage du puits (sur 130m) devrait se terminer en Mars 1988, sa mise en exploitation avec les essais en Mai 1988 et réception provisoire en Décembre 1988.

Suite à difficultés rencontrés au cours des travaux, un deuxième planning a été proposé par B.G.M. où les essais et la mise en exploitation du puits, ont été reportés au mois d'Aout 1989; celui-ci n'a pas été respecté et un troisième planning fixe la

fin des travaux à la fin de l'année 1989. Enfin, ce troisième planning a été finalement respecté.

Dernièrement (02.06.1990), la mine de Kherzet-Youssef a été noyée par suite d'un coup d'eau qui s'est produit au niveau 775m libérant subitement une quantité d'environ 50.000m<sup>3</sup> d'eau.

Cet impressionnant d'eau qui s'est maintenu à engendrer en l'espace de 04( quatre) heures un dépôt d'eau estimé à 30.000m<sup>3</sup>, dépassant ainsi toutes les capacités de secours et de pompage installées à ce niveau.

Dans cette catastrophe, 19 ouvriers parmi lesquels des mineurs scrapiristes, conducteurs de locomotive, signalistes et un boute-feu qui se trouvaient à une profondeur de 320mètres, avaient péri noyés.

## 2) Situation géographique (voir fig. I)

### 2.1- Localisation

Le gisement plombo-zincifère de Kherzet Youssef est situé dans les flancs de la partie sud des hautes plaines sétifiennes dans la région de la plaine d'Ain Azel.

Il est situé à 6 km à l'ouest du village d'Ain Azel en bordure des reliefs carbonatés et à 41 km par voie aérienne au sud de sétif, soit 56 km par route.

La mine de Kherzet Youssef se localise sur la carte  $1/50.000$  d'Ain Azel par les coordonnées:  $x=283,52$ ;  $y=148,84$ ;  $z=994m$ .

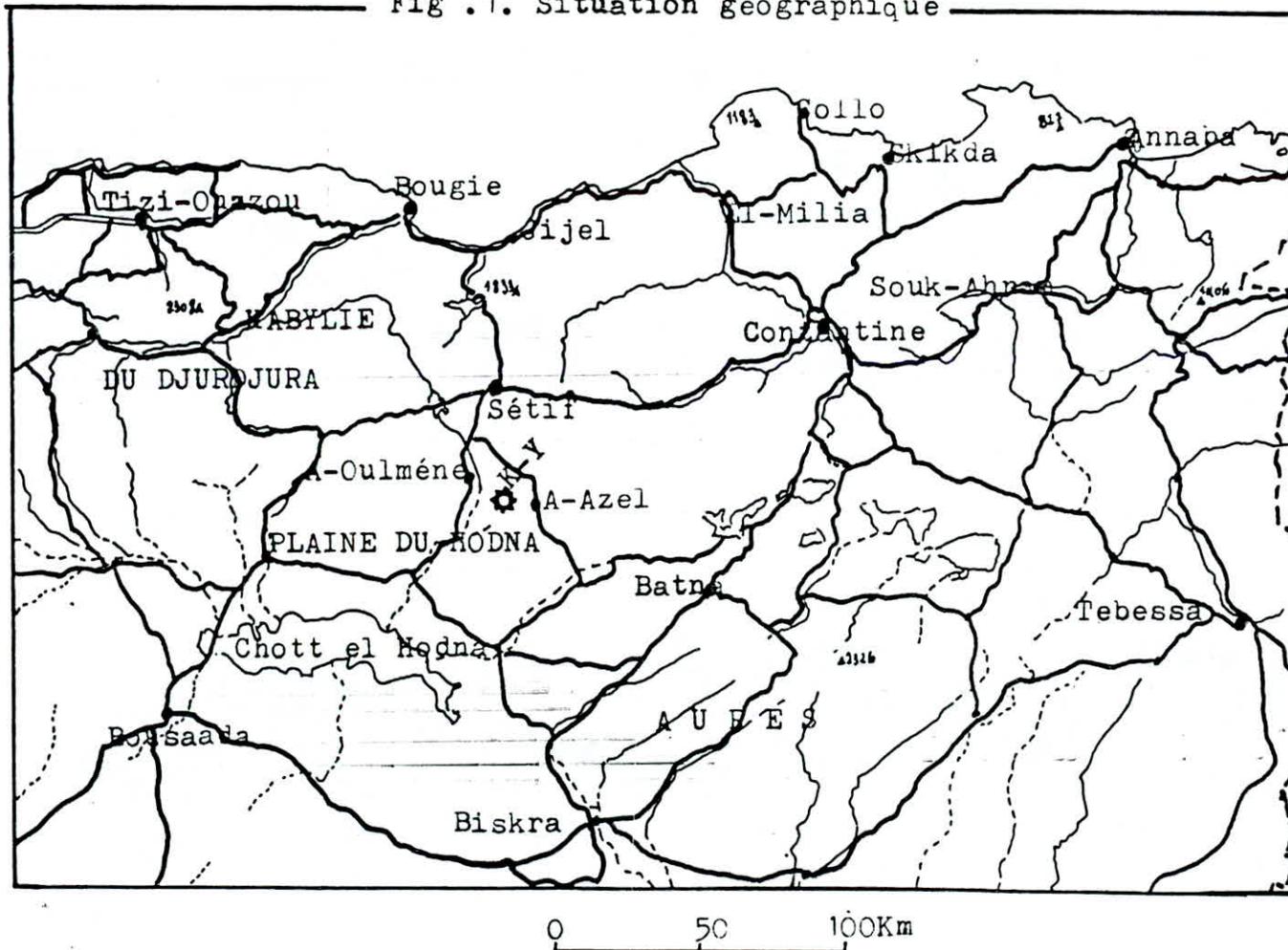
### 2.2- Topographie

Le paysage de la région est constitué par des chainons allongés nord-est-sud-est. Les sommets de certains chainons culminent à plus de 1500m; djebel Boutaleb (1886); djebel Sekrine (1453m) et Hadjar (1371m). Les chainons se relayent pour former une barrière topographique et climatique entre l'Algérie septentrionale et le domaine saharien.

### 2.3- Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est représenté par une série de cours d'eau saisonniers, les oueds Enmza et Hamma passent sur le gisement: leur débit n'est pas significatif qu'au moment des pluies

Fig .1. Situation géographique



torrentielle.

#### 2.4- Climat et végétation

Le climat est intermédiaire entre le type méditerranéen et celui continental. L'été est chaud et sec; l'hiver est très froid et pluvieux avec de fréquentes chutes de neiges. La moyenne des précipitations annuelle varie entre 245mm et 400mm.

#### 2.5- Réseau routier

L'infrastructure de la région est bien développée avec des réseaux de communication et d'énergie électrique moderne. Les gares ferroviaires les plus proches sont Mezloug à 35 km au nord et Tixter à 60 km à l'ouest. Le port le plus proche est celui de Bejaï situé à 170 km environ au nord du gisement.

#### 2.6- Population et économie

La plus grande partie de la population est concentrée à Ain-Azel, le reste est réparti dans la campagne, l'agriculture est la principale ressource de la région; le seul complexe industriel est la mine de Kherzet Youssef.

### 3) Renseignements et économiques

En matière du non ferreux, l'Algérie produit des concentrées de plomb, de zinc, de cuivre et depuis 1971 du mercure.

La production de plomb et de zinc s'effectue dans les mines d'el-Abed, Kherzet Youssef, Ouarsenis, Sidi Kamber et Ain-Barbar (cette dernière mine produit également du cuivre).

Le gisement plombo-zincifère le plus important se trouve à el-Abed, sa production annuelle est estimée à 500.00 tonnes.

La mine de Kherzet Youssef occupe la 2ème place avec sa production annuelle est de 150.000 tonnes de tout-venant.

Le traitement se fait à l'usine du complexe avec une production moyenne annuelle de 13.000 tonnes de concentré de zinc et de 10.000 tonnes de concentré de plomb.

Le concentré de zinc est acheminé à l'usine d'électrolyse de Ghazaouat (S.M.S.) et le concentré de plomb est exporté à l'étranger.

La production mondiale en plomb est de 3,2 millions de tonnes et de 5 millions de tonnes en zinc.

La production nationale est de 40.000 tonnes de zinc et 7.000 tonnes de plomb.

Autrement dit, la production nationale en zinc représente 0,8% de la production mondiale. Et celle en plomb est de 0,22% de cette dernière.

#### 4) Aperçu géologique

##### 4.I- Géologie régionale (voir schéma structural simplifié de la région d'Ain Azel, fig. 2)

L'étude régionale révèle l'existence de 4 ensembles principaux séparés par des contacts tectoniques dont la lithostratigraphie serait la suivante:

##### 4.I.I- Trias exotique ou extrusif

Le trias comprend:

- Des marnes bariolées à gypse bréchique
- Des brèches dolomitiques et des cargneules qui affleurent en plusieurs endroits.

Leur position structurale est bien différente, cependant elle occupe les zones de dislocation.

##### 4.I.2- Autochtone hodnéen et parautochtone (voir fig. 3)

Ces séries occupent l'essentiel de la zone occidentale de la région et constituent le massif du dj. Hadjar Labiod prolongé vers le sud par les premières pentes du massif de Boutaleb.

##### 4.I.2.a- Jurassique inférieur et moyen

##### ■ Lias supérieur

Constitue de marnes et marno-calcaire ne dépassant pas une cen-

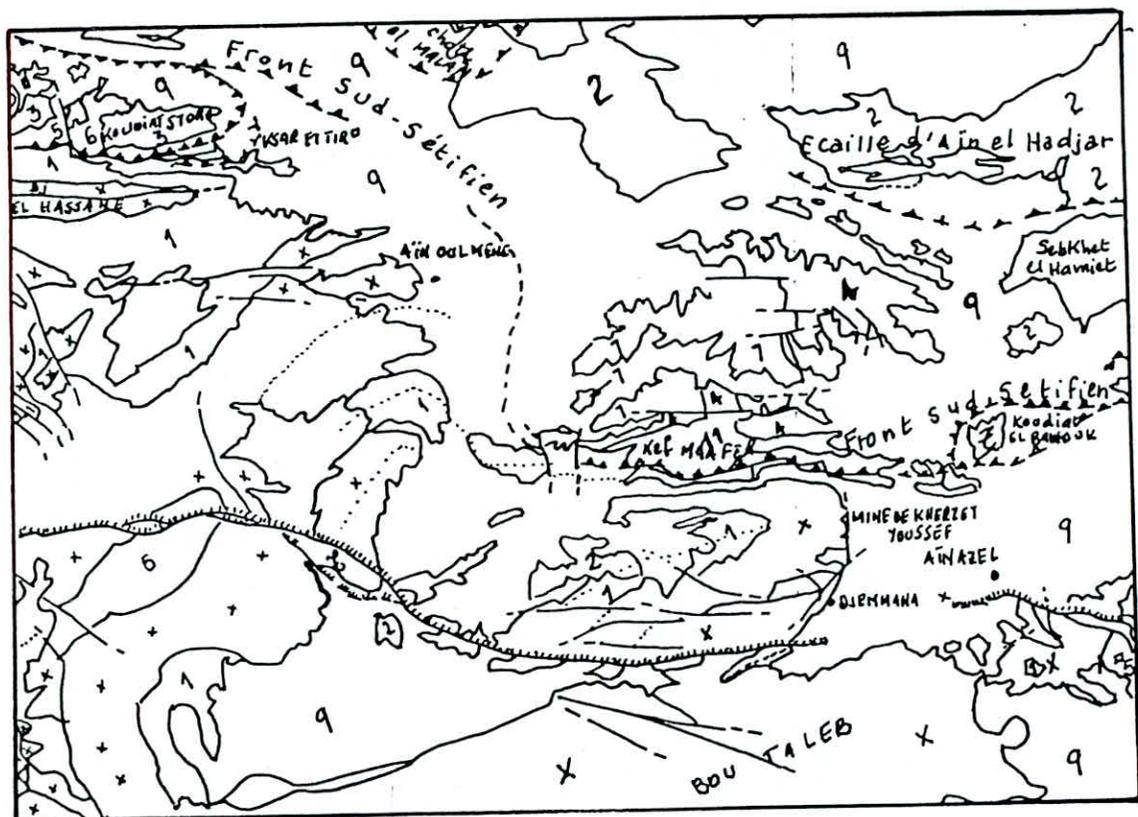


Fig.2. SCHEMA STRUCTURAL SIMPLIFIE

-----LEGENDE-----

- x..Crétacé et Eocène(P.a.hodnéens)
- 11.Miocène(P.a.hodnéens)
- 2..Mio-Pliocène et Quaternaire ancien
- 3..Miocène marin(Nappe tellienne méridionale du Dj Sttor)
- 4..Crétacé et Eocène(Ensemble allochtone Sud-Sétifien)
- 5..Jurassique moyen ou sup,pélagique(parautochtone et autochtone hodnéens)
- 6..Crétacé et Tertiaire(c.a.s. Sétifien)
- 7..Jurassique(c.a.s. Sétifien)
- 1..Miocène(c.a.s. Sétifien)
- 8..Trias exotique ou extrusif.

|  | unite strat.     | lithologie                                                          | caracteres hydrogeologiques |                     |
|--|------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
|  | Mio. Plio. Quat. | sables, galets, graviers<br>calc. lacustres                         | formation<br>permeable      | nappe superficielle |
|  | Miocene          | marnes, argilites                                                   | formations<br>impermeables  |                     |
|  |                  | gres, gravelites<br>conglomerats                                    | formations<br>permeables    | nappe karstique     |
|  | Senonien         | calcaires argileux<br>et marno-calcaires<br><br>marnes<br>sableuses | terrains<br>impermeables    |                     |
|  | Turonien         | calc. dolomitiques                                                  | form. permeables            | nappe karstique     |
|  |                  | calc. dolomitiques                                                  | formations<br>permeables    |                     |
|  | Cenomanien       | marnes                                                              | terrains<br>impermeables    |                     |
|  | Vraconien        | gres, marnes,<br>calc. marneux                                      |                             |                     |
|  | Aptien           | dolomies<br>calcaires et gres                                       | formation<br>permeables     | nappe karstique     |
|  |                  |                                                                     |                             |                     |
|  | Barremien        | dolomies, gres<br>calcaires                                         | terrains<br>permeables      | nappe karstique     |
|  | Neocomien        | marnes, argilles<br>gres et calcaires                               | terrains<br>impermeables    |                     |
|  | Malm             | micrite<br>marnes                                                   | terrains<br>impermeables    |                     |
|  | Dogger           | calc. argileux                                                      | terrains<br>impermeables    |                     |

Log lithostratigraphique du parautochthone  
et autochthone Hodneen

(D.F. QUARRAH, R.A. BAH)  
U.S.G.T. H.B.

taine de mètres d'épaisseur au coeur de l'anticlinal d'Ain el Kahla.

#### ■ Dogger

c'Est une série de calcaire argileux sur près de 100m d'épaisseur.

#### ■ Malm

Commence à la base par des marnes à intercalations de calcaires micritiques (150m), succédés par 100m de micrite.

#### 4.1.2.b- Crétacé inférieur

##### ■ Néocomien

Parfois il atteint près de 250m d'épaisseur, représenté surtout par des argiles, marnes de couleur verte et de petites intercalations de petits bancs de grés et de petites vertes.

##### ■ Barrémien

c'Est une série forte épaisse et atteint 650 à 700m d'épaisseur. De gros niveaux dolomitiques sont remarquables à la base tandis que le sommet est riche en intercalations gréseuses. Ces dépôts Barrémiens sont observés à proximité de la mine de Kherzet Youssef.

##### ■ Aptien

Représenté par la succession suivante:

Marnes gréseuses jaunes, un niveau dolomitique massif et un ensemble de formations organisées en grosses barres calcaires avec des niveaux gréseux. Sa puissance est de 50m.

#### ■ Albien

Il est représenté au flanc sud de Hadjar Labiod par des calcimicrites gréseuses et bioclastiques. Il est riche en belemnites, ammonites et oursins. Au flanc nord, l'albien possède une épaisseur d'environ 200m. Il est constitué de calcisparites à ostrea, rudistes orbitolins et milioles.

#### 4.1.2.c- Crétaci supérieur

##### ■ Vraconien et cénomanien

Le vraconien (80-100m) est formé de calcaires en petites dalles, de grés et de marnes gréseuses. Il est succédé par un cénomanien marneux de 250-300m d'épaisseur.

##### ■ Cénomanien supérieur et turonien

Les formations cénomaniennes sont constituées par des calcaires dolomitiques 100m.

Au dessus, affleure le Turonien d'épaisseur identique et représenté par des marnes et des calcaires dolomitiques.

### /// Sénonien inférieur

La série ne dépasse pas 150m et forme une dépression très caractéristique. Elle montre des marnes sableuses et une barre de quelques mètres de calcaires à galets dans des marnes.

### /// Sénonien supérieur

Il est constitué de marnes sableuses à petits galets roulés attribués au Campanien, quartz bipyramidés et à intercalation de calcaires argileux au maestrichtien. L'ensemble d'épaisseur 350-400m affleure au dj. Otsmane.

### /// Dano-paléocène à yprésien

Il est formé par des marnes argileuses noirâtres à noyaux pyriteux isolés.

### /// Yprésien-lutétien inférieur

Il est représenté par des calcaires gris à silex, dolomitiques bitumineux ou marneux.

La base de cet ensemble (70-100m) est phosphatées.

### /// Lutétien supérieur

Il est représenté par des argiles gris-vert gypsifères à intercalations de calcaires organogènes jaunâtres du dj. el Hassane.

### /// Miocène

Il est constitué essentiellement des calcaires gréseux grisâtres atteignant 100m d'épaisseur et couronnés de puissantes séries de marnes gris foncé à bancs de grés calcaireux ou glauconieux qui supporte les nappes Telliennes ou l'ensemble allochtone sud sétifien.

#### 4.I.3- Ensemble allochtone sud-sétifien (voir fig. 4)

Il englobe les deux écailles d'Ain el Hadjar et celle du dj. Sékrine dont le contact est déduit par la géophysique.

L'Ecaille du dj. Sekrine est limitée vers le sud par un contact parfois spectaculaire allant du Kef Maafer au Kef el Djebas: c'est le front sud-sétifien.

Les formations en présence vont du Jurassique (dominant et essentiellement carbonaté d'épaisseur ne dépassant pas 500m) au miocène discordant sur le Barrémien (800m d'épaisseur et représente environ 75% des formations crétacées.

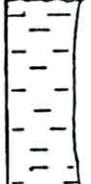
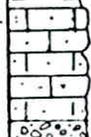
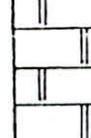
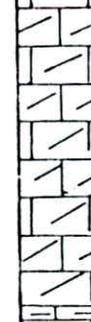
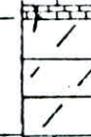
#### 4.I.4- Formations peu ou pas tectonisées

##### 4.I.4.a- Miocène

Il s'agit d'un ensemble post-nappe marqué par une sédimentation détritique continentale, comportant des passées gypseuses lagunaires cette tranche représente le mio-pliocène.

## LOG LITHOSTRATIGRAPHIQUE

de l'ensemble allochtone sud Setifien

| unite strati.                  | log                                                                                 | lithologie                                                         | caracteres hydrogeologiques |                        |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                |                                                                                     |                                                                    | formations                  | nappe                  |
| Mio-Plia. Quat.                |    | sables, graviers, galets<br>argiles, calcaires lacustres           | formations<br>permeables    | nappe<br>superficielle |
| Miocene                        |    | marnes                                                             | formations<br>impermeables  |                        |
|                                |    | calc. gréseux avec<br>conglomerats à la base.                      | terrains<br>permeables      | nappe<br>karstique     |
| Eocene                         |    | calc. massifs                                                      | niveau impermeable          |                        |
| Paleocene                      |    | niveau phosphate<br>biosparites                                    |                             |                        |
| Senonien                       |   | calc. organo-détritiques                                           | terrains<br>permeables      | nappe<br>karstique     |
| Turonien et<br>Cenomanien sup. |  | marnes à intercalations<br>de calcaires                            | formations<br>impermeables  |                        |
| Cenomanien inf.                |  | hard ground                                                        |                             |                        |
| Albien                         |  | calcaires                                                          | formations<br>permeables    | nappe<br>karstique     |
|                                |  | marnes avec intercalations<br>de calcaires                         | terrains<br>impermeables    |                        |
| Aptien                         |  |                                                                    |                             |                        |
|                                |  | serie calcaro-<br>dolomitique avec<br>niveaux gréseux au<br>sommet | formations<br>permeables    | nappe<br>karstique     |
| Barremien                      |  | calcaires marneux                                                  |                             |                        |
|                                |  | alternances calcaires<br>gris noduleux et marnes<br>gréseux        | formations<br>impermeables  |                        |
| Neocomien                      |  | calcaires graveleux                                                |                             |                        |
| Malm                           |  | dolomies                                                           | formations<br>permeables    | nappe<br>karstique     |
| Dogger                         |  | calcaires marneux fins                                             |                             |                        |

100m

0

#### 4.I.4.b- Quaternaire

Le quaternaire est représenté par des formations continentales diverses parfois très épaisse. Il est difficile de séparer les horizons attribuables au pliocène de ceux du quaternaire.

Les niveaux les plus anciens correspondent soit à des croutes calcaires soit à des conglomérats grossiers non consolidés sont surtout des sables, des limons ou des graviers.

#### 4.2- Tectonique régionale (voir fig. 2)

La région est caractérisé par une tectonique cassante à l'exception de:

- La nappe du dj. Sator,
- Les deux écaillés d'Ain Lahdjar et du djebel Sekrine qui ont été individualisées par distinction de faciés et sont de types chevauchants. Cette tectonique cassante qui sépare les terrains en blocs se manifeste sous deux formes de dislocation:
  - Les accidents transversaux (N-S)
  - Les accidents longitudinaux (E-W).

La plupart des failles sont orientées dans la direction (E-W). Elles se sont formées à l'époque du plissement au moment de la formation du grand anticlinal de la hodna.

d'Après Bertraneu, cet évènement se place dans la phase tectonique Emscherienne. En fait ces failles ne sont pas importantes à l'égard de la structure du terrain.

On note également une autre famille de failles de direction sensiblement (N-S) ou (NW-SE) qui a rejoué plusieurs fois et notamment au Tertiaire.

Ces failles révèlent leur simultanéité à la sédimentation de ces couches. Cependant il existe de longues failles dont la plus importante est celle qui affecte la mine de Kherzet Youssef du côté "est" de direction (N-S).

#### 4.3- Géologie locale

Le gisement de Kherzet Youssef est localisé dans les formations sédimentaires du Barrémien et plus précisément d'âge Crétacé inférieur. Celui-ci est composé d'une alternance de calcaires, marnes, dolomies, calcaires marneux, calcaires dolomitiques, calcaires et marnes lumachelliques et argiles.

c'Est un gisement Stratiforme à structure monoclinale.

Cette série monoclinale plonge avec un pendage de 15 à 30° vers le nord, et montre une déviation faible de pendage vers l'est.

l'Inclinaison s'accroît vers le nord et est limitée par la gran-

de faille normale dite "de KHERZET YOUSSEF" du côté est.

A l'est de la faille et après l'effondrement, de sédiments terrigènes et quaternaires ont comblé la dépression dite de Ain Azel. Ce sont d'épaisse couches d'argiles sableuses très rouillées, de grés, de conglomérats et de calcaires poreux. (voir fig.5)

#### 4.4- Tectonique locale (voir carte géologique d'Ain-Azel fig. 6)

Dans l'étroite région de Kherzet Youssef, on observe une tectonique active de type cassant. Les failles présentes sont surtout de direction méridionales et beaucoup moins équatoriales, à petit rejets.

Cette tectonique se présente sous forme de deux phases orogéniques principales:

- Emschérienne (de plissement et de disjonction)
- Plus jeune, post-Burdigalien (disjonctive).

La faille de Kherzet Youssef de direction (N-S), plongeant vers l'est sous un angle d'environ  $75^{\circ}$ , se serait formée dans la phase Emschérienne ou probablement déjà plus tôt, mais ce n'est que dans le post-Burdigalien qu'elle aurait obtenu une amplitude plus importante. Cette faille avait eu un jeu complexe.

- Un mouvement en horst-graben dont le rejet est estimé environ 700m.

# COUPE SCHEMATIQUE TRANSVERSALE A LA FAILLE

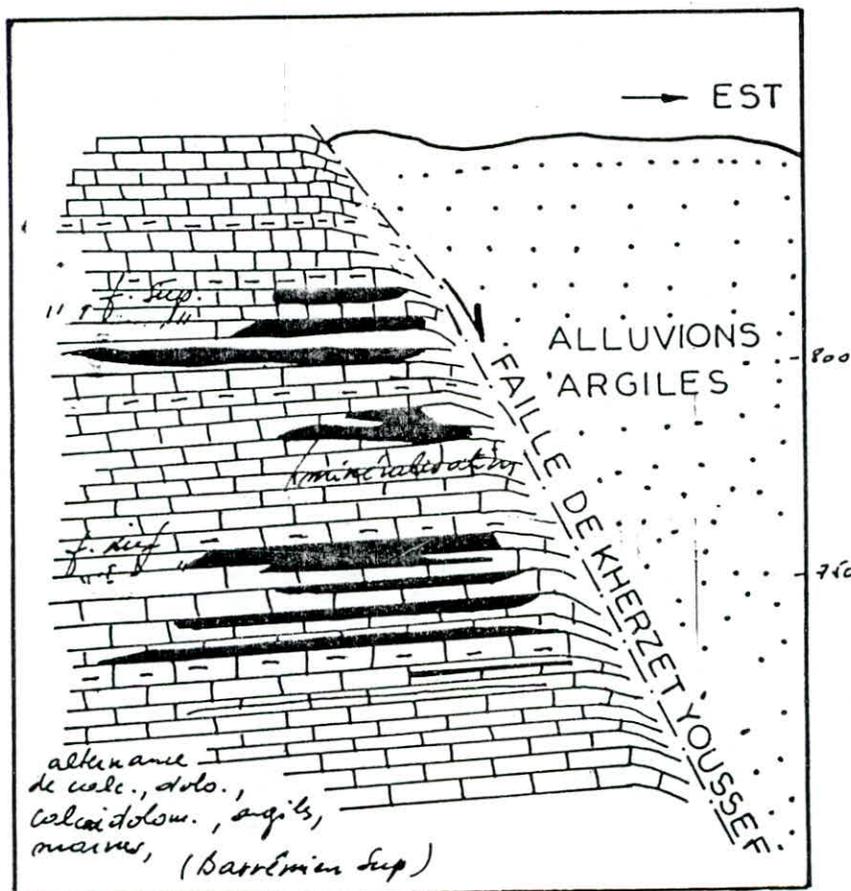


FIG 5

"Juois" 1968-64

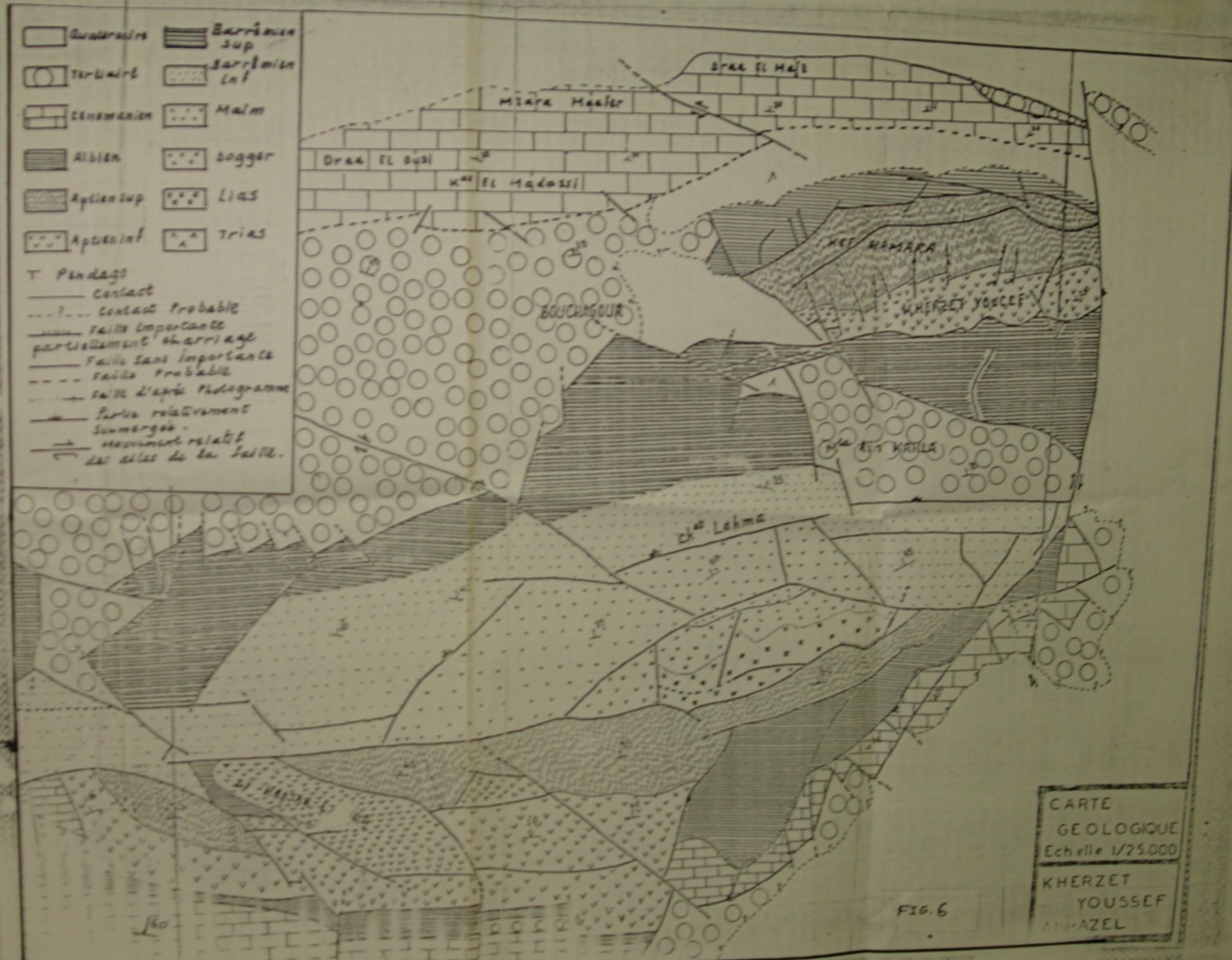
(IN KAMEL ZAIOUT)

P. 6008/90

Avant p. 19

|  |             |  |               |
|--|-------------|--|---------------|
|  | Quaternaire |  | Barrémien sup |
|  | Tertiaire   |  | Barrémien inf |
|  | Cénomane    |  | Malm          |
|  | Albien      |  | Sogger        |
|  | Aptien sup  |  | Lias          |
|  | Aptien inf  |  | Trias         |

- T Pendage
- Contact
  - - - ? - - - Contact Probable
  - ==== Faille importante partiellement charriage
  - Faille sans importance
  - - - Faille probable
  - - - - - Faille d'après photographie
  - Parois relativement submergées
  - — — — — Mouvement relatif des ailes de la faille.



CARTE  
GEOLOGIQUE  
Echelle 1/25.000  
KHERZET  
YOUSSEF  
AIN-AZEL

FIG. 6

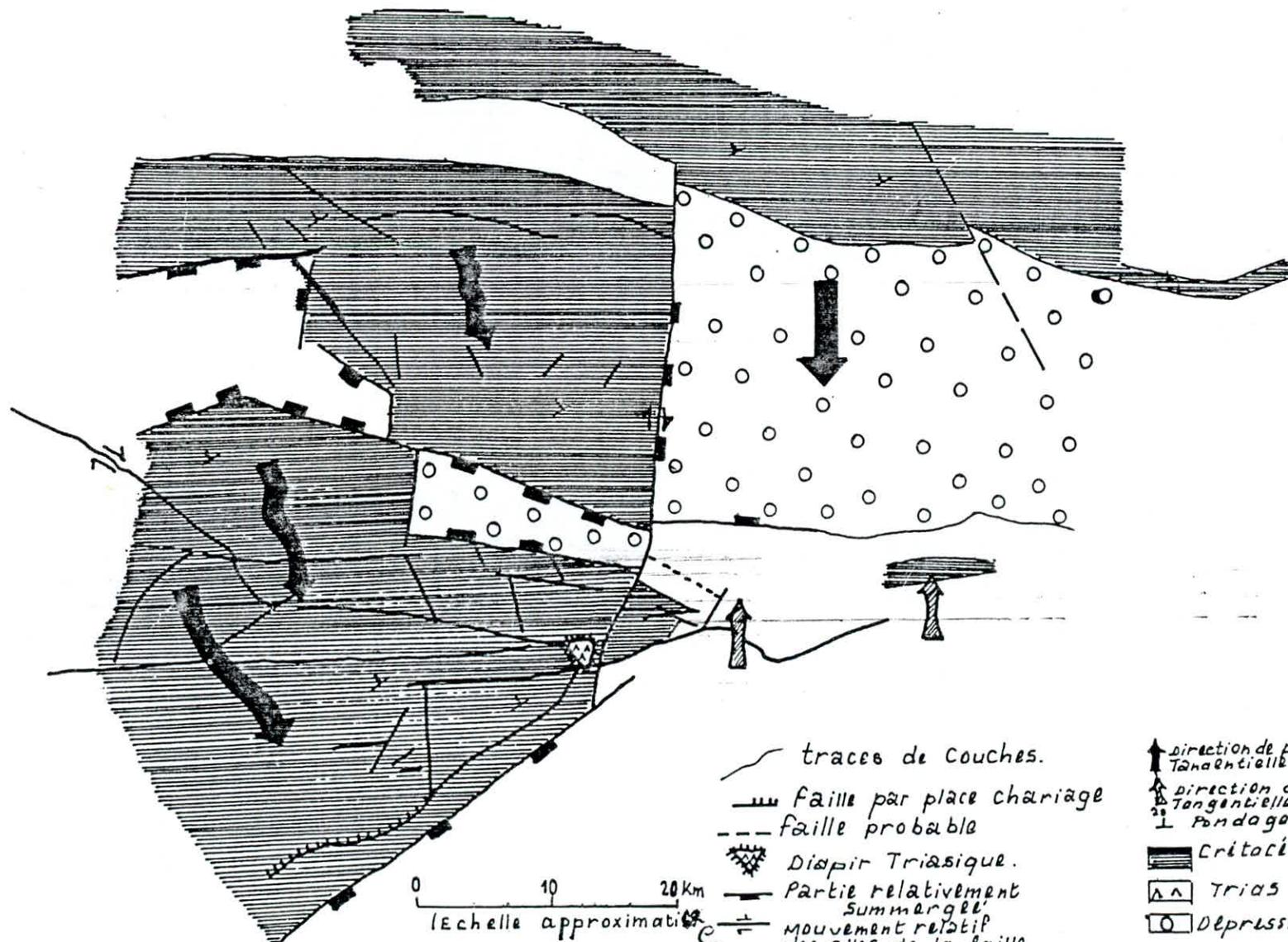
- Un décrochement oblique qui a provoqué le recourbement des couches Barrémiennes (visible en surface). Probablement la partie occidentale du bloc Barrémien (par rapport à la faille) n'avait pas subi de déplacement.

L'Etude des photos aériennes (yougoslave) fût montrée le décrochement du bloc est vers le sud (voir fig. 7).

# S'CHEMA TECTONIQUE

(Fig.7)

RUDIS  
(1963-1964)



5) Réserves de minerai évaluées à la mine de Kherzet Youssef

Le tableau N°:I, représente les réserves géologiques et récupérables entre les différents niveaux; à savoir:

- entre les niveaux 835 et 775, les réserves totales géologiques en catégories CI+C2, ont été de l'ordre de 1524600 tonnes d'une teneur en zinc 11,24% et en plomb 1,61%, alors que les réserves totales récupérables en catégories CI+C2, se sont élevées à 122693 tonnes à une teneur en zinc 9,78% et en plomb de 1,4%.

- entre les niveaux 775-692; les réserves totales géologiques en catégories CI+C2, s'élèvent à 738510 tonnes à une teneur en zinc 9,74% et en plomb 1,80%, tandis que les réserves totales récupérables en catégories CI+C2, se sont de l'ordre de 694205 tonnes d'une teneur en zinc 8,47% et en plomb 1,57%.

- entre les niveaux 692 et 415, les réserves totales géologiques en catégories CI+C2, seront de l'ordre de 3488548 tonnes d'une teneur en zinc 10,43% et en plomb 2,35% alors que les réserves totales récupérables s'élèveront à 2806886 tonnes avec teneur en zinc 91,07% et en plomb 2,04%.

Enfin, le gisement de Kherzet Youssef renferme en totalité 5751658 tonnes des réserves géologiques en catégories CI+C2 respectivement d'une teneur moyenne en zinc 10,47% et en plomb 1,92% y compris

Tableau N°:I

## Réserves géologiques et récupérables

| Niveau  | Catégories | Réserves géologiques Rg |                 |                | Réserves récupérables Rr<br>$Rr=Rg \times \frac{100-P}{100-S}$ |                |                |
|---------|------------|-------------------------|-----------------|----------------|----------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
|         |            | en tonnes               | Teneur%         |                | en tonnes                                                      | teneur%        |                |
|         |            |                         | Zinc            | plomb          |                                                                | zinc           | plomb          |
| 835-775 | CI+C2      | 1524600t                | 11,24           | 1,61           | 1226693t                                                       | 9,78           | 1,40           |
| 775-692 | CI+C2      | 738510t                 | 9,74            | 1,80           | 694205t                                                        | 8,47           | 1,57           |
| 692-415 | CI+C2      | 3488548t                | 10,43           | 2,35           | 2806886t                                                       | 9,07           | 2,04           |
| Total   | CI+C2      | 5751658t                | $\bar{M}=10,47$ | $\bar{M}=1,92$ | 4727784t                                                       | $\bar{M}=9,11$ | $\bar{M}=1,67$ |

N.B. / Taux de salissage=13%=S

Taux de pertes=30%=P.

472784 tonnes des réserves récupérables en catégories C1+C2,  
d'une teneur moyenne en zinc 9,11% et en plomb 1,67%.

Il faut signaler, que les réserves récupérables ont évaluées avec  
un taux de perte de 30% et un taux de salissage de 13%.

## 6) Aperçu métallogénique

### A) Introduction

La partie nord-est de l'atlas saharien désignée habituellement sous le nom des monts ou de chaînes de hodna, correspondant à un district minier à plomb, zinc, baruym, fluor, (cuivre).

Les gisements sont très nombreux; ils sont caractérisés par une paragenèse simple où la blende et la galène sont les principaux minéraux.

Il existe de nombreux minéraux complexes d'altération (malachite, azurite, limonite,...). La gangue est composée de dolomite, barytine et calcite. La minéralisation de plomb et de zinc de Kherzet Youssef est interstratifiée dans une série dolomitiques d'âge Barrémien.

### B) Minéralisation

La minéralisation industrielle est intimement liée aux roches dolomitiques et se localise à l'ouest de la faille Khezet Youssef. Elle commence à 25 à 30m de la faille et se poursuit jusqu'à 60 à 150m à l'ouest en direction des couches.

Dans le sens du pendage, elle se poursuit jusqu'à 1300m environ (dernier sondage, fig. 8). Il s'agit de blende et galène

ETUDE  
CMKY  
S<sup>e</sup> GÉOL-topo

Coupe schématique, des couches minéralisées,  
parallèle à la faille de "Khezet Joussef"

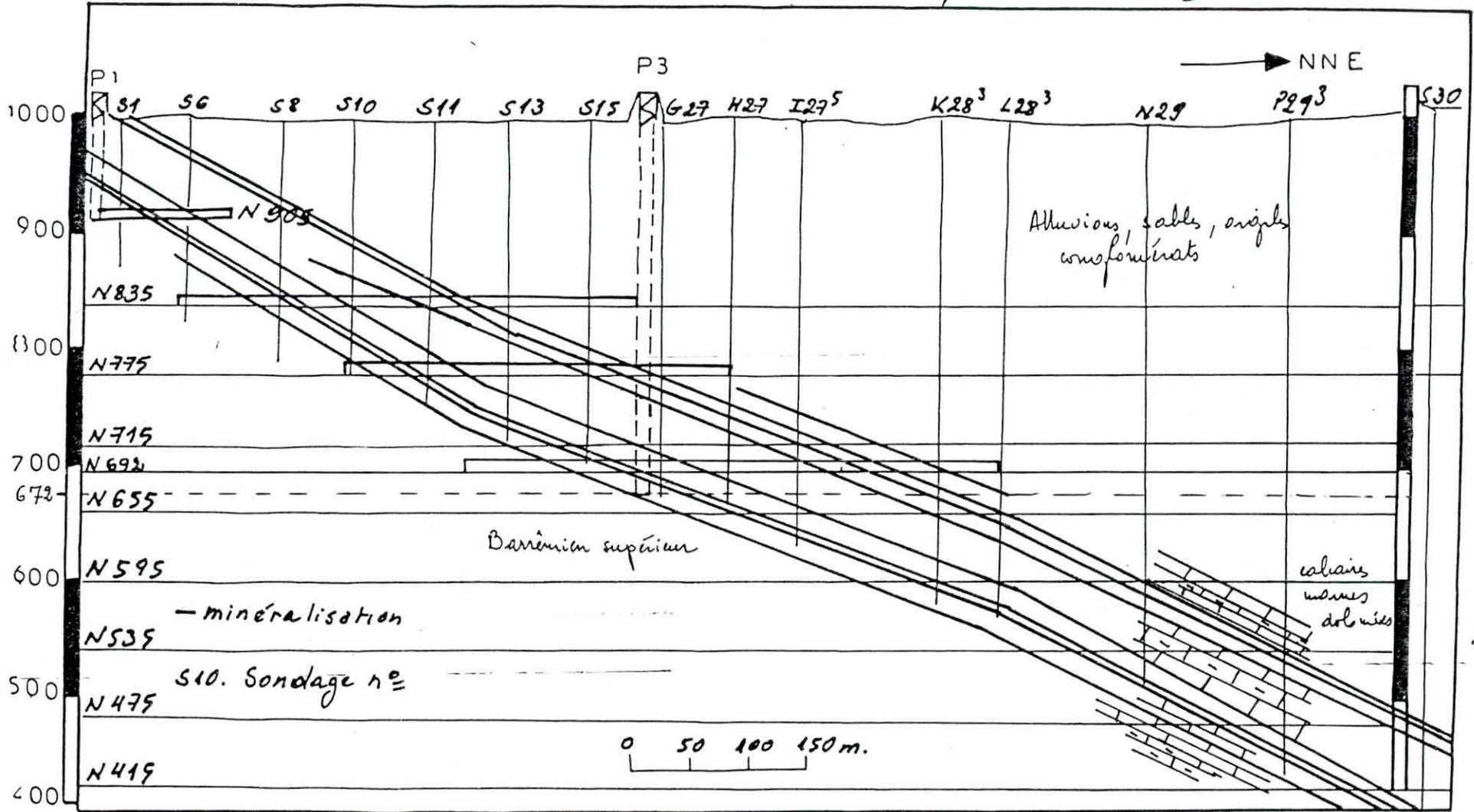


fig. 8

à dominance de blende. Les couches minéralisées au nombre de 8 sont regroupées en deux faisceaux; les couches N°:8 et 10 pour le faisceau supérieur, 3 (avec 2 bancs) 15, 17, 20, et 21 pour le faisceau inférieur.

Elles sont limitées au toit et au mur par une couche argileuse de quelques centimètres d'épaisseur. La puissance varie de 1,5 à 2,0m.

Le pendage est de 15 à 30° nord avec direction subméridionale.

Dans la partie médianes des couches, la minéralisation est très riche, liée à la dolomie à structure géodique dite "caverneuse" se terminant en biseau. De part et d'autre de celle-ci, elle est pauvre à structure disséminée et fissurale dans un calcaire dolomitique. La limite entre les deux structures est nette. La minéralisation caverneuse présente en direction, une zonalité assez remarquable avec au milieu de la blende qui disparaît au fur et à mesure que l'on s'approche des flancs (biseautages) pour être remplacée par la galène, puis par de la pyrite et marcassite. Sur certaines couches (10, 20 et 21) la minéralisation est double.

B.I- Description de quelques couches

### ■ Couche N°:8

La couche est représentée par des dolomies cavernueuses silicifiées avec une minéralisation de blende plus rarement de galène, pyrite, et marcassite. Sa puissance varie de 1,9 à 2,0m. Le pendage de la couche varie de 25 à 30°; les teneurs en zinc ou en plomb sont variables, en moyenne on a 10,35% pour le zn et 4,32% pour le plomb.

### ■ Couche N°:10

Elle est représentée par des dolomies cavernueuses, dolomie silicifiée et calcaires dolomitiques à minéralisation diffuse. La puissance de la couche est de 2,5m avec un pendage de 28° et les teneurs en moyenne sont: 9,5% de zinc et 4,84% de plomb.

### ■ Couche N°:3

Elle est représentée par des dolomies silicifiées cavernueuses à cristaux de blende. Le pendage de 18 à 23° et la puissance de 1,38m.

Les teneurs moyennes: 19,77 pour le zn et 5,07 pour le plomb.

### ■ Couche N°:15

La puissance est variable de 1,19 à 2,11m, tandis que les teneurs sont comprises entre 4,27% et 24,96% pour le zn et 0,10

à 5,46% pour le plomb.

### ■ Couche N°:I7

La puissance moyenne varie de 0,35 à 1,71m et les teneurs en métal sont de 4,98 à 20,0% pour le zinc et de 0,30 à 1,20% pour le plomb.

#### B.2- Types morphologiques du minerai (voir fig. 9)

Le gisement de Kherzet Youssef se présente sous quatre types morphologiques; à savoir

##### B.2.1- Type caverneux

Il se présente sous forme de bandes allongées occupant toujours la partie centrale du corps minéralisé.

La roche est formée de dolomie bréchifiées et est imprégnée de bitumes qui y forment des filonnets et nids. Ce corps présente une minéralisation polymétallique.

La minéralisation est représentée par la blende (qui forme la matrice de la brèche), la galène, sulfures de fer et les minéraux secondaires de plomb et de zinc.

##### B.2.2- Type disséminé

Il occupe les parties supérieures et inférieures du corps minéralisé. La roche est formée de dolomies à grains fins con-

stant de la

IN KAMEL ZAIOUT  
U.S.T.H.B.

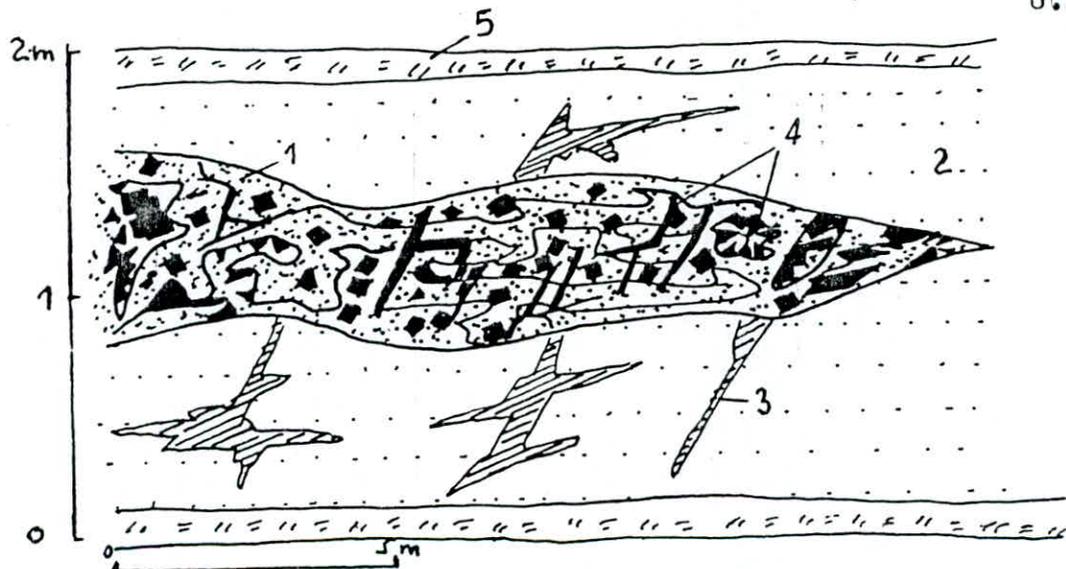


Fig 9 Schéma montrant les types morphologiques du minéral.  
1.Caverneux, 2.Disséminé, 3.En filonnet et 4.Fissural et en amas.  
5.Marnes.

tenant de la pyrite. Elle comprend une dissémination de blende, bitume ou galène.

#### B.2.3.- Type filonnet

Les filonnets sont présents dans toute la roche et sont remplis soit en galène totalement ou partiellement, soit en calcite.

Les filonnets de blende sont localisés surtout à proximité de la faille Kherzet Youssef et sont concordants ou discordants avec la minéralisation.

#### B.2.4.- Type fissural et en amas

Ils sont localisés dans la partie caverneuse. Le type fissural est représenté par des fissures allongées riches en blende.

Généralement c'est la galène qui occupe les vides et cristallise en amas.

#### C) Genèse du gisement

d'Après les recherches qui ont été effectuées sur le gisement de Kherzet Youssef par les chercheurs. Ces derniers ont tiré des conclusions suivantes sur la génétique du gisement:

- La dolomie dans ce gisement, semble être, d'origine sédimentaire.
- La minéralisation est statiforme.

- Les failles ne sont pas minéralisées.
- De niveaux argileux à bitumes sont présents.
- Enfin, les niveaux minéralisés, constituent de véritable lentilles sédimentaires plus ou moins étendues.

## 7) Aperçu hydrogéologiques:

### 7.1- Conditions hydrogéologiques de la mine

Le gisement de Kherzet Youssef montre une complexité par rapports aux conditions hydrogéologiques.

Ces conditions hydrogéologiques se résument ainsi; deux formations géologiques différentes; l'une carbonatée stratifiée d'âge Barrémien avec un pendage de 15 à 30° vers le nord-est l'autre terrigène d'âge néogène, qui sont mises en contact à la faveur d'une faille principale nommé "KHERZET YOUSSEF" de direction nord-sud.

La région est très tectonisée et en particulier à proximité de la faille de Kherzet Youssef, où on a constaté des fissures et diaclases sub perpendiculaires à cette dernière, qui favorisent et maintiennent une liaison hydraulique entre deux milieux. Cette faille de Kherzet Youssef scinde les stratifications terrigènes du néogène à partir des stratifications des carbonates du Barrémien.

Les couches minéralisées sont stratifiées dans le complexe de carbonates du Barrémien à une proximité immédiate de la faille de Kherzet Youssef.

Le complexe de carbonates est découpé par un grand nombre de failles secondaires aboutissant à la faille principale de "Kherzet Youssef" et dont la direction approximative est (NW-SE). Ces failles découpent aussi les couches minéralisées.

Par suite des conditions géologiques et tectoniques, se sont formés deux catégories d'eaux dans les deux complexes de roches (térrigène et carbonatés), à savoir:

- dans le complexe terrigène, s'est formé un niveau puissant aquifère non captif, tandis que dans le complexe de carbonates il ya des eaux venant du système de fissuration Karstique. Le niveau statique des eaux est situé à 60m et plus de profondeur. Toutes les deux catégories d'eau jouent un rôle principal durant la saturation du gisement en eaux.

Entre ces deux catégories d'eaux, il ya une liaison hydraulique laquelle se réalise grâce aux failles secondaires. Lorsque les ouvrages miniers (soit préparatoires, soit d'exploitation) découpent certaines de ces failles, il ya apparition au début des sources.

La quantité de l'eau s'écoulant de la source dépend du degré de

la fissuration et des formations Karstiques de la faille

d'Après ce qui a été décrit ci-dessus, les sources peuvent être classées comme suit:

- source à écoulement "goutte à goutte" de 0,1 à 0,5L/s
- source à écoulement "fissural" avec débit de 1,0 à 2,5L/s
- source à écoulement à partir des formations Karstiques et des fissures à débit de 5,0 à 44,5L/s.

Lors de l'exploitation; il est constaté que la première et la deuxième catégorie constituent des dizaines de sources assurant environ 40% du débit de l'eau de la mine, tandisque les sources de la troisième catégorie sont au nombre de dix (10) assurant 60% du débit de l'eau.

Ces conditions hydrogéologiques ont crée des difficultés durant l'approfondissement du puits N°:3 et l'exploitation souterraine. Ces difficultés principales proviennent du fait qu'on ne peut pas prévoir les lieux des failles à travers desquelles les eaux s'écoulent .

La venue d'eau au fond de la mine et précisément à partir du niveau 775 est évalué à  $740\text{m}^3/\text{h}$ . Tandisque la venue d'eau au niveau 692 est évalué à  $960\text{m}^3/\text{h}$ .

## 7.2- Exhaure de la mine (voir fig. 10)

Le système d'exhaure du 3ème niveau est assuré d'après deux variantes indépendantes à savoir:

### 1ère Variante

Toute l'eau de la mine est drainée par rigole et par syphon vers les albraques du 3ème niveau (N 682) et exhaurée vers le jour (N 994) par deux pompes principales installées dans la chambre de pompage au niveau 678.

Un système de secours est installé dans le puisard (N 672).

Qui pompe l'eau vers les albraques du 2ème niveau au ( N 775 ).

Ensuite l'eau est refoulée vers le jour (N 994) par l'ancienne station aménagée au niveau 775. Celle-ci est considérée comme une station de secours et complémentaire au système de secours installé au puisard.

La pompe 8 MC reste en réserve.

### 2 ème Variante

Les eaux prévues au dessous du 2ème niveau (N 775 ) est acheminées vers les albraques et refoulées par une pompe principale, installée dans la chambre de pompage au niveau 678, vers le jour (N 994).

Les eaux réstantes au 2ème niveau (N 775) sont refoulées au jour (N 994) par une pompe de l'ancienne station de pompage du niveau 775. Le système de secours installé au puisard (N 672) fonctionne en série avec la pompe 8 MC ou une pompe de la station de pompage du (N 775).

Toutes fois, un débit de 150m<sup>3</sup>/h à 180m<sup>3</sup>/h issu du deuxième niveau 775 est pompé par un système d'exhaure indépendant des autres systèmes, qui est nommé exhaure d'eau claire pour l'alimentation du complexe minier (voir fig. 10), enfin, sous forme de tableaux ci-dessous; on représente les différentes installations d'exhaure et leurs caractéristiques techniques, aménagées aux niveaux: 775, 835, 678, et 672 à savoir:

Station de pompage du 2ème niveau (N 775)

| N°: des pompes | Lieu d'installation         | type         | débit                |
|----------------|-----------------------------|--------------|----------------------|
| PI             | Chambre de pompage<br>N 775 | Ritz 4625/5  | 657m <sup>3</sup> /h |
| P2             |                             | Milly Gassel | 480m <sup>3</sup> /h |
| P3             |                             | Ritz 4625/5  | 612m <sup>3</sup> /h |

Exhaure secondaire

|    |                |                  |                      |
|----|----------------|------------------|----------------------|
| P4 |                | Plenger 110 kW.h | 139m <sup>3</sup> /h |
| P5 | Albraque N 835 | KS B 180 kW.h    | 128m <sup>3</sup> /h |
| P6 |                | KS B 130 kW.h    | -----                |

Exhaure de réserve

|      |            |          |                      |
|------|------------|----------|----------------------|
| 8 MC | Niveau 775 | 8 MC 7/4 | 267m <sup>3</sup> /h |
|------|------------|----------|----------------------|

Exhaure système eau claire

|                |                 |                                   |
|----------------|-----------------|-----------------------------------|
| P7 niveau 835  | KS B 130kW.h    | théorique<br>180m <sup>3</sup> /h |
| P7' niveau 775 | plenger 45 kW.h | 150m <sup>3</sup> /h              |

Station de pompage du 3ème niveau 678

| N°:des pompes | Lieu d'installation       | puissance(kW) | débit                |
|---------------|---------------------------|---------------|----------------------|
| PA            | Chambre de pompage<br>678 | 1286          | 840m <sup>3</sup> /h |
| PB            |                           | 1286          | 840m <sup>3</sup> /h |
| PC            |                           | 1286          | 840m <sup>3</sup> /h |
| PD            |                           | -----         | 840m <sup>3</sup> /h |

Exhaure secondaire

| N°:des pompes | Lieu d'installa | Type             | puissance | débit                |
|---------------|-----------------|------------------|-----------|----------------------|
| I             | Puisard N° 672  | Flygt BS<br>2400 | 150W      | 150m <sup>3</sup> /h |
| 2             |                 | FLYGT BS<br>2400 | 150W      | 150m <sup>3</sup> /h |

## 8) Ouverture du champs minier

### 8.1) Schéma d'ouverture à l'heure actuelle:

Le gisement de Kherzet Youssef est découvert par deux puits verticaux; à savoir:

- puits N°:1, puits d'aérage, d'une profondeur 95m, atteignant le niveau 905m.

- puits N°:3, puits d'extraction, d'une profondeur 322m, atteignant le niveau 672m.

A partir du puits N°:1, est tracé le travers-banc du niveau 905m.

A partir du puits N°:3, sont tracés les niveaux 835,775 avec une station d'exhaure et le niveau 692 avec le niveau complexe d'exhaure (niveaux 678, et 682) (voir fig. II).

Les deux (2) puits (N°:1 et N°:3) sont liés par le niveau 835m. La cheminée N°:1 jusqu'au niveau 876, la cheminée N°:2 jusqu'au niveau 905 et le travers-banc de ce dernier.

La communication entre les niveaux 775 et 692 est réalisé par le puits N°:3, qui est équipé d'une machine d'extraction avec skip et skip-cage de conduits d'exhaure et d'air ainsi que de tous les équipements servant à l'armement du puits et moyens d'électrification et communication.

Au puits N°:I, sont installés le ventilateur de  $48\text{m}^3/\text{s}$  de capacité, et de  $212\text{kg}/\text{m}^2$  de dépression, et un treuil électrique.

Des compartiments de passage du personnel sont aménagés dans les deux puits.

L'alimentation normale en énergie électrique du complexe est assurée par une ligne principale de  $30.000\text{k.V.A.}$  provenant de Sétif et une autre de secours de Ain-Oulmène.

A la surface, sont installés les 4 groupes électrogènes (marque POLYMA) de  $578\text{k.V.A.}$  chacun.

Une autre station de quatre (04) groupes électrogènes (Menkel) de  $1000\text{k.V.A.}$  chacun.

Sur le puits N°:I, est installé un ventilateur qui travaille sous un régime aspirant. L'air frais, venant du puits N°:3, passe par la galerie principale du niveau 692, la recoupe, la descenderie de passage, ensuite la galerie de scrapage du bloc et baigne les chambres en exploitation.

La quantité d'air prévue, au niveau 692, est de  $39\text{m}^3/\text{s}$ , elle est divisée en deux parties: une partie de  $26\text{m}^3/\text{s}$  pour le faisceau inférieur (couches N°:3, 15, 17, 20; et 21) et l'autre partie de  $13\text{m}^3/\text{s}$  pour le faisceau supérieur (couches N°:8 et 10).

Ce partage se fait à l'aide des portes de régulations d'air installées aux niveaux 835 et 775.

L'aéragé de la salle de pompage se fait à l'aide d'un ventilateur secondaire installé à côté du puits au niveau 682.

Enfin l'air vicié sort au niveau 775 où il se mélange au courant global et sort par le puits N°:I, en passant par les niveaux 835 et 905m.

La vitesse d'air minimale est de l'ordre de 0,5m/s et maximale de 8m/s.

La production en minerai est assurée par le système d'exploitation "chambres et piliers", menée actuellement au niveau 692m.

Le minerai extrait, est traité dans la laverie, située à proximité du puits d'extraction. La capacité annuelle projetée du complexe minière est de l'ordre 150.000 tonnes de minerai.

#### 8°I.I.) Différentes excavations appliquées à la mine

Parmi ces excavations principales, on distingue comme suit:

##### 8°I.I.I) Ouvrages verticaux:

- Puits N°:I: c'est un puits d'aéragé de forme circulaire parmi ses caractéristiques techniques on a:

= diamètre de la section claire.....3,4m.

- = diamètre de la section d'avancement.....4m.
- = section claire.....9,07m.
- = type de soutènement.....betonnage(MI50)
- = épaisseur du soutènement treuil.....300m.
- = récipient d'extraction: treuil électrique.
- = équipement: treuil électrique et un ventilateur type I60.52.I2.

H.O.M. (aspirant).

- Puits N°:3: c'est un puits d'extraction de forme circulaire parmi ses caractéristiques techniques:

- = diamètre de la section.....4m.
- = diamètre de la section d'avancement.....17,44m<sup>2</sup>.
- = type de soutènement.....betonnage (M I50)
- = épaisseur du soutènement.....300m
- = récipient d'extraction: machine d'extraction avec skip et skip-cage.

#### 8.I.I.2) Ouvrages horizontaux

##### /// Travers-bancs ou galeries principales:

Ont une longueur de 645m et une section transversale de 7m<sup>2</sup> chacun  
(voir fig. I2)

##### /// Recette:

Sa longueur est de 60m et sa section transversale moyenne est de 16m<sup>2</sup>

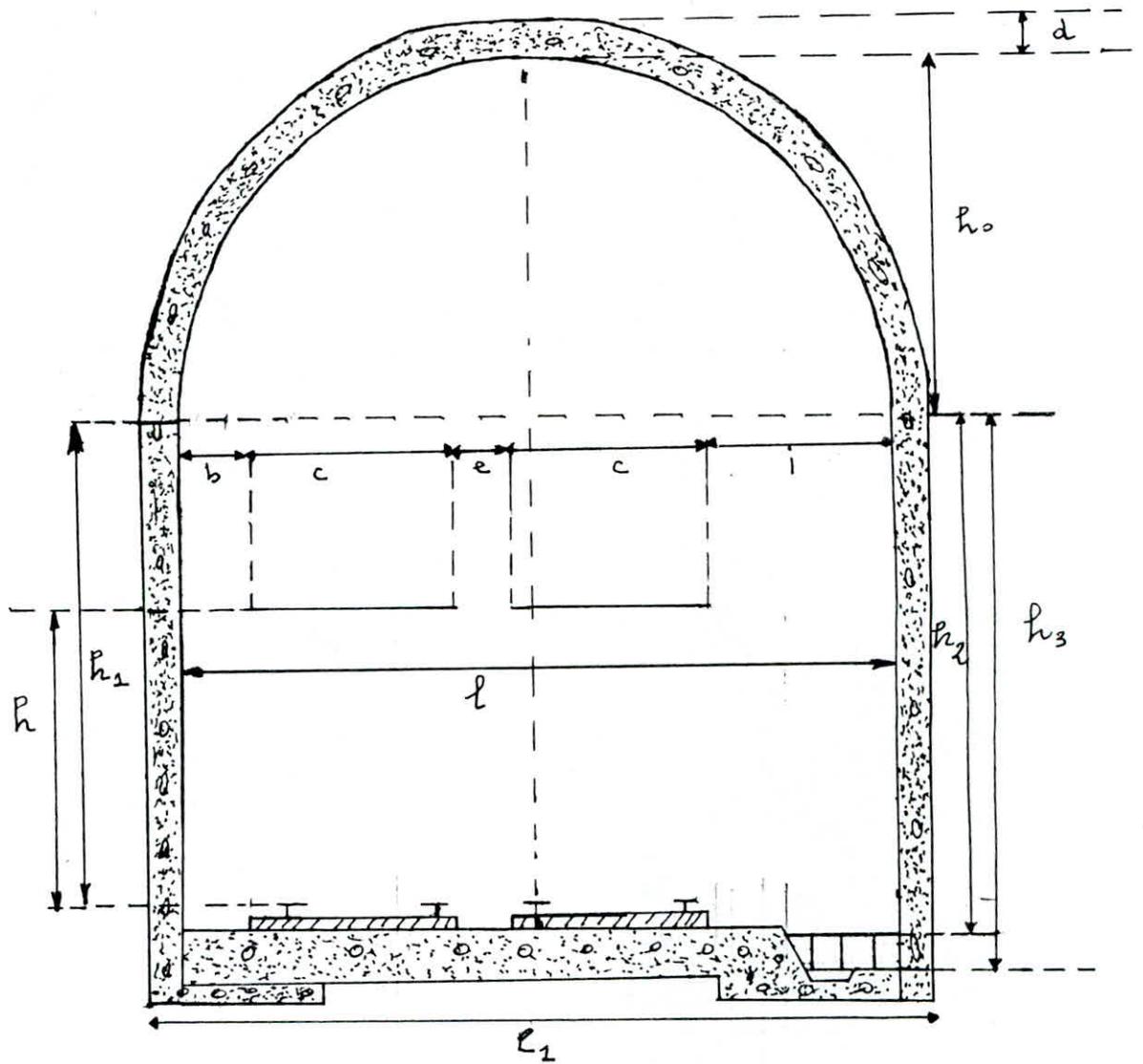


FIG.12 Schéma d'un Travers-banc en forme de voûte

/// Vérification de la section transversale utile d'un travers-banc d'après les lois de sécurité:

$b = 25\text{cm}$ : distance entre le soutènement et les wagons

$i = 70\text{cm}$ : distance entre le soutènement et les wagons pour le passage du personnel.

$e = 20\text{cm}$ : distance entre les deux wagons.

$c = 76\text{cm}$ : la largeur des wagons.

$h_I = 180\text{cm}$ : la hauteur du pied droit.

$h_2 = h_I + 15 = 180 + 15 = 195\text{cm}$ .

$h_3 = h_2 + 15 = 195 + 15 = 210\text{cm}$ .

$h$ -hauteur des wagons telle que  $h = 111\text{cm}$ .

$l = b + 2c + e + i = 25 + 2 \times 76 + 20 + 70 = 267\text{cm}$ .

$l$ : la largeur claire d'un travers-banc.

$h_0$ - hauteur de la voûte telle  $h_0 = \frac{l}{3} = \frac{267}{3} = 89\text{cm}$

Déterminons la surface  $S_u$  utile de la section d'un travers-banc.

Cette surface se compose de la surface  $S_0$  de la voûte:

$$S_0 = 0,26 l^2$$

et de la surface de la partie rectangulaire de la section transversale c'est à dire:

$$S_u = h_I l + 0,26 l^2 = (h_I + 0,26 l) l; \text{ m}^2$$

$$S_u = (1,8 + 0,26 \times 2,67) \times 2,67 = 6,66 \text{m}^2.$$

On admet:  $S_u = 7 \text{m}^2$ .

8.1.2) Dimensions des wagons basculants utilisés à la mine de Kherzet Youssef

Le chargement du minerai se fait dans des wagons de capacité de  $0,5m^3$ . Ces derniers servent à transporter le minerai abattu dans des galeries horizontales jusqu'à la chambre de dosage. Le déchargement du minerai abattu se fait dans des tremies qui permettent, par voie de gravitation, le chargement du skip. Après le chargement de ce dernier, il est acheminé ensuite vers la surface. Le wagon WM 0,5 est commode pour un travail sur rails dont la distance entre les rails est de 760mm, (voir fig. I3).

Caractéristiques techniques des wagons WM 0,5:

- type basculants
- capacité..... $0,5m^3$
- longueur.....1370mm
- largeur.....760mm
- hauteur.....1110mm
- poids du wagon.....486kg
- poids du wagon chargé avec  $0,5m^3$  de minerai.....1500kg

8.2) Les variantes différentes qui ont été étudiées pour l'ouverture du gisement.

Au cours de la réalisation du projet; deux variantes ont été

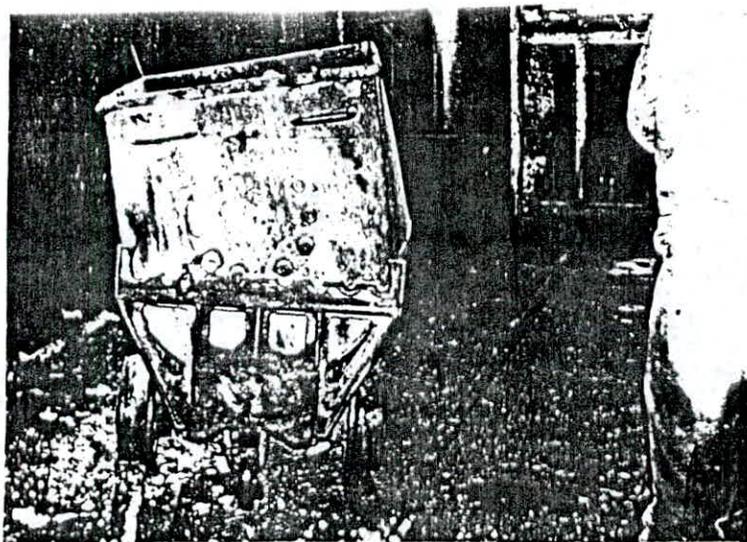


Fig. 43 Wagon minier -WM 0,5.

étudiées pour l'ouverture du gisement à savoir:

■ la variante des puits verticaux (fig. I4.a)

■ la variante des puits inclinés (fig. I4.b)

Le choix a été porté sur la première variante (a) et qui est en fonctions de plusieurs paramètres:

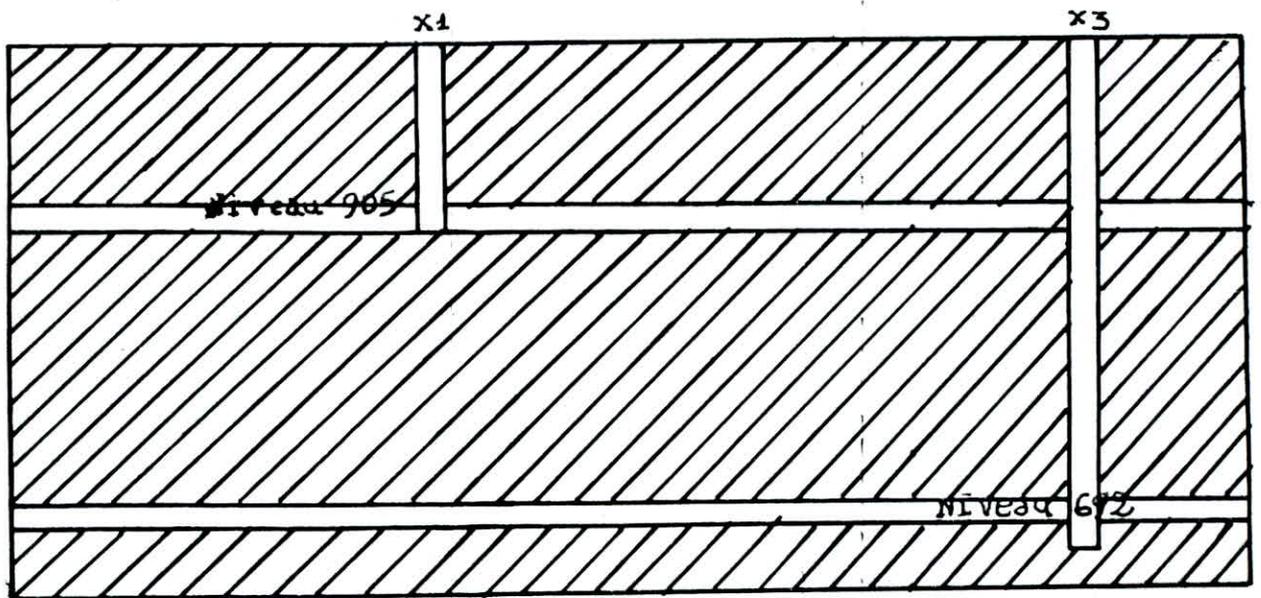
- les conditions hydrogéologiques sont trop compliquées et lourdes afin d'éviter les différentes venues d'eau;
- la longueur totale des puits est relativement réduite par rapport à celle de la deuxième variante (6);

Cette variante est plus rapide pour découvrir le gisement.

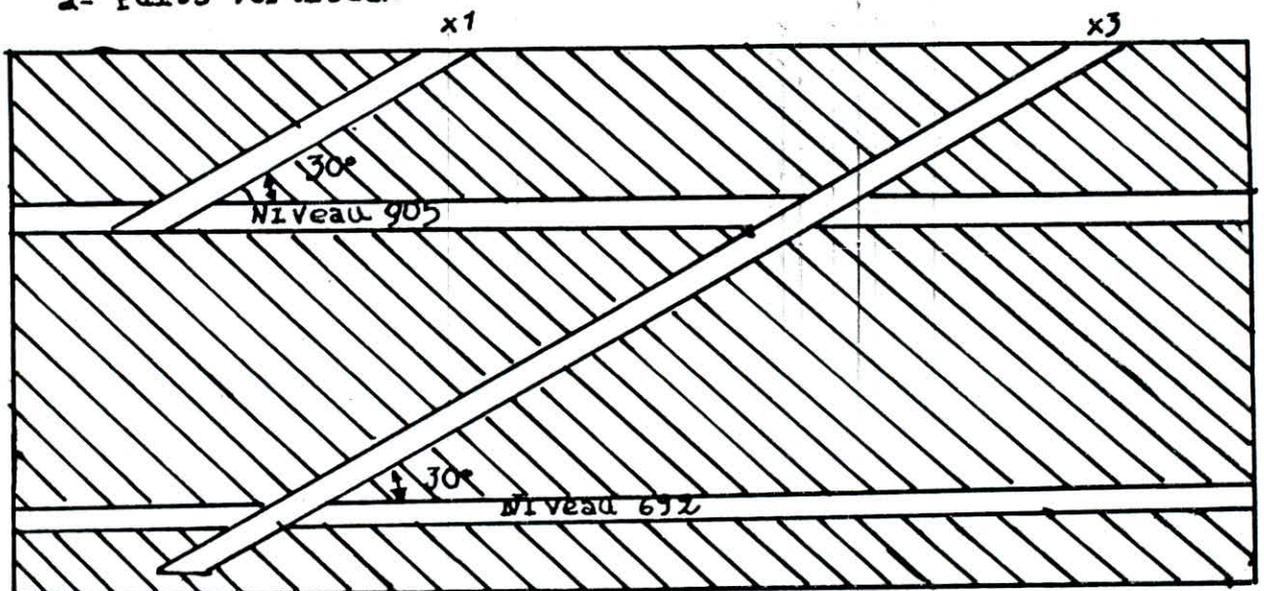
- Le transport le long des puits verticaux se fait de façon continu et plus facile que celui de l'autre variante.

Ainsi, on peut faire transporter dans les skips en surface, un maximum. De tout-venant en un minimum de temps.

- le volume des puits verticaux serait réduit par rapport à celui des puits inclinés et par conséquent la quantité de béton utilisée pour le soutènement serait minimale.
- enfin, l'évacuation du personnel est plus facile dans le cas des puits verticaux que dans les cas des puits inclinés.



a- Puits verticaux



b- Puits inclinés

Fig. 14

## 9) Exploitation

### 9.I) Méthode et mode d'exploitation

Compte tenu des conditions géologiques et minières, c'est le système de "chambres et piliers" qui est appliqué pour l'exploitation, avec des piliers discontinus et la création de fenêtres entre les chambres. Les paramètres constructifs du système ont été effectués sur la base des propriétés physico-mécaniques du massif.

Celle-ci ont été déterminées par l'application des méthodes universellement connues dans les conditions de laboratoire et naturelles. Sur la base de ces données et en prenant en considération l'évolution visuelle du massif (minéral, intercalation marneuse, dolomies, calcaires dolomitiques...), ont été déterminés les paramètres constructifs suivants:

- largeur de la chambre.....6m
- largeur des piliers.....3m
- longueur du pilier (en amont).....6m
- distance entre les piliers (en amont)..4m
- hauteur des piliers=puissance du banc minéralisé
- longueur de la chambre environ.....60m.

A cause de la présence d'intercalation marno-argileuse au toit et au mur des couches minéralisées et dans le but d'augmenter la cohésion dans les contacts, on utilise des piliers rectangulaires. Compte tenu des travaux réalisés jusqu'à présent, on a constaté qu'il est plus rationnel de faire le traçage des chambres dans les blocs avec une largeur de 4m (1m d'un côté et 3m de l'autre à partir de l'axe).

Si le toit est stable, le traçage de la chambre peut s'effectuer avec une largeur de 6m.

Une fois le percement de la chambre est réalisé, on procède à un élargissement de 2m (par secteur d'une longueur de 10m) de haut en bas. Cette manière de réaliser les travaux miniers nous assure une plus grande stabilité du toit dans les chambres.

#### 9.2) Conditions technico-minières d'exploitation (voir fig. 15)

Lors du percement des chambres, il est obligatoire de suivre le contact supérieur de la couche, car au contraire, il se produirait un décollement de la couche abandonnée suite à l'humectation de la couche argileuse.

Lors du traçage des ouvrages verticaux (cheminées), il est nécessaire de faire attention au comportement du front de taille, à

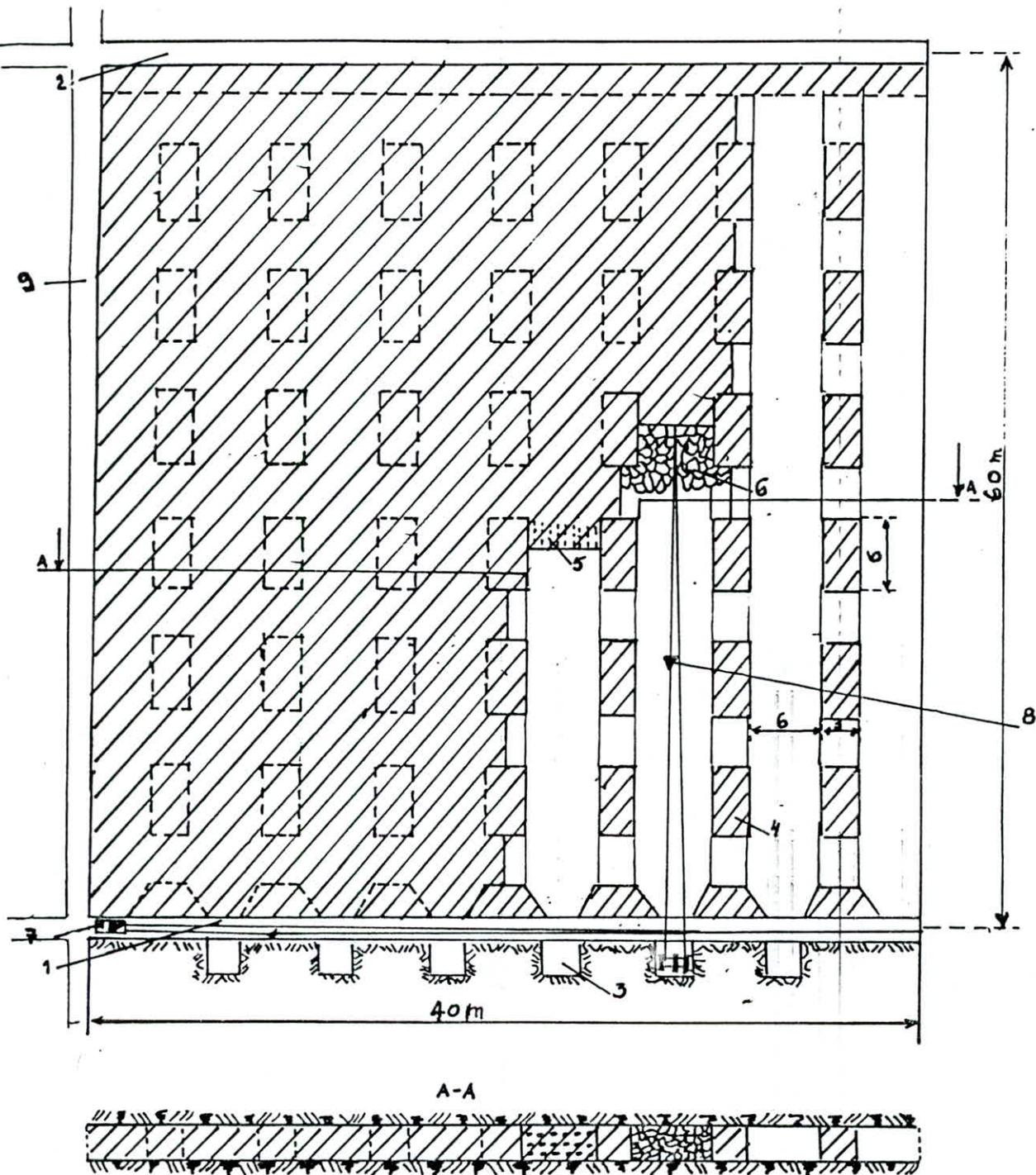


Fig. 15 Schéma de la méthode d'exploitation par chambres et piliers.  
Echelle 1/500.

- 1- Galerie de scrapage
- 2- Galerie d'aérage
- 3- Niches de raclage
- 4- Piliers
- 5- Trous de mine
- 6- Minerai abattu
- 7- Cheminée
- 8- Scraper.
- 9- Descendrie

cause des intercalations argileuses des roches.

Chaque cycle amorcera un avancement de 1,20 à 1,40m. Cet avancement ne correspond pas toujours à la puissance des couches (différents). Lorsque le contact d'une couche avec une couche supérieure est argileux et en présence de grandes fissurations; il ya danger décollement. c'Est pourquoi, on doit contrôler très souvent la partie supérieure de la couche.

### 9.3) Technologie d'abattage

Chaque couche minéralisée est découpée en bloc d'exploitation comportant le numéro de la couche suivi du bloc, B 20-8 qui signifie 8° bloc de la couche 20. La numération croissante des blocs se fait de haut en bas et d'ouest en est. Le développement des travaux d'abattage pour chaque bloc se fait à partir de la galerie de scrappage. Le pilier étant de 6m. de longueur en amont, on utilise des fenêtres de 4m de longueur et de hauteur égale à la puissance du minerai type "caverneux" de manière à laisser une hauteur de 0,80m au minimum dans la partie inférieure de la fenêtre. Les fenêtres sont percées à partir de deux chambres voisines, pour cela on utilise de l'explosif dans les trous de 1,40m de profondeur. Dans tous les cas, le toit des chambres, soit les calcaires au toit de

la couche minéralisée qui restent intactes, soit l'intercalation marneuse qui est abattue avec le minerai.

#### 9.4) Technologie des travaux de tir

La foration des trous de mine est effectuée au moyen de marteaux perforateur de type PR 27 montés sur des supports pneumatiques, avec une pression de service normale de  $815\text{kg/cm}^2$  et de puissance de  $2,36\text{kW}$ . Et des fleurets en acier de diamètre 22mm ou monobloc de diamètre 40mm.

Dans la chambre avec une largeur de 4m on fore 28 trous et on effectue le tir avec une consommation spécifique d'explosif de  $2,04\text{kg/m}^3$ .

Dans la chambre avec une largeur de 6m on forera 41 trous et on effectuera le tir avec une consommation spécifique d'explosif de  $2,01\text{kg/m}^3$ .

Dans la chambre avec une section de  $6\text{m}^2$  on fore 23 trous et on effectue le tir avec une consommation spécifique d'explosif de  $2,22\text{kg/m}^3$ .

Dans la galerie de section de  $4\text{m}^2$  on fore 17 trous et on effectue le tir avec une consommation spécifique d'explosif de  $2,39\text{kg/m}^3$ .

Dans la chambre avec un élargissement de 10m on fore 56 trous et on effectuera le tir avec une consommation spécifique d'explosif de  $1,83\text{kg/m}^3$ .

l'Explosif utilisé est du type généralite.

La longueur des trous de mine est de 1,5m et le diamètre des trous est de 24 à 42mm.

La charge de la taille d'abattage s'effectue après la foration des trous de mine, et avant la fin de poste de travail.

Le tir est réalisé à l'aide de détonateur électrique à action seconde.

l'Amorçage des détonateur se fait par inducteur et par ligne de tir; à une distance hors danger. Pour atteindre une efficacité maximale des travaux de tir lors du creusement des travers-bancs, on a choisi comme bouchon de tir, le bouchon horizontal en coin (fig. 16).

Vu que les couches ont un faible pendage. Le coefficient de l'influence des travaux de tir est de 0,9.

#### 9.5) Paramètres technico-économiques

Au début de l'année 1990, le complexe minier de Kherzet-Youssef doit réaliser les rendements de travail conformes au plan d'exploitation. Ces rendements sont déterminés à la base de la répartition du personnel prévu dans les travaux d'abattage et dans les travaux préparatoires selon les deux tableaux suivantes:

TRAVAUX DE TIR LORS DE CREUSEMENT  
DES TRAVERS-BANCS A U NIVEL  
692 m.

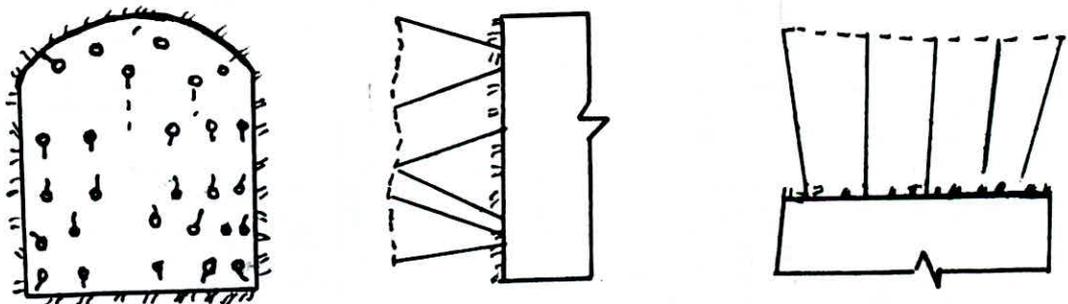


FIG 16

Tableau N° 2: rendement de travail sur la production de minerai

| Productivité                   | Tonne de minerai H/P |       | m <sup>3</sup> par H/P |      |
|--------------------------------|----------------------|-------|------------------------|------|
|                                | 1987                 | 1990  | 1987                   | 1990 |
| par travailleur d'abattage     | 13,73                | 13,87 | 4,53                   | 4,47 |
| par travailleur fond           | 4,02                 | 4,06  | 1,30                   | 1,32 |
| par travailleur d'exploitation | 3,23                 | 3,26  | 1,05                   | 1,06 |
| par travailleur mine           | 2,97                 | 3,00  | 0,96                   | 0,97 |

Tableau N° 3: rendement de travail sur les travaux préparatoires

| Productivité                   | m/linéaire (H/P) |       | m <sup>3</sup> par H/P |      |
|--------------------------------|------------------|-------|------------------------|------|
|                                | 1987             | 1990  | 1987                   | 1990 |
| par travailleur d'abattage     | 0,418            | 0,422 | 2,31                   | 2,34 |
| par travailleur de fond        | 0,199            | 0,196 | 1,06                   | 1,07 |
| par travailleur d'exploitation | 0,148            | 1,50  | 0,81                   | 0,82 |
| par travailleur de mine        | 0,123            | 0,125 | 0,69                   | 0,70 |

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

l'Application de la méthode d'exploitation par chambres et piliers, en minerai, au niveau de la mine de Kherzet-Youssef donnera satisfaction dans beaucoup de cas , mais cependant présentera certains désavantages:

- le pourcentage des pertes en minerai est considérable, voisin de 30%.
- les travaux préparatoires sont trop grands.
- le taux de salissage du minerai est élevée 13%.

10) Mesures de sécurité:

10.1) Mesures de sécurité et de prévention aux avaries

1) En cas de panne d'électricité sur les deux lignes et des quatre groupes électrogènes: après l'évacuation des ouvriers, il faut immédiatement fermer les portes hermetiques et les vannes des tuyaux d'échappement au niveau 775 et 682 aux chambres de pompage.

2) En cas d'irruption d'eau en grande quantité au niveau 692: évacuation des ouvriers et fermeture des portes hermetiques et les vannes des tuyaux d'échappement.

10.1.1) Plan d'action en cas d'avarie de l'exhaure

A) Avant le démarrage de la nouvelle station de pompage au N 682

1) En cas de coupure d'énergie de la ligne d'arrivée de Sétif: il faut brancher sur la ligne de secours d'Ain Oulmène. En cas de coupure de deux lignes: démarrer les groupes électrogènes, et assurer en priorité les besoins de l'exhaure.

2) En cas, où une seule pompe principale est opérationnelle à cause de panne intervenues sur les vannes: démarrage au niveau 775 de la pompe 8 MC et deux pompes immergées afin de garder le niveau de l'eau jusqu'à l'élimination de la panne.

3) En cas de manque de tension opérationnelle; branchement de l'alimentation de réserve.

4) En cas de panne sur les câbles d'alimentation des groupes principales: opérer avec l'exhaure de secours ( $450\text{m}^3/\text{h}$ ) jusqu'à élimination de la panne. Le débit supérieur de  $450\text{m}^3/\text{h}$  est retenu par la porte hermetique.

B) Après le démarrage de la station principale de pompage au N 682

I) Lors d'un arrêt de la station provoquée par une avarie: l'eau du niveau 775 est déviée sur les albraques au niveau 682.

2) Les venues d'eau éventuelles au niveau 692 sont refoulées au niveau 775 à l'aide de deux pompes BS 2400 dans le puisard et de deux pompes immergées "Ritz" d'une capacité totale de  $720-760\text{m}^3/\text{h}$ . Les pompes Ritz et de BS 2400 au niveau 682 sont alimentées en énergie électrique à partir du niveau 775.

IO.2) Plan d'action à effectuer en cas d'avaries:

IO.2.I) En cas d'incendie:

- En cas d'incendie, le ventilateur doit être immédiatement arrêté
- Les ouvriers doivent sortir par le puits N° I, profitant des sorties de secours aux niveaux 692, 835, et 775.
- Les responsables pour l'évacuation des ouvriers sont: le chef de quartier et les chefs de postes.

## 10.2.2) Cas d'inondation au niveau 692

Pour que la mine soit assurée contre l'inondation, il faut réaliser ce qui suit:

1) si au cours de l'exécution des travaux miniers à partir d'une caverne, fissure, ou trous de tir, jaillie de l'eau sous une haute pression, ils doivent arrêter les travaux de tir.

Le chef de poste doit informer immédiatement l'hydrogéologue de mine et le chef d'exploitation. L'Exécution ultérieure des travaux miniers se font d'après les instructions des deux spécialistes ci-haut mentionnés.

2) si le chef de poste n'a pas de possibilité d'informer les deux spécialistes et prend des décisions à entamer les travaux de tir (ce qui n'est pas à recommander), il est obligé d'exécuter les travaux suivants:

a) il doit s'informer auprès des pompistes sur l'état des pompes au niveau 775, si toutes les pompes sont en bon état de fonctionnement.

- le chef de poste doit aviser les pompistes qui attendent une grande quantité d'eau après les travaux de tir.

- les pompistes de leur part doivent être prêt à fermer la porte

de la salle de pompage.

b) il doit démonter l'anneau de la voie de rails se trouvant sous la porte hermetique au niveau 692 et la fermer après avoir été convaincu préalablement que la porte est bien collée au joint du carreau. Il doit bien serrer les boulons de fermeture de la porte.

c) Il doit se convaincre que les vannes des eaux 692, 835 et 775 qui passent par les carreaux de la porte sont ouvertes. si les vannes sont fermées, il doit les ouvrir et les laisser ouvertes.

d) avant d'effectuer les travaux de tir, il doit fermer la porte après avoir été convaincu que derrière la porte, il n'ya pas d'ouvriers.

e) effectuer les tirs dans un lieu absolument sûr et protégé.

Après l'exécution de ces travaux préparatoires le front de taille peut être tiré. Le chef de poste est obligé, une heure après le tir de vérifier, quelle est l'état de la porte et si elle se trouve sous pression. Si c'est le cas il est interdit de l'ouvrir. Si la porte ne l'est, il doit informer le chef de poste que la porte est fermée et de lui expliquer les causes qui s'imposaient à la fermeture de la porte. Le chef de poste est obligé d'ouvrir la porte après avoir attendu 30 à 40 mns pour que le front de taille se ventille et alors il peut commencer le travail.

- B) PARTIE SPECIALE

I) Renseignement sur l'état existant concernant les travaux d'exploitation réalisées aux niveaux 835 et 775 à partir du niveau 905m

I. Caractéristiques techniques et d'exploitation de la mine à partir du niveau 905 jusqu'au niveau 775.

I.I) Généralités:

Le complexe minier de Kherzet Youssef se situe à proximité du village d'Ain-Azel, à environ 50km de la ville de Sétif. Le gisement est un gisement plombo-zincifère, qui est ouvert en profondeur à l'aide d'un puits vertical N° 3. Ainsi sont aménagés deux niveaux d'exploitation à savoir niveau 835 et niveau 775.

La production en minerai est assurée par le système d'exploitation "chambres et piliers", entièrement achevée au niveau 775.

La capacité annuelle du complexe minier au niveau 775, était de l'ordre 100.000 tonnes de minerai tout-venant.

Le gisement étant reconnu jusqu'au niveau 415m, décèle des réserves géologiques entre les niveaux 775 et 415, comme suit:

- catégorie C1+C2; 3.005.675 tonnes d'une teneur en zinc 10,39%, et en plomb 1,99%, y compris la catégorie C1-2.255.347 tonnes, d'une teneur en zinc 10,29% et en plomb 1,81%.

Les conditions hydrogéologiques du gisement sont assez compliquées et ceci pour la raison qu'il est déposé entre deux formations géologiques; à savoir: le Barrémien-formée par des calcaires marnes, argiles et dolomies et le Néogéon-formé par des grés, conglomérats et argiles.

Les deux formations géologiques précitées, sont séparées l'une de l'autre par la faille principale de Kerzet-Youssef et sont liées entre elles par des failles secondaires.

La venue d'eau au fond de la mine et précisément à partir du niveau 775 est évoluée à  $465\text{m}^3/\text{h}$ , tandis que la venue d'eau par différents niveaux démontre les valeurs suivantes:

- niveau 715..... $595,9\text{m}^3/\text{h}$
- niveau 655..... $700,0\text{m}^3/\text{h}$
- niveau 535..... $828,2\text{m}^3/\text{h}$
- niveau 475..... $851,0\text{m}^3/\text{h}$
- niveau 415..... $870,0\text{m}^3/\text{h}$

#### I°2) Caractéristiques techniques du puits existant N° 3

- diamètre de la section claire.....3400mm
- diamètre de la section d'avancement...4000mm
- section claire..... $9,07\text{m}^2$
- type de soutènement.....bétonnage
- épaisseur du soutènement.....300mm

- armement: moises métalliques en fer profilé C I8, mises en place tous les 2,5m, ainsi que des guidages en bois I60/I40mm

- côté d'embouchure du puits.....993,5m

- côté du I niveau d'exploitation.....835m

- côté du II niveau d'exploitation.....775m

- profondeur du puisard en aval du puits.....20m

- chevalement-métallique d'une hauteur claire.....17,50m

- récipients d'extraction- deux cages à deux étages chacune, avec un wagon pour chaque étages de capacité  $0,5m^3$ .

- poids de la cage vide.....2200kg

- wagon: ces caractéristiques techniques sont les suivantes:

a) type-basculant

b) capacité..... $0,5m^3$

c) longueur.....1370mm

d) largeur.....760mm

e) hauteur.....1110mm

f) poids.....486kg

g) poids du wagon chargé avec  $0,5m^3$  du minerai.....1,5 tonnes

Treuil d'extraction- à deux tambours, monté au jour:

a) nombre des tambours.....2

b) largeur du tambour.....1200mm

- c) diamètre du tambour.....3000mm
- d) puissance du moteur.....480cV
- e) tension d'alimentation du moteur.....360 V

Cables d'extractions

- a) diamètre.....27mm
- b) noyau.....ORGANIQUE
- c) effort sommaire de rupture.....F= 67.900kg
- d) poids du mètre linéaire.....P= 2,641kg/m

- conduites d'exhaure:

- a) diamètre.....300mm
- b) nombre.....2(de service et de secours)

- conduites d'air.....219mm

- conduites d'eau.....77mm

- conduites d'évacuation d'eau pour l'exhaure de secours

- a) diamètre.....219mm

- b) nombre.....2(de service et de secours)

- cables électriques

- a) cables force 6kV- pour l'alimentation des groupes de pompages et des transformateurs miniers.

- b) tension 380V- pour l'alimentation des groupes de pompages

e) signalisation dans le puits et automatisation des groupes de pompages.

### I.3) Exhaure minière (voir fig. I9)

L'Exhaure minière a été assurée d'après deux schémas indépendants à savoir schéma de service et schéma de secours.

a) le schéma de service a été constitué par le complexe d'exhaure qui était aménagé au niveau 775, à partir duquel et l'aide des pompes, l'eau a été évacuée vers le jour (N 994).

b) le schéma de secours a été composé de deux paliers de pompages où ont été mise en service des pompes immergées. L'Eau provenant du puisard du puits a été amenée à l'albraque aménagé au niveau 835. d'Ici, également à l'aide de pompes immergées, l'eau a été refoulée vers la surface.

L'albraque au niveau 835 et les albraques au niveau 775 ont été reliées par une conduite.

#### I.3.1) Caractéristiques techniques du complexe d'exhaure au niveau

##### 775

- Capacité des albraques-  $1800\text{m}^3$ , assurant l'évacuation d'une venue d'eau durant 4 heures.
- Chambre de pompages équipée de 3 pompes, dont une en service,

une de secours et une en état de réparation.

- capacité d'une pompe.....540m<sup>3</sup>/h
- puissance du moteur d'une pompe.....560kW
- tension d'alimentation.....6000V
- commande des groupes de pompes-à distances à partir du jour.

#### I.4) Recette aux niveaux 835 et 775 bilatérales

Equipée de dispositifs d'échange de wagons.

#### II) Solutions techniques principales adoptées pour le fonçages du puits existant N°3

Les solutions techniques ont été réalisées en vue d'assurer l'extension de la mine de Kherzet-Youssef en profondeur à partir du niveau 775 jusqu'au niveau 672.

Le but de cette extension, est d'exploiter le gisement dont la production annuelle observée au niveau 692m est de l'ordre de 150.000 tonnes de minerai tout-venant.

Ces solutions techniques sont réparties comme suit:

##### I°/ Approfondissement, armement et équipement du puits N°3

(voir fig. I7 et I8)

Le puits existant N°3 a été approfondi de 83m à partir du niveau 775 jusqu'à l'ouverture du niveau 672m.

Ce puits possède les caractéristiques techniques, comme suit:



|    |                |                                          |          |            |        |
|----|----------------|------------------------------------------|----------|------------|--------|
| 10 | -              | GUIDE 160/140                            | -        | -          | -      |
| 9  | -              | ETRIES POUR TUBES D'AERAGE $\phi$ 600 mm | -        | -          | -      |
| 8  | -              | TUBES D'AERAGE $\phi$ 600 mm             | -        | -          | -      |
| 7  | K-01-01-04     | MOISE                                    | 6        | 58         | 348    |
| 6  | K-01-01-03     | MOISE                                    | 6        | 85         | 510    |
| 5  | PA-09-06-03-00 | ESCALIER.                                | 5        | 57,0       | 285    |
| 4  | K-01-01-02     | GRILLE                                   | 5        | 56,0       | 280    |
| 3  | K-01-01-02     | GRILLE                                   | 10       | 50,27      | 502,7  |
| 2  | PA-09-06-02-00 | PLATE - FORME II                         | 3        | 124,12     | 372,36 |
| 1  | PA-09-06-01-00 | PLATE - FORME I                          | 3        | 124,12     | 372,36 |
| N° | DESIGNATION    | DENOMINATION                             | QUANTITE | UNITE      | TOTALE |
|    |                |                                          |          | MASSE (Kg) |        |

" MINE DE KHERZET YOUSSEF "

COUPE TRANSVERSALE des puits N°3  
DU NIVEAU 771<sup>91</sup> AU NIVEAU 756<sup>91</sup>

ECHELLE : 1:25

FIG 17 (suite)

- diamètre claire.....4m
- diamètre de la section d'avancement..4,6m
- section claire.....12,56m<sup>2</sup>
- section d'avancement.....17,44m<sup>2</sup>
- type de soutènement.....bétonnage (M 150)
- épaisseur du soutènement.....300mm
- récipient d'extraction- machine d'extraction avec skip et skip-  
cage.
- aux niveaux 692, 712, 678 et 682 ont été foncés et bétonnés des  
connexions bilatérales avec chambres de dosage, pour la liaison  
du puits avec les nouvelles recettes et le complexe d'exhaure.
- l'armement du puits à été réalisé par des moises métalliques,  
grillages, passerelles et échelles pour le passage du personnel,  
ainsi que des guidages en bois de dimensions 160/140 et de lon-  
gueur de 6m.

Les moises sont confectionnées en fer profilé [20. et [18.

Les passerelles pour le passage du personnel sont également en  
fer profilé [12.

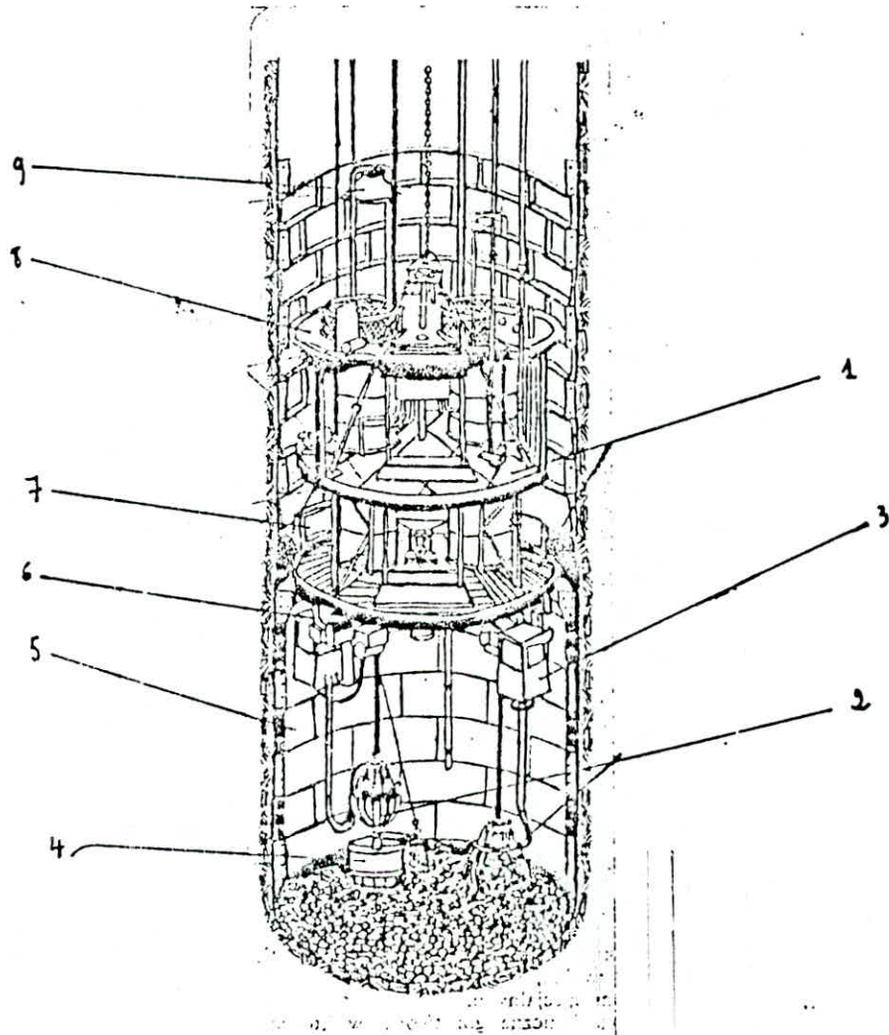
Ces passerelles ont été disposées tout les 3 mètres, le long du  
puits. Le puits est équipé avec les conduites suivantes:

- conduites d'exhaure
- diamètre.....426/400mm
- nombre.....2(de service et secours)
- conduites d'air comprimé, de diamètre 219mm, est installée du niveau 994 au niveau 775. Elle est descendue dans le compartiment de passage du personnel. Au niveau 775, elle s'est branchée au compartiment des conduites où elle suit son chemin jusqu'au niveau 692.
- conduite d'eau 89/76mm- une unité du niveau 775 au niveau 692m
- conduite de syphon de diamètre 426/400 du niveau 775 au niveau 678m.
- conduites d'exhaure auxiliaires- (02) unités de diamètre 219mm sont montées entre les niveaux 678 et 775. Pour la remontée et la descente des charges souterraines, ils ont choisi un câble du treuil ayant un diamètre de 34mm, d'une longueur utile de 370mm et un effort sommaire de rupture,  $F = 69.300\text{kg}$ .

2°) Matériel, équipement utilisés lors des travaux de l'approfondissement du puits existant et les différents types de travaux de fonçage réalisés à la mine (voir fig. 19)

a) coffrage métallique ayant les caractéristiques techniques suivantes:

FIG. 19 SCHEMA DE FONÇAGE du puits N°3



- 1. etages de travail
- 2. Bennes preneuse
- 3. Cabine de commande
- 4. Cuffat
- 5. Ecran coffrage

- 6. Monorail
- 7. Pose des element de cuvelage
- 8. Etage de securité
- 9. Eclairage

- diamètre.....4000mm

- hauteur.....2500mm

Ce coffrage métallique était suspendu à trois câbles métalliques de 34mm de diamètre reliés à trois treuils électriques de type LPM 10/800 placés à la surface.

b) palier de protection à deux étages:

Ce palier était suspendu à deux câbles de 34mm de diamètre reliés à deux treuils électriques de type LPE 5/500 placés à la surface.

c) palier intermédiaire au niveau 775m:

Pour le service, la cimentation, et l'exhaure du niveau 775m, ils ont établi un palier immobile en tôle.

d) matériel utilisé pour le chargement et l'extraction de déblais:

Le chargement des roches abattues a été réalisé à l'aide d'un chargeur grifère de type KC.3 suspendu par un câble métallique de 18mm de diamètre relié à un treuil fixé à l'étage inférieur du palier. Ils ont employé deux chargeurs: un chargeur en travail et l'autre en réserve.

L'Extraction de la roche abattue a été effectuée à l'aide d'un cuffat de 1,5m<sup>3</sup> de capacité.

La remontée de ce cuffat a été réalisée à l'aide d'un treuil électrique placé à la surface.

Le guidage de ce cuffat au dessus du palier de protection à été effectué par deux câbles métalliques.

Le déchargement de la roche abattue à été réalisé dans des Tremies de réception installés au jour.

Ils ont utilisé deux cuffats de chargement:

- un en chargement
- l'autre en circulation

e) équipement nécessaire pour l'exhaure:

La venue d'eau après les travaux de cimentation était de  $10\text{m}^3/\text{h}$ .

Pour l'évacuation de l'eau, ils ont employé l'équipement suivant: sur le premier étage du palier de protection, ont été installé un réservoir et une pompe centrifuge qui devait refouler l'eau au niveau 775'.

Du chantier jusqu'au réservoir, l'eau à été pompée par une pompe de marque "bibo-5", à une profondeur de 20m, le débit de l'eau pompée pouvait aller jusqu'au  $10\text{m}^3/\text{h}$

f) équipement nécessaire pour la réalisation de revêtement du puits existant:

La préparation du béton à été réalisée à l'aide d'une bétonnière disposée à la surface à proximité du puits.

De la surface jusqu'au coffrage, le béton à été amené dans le

tuyau de 66mm de diamètre.

Pour mieux amener du béton jusqu'au coffrage, ils ont installé un dispositif télescopique avec un flexible.

g) conduites d'air comprimé, d'exhaure, et d'injection d'eau:

- conduite d'air comprimé de 219mm de diamètre
- conduite d'eau de 89mm de diamètre
- 2 conduites d'exhaure de 219mm de diamètre chacune.

h) équipement nécessaire pour l'aérage:

pendant le fonçage du puits, ils ont installé un ventilateur de marque "CBM-6M" au niveau 775 afin d'éliminer rapidement du chantier des produits gazeux provenant des explosions des mines.

La durée de la ventilation du chantier était de 15 à 30mn.

Le système d'aérage assuré, était un système aspirant.

Les canons pour la ventilation du puits étaient en métalliques, ayant un diamètre 800mm.

i) équipement utilisé pour l'éclairage:

un bon éclairage était très important pour assurer un bon rendement et la sécurité des travaux.

Le chantier à été éclairé par des lampes spéciales muni de fortes réflecteurs.

Ces lampes étaient suspendues par des câbles spéciaux souples. Pour la commodité de la visite du puits et son équipement, ils ont installé tout les 40m; huit (08) ampoules électriques de 42 V chacune.

j) équipement nécessaire pour les travaux de tir.

La foration des trous de mine pendant l'approfondissement du puits N° 3 à été réalisée avec des marteaux perforateurs PR-27B et des fleurets de 2900mm de longueur et de diamètre 22mm.

L'Alimentation en air comprimé des marteaux perforateurs et en eau pour l'injection à été réalisé par un dispositif de distribution suspendu par un câble métallique relié à un treuil fixé sur le palier de protection.

Les marteaux perforateurs utilisés lors des travaux de forage étaient au nombre de six (06).

Le forage à été assuré par un système de forage à MOIO-percussion.

LORS des travaux de tir; l'explosif utilisé était du type généralite.

Le nombre de trous de mine étaient de 55 à 60.

Le diamètre du trou de mine était de 42 mm

Les cartouches utilisées avaient un diamètre de 30mm.

La quantité totale d'explosif consommée pendant tout l'approfondissement du puits, était de l'ordre 16253,375kg, y compris la

quantité d'explosif des connexions des recettes.

La disposition des trous de mine à été représentée d'après le schéma de tir donnée sur la fig. 20.

- vérification de la disposition des trous de mine d'après les lois de sécurité.

Pour un diamètre des cartouches de 30mm; on utilise trois cercles de trous (0,37D, 0,66D, 0,90D); et une proportion entre le nombre de trous est 1: 2: 3.

D: diamètre total du puits N° 3 tel que  $D = 4,6m$

Déterminons le diamètre de chaque des trois cercles en utilisant les formules empiriques précitées ci-dessus:

$$d_1 = 0,37 \times 4,6 = 1,70m =$$

$$d_2 = 0,66 \times 4,6 = 3,04m = 3m$$

$$d_3 = 0,93 \times 4,6 = 4,3m.$$

calculons ensuite le nombre de trous sur chaque des trois cercles, puisque le nombre totale de trous était de  $60 = N_t$ .

Nous obtenons ainsi:

$$N_I = \frac{N_t}{6} = 10 \times 1 = 10 \text{ trous } N_I: \text{ nombre de trous sur le premier cercle ayant un diamètre de } 1,7m$$

$$N_{II} = \frac{2N_t}{6} = 10 \times 2 = 20 \text{ trous } N_{II}: \text{ nombre de trous sur le deuxième cercle ayant un diamètre de } 3m$$

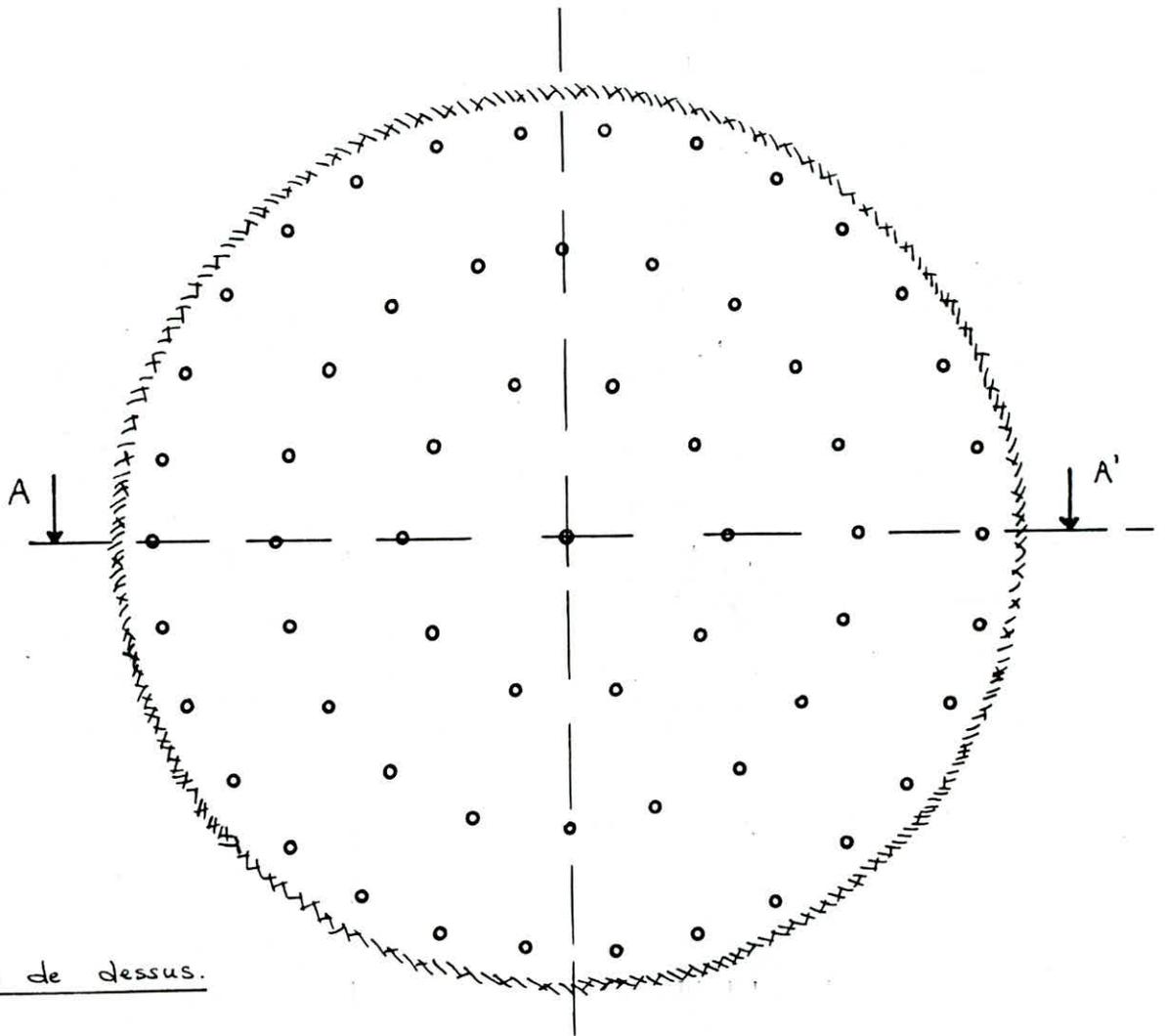
$N_{III} = \frac{3Nt}{6} = 10 \times 3 = 30$  trous NIII : nombre de trous sur le troisième cercle. ayant un diamètre de 4,3

Tous ces résultats des calculs obtenus sont réunis sous forme d'un schéma (voir fig. 20)

k) pour la préparation des travaux de fonçage, on a monté au jour des installations spéciales composée de:

- machine d'extraction
- tremie-récepteur
- treuil pour les câbles électriques
- treuil pour la pompe
- 03 treuils pour le coffrage
- 02 treuils pour la plate forme
- un treuil pour le montage
- un treuil pour le télescope
- un treuil pour l'installation de foration des trous mine

Tous ces installations sont représentées sur les schémas (voir fig. 21)



Vue de dessus.

Coupe A-A' :

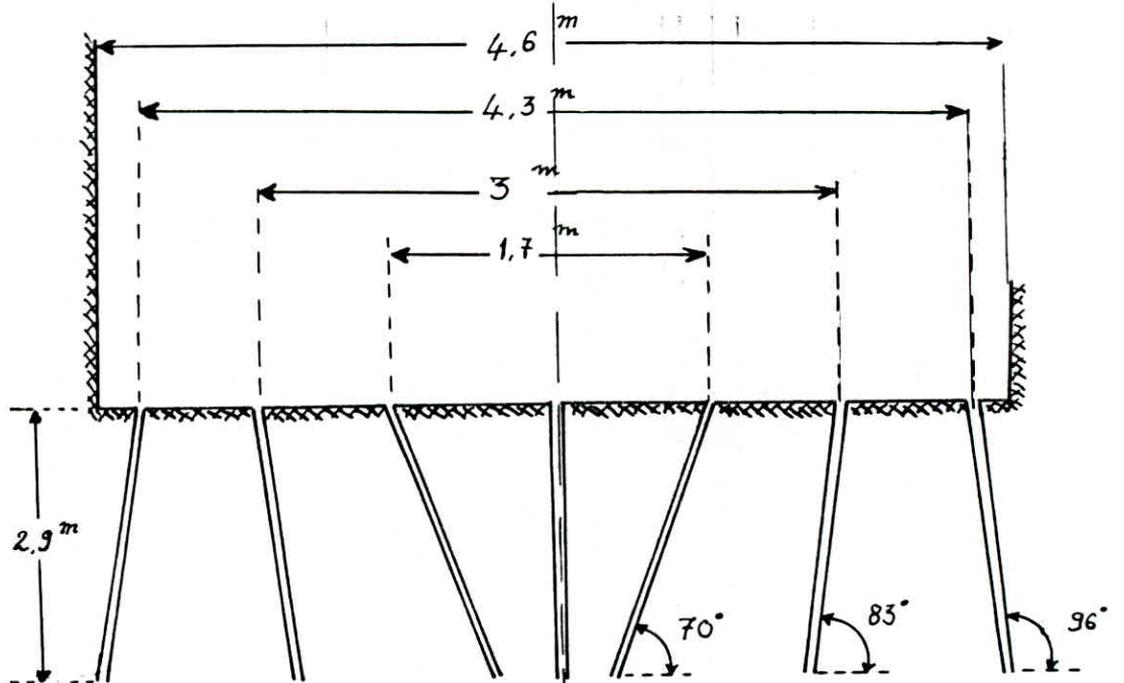


Fig.20: Disposition des trous de mine lors du fonçage du puit n° 3 de Kherget Youssef.

### 3°) Technologie et organisation de l'approfondissement du puits

#### N° 3

Le puits existant N° 3 à été approfondi d'après le schéma suivant:

- le fonçage à 4m suivi de bétonnage

après le fonçage et le bétonnage à raison de 20m, ils arrêtaient le travail de fonçage et ils faisaient la mise en place des moises, des guidages, compartiment des échelles et l'emplacement des conduites d'air comprimé, d'exhaure et l'eau.

Parallèlement à l'approfondissement du niveau 775m, ils exécutaient des travaux de cimentation, au fur et à mesure de l'approfondissement du puits, en arrivant aux niveaux 715, 692m où ont été creusées les connexions des recettes à une distance de 10m.

Après l'approfondissement du puits, l'armement et le démontage de l'équipement de fonçage; ils ont reconstruit l'extraction comme suit:

- 1) Aménagement de deux dosateur aux niveaux 715 et 692m
- 2) Réaménagement de chevalement pour l'extraction par skip.
- 3) Montage d'un skip- et skip-cage.

La préparation et l'exécution des travaux de constructions et de montage pour l'approfondissement, l'armement du puits ainsi que la reconstruction de l'extraction, ont été réparties en deux périodes

- 1<sup>er</sup> période: préparation du puits avec I durée de 4 mois
- 2<sup>ème</sup> période: approfondissement et travaux de montage avec une durée de 8 mois.

Pendant la période de préparation de fonçage du puits N° 3, ont été exécutés les travaux suivants:

I) Préparation du puits:

- installation et montage de l'équipement de fonçage;
- fonçage et bétonnage du puits jusqu'au niveau 735m;
- armement du puits du niveau 775 jusqu'au niveau 755.

Le temps nécessaire pour ces travaux demande un délai de 4 mois

2) Fonçage, bétonnage, armement et installation de l'équipement jusqu'au niveau 672m;

- creusement, bétonnage, connexions des recettes au niveau 692m
- démontage de l'équipement de fonçage pour l'exécution de tous ces travaux, il leur aura fallu 6 mois avec un avancement de 44m/mois.

3) Pour la reconstruction de l'extraction et le chevalement ils leur aura fallu I mois ✓

4) Pour les essais, réglage, et achèvement, cela a nécessité I mois.

Dans le planning de l'exécution des travaux, ils ont organisé 3 postes par jour (24h).

Le cyclogramme a été élaboré pour assurer un avancement de 44m du puits.

Ils ont réalisé un demi-cycle par jour pour 4m de fonçage et bétonnage suivant le schéma de fonçage adopté en série.

Pour l'armement du puits, ils ont réalisé 15 postes (5 jours).

Pour l'allongement des conduites et la descente de palier de protection, ils ont réalisé 9 postes (3 jours) (voir fig. tableau N°4)

#### 4°) Réaménagement du puits existant et technologie d'extraction

##### 4.1) Généralité

Le réaménagement du puits existant était destiné au remplacement des cages à deux étages avec un skip et un skip-cage, ainsi que l'exécution des modifications y afférentes sur la recette jour. Ils ont procédé également à un régarnissage des tambours du treuil d'extraction afin de mettre dans un seul rang la longueur augmentée du câble d'extraction.

Le remplacement des récipients d'extraction a été réalisé en vue de libérer de la place dans la section du puits et aménager un compartiment pour les conduites d'exhaure. Simultanément cette reconstruction permet tant la réduction des frais d'exploitation que l'augmentation du rendement de l'extraction.

##### 4.2) Réceptient d'extraction

###### a) Skip-cage

Construction métallique, exécuté en acier profilé et feuillard, destiné au transport du personnel et des matériaux. Le skip est monté au dessus de la cage, muni d'un dispositif de soutirage. Sa vanne-secteur est mise en service à l'aide d'un système à banne avec autofermeture. L'ensemble de la construction est supporté par la plate-forme supérieure, où se trouve le dispositif parachute.

Le skip-cage possède la caractéristique technique suivante:

- écartement entre les guidages.....I600mm
- cage pour wagon basculant.....BHP-0,5m<sup>3</sup>
- volume utile du skip.....I,5m<sup>3</sup>; soit 3t
- poids propre du skip-cage.....2200kg

b) Skip

La construction du skip est identique avec celle du skip-cage, mais en ce qui concerne sa largeur est réduite en vue de libérer la place pour le compartiment des conduites d'exhaure.

Les caractéristiques techniques du skip sont comme suit:

- écartement entre les guidages.....I600mm
- volume utile.....I,5m<sup>3</sup>; soit 3t
- poids propre du skip.....2200kg

Les descriptions techniques ci-dessus démontrent que la charge finale des récipients d'extraction sur le chevalement, le câble d'extraction et le treuil d'extraction reste inchangée.

L'Augmentation de la capacité utile des nouveaux récipients d'extraction était pour le compte du poids propre des wagons desservant l'extraction actuelle.

4.3) Reconstruction de la recette-jour

La reconstruction de la recette-jour était destinée en ce qui suit:

a) démontage des segments intermédiaires transversaux de la charpente du chevalement du côté de la Tremie de réception de minerai et renforcement équitable de la même.

Ils ont monté les segments intermédiaires entre les côtes 3<sup>20</sup> et 9<sup>60</sup> en vue d'assurer les ouvertures nécessaires à l'évacuation du minerai et du stérile extraits:

b) mise en place d'un équipement de déchargement du skip et notamment;

- courbe de déchargement avec supports pour la mise en fonctionnement automatique du système des barres de la vanne-secteur.

- goulotte de déchargement pour le minerai par laquelle ce dernier sous l'effet de son propre poids, sera amené dans la Tremie de réception. Afin de créer la possibilité pour une extraction par skips de stériles, il est prévu dans la goulotte, la mise en place d'un couvercle. Une fois ce couvercle ouvert, le stérile extrait sera acheminé dans la Tremie de stérile.

- Tremie de stérile.

Celle-ci est aménagée sous la goulotte de déchargement; étant munie d'une vanne-secteur avec entraînement pneumatique.

#### 4.4) Technologie d'extraction ( voir tableau N°5 )

Les recipients d'extraction ainsi adaptes permettent :

- a) l'extraction par skips du minerai ou de sterile.
- b) le transport par cage des materiaux et du personnel .

Lorsde l'extraction par skips.Ces derniers sont chargés au niveau correspondant a l'aide d'une tremie de dosage, dont le volume correspond au volume du skip. les tremies de dosage situées au dessous du niveau de la voie ferrée dans la chambre de dosage.

Une fois le skip arrêté au niveau déterminé pour le changement, la tremie de dosage remplie, à l'aide d'un dispositif d'entraînement pivote et tourne simultanément par rapport de son front.

Ainsi, le fond de la tremie obtient l'inclinaison nécessaire et le minerai ou bien le stérile, par voie de gravitation, se deverse dans le skip .

Après le changement de ce dernier, la tremie de dosage revient en position initiale pour un nouveau chargement avec minerai ou sterile, tandis que le skip est acheminé vers la surface .

L'eau et la boue, amenées ensemble avec le minerai dans la tremie de dosage, à travers les orifices au dosage, se versent dans la chambre doseuse, où suivant l'inclinaison de son fond collectées dans le puisard .

Rendement et cinématique de  
l'extraction par skips

---

Tableau N°5.

| N°d'ordre. | D é s i g n a t i o n                                       | .Unité.        | Quantité. |
|------------|-------------------------------------------------------------|----------------|-----------|
| I          | hauteur de l'extraction du N 692<br>au niveau 994           | m              | 302       |
| 2          | hauteur de l'extraction du N 994<br>à la recette            | m              | 10        |
| 3          | hauteur totale de l'extraction                              | m              | 312       |
| 4          | vitesse maximale des récipients<br>d'extraction (existante) | m/sec          | 4,5       |
| 5          | temps maximale pour le chargement<br>du skip                | sec            | jusqu'à60 |
| 6          | temps total d'un cycle d'extract.                           | sec            | 151       |
| 7          | nombre possible des cycles d'ex-<br>traction par heure      | h/h            | 24        |
| 8          | capacité utile du skip                                      | m <sup>3</sup> | 1,5       |
| 9          | rendement journalier                                        | t/h            | 714       |
| 10         | jours ouvrables par an                                      | n/an           | 210       |
| II         | rendement annuel de l'extract.                              | t/an           | 150000    |

Il est recommandé que le nettoyage de l'albraque se fasse à l'aide d'une pompe à piston.

Les mouvements de la Tremie doseuse sont commandés par le signali-  
ste au niveau correspondant.

Sont réalisés également les blocages nécessaires, ne permettent pas le mouvement des skips, lors du fonctionnement de la Tremie de dosage.

Dans le bâtiment du treuil d'extraction sont montées des signali-  
sations lumineuses, indiquant la position de la tremie doseuse.

Au jour; le minerai extrait par les skips se décharge automatique-  
ment et par la goulotte de déchargement sous l'effet de son propre  
se deverse dans la Tremie de réption existant, l'ouverture et la  
fermeture de la vanne se fait à l'aide d'un système de barres, qui  
est mis en fonctionnement par les courbes de déchargement, sous  
l'effet du mouvement du skip en ou en bas.

Au cas où le couvercle de la goulotte de déchargement est ouvert,  
le stérile, également sous l'effet de son propre poids, se deverse  
dans la Tremie de sterile.

Pour la desserte de l'extraction, il est effectué à la côte +9<sup>60</sup>.

La mise en place d'une plate forme, muni d'un tableau de signali-  
sation, d'où le signaliste au jour peut observer et collecter direc-  
tement le déchargement du minerai.

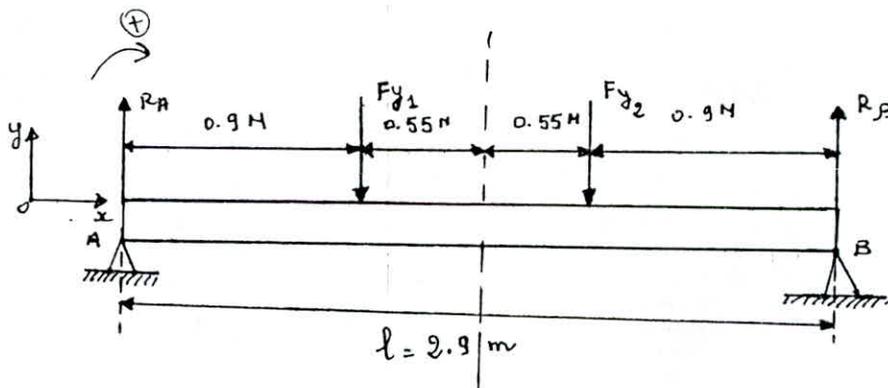
Vérification des contraintes maximales qui se produisent dans les moises et les guides adoptés pour l'armement du puits N°3

a) Moise en profilé CI80xI70

Le choix de cette moise dépend de la condition suivante:

$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{admissible}}$  - c'est-à-dire que les contraintes maximales qui se produisent dans cette moise doivent être moins grandes que les contraintes admissibles ( $\sigma_{\text{admissible}} = 12.000 \text{ N/cm}^2$ )

a<sub>I</sub>) cette moise sera rapportée à un système d'axes cartésien x, y, z, et désignons par x, l'axe de cette moise.



Prenons comme axe de référence  $A_x$  et  $A_y$ .

§- calcul des réactions  $R_A$  et  $R_B$

Ecrivons les équations d'équilibre de la somme des moments par rapport aux extrémités des appuis A et B

- par rapport à A

$$M/A = F_{y1} \times 0,9 + F_{y2} \times 2 - R_B \times 2,9 = 0 \implies R_B = \frac{F_{y1} \times 0,9 + F_{y2} \times 2}{2,9}$$

$$R_B = \frac{F_{y1} \times 0,9 + F_{y2} \times 2}{2,9}$$

- par rapport à B

$$M/B = F_{y_2} \times 0,9 + F_{y_I} \times 2 - R_A \times 2,9 = 0 \implies$$

$$R_A = \frac{F_{y_2} \times 0,9 + F_{y_I} \times 2}{2,9}$$

A.N.

$$F_{y_2} = F_{y_I} = 0,25 \left( \frac{Q}{I_2} \right) = 0,25 \times \left( \frac{52000}{I_2} \right) = 1083,3 \text{ N.}$$

Q- poids de skip-cage ou de skip.

$$\text{d'où } R_B = \frac{1083,3 \times 0,9 + 1083,3 \times 2}{2,9} = 1083,3 \text{ N}$$

On déduit  $R_B = R_A = 1083,3 \text{ N}$  car  $F_{y_I} = F_{y_2}$

§- Calcul des moments fléchissants M

$$0 \leq x \leq 0,9 \quad \left\{ \begin{array}{l} M(0) = 0 \\ M(x) = R_A \cdot x \implies \\ M(0,9) = 974,97 \text{ m.N} = 97497 \text{ cm.N} \end{array} \right.$$

$$0,9 \leq x \leq 2 \quad \left\{ \begin{array}{l} M(0,9) = 974,97 \text{ m.N} = 97497 \text{ cm.N} \\ M(x) = R_A \cdot x - F_{y_I} (x - 0,9) \implies \\ M(2) = 974,97 \text{ m.N} = 97497 \text{ cm.N} \end{array} \right.$$

$$2 \leq x \leq 2,9 \quad \left\{ \begin{array}{l} M(2) = 974,97 \text{ m.N} = 97497 \text{ cm.N} \\ M(x) = R_A \cdot x - F_{y_I} (x - 0,9) - F_{y_2} (x - 2) \implies \\ M(2,9) = 0 \end{array} \right.$$

§- Calcul de la contrainte maximale suivant l'axe x

Cette contrainte est exprimé suivant la formule:

$$\sigma_{x \text{ max}} = \frac{(F_y) M_{\text{max}}(z)}{W_z}$$

Prenons  $W_z = 22,4 \text{ cm}^3$  ( module de flexion)

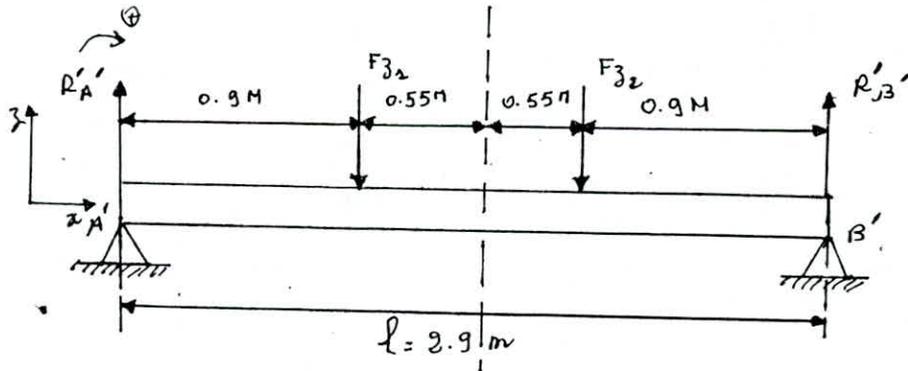
$$M_{\max}(z) = 97497 \text{ cm} \cdot \text{N}$$

d'où

$$\sigma_{x \max} = 4352,5 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{x \max}^{(F_y)} < \sigma_{\text{adm.}}$$

a<sub>2</sub>)



Prenons comme axes de référence  $A'_z$  et  $A'_x$

§- Calcul des réactions  $R'_{A'}$  et  $R'_{B'}$

Ecrivons les équations d'équilibre de la somme des moments par rapport aux extrémités des appuis  $A'$  et  $B'$

- par rapport à  $A'$

$$M/A' = F_{z_1} \cdot 0,9 + F_{z_2} \cdot 2 - R'_{B'} \cdot 2,9 = 0 \implies R'_{B'} = \frac{F_{z_1} \cdot 0,9 + F_{z_2} \cdot 2}{2,9}$$

$$M/B' = F_{z_2} \cdot 0,9 + F_{z_1} \cdot 2 - R'_{A'} \cdot 2,9 = 0 \implies R'_{A'} = \frac{F_{z_2} \cdot 0,9 + F_{z_1} \cdot 2}{2,9}$$

A.N:

$$F_z = \frac{Q}{12} = \frac{52000}{12} = 4333,3N.$$

d'où

$$R'_B = R'_A = 4333,3N$$

$$\text{car } F_{z1} = F_{z2}$$

§- Calcul des moments fléchissantes

$$0 \leq x \leq 0,9$$

$$M(x) = R'_A \cdot x$$

$$M(0) = R'_A \cdot 0 = 0$$

$$M(0,9) = 3899,97m \cdot N = 389997N \cdot cm$$

$$0,9 \leq x \leq 2m$$

$$M(x) = R'_A \cdot x - F_{z1} (x-0,9)$$

$$M(0,9) = 3899,97m \cdot N = 389997cm \cdot N$$

$$M(2) = 3899,97m \cdot N = 389997cm \cdot N$$

$$2 \leq x \leq 2,9$$

$$M(x) = R'_A \cdot x - F_{z1} (x-0,9) - F_{z2} (x-2)$$

$$M(2) = 3899,97cm \cdot N = 389997cm \cdot N$$

$$M(2,9) = 0.$$

§- Calcul de la contrainte maximale suivant l'axe x

Cette contrainte est donnée par l'expression suivante:

$$\sigma_{x \max} (F_z) = \frac{M_{\max} (y)}{W_y}$$

Prenons  $W_y = 150 \cdot cm^3$

$$M_{\max} (y) = 3899,97cm \cdot N$$

d'où,

$$\sigma_{x \max} (F_z) = 2599,99N/cm^2$$

==>

$$\sigma_{x \max} (F_z) < \sigma_{\text{admi}}$$

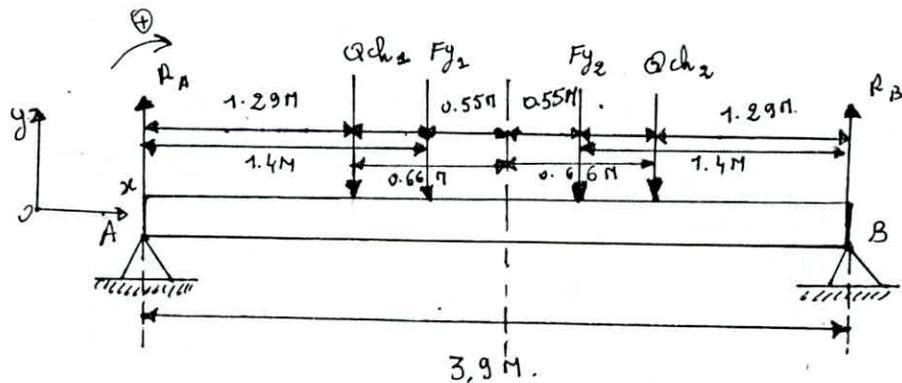
b) Moise en profilé C 200.75

Le choix de cette moise dépend de la condition suivante:

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{admissible}}$$

La contrainte admissible de cette moise est admise pour  $\sigma_{\text{ad}} = 12000 \text{ N/cm}^2$

b<sub>I</sub>) cette moise est rapportée à un système d'axe cartésien x, y et z et désignons par x, l'axe de cette moise.



Prenons comme axes de référence  $A_x$  et  $A_y$

§- Calcul des réactions  $R_A$  et  $R_B$

Ecrivons les équations d'équilibre de la somme des moments par rapport aux extrémités des appuis A et B.

- Par rapport à A

$$M/A = qch_1 \cdot 1,29 + F_{y1} \cdot 1,4 + F_{y2} \cdot 2,5 + qch_2 \cdot 2,61 - 3,9 \cdot R_B = 0$$

$$R_B = \frac{qch_1 \cdot 1,29 + F_{y1} \cdot 1,4 + F_{y2} \cdot 2,5 + qch_2 \cdot 2,61}{3,9}$$

- Par rapport à B

$$M/B = Qch_2 \cdot I,29 + F_{y_2} \cdot I,4 + F_{y_I} \cdot 2,5 + Qch_I \cdot 2,6I - 3,9 \cdot R_A = 0$$

$$\implies R_A = \frac{Qch_2 \cdot I,29 + F_{y_2} \cdot I,4 + F_{y_I} \cdot 2,5 + Qch_I \cdot 2,6I}{3,9}$$

A.N.

Preñons

$$F_{y_2} = F_{y_I} = 0,25 \times \left( \frac{Q}{I2} \right) = 0,25 \left( \frac{52000}{I2} \right) = 1083,3N$$

Q- poids du récipient d'extraction

$$Qch_I = Qch_2 = \frac{Qéch}{2}$$

Avec  $Qéch = qéch \times Séch = 5 \cdot I,32 \times 0,7 = 4,6 \text{ kN} = 4600N$

Qéch- charge de la plate-forme sur la moise,

d'où

$$Qch_I = Qch_2 = 2300N.$$

qéch- la surcharge de la plate-forme d'échelle sur la moise par unité de surface

Séch- la section totale de la plate-forme

On déduit que:

$$R_B = R_A = 3383,3N$$

car  $F_{y_I} = F_{y_2}$  et  $Qch_I = Qch_2$

§- Calcul des moments fléchissants M

Puisque le chargement, sur cette moise, est symétrique, alors il suffit de faire le calcul des moments seulement sur la moitié de cette moise.

On a

$$0 \leq x \leq 1,29\text{m}$$

$$M(x) = R_A \cdot x$$

$$M(0) = 0$$

$$M(1,29) = 4364,5\text{m} \cdot \text{N} = 436450\text{cm} \cdot \text{N}$$

$$1,29 \leq x \leq 1,4$$

$$M(x) = R_A \cdot x - Qch_I(x-1,29)$$

$$M(1,29) = 4364,5\text{m} \cdot \text{N} = 436450\text{cm} \cdot \text{N}$$

$$M(1,4) = 4483,6\text{m} \cdot \text{N} = 448360\text{cm} \cdot \text{N}$$

$$1,4\text{m} \leq x \leq 1,95\text{m}$$

$$M(x) = R_A \cdot x - Qch_I(x-1,29) - F_{y_I}(x-1,4)$$

$$M(1,4) = 4483,6\text{m} \cdot \text{N} = 448360\text{cm} \cdot \text{N}$$

$$M(1,95) = 4483,6\text{m} \cdot \text{N} = 448360\text{cm} \cdot \text{N}$$

§- Calcul de la contrainte maximale suivant l'axe x

$$\sigma_{\max}^{(F_y)}(x) = \frac{M_{\max}(z)}{Wz}$$

Prenons:

$$Wz = 382 \text{ cm}^3 \text{ ( module de flexion)}$$

$$M_{\max}^{(z)} = 448360\text{cm} \cdot \text{N}$$

d'où,

$$\sigma_{\max}^{(F_y)}(x) = \frac{M_{\max}(z)}{W_z}$$

Prenons :

$$W_z = 382 \text{ cm}^3 \text{ ( module de flexion)}$$

$$M_{\max}^{(z)} = 448360 \text{ cm.N}$$

d'où

$$\sigma_{\max}^{(F_y)}(x) = 1173,7 \text{ N/cm}^2 \implies \sigma_{\max}(x) < \sigma_{\text{admi}}$$

§- Calcul de la contrainte totale produite sur cette moise [I80xI70  
( voir page 75.a)

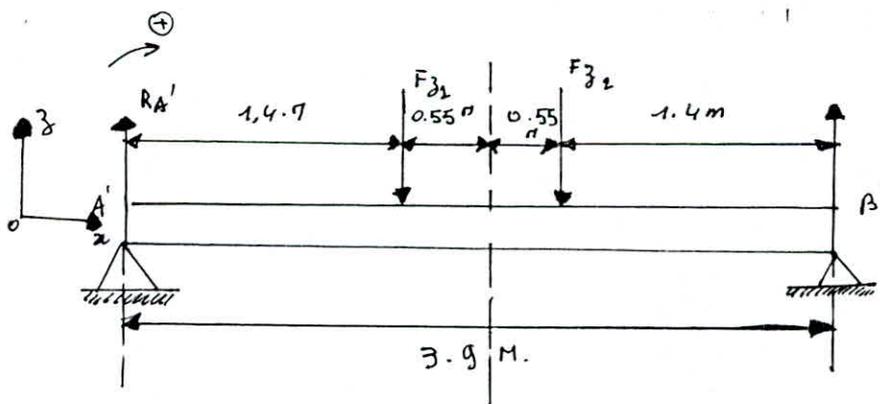
$$\sigma_T = \sigma_{\max}^{(F_y)}(x) + \sigma_{\max}^{(F_z)}(x)$$

$$\sigma_T = 4352,5 + 2599,99 = 6952,5 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_T = 6952,5 \text{ N/cm}^2$$

$$\implies \sigma_T < \sigma_{\text{admi}}$$

b<sub>2</sub>)



Prenons comme axe de référence  $A'_z$  et  $A'_x$

§- Calcul des réactions  $R_{A'}$  et  $R_{B'}$

Ecrivons les équations d'équilibre de la somme des moments par rapport aux deux extrémités  $A'$  et  $B'$ .

- Par rapport à  $A'$

$$M/A' = F_{z_I} \cdot 1,4 + F_{z_2} \cdot 2,5 - R_{B'} \cdot 3,9 = 0 \implies$$

$$R_{B'} = \frac{F_{z_I} \cdot 1,4 + F_{z_2} \cdot 2,5}{3,9}$$

- Par rapport à  $B'$

$$M/B' = F_{z_2} \cdot 1,4 + F_{z_I} \cdot 2,5 - R_{A'} \cdot 3,9 = 0 \implies$$

$$R_{A'} = \frac{F_{z_2} \cdot 1,4 + F_{z_I} \cdot 2,5}{3,9}$$

A.N.

$$F_{z_I} = F_{z_2} = \frac{Q}{12} = \frac{52000}{12} = 4333,3\text{N}$$

Q- poids de skip-cage ou de skip

d'où,

$$R_{A'} = R_{B'} = 4333,3\text{N}$$

Car  $F_{z_2} = F_{z_I}$

§- Calcul des moments fléchissants M

Puisque le chargement sur la moise, est symétrique, donc il suffit de faire les calculs des moments seulement pour la moitié de la moise.

$$0 \leq x \leq 1,4$$

$$M(x) = R_{A'} \cdot x$$

$$M(0) = 0$$

$$M(1,4) = 6066,62\text{m}\cdot\text{N}$$

$$I,4 \quad x \quad I,95$$

$$M(I,4) = 6066,6m \cdot N = 606660 \text{ cm} \cdot N$$

$$M(x) = R_A \cdot x - F_{z_I} (x - I,4)$$

$$M(I,95) = 6066,6m \cdot N = 606660 \text{ cm} \cdot N$$

§- Calcul de la contrainte maximale suivant l'axe x

Elle est donnée suivant la formule:

$$\sigma_{\max}^{(F_z)}(x) = \frac{M(y)}{W_y}$$

Prenons:

$$W_y = 74,5 \cdot \text{cm}^3$$

$$M(y) = 606660 \text{ cm} \cdot N$$

d'où

$$\sigma_{\max}^{(F_z)}(z) = 8143 \cdot N/\text{cm}^2$$

$$\implies \sigma_{\max}^{(F_z)}(z) < \sigma_{\text{admi}}$$

§- Calcul de la contrainte totale sur cette moise

$$\sigma_T = \sigma_{\max}^{(F_y)}(x) + \sigma_{\max}^{(F_z)}(x)$$

A.N.:

$$\sigma_T = 9316,7 \text{ N/cm}^2 \implies \sigma_T < \sigma_{\text{admi}}$$

C) Guide I60 x I40 mm

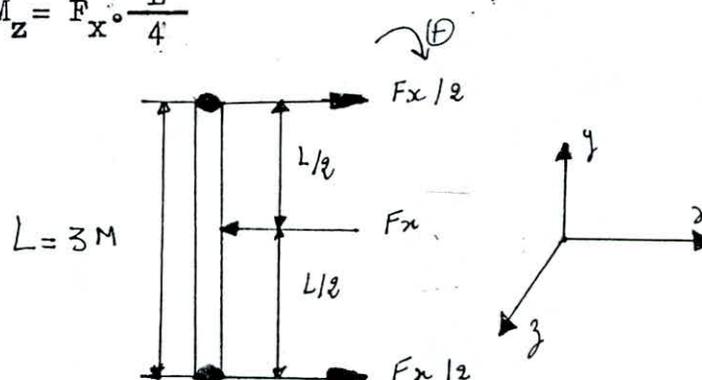
Le choix de ce guide dépend de la condition suivante:  $\sigma_{\max} < \sigma_{\text{admi}}$

$$\sigma_{\text{admissible}} = 1550 \text{ N/cm}^2$$

C. I. 2)

§- Calcul du moment fléchissant M par rapport à l'axe z

Ce moment  $M_z$  est déterminé par la formule suivante:

$$M_z = F_x \cdot \frac{L}{4}$$


The diagram shows a vertical beam of length  $L = 3\text{m}$ . A horizontal force  $F_x$  is applied at the center. The distance from the center to each end is  $L/2$ . A coordinate system  $(x, y, z)$  is shown to the right, with the  $z$ -axis pointing downwards. A curved arrow indicates a counter-clockwise moment  $M_z$ .

$L$ : la distance entre deux moises est de 3m.

$F_x$ : l'effort exercée par le skip-cage sur le guide tel que:

$$F_x = 0,8 \cdot \frac{Q}{I_2}$$

d'où

$$M_z = 0,8 \times \frac{52000}{I_2} \times \frac{3}{4} = 2600\text{m}\cdot\text{N}$$

$$M_z = 2600\text{m}\cdot\text{N} = 260000\text{cm}\cdot\text{N}$$

§- Calcul de la contrainte maximale suivant l'axe y

Elle est déterminée suivant la formule:

$$\sigma_{\max}(y) = \frac{(F_x) \cdot M(z)}{W_z}$$

On prend:

$$M_z = 260000 \text{ cm} \cdot \text{N} \text{ et } W_z = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{14 \cdot 16^2}{6} = 597 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 5 \cdot 97 \cdot \text{cm}^3$$

d'où,

$$\begin{array}{c} (F_x) \\ \sigma_{\max}(y) = 435,5 \text{ N/cm}^2 \end{array}$$

--->

$$\begin{array}{c} (F_x) \\ \sigma_{\max}(x) < \sigma_{\text{admi}} \end{array}$$

C.2)

§- Calcul du moment fléchissant M par rapport à l'axe x

Ce moment  $M_x$  est déterminée d'après la formule:

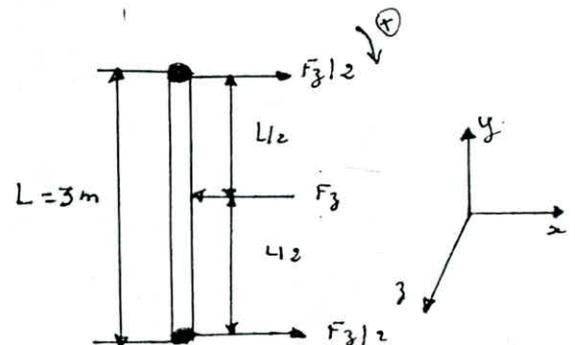
$$M_x = F_z \cdot \frac{L}{4}$$

On prend:

$$F_z = \frac{Q}{I_2} = \frac{52000}{I_2} = 4333,3 \text{ N}$$

d'où,

$$M_x = 3250 \cdot \text{m} \cdot \text{N} = 325000 \text{ cm} \cdot \text{N}$$



§- Calcul de la contrainte maximale suivant l'axe y sur ce guide

Elle est déterminée d'après la formule suivante:

$$\begin{array}{c} (F_z) \\ \sigma_{\max}(y) = \frac{M(x)}{W_x} \end{array}$$

On prend:

$$M(x) = 325000 \text{ cm} \cdot \text{N}; \quad W_x = \frac{h \cdot b^2}{6} = \frac{16 \cdot 14^2}{6} = 522,7 \text{ cm}^3$$

d'où

$$\begin{array}{c} (F_z) \\ \sigma_{\max}(z) = 621,9 \cdot \text{N/cm}^2 \end{array}$$

$$\implies \boxed{\begin{matrix} (F_z) \\ \sigma_{\max}(y) < \sigma_{\text{admi}} \end{matrix}}$$

C.3)

§- Calcul de la contrainte normale maximale suivant l'axe y sur ce guide.

Cette contrainte normale se répartit uniformément sur toute la surface du guide, elle sera donnée comme suit:

$$\sigma_{\max}(y) = \frac{(F_y)}{S}$$

On prend:

$$F_y = 0,25 \cdot \frac{Q}{I_2} = 0,25 \cdot \frac{52000}{I_2} = 1083,3N$$

S- section du guide, telle que  $S = b \cdot h = 0,14 \cdot 0,16 = 0,0224m^2 = 224cm^2$

d'où,

$$\boxed{\begin{matrix} (F_y) \\ \sigma_{\max}(y) = \frac{1083,3}{224} = 4,84 \cdot N/cm^2 \end{matrix}}$$

$$\implies \boxed{\begin{matrix} (F_y) \\ \sigma_{\max} < \sigma_{\text{admi}} \end{matrix}}$$

§- Calcul de la contrainte totale sur ce guide

$$\sigma_T = \sigma_{\max}(x) + \sigma_{\max}(y) + \sigma_{\max}(z)$$

A.N.

$$\sigma_T = 435,5 + 621,9 + 4,84 = 1062,2 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_T = 1062,2 \text{ N/cm}^2$$

$$\implies \sigma_T < \sigma_{\text{admi}}$$

### Conclusion

d'Après les résultats de nos calculs des contraintes, on déduit que les moises et les guides étudiés, remplissent la condition qui stipule que les contraintes qui se produisent dans ces derniers doivent être inférieures aux contraintes admissibles.

En précisant; que les moises et les guides qu'on a étudiés, ont été adoptés pour l'armement du puits N°3.

Il faut signaler; que si nous étions dans l'obligation de faire le changement des moises et les guides (dimensions, forme, et dispositions), nous le ferions dans le sens de la vérification faite ci-dessus.

## 5°) Cimentation

### A) Introduction

Afin de créer les conditions favorables pour l'exécution de volume projeté des travaux miniers, ainsi que d'éviter la possibilité d'un noyage de la mine, on prévoit l'exécution d'un ensemble compliqué de mesures d'injection et de cimentation. Leur objectif consiste à consolider le massif rocheux à travers duquel seront réalisés les travaux miniers.

### B) Mode opératoire

#### BI- Choix du ciment et choix de la densité du ciment liquide

d'Une part si la présence d'eau est non agressive et si sa vitesse d'écoulement va jusqu'à 20m/s; dans ce cas on emploie le ciment portland 350; par contre si sa vitesse est de 20 à 80m/j; on utilise le ciment portland de marque 350 et 400 avec un accélérateur de prise (chlorure de calcium ou chlorure de sodium).

d'Autre part; si la présence d'eau est agressive (minéralisée) et si sa vitesse ne dépasse pas 20m/j; on emploie le ciment métallique 250 ou le ciment alumineux (ciment électro-fondu); par contre si sa vitesse varie entre 20 ÷ 80m/j; on emploie le ciment métallurgique de marque 350 avec un accélérateur de prise.

Au début de cimentation pour colmater les fissures fines; on emploie le ciment liquide légère de 5 à 10% puis on augmente progressivement ce pourcentage avec l'accroissement des pressions d'injection. A La fin de la cimentation, on emploie le ciment plus dense (voir tableau ci-dessous).

| Densité du ciment<br>en % liquide | Ciment<br>(kg) | Eau<br>(l) | Total<br>(kg) | Densité<br>kg/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|----------------|------------|---------------|------------------------------|
| 5                                 | 100            | 1900       | 2000          | 1035                         |
| 10                                | 100            | 900        | 1000          | 1075                         |
| 15                                | 100            | 566        | 666           | 1112                         |
| 20                                | 100            | 400        | 500           | 1156                         |
| 25                                | 100            | 300        | 400           | 1209                         |
| 30                                | 100            | 233        | 333           | 1250                         |
| 35                                | 100            | 185        | 285           | 1366                         |
| 40                                | 100            | 250        | 250           | 1430                         |
| 45                                | 100            | 122        | 222           | 1470                         |
| 50                                | 100            | 100        | 200           | 1490                         |

Pour diminuer la consommation du ciment, on peut mélanger le ciment avec de l'argile (ciment: argile 1: 2; 1: 3; 1: 4;) ou bien

on mélange argile, ciment et sable ( ciment: argile: sable I:I:

I,5 ou I: I: 2)

### B2- Installation des dispositifs d'injection (voir fig. 22, 23, 24)

l'Equipement necessaire pour l'injection est composée comme suivant:

- pompe de cimentation (pompe à piston ou pompe à piston plongeur)
- agitation du ciment
- le réservoir pour le ciment coulé (liquide)
- le tuyau d'injection
- le tube de cimentation

Le rendement de la pompe d'injection varie entre 12  $\div$  60m<sup>3</sup>/h et sa pression maximale d'injection est de 120 bars. Pour l'injection

il faut avoir 2 pompes:

- pompe en travail
- pompe en réserve

### B3- Modes d'injection

Il existe deux méthodes d'injection

a) méthode d'injection avec circulation du ciment (voir fig. 22)

durant les travaux d'injection; la pression d'injection est main\_ tenue constante.

b) méthode d'injection sans retour du ciment (voir fig. 23) pendant les travaux d'injection la pression d'injection est variable et le

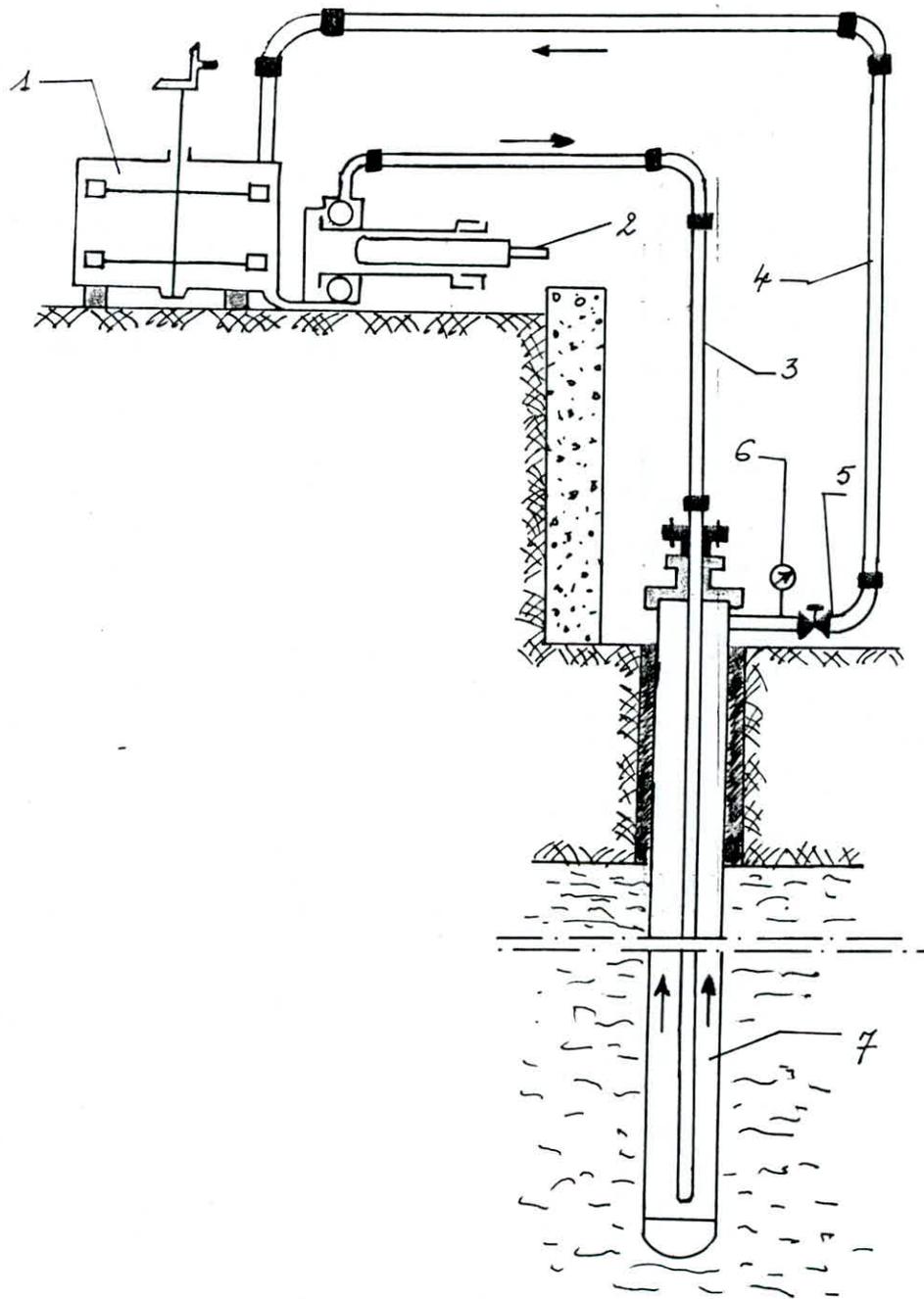


Fig. 22: Injection du ciment (avec retour du ciment)

- 1 - Agitateur du ciment.
- 2 - Pompe.
- 3 - Conduit d'injection.
- 4 - Conduit de retour d'injection du ciment.
- 5 - Robinet.
- 6 - Manomètre.
- f - Trou d'injection.

débit d'injection du ciment reste constant.

La première méthode (a) présente des avantages par rapport à la deuxième méthode (b); à savoir;

- consommation d'injection est petite
- la variation de la densité du ciment est plus facile
- application dans les roches avec grandes fissures.

Par suite des conditions géologiques et hydrogéologiques du gisement de Kherzet-Youssef; la méthode d'injection la plus rationnelle pour le fonçage du puits N°3 ne peut être que celle avec circulation du ciment.

Au cours de la cimentation; la pression minimale d'injection employée est supérieur de 10% à 30% de la pression hydrostatique de l'eau à savoir:

$$P_{inj \text{ min}} = (1,1 \div 1,3) P_e$$

$P_e$  - pression hydrostatique

à la mine de Kherzet Youssef; au cours des travaux d'injection, la pression d'injection minimale employée à partir du niveau 775 est donnée comme suit;

$$\text{de } P_{inj \text{ (min)}} = 1,1 \times 25,29 = 28 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{à } P_{inj \text{ (min)}} = 1,3 \times 25,29 = 33 \text{ kgf/cm}^2$$

On prend comme  $P_e = 25,29 \text{ kgf/cm}^2$  (voir tableau 7)

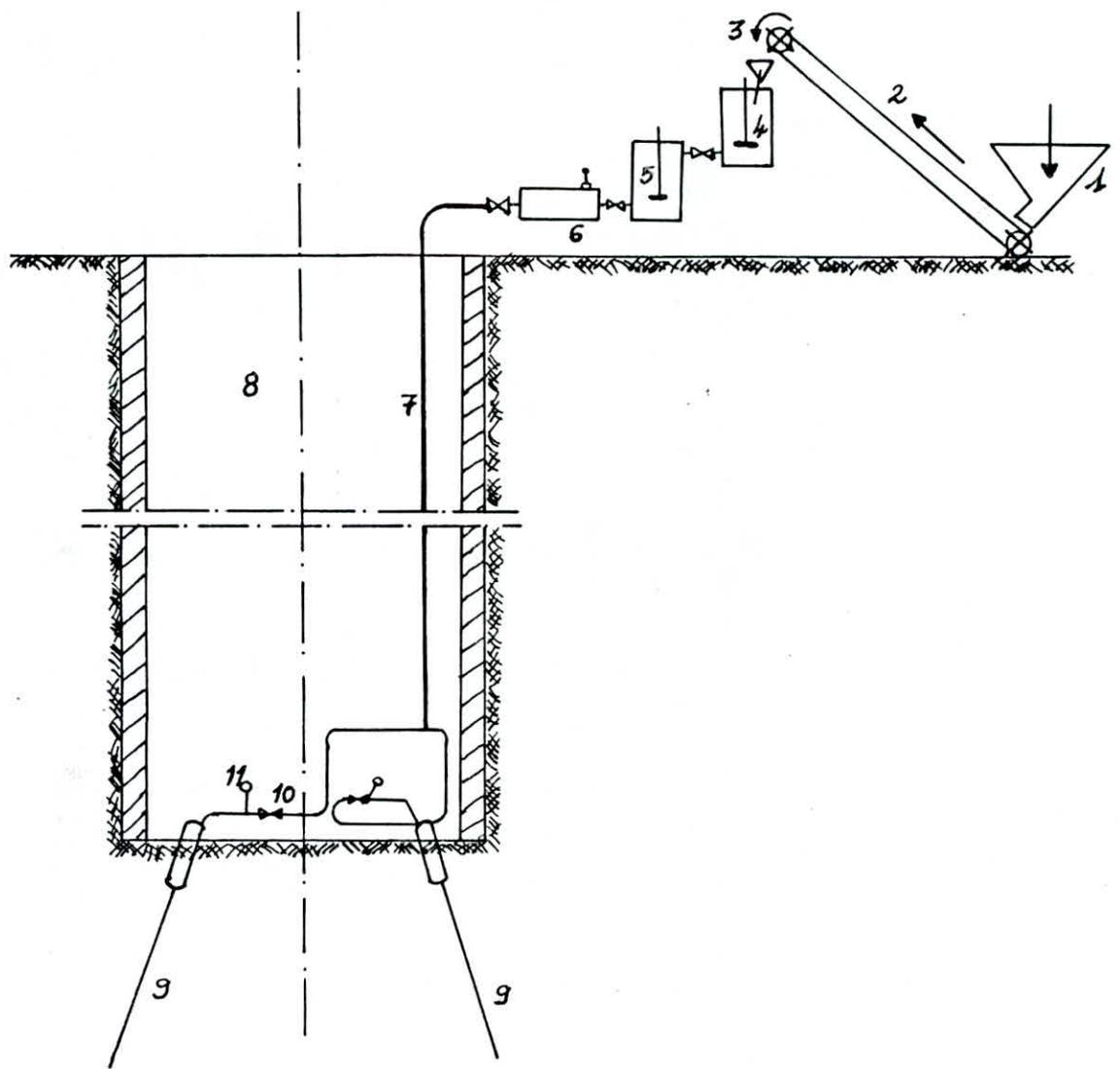


Fig. 23 : Injection du ciment (sans retour) .

- 1- Reservoir du ciment.
- 2- Convoyeur.
- 3- Doseur du ciment.
- 4- Agitateur ①.
- 5- Agitateur ②.
- 6- Pompe.
- 7- Conduit d'injection.
- 8- Puits.
- 9- Trou de cimentation.
- 10- Robinet.
- 11- Manomètre.

mais; pour une bonne étanchéité des roches, on a appliqué une pression d'injection plus élevée qui était de l'ordre de  $50 \div 60 \text{ atm}$  à partir du niveau 775.

### C) Technologie et organisation de la cimentation

L'Execution des travaux de cimentation pour le fonçage du puits N°3, à partir du niveau 775 jusqu'au niveau 672, est réparti en trois étapes:

- I) injection préalable pour la consolidation du terrain afin d'assurer l'approfondissement du puits jusqu'au niveau 672m.
- 2) injection préalable au N 692 afin d'assurer le creusement des connexions.
- 3) injection afin d'assurer le remplissage des vides entre le revêtement et la roche à la fin de l'approfondissement du puits N°3 et de son bétonnage.

Après l'exécution des deux premiers étapes, la venue d'eau est à raison de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### I ère étape(injection préalable)

Pour la consolidation des roches et l'augmentation de leur imperméabilité afin d'assurer l'approfondissement du puits N°3, on a prévu l'exécution de 18 sondages de travail et de contrôle implan-

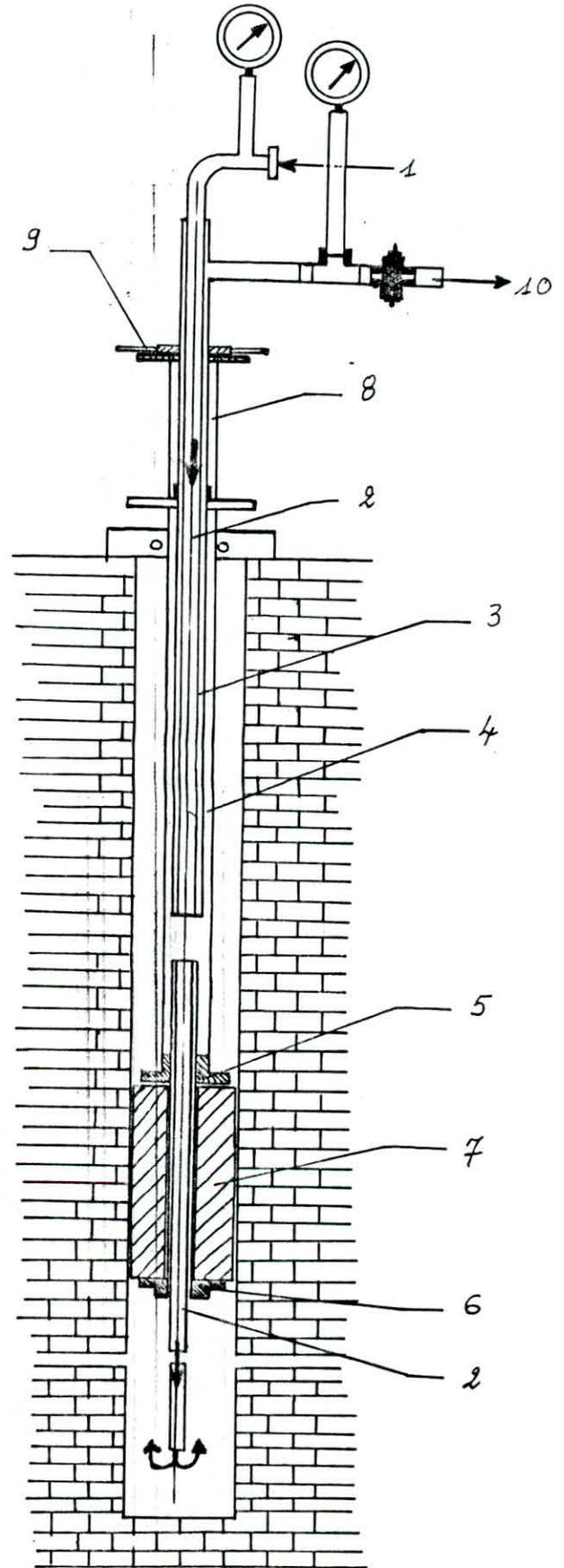


Fig.24: Armement du trou de cimentation.

- 1- Entrée du ciment liquide.
- 2- Tube de cimentation.
- 3- Tube de retour du ciment.
- 4- Tube auxiliaire.
- 5- Col de serrage.
- 6- Col de serrage du tube de retour.
- 7- Bouchon en gomme.
- 8- Garniture d'étanchéité.
- 9- Dispositif de déplacement du tube de cimentation.
- 10- Retour du ciment liquide.
- 11- Manomètre.

tés à 1,5m tout au tour du soutènement du puits. Tous les sondages sont forés à partir du niveau 775. (en fonction des conditions hydrogéologiques concrètes manifestées )

L'Ensemble de chaque sondage est équipé d'un tube guide qui a permis la mise en place d'un dispositif de mesurage du débit de l'ouvrage respectif.

La cimentation comprend les travaux de sondages et d'injection

#### /// Exécution des sondages

Vu la manque de données d'essais concernant la perméabilité et des conditions géologiques, lors de l'exécution des sondages, on a procédé à une injection d'eau dans les sondages. Dans le premier sondage qui était un sondage carotté de 160m de profondeur à partir du niveau 775. On a réalisé un essai d'injection d'eau tous les 10m avec des pressions de l'ordre 1,3 à 5 bars ou 3,5 et 10bars.

#### /// Injection

Le but de ces travaux consiste en injectant les solutions de cimentation de remplir les fissures et les cavités dans les calcaires koustiques, les dolomies, les contacts avec les couches argileuses et autres accidents rocheux, à travers les quels seront réalisés les travaux miniers.

Les travaux d'injection avait la consécuitivité suivante:

- injection dans les sondages les plus éloignés
- injection des sondages divisant la distance entre les forages injectés.
- injection des sondages restants

Lors des travaux de sondages, on a observé des venues d'eau dans l'intervalle jusqu'au 50m en profondeur à partir du niveau 775 qui sont à raison de  $2,5\text{m}^3/\text{h}$ .

Ce débit d'eau était considéré comme un débit constant pendant tous les travaux de cimentation et suivant toute la longueur de l'approfondissement du puits.

La foration des trous de forages et l'injection du ciment ont été faites à partir du niveau 775. Le nombre de trou était 18, le diamètre de chaque trou était de 97mm (voir fig. 25)

Pour la préparation du ciment liquide et son injection dans les trous, on a monté des installations spéciales, au niveau 775, ces installations sont composés comme suit:

- un agitateur (le mélangeur)
- un réservoir pour la solution préparée
- pompes d'injection du ciment ayant une pression 100 bars et plus.

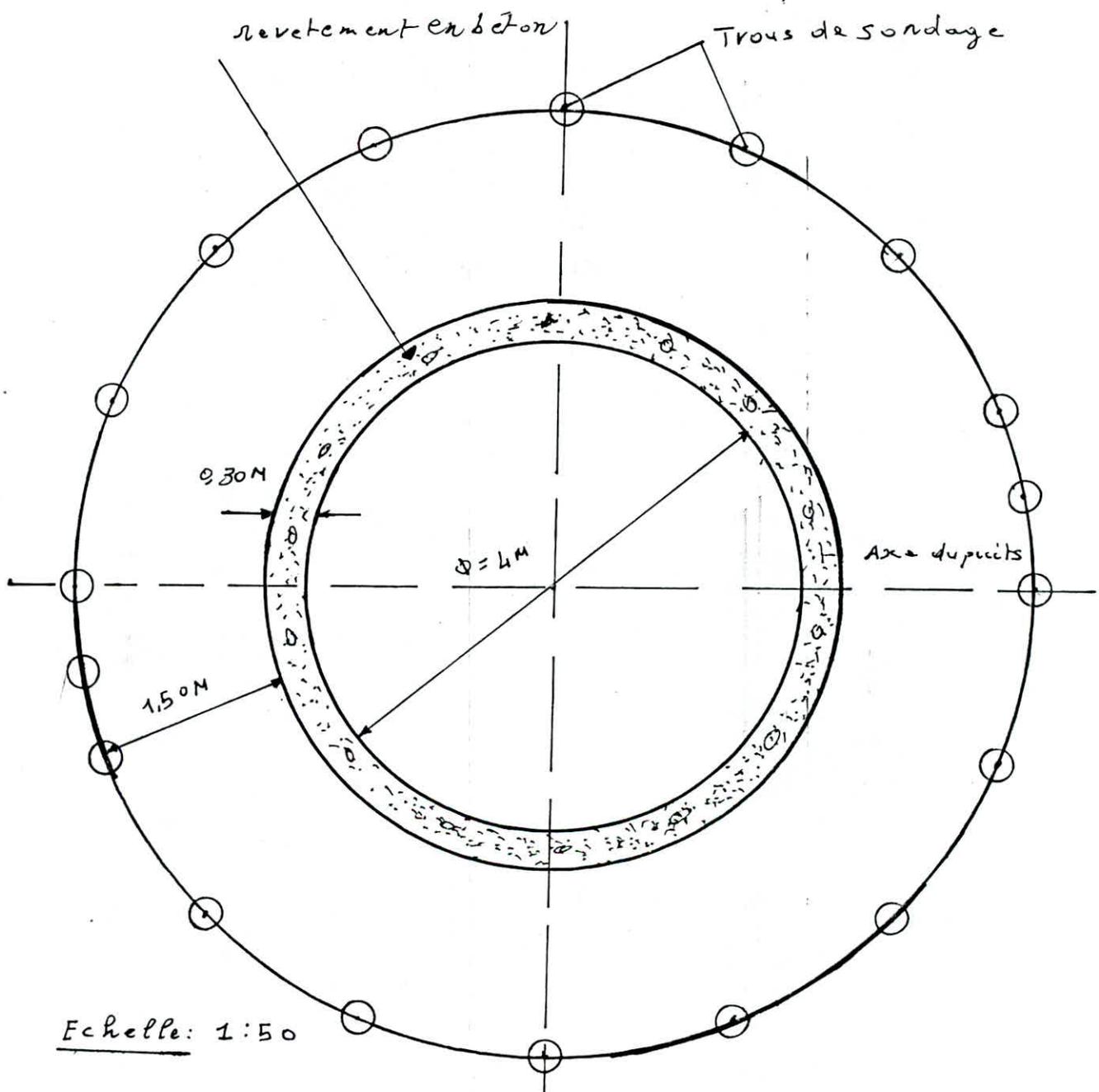


FIG. 25. SITUATION DES SONDAGES AU NIVEAU.

775 m. POUR L'INJECTION DU Puits.

$\varnothing$  - diamètre du puits N°3

- Diamètre du forage est de 97 mm.

- profondeur du Trou de sondage est de 95 m,

Pour l'injection, on a réalisé les solutions suivantes: (voir tableau N°6)

- ciment-sable avec addifs <sup>ti</sup> pour les secteurs caverneux ou formations fissurés.
- ciment et ciment-bentonite pour les secteurs moins fissurés
- silicate- pour les secteurs argileux

Tous ces solutions d'injection ont été préparées au laboratoire afin de mesurer leur poids volumique et leur viscosité.

Avant l'injection du ciment, on a lavé les trous à l'eau; ensuite on a injecté, sous pression de 50 à 60 atm, une solution de ciment de 5 à 10% puis on a augmenté progressivement ce pourcentage.

La consommation de ciment dans un tamponnement de puits dépend de l'importance et du nombre des fissures et des cavités. Dans le cas d'une fissuration fine, la consommation était de 1 à 2t par mètre linéaire du puits.

Dans le cas d'une existence d'une fissuration importante, elle était de 100 à 120t/mètre linéaire.

Après les travaux de cimentation; on a procédé au fonçage du puits N°3 sans risque d'inondation.

Tableau N°6: injection des solutions

| Composants                 | Unité | Quantité | Viscosité | Temps de prise |
|----------------------------|-------|----------|-----------|----------------|
| Eau                        | l     | 1000     | 35" ÷ 50" | 1 ÷ 5h         |
| Bentonite                  | kg    | 25 ÷ 40  |           |                |
| Ciment-<br>sulfur existant | kg    | 350      |           |                |
| Eau                        | l     | 1000     | 35" ÷ 50" | 3 ÷ 5h         |
| Bentonite                  | kg    | 11       |           |                |
| Sable                      | kg    | 100      |           |                |
| Ciment                     | kg    | 47,5     |           |                |
| Eau                        | l     | 1000     | 45" ÷ 50" | 1:2h           |
| Bentonite                  | kg    | 10       |           |                |
| Ciment                     | kg    | 400      |           |                |
| Silicate                   | kg    | 4 ÷ 10   |           |                |
| Eau                        | l     | 1000     | 45" ÷ 50" | 15 ÷ 30min     |
| Bentonite                  | kg    | 40       |           |                |
| Ciment                     | kg    | 450      |           |                |
| Silicate                   | kg    | 40       |           |                |

Calcul de la pression horizontale totale des terrains sur les parois du puits N°3 de KherzetYoussef

L'Intensité de la manifestation de la pression des terrains sur le soutènement d'un puits vertical est généralement en fonction des facteurs suivants:

- conditions hydrogéologiques du gisement des roches: (propriétés mécano physiques des roches, conditions de leur gisement, présence et régime des eaux souterraines.
- forme, profondeur et dimension et dimensions de la section transversale du puits.
- choix correct du mode de fonçage et son exécution.

M. Protodiakonov, considérant que toutes les roches sont, jusqu'à un certain, Incohérentes, a proposé de déterminer la valeur de la pression sur les parois des puits, en portant de la théorie de la pression de la terre sur un mûr de soutènement.

On sait, d'après la mécanique de construction, que la pression sur le mûr de soutènement est donnée suivant la formule:

$$P = \frac{\gamma h^2}{2} \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right); \quad (I).$$

où

$h$  - la profondeur du remblai

$\gamma$  - la densité apparente du matériaux de remblai

$\varphi$  - l'angle de frottement du matériaux de remblai

On peut, d'après cette expression, déterminer la pression sur le mur de soutènement dans n'importe quel point de profondeur h.

$$P = \frac{dp}{dh} = \gamma h \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2)$$

M. Protodiakonov a proposé cette formule (2) 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 peu l'une de l'autre par leurs propriétés mécano-physiques, on prend la valeur moyenne pondérale de f.

Par exemple, si le puits a recoupé une quantité A mètres de roches avec le coefficient de durété  $f_1$ , une quantité B avec le coefficient  $f_2$  et une quantité C avec le coefficient  $f_3$ , le coefficient moyen pondérale sera déterminé comme suit,

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

et ainsi la valeur  $\varphi$  sera déduite comme suit:

$$\varphi = \operatorname{Arctg} f.$$

Dans le cas où un puits traverse des roches de durétés très différentes, la valeur de la pression est déterminée pour chaque couche. Pour cela, prenons l'exemple du terrain de Kherzet-Youssef, situé au dessous du niveau 775, qui est un terrain composé de couches de différentes natures et à travers duquel est réalisé l'approfon-

dissement du puits existant N°3, de la profondeur 219m (N 775) à celle de 322m (N 672) (voir le profil géologique fig.26

Nous utilisons les notions de pression verticale et de pression horizontale proposées par Tsymbariéwich.

§- la pression verticale pour chaque couche est déterminée par l'expression suivante:

$$P_{zi} = \sum_{i=1}^n \gamma_{w_i} h_i$$

$h_i$  - épaisseur de la couche; (m)

$\gamma_{w_i}$  - poids spécifique de jaugé de la couche;  $\text{kN/m}^3$

tel que  $\gamma_{w_i} = (1-n_i) \gamma_{s_i} + n_i \gamma_e$

$n_i$  - porosité de la couche; %

$\gamma_{s_i}$  - poids spécifique de la couche;  $\text{kN/m}^3$

$\gamma_e$  - poids volumique de l'eau;  $\text{kN/m}^3$

tel que on prend  $\gamma_e = 9,81 \text{ kN/m}^3$

Vu que le terrain de Kherzet-Youssef est saturé en eau, et plus précisément à partir du niveau 775, la pression de l'eau s'exerçant sur chaque couche se détermine comme suit:

$$P_{e_i} = \gamma_e H_{e_i}$$

$H_{e_i}$  - hauteur d'eau, à partir du niveau piezométrique jusqu'à la couche aquifère.

§- la pression horizontale pour chaque couche est déterminée comme suit:

$$P_{h_i} = A_i \cdot P_{z_i}$$

$A_i$  - coefficient de pression latérale tel que:

$$A_i = \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_i}{2} \right); \text{ dans le cas, on a des roches moins compactes}$$

$$A_i = \frac{1}{1 - \nu}; \text{ dans le cas, on a des roches dures}$$

$\varphi_i$  - angle de frottement interne de la couche

$\nu$  - coefficient de Poisson

Enfin, la pression horizontale totale pour chaque couche est donnée comme suit:

$$P_{h_{t_i}} = P_{h_i} + P_{e_i}$$

Il faut signaler, dans le tableau N°7, que la pression calculée sur la première couche du terrain qu'on a étudié au dessous du niveau 775, est la pression des terrains qui se trouvent au dessus du niveau 775. Cette pression est donnée comme suit:

$$P_I = \gamma' \cdot H'$$

$\gamma'$  - densité des terrains situés au dessus du niveau 775.

Tel que  $\gamma' = 26,2 \text{ kN/m}^3$  ( densité moyenne pondérale des couches situées au dessus du niveau 775 )

H' - profondeur des terrains situés au dessus du N 775

tel que H' = 219m

d'où  $P_I = 219 \times 26,2 = 5737,8 \text{ kN/m}^2$

Les données et les résultats des calculs obtenus sont reportés dans le tableau N°7. Ainsi, les résultats obtenus dans ce tableau sont réunis sous forme de courbe (voir fig. 27)

/// Vérification de l'épaisseur du soutènement admise pour le puits N°3 de Kherzet-Youssef et détermination du choix de la marque de soutènement

Compte tenu, des conditions hydrogéologiques assez compliqués de la mine de Kherzet-Youssef et de la pression d'eau, le type de soutènement établi pour le puits N°3, est le soutènement en béton monolithe.

Pour le calcul de l'épaisseur du soutènement en béton monolithe pour le puits N°3, à section circulaire, on a proposé la formule suivante:

$$e = \frac{d}{2} \left( \sqrt{\frac{K_c}{K_c - \sqrt{3} P_{h_t}}} - 1 \right); \text{ en cm}$$

d - diamètre de la section libre du puits tel que d = 400cm

$K_c$  - contrainte admissible de soutènement en  $\text{kgf/cm}^2$ .

$P_{h_t}$  - pression horizontale totale sur le soutènement du puits en

TABLEAU N°7

| COUCHES | EPAI<br>$h_i$ (m) | PROFONDEUR<br>$H_i$ (m) |        | $\gamma_s$<br>KN/m <sup>3</sup> | $\gamma_w$<br>KN/m <sup>3</sup> | $f$ | $v$  | $e^{(o)}$ | $A_i$ | $n_i$ | $P_z$<br>KN/m <sup>2</sup> | $P_R$<br>KN/m <sup>2</sup> | $P_e$<br>KN/m <sup>2</sup> | $P_{R_e}$<br>KN/m <sup>2</sup> |
|---------|-------------------|-------------------------|--------|---------------------------------|---------------------------------|-----|------|-----------|-------|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
|         |                   | A                       | DE     |                                 |                                 |     |      |           |       |       |                            |                            |                            |                                |
| 1       | 1.45              | 219                     | 220.45 | 26                              | 25.84                           | 1   | 0.22 | -         | 0.28  | 1     | E. 5737.8<br>A. 5775.3     | E. 1606.6<br>A. 1617.1     | E. 1559.8<br>A. 1574.0     | E. 3166.4<br>A. 3191.1         |
| 2       | 8.25              | 220.45                  | 228.7  | 23                              | 21.76                           | 8   | 0.17 | -         | 0.20  | 10    | E. 5775.3<br>A. 5954.8     | E. 1155.1<br>A. 1191.0     | E. 1574.0<br>A. 1654.9     | E. 2729.1<br>A. 2845.9         |
| 3       | 1.20              | 228.7                   | 229.9  | 26                              | 25.84                           | 1   | 0.22 | -         | 0.28  | 1     | E. 5954.8<br>A. 5985.8     | E. 1667.3<br>A. 1676       | E. 1654.9<br>A. 1666.7     | E. 3322.2<br>A. 3342.7         |
| 4       | 2.90              | 229.9                   | 232.8  | 23                              | 21.81                           | 8   | 0.17 | -         | 0.20  | 9     | E. 5985.8<br>A. 6049.1     | E. 1197.2<br>A. 1209.8     | E. 1666.7<br>A. 1695.2     | E. 2863.9<br>A. 2905.0         |
| 5       | 1.25              | 232.8                   | 234.05 | 26                              | 25.84                           | 1   | 0.22 | -         | 0.28  | 1     | E. 6049.1<br>A. 6081.4     | E. 1693.7<br>A. 1702.8     | E. 1695.2<br>A. 1707.4     | E. 3388.9<br>A. 3410.2         |
| 6       | 0.95              | 234.05                  | 235    | 25                              | 23.18                           | 8   | 0.17 | -         | 0.20  | 12    | E. 6081.4<br>A. 6103.4     | E. 1216.3<br>A. 1220.7     | E. 1707.4<br>A. 1716.8     | E. 2923.7<br>A. 2937.5         |
| 7       | 0.95              | 235                     | 235.95 | 21                              | 17.89                           | 1   | -    | 45        | 0.17  | 30    | E. 6103.4<br>A. 6120.4     | E. 1037.6<br>A. 1040.5     | E. 776.8<br>A. 726.1       | E. 2754.4<br>A. 2766.6         |
| 8       | 0.80              | 235.95                  | 236.75 | 23                              | 21.94                           | 8   | 0.17 | -         | 0.20  | 8     | E. 6120.4<br>A. 6137.9     | E. 1224.1<br>A. 1227.6     | E. 726.1<br>S. 733.9       | E. 2950.2<br>A. 2961.5         |
| 9       | 2.30              | 236.75                  | 239.05 | 23                              | 21.94                           | 5   | 0.17 | -         | 0.20  | 8     | E. 6137.9<br>A. 6188.4     | E. 1227.6<br>A. 1237.7     | E. 733.9<br>A. 7756.5      | E. 2961.5<br>A. 2994.2         |
| 10      | 6.25              | 239.05                  | 245.3  | 23                              | 21.5                            | 8   | 0.17 | -         | 0.20  | 12    | E. 6188.4<br>A. 6322.9     | E. 1237.7<br>A. 1264.6     | E. 7756.5<br>A. 1817.8     | E. 2994.2<br>A. 3082.4         |
| 11      | 0.75              | 245.3                   | 246.05 | 19                              | 15.78                           | 1   | -    | 45        | 0.17  | 35    | E. 6322.9<br>A. 6334.7     | E. 1074.9<br>A. 1076.9     | E. 1817.8<br>A. 1825.2     | E. 2892.7<br>A. 2902.1         |
| 12      | 7.75              | 246.05                  | 253.8  | 23                              | 21.94                           | 6   | 0.17 | -         | 0.20  | 8     | E. 6334.7<br>A. 6504.8     | E. 1266.9<br>A. 1301.0     | E. 1825.2<br>A. 1901.2     | E. 3092.1<br>A. 3202.2         |
| 13      | 5.00              | 253.8                   | 258.8  | 26                              | 25.84                           | 1   | 0.22 | -         | 0.28  | 1     | E. 6504.8<br>A. 6633.9     | E. 1821.3<br>A. 1857.5     | E. 1901.2<br>A. 1950.2     | E. 3722.5<br>A. 3807.7         |
| 14      | 2.00              | 258.8                   | 260.8  | 23                              | 21.94                           | 7   | 0.17 | -         | 0.20  | 8     | E. 6633.9<br>A. 6677.8     | E. 1326.8<br>A. 1335.6     | E. 1950.2<br>A. 1969.8     | E. 3277<br>A. 3305.4           |
| 15      | 5.00              | 260.8                   | 265.8  | 23                              | 21.42                           | 8   | 0.17 | -         | 0.20  | 12    | E. 6677.8<br>A. 6784.9     | E. 1335.6<br>A. 1357.0     | E. 1969.8<br>A. 2018.9     | E. 3305.4<br>A. 3375.9         |

TABLEAU N°7 (SUITE)

|    |       |        |        |    |       |    |      |   |      |    |                        |                        |                        |                        |
|----|-------|--------|--------|----|-------|----|------|---|------|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 16 | 3.25  | 265.8  | 269.32 | 23 | 21.94 | 5  | 0.17 | - | 0.20 | 8  | t. 6784.9<br>s. 6862.1 | t. 4357.0<br>s. 1372.4 | t. 2018.9<br>s. 2059.8 | t. 3375.9<br>s. 3425.8 |
| 17 | 1.45  | 269.32 | 270.77 | 23 | 21.58 | 8  | 0.17 | - | 0.20 | 11 | t. 6862.1<br>s. 6893.4 | t. 1372.4<br>s. 1378.7 | t. 2053.4<br>s. 2067.7 | t. 3425.8<br>s. 3446.4 |
| 18 | 5.25  | 270.77 | 276.02 | 25 | 23.03 | 10 | 0.17 | - | 0.20 | 13 | t. 6893.4<br>s. 7014.3 | t. 1378.7<br>s. 1402.9 | t. 2067.7<br>s. 2119.2 | t. 3446.4<br>s. 3522.1 |
| 19 | 1.62  | 276.02 | 277.64 | 23 | 21.94 | 8  | 0.17 | - | 0.20 | 8  | t. 7014.3<br>s. 7049.8 | t. 1402.9<br>s. 1410.0 | t. 2119.2<br>s. 2135   | t. 3522.1<br>s. 3545   |
| 20 | 1     | 277.64 | 278.64 | 25 | 23.03 | 10 | 0.17 | - | 0.20 | 13 | t. 7049.8<br>s. 7072.9 | t. 1410.0<br>s. 1414.6 | t. 2135<br>s. 2144.9   | t. 3545<br>s. 3559.5   |
| 21 | 12.18 | 278.64 | 290.82 | 23 | 21.94 | 6  | 0.17 | - | 0.20 | 8  | t. 7072.9<br>s. 7340.1 | t. 1414.6<br>s. 1468.0 | t. 2144.9<br>s. 2264.3 | t. 3559.5<br>s. 3732.3 |
| 22 | 0.25  | 290.82 | 291.07 | 26 | 25.84 | 5  | 0.22 | - | 0.28 | 1  | t. 7340.1<br>s. 7346.5 | t. 2055.2<br>s. 2057.0 | t. 2264.3<br>s. 2266.8 | t. 4319.5<br>s. 4323.8 |
| 23 | 1     | 291.07 | 292.07 | 23 | 21.7  | 7  | 0.17 | - | 0.20 | 10 | t. 7346.5<br>s. 7368.2 | t. 1469.3<br>s. 1473.6 | t. 2266.8<br>s. 2276.6 | t. 3736.1<br>s. 3750.2 |
| 24 | 0.30  | 292.07 | 292.37 | 26 | 25.84 | 5  | 0.22 | - | 0.28 | 1  | t. 7368.2<br>s. 7375.9 | t. 2063.1<br>s. 2065.3 | t. 2276.6<br>s. 2279.5 | t. 4339.7<br>s. 4344.8 |
| 25 | 1.50  | 292.37 | 293.87 | 23 | 21.94 | 7  | 0.17 | - | 0.20 | 8  | t. 7375.9<br>s. 7408.8 | t. 1475.2<br>s. 1481.8 | t. 2279.5<br>s. 2294.3 | t. 3754.7<br>s. 3776.1 |
| 26 | 0.40  | 293.87 | 294.27 | 26 | 25.84 | 5  | 0.22 | - | 0.28 | 1  | t. 7408.8<br>s. 7419.1 | t. 2074.5<br>s. 2077.3 | t. 2294.3<br>s. 2298.2 | t. 4368.8<br>s. 4375.5 |
| 27 | 23.55 | 294.27 | 317.82 | 23 | 21.94 | 6  | 0.17 | - | 0.20 | 8  | t. 7419.1<br>s. 7935.9 | t. 1483.8<br>s. 1587.2 | t. 2298.2<br>s. 2522.2 | t. 3782<br>s. 4116.4   |

- DESCRIPTION DES COUCHES 1, 2, ..... 27 (VOIR FIG 26)

- t - TOIT DE LA COUCHE

- s - SOL //

kgf/cm<sup>2</sup> tel que  $P_{h_t} = 43,76 \text{ kgf/cm}^2$

Le choix de la marque de béton pour le soutènement dépend de deux conditions; à savoir:

§- l'épaisseur du soutènement en béton doit être comprise entre 25 et 100cm.

§- l'épaisseur du soutènement à déterminer doit être égale à celle adoptée pour le puits N°3 (telle que  $e = 30\text{cm}$ ).

On propose comme marques de béton: 200, 300, 400, 600, et 800

( ce sont des contraintes admissibles de soutènement en kgf/cm<sup>2</sup>).

d'Après le résultat de nos calculs, le choix de marque de béton est porté sur le béton 300.

### Conclusion- Recommandation

Les solutions techniques ont été adoptées en vue d'assurer l'extension de la mine de Kherzet-Youssef, en profondeur et notamment du niveau 775m jusqu'au niveau 672m.

Les réserves géologiques en catégorie  $C_1+C_2$ , ainsi projetées au dessous du niveau 775 et notamment du 775 au niveau 415m, s'élèvent à 3005675t à une teneur en zinc 10,39% et en plomb 1,99%; et en particulier entre les niveaux 775 et 692; niveau actuellement en exploitation, les réserves géologiques en catégorie  $C_1+C_2$ , sont de l'ordre de 738510 tonnes d'une teneur en zinc 9,74% et en plomb 1,80%.

L'Extension prévue sur 130m de profondeur à partir du niveau 775 jusqu'au niveau 625m, a subi des modifications suite à des difficultés. Rencontrées dans le fonçage, liées à la présence d'une couche de grés (sablonneuse) rencontrée par les sondages de cimentation entre 102 et 107m avec des venues d'eaux très importantes qui ont atteint 140m<sup>3</sup>/h.

Cette couche sablonneuse présente des caractéristiques suivantes:

- épaisseur de 1 à 2m
- nature du sable- grains trop fins, flottants.

- composition chimique 95% de  $\text{SiO}_2$  et 5% de  $\text{CaCO}_3$ .

- importants accumulation d'eau

- pendage quasi-nord et inclinaison de 25% coïncidant avec ceux des couches de minerai.

L'Approfondissement du puits N°3 a été réalisé dans des conditions hydrogéologiques très difficiles qui se résument ainsi, deux formations géologiques différentes; l'une carbonatée stratifiée d'âge Barrémien avec un pendage de 15 à 30°, vers le nord-est. Et l'autre Tétrigène d'âge néogène, qui sont mises en contact à la faveur d'une faille principale nommé "Kherzet-Youssef" de direction nord-sud.

Les solutions techniques, ainsi réalisées, démontrent les avantages suivants:

- la mise en place de tous les équipements nécessaires dans la section du puits.

- transport sûr du matériel et du minerai.

- augmentation de la charge utile et ceci sans augmenter la charge finale du treuil d'extraction.

- augmentation de la capacité annuelle de l'extraction qui est de l'ordre 150.000 tonnes de tout-venant.

- la personne au jour n'est plus indispensable, d'où il est réduit à un signaliste par poste.

- une bonne étanchéité des roches réalisée par la cimentation et un bon soutènement en béton du puits N°3.

Lors des opérations d'essai Lugéon, on note parfois la présence du sol poreux et perméable où la pression ne peut être maintenu, donc l'opération de cimentation est nécessaire.

Durant la réalisation de cette étude, je peux recommander les points suivants:

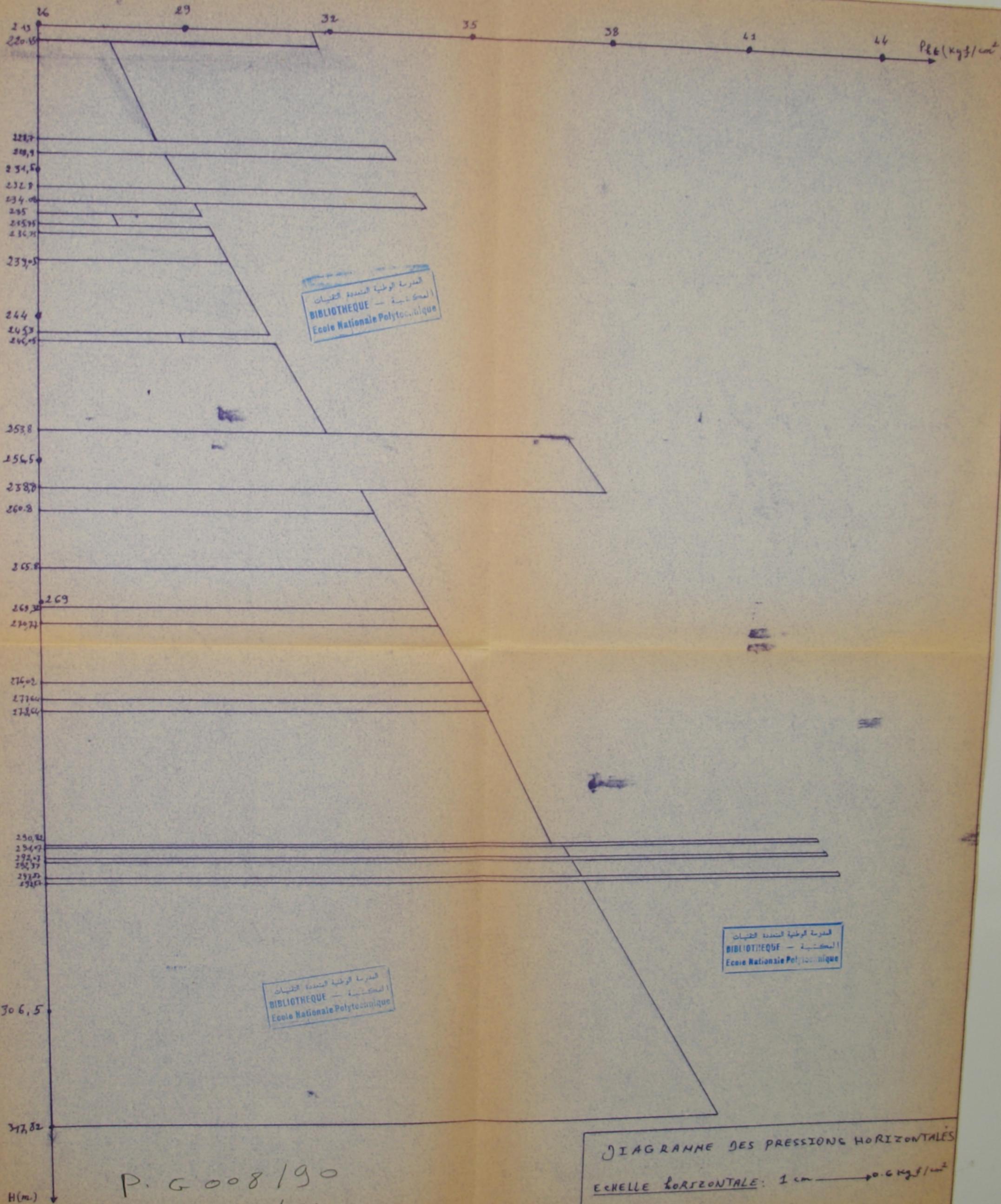
- il est nécessaire de s'occuper beaucoup plus à l'avenir sur la présence de la couche sablonneuse (sur le plan géologiques) située entre les niveaux 32I et 326m, qui pourra faire l'objet d'une étude ultérieure.

- il est nécessaire de faire appel à un personnel qualifié et expérimenté dans le domaine de la sécurité afin d'éviter plus d'avantages des problèmes de sécurité (négligence) de l'accident qui s'est produite dernièrement en causant le noyage de la mine.

-oOo- BIBLIOGRAPHIE -oOo-

- 1). E-N-OF, CMK.Y (1990)  
"plan d'exploitation 1990"
- 2). BULGARGEOMIN.- ENOF.  
"projet de travail (1987)"
- 3). KAMEL ZAIOUT (1987)  
Le developpement rationnel d'exploitation dans le complexe  
minier Kherzet-Youssef.  
Une condition pour l'amélioration des indices Technico-Economique.  
(Thèse) d'ingéniorat U.S.T.H.B.
- 4). BOKY  
"exploitation des mines" edition Mir 1968.
- 5). PORADNIK  
"injection des puits".  
Imp "Slack Katowick" (Pologne).





المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
 المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
 Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
 المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
 Ecole Nationale Polytechnique

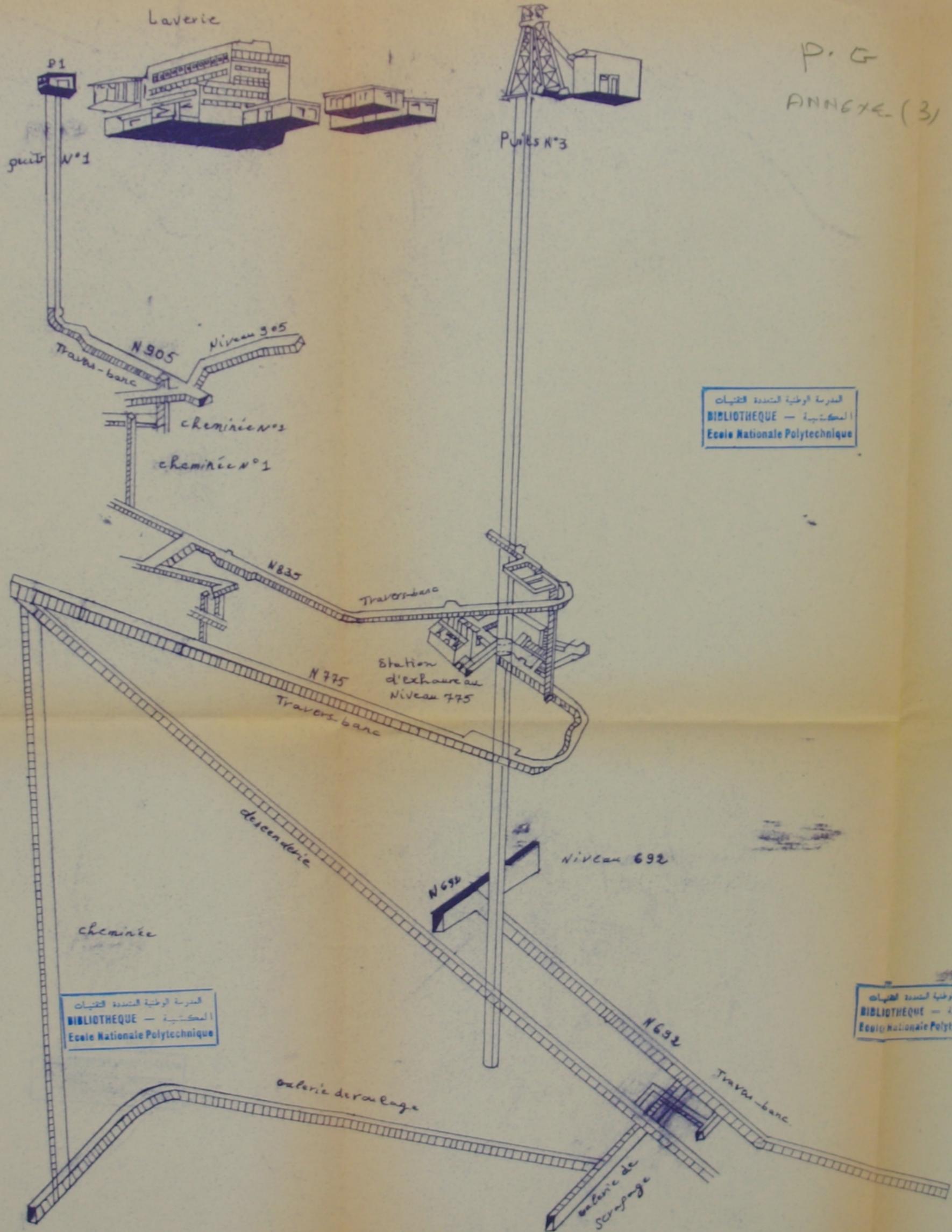
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
 المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
 Ecole Nationale Polytechnique

P. G 008/90  
 ANNEXE (2)

DIAGRAMME DES PRESSIONS HORIZONTALES  
 ECHELLE HORIZONTALE: 1 cm → 0.6 kg/cm<sup>2</sup>  
 ECHELLE VERTICALE: 1:850  
 FIG 17

Laverie

P. G  
ANNEXE (3)



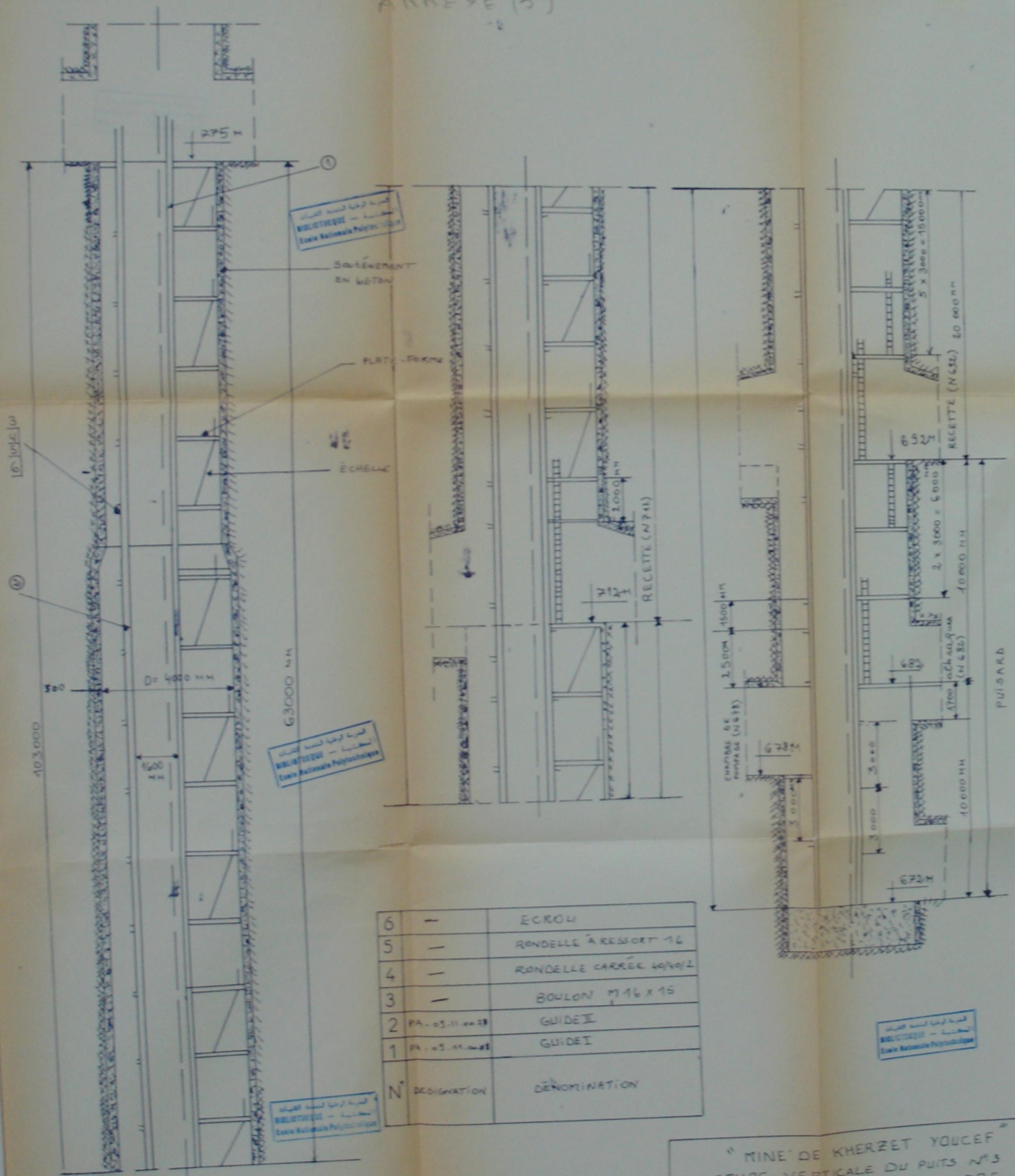
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
 BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
 Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
 BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
 Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
 BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
 Ecole Nationale Polytechnique

PLAN D'OUVERTURE DU  
 CHAMPS MINIER DE LA MINE DE  
 KHERZET JOUSSEF FIG 11





|    |                 |                         |
|----|-----------------|-------------------------|
| 6  | —               | ECROU                   |
| 5  | —               | RONDELLE À RESSORT 16   |
| 4  | —               | RONDELLE CARRÉE 40/40/2 |
| 3  | —               | BOULON M 16 X 15        |
| 2  | PA. 03.11.00.28 | GUIDE II                |
| 1  | PA. 03.11.00.28 | GUIDE I                 |
| N° | DESIGNATION     | DÉNOMINATION            |

MINE DE KHERZET YOUCEF  
COUPE VERTICALE DU PUIS N° 3  
AU DESSOUS DU NIVEAU 995  
Ech. VERTICALE 2/100  
Ech. HORIZONTALE 1/20  
FIG 38



