

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de Génie Minier

Mémoire de fin d'études

**En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en
Génie Minier**

**APPRECIATION DES
PROBLEMES SECURITAIRES ET
ENVIRONNEMENTAUX DANS LA
MINE SOUTERRAINE
D'EL-ABED.**

Dirigé par :

**D^r BACHAR ASSED
Mohamed Aguid.**

Réalisé par :

M^{elle} MADDI Nadira Khedidja.

Promotion : Septembre 2002

Remerciements.



- ♦ Ce travail a été réalisé au complexe minier d'El-Abed (Tlemcen) relevant de l'Entreprise Nationale des Produits Miniers non Ferreux et Substances utiles (ENOF), sous la direction de mon promoteur M^f Mohamed Aguid BACHAR ASSED, je tiens à lui témoigner toute ma reconnaissance pour la confiance qu'il m'a accordée en me proposant ce sujet et d'avoir dirigé mon mémoire.
- ♦ Qu'il me soit permis de remercier tous mes enseignants du département Génie Minier de l'Ecole Nationale Polytechnique, de m'avoir fait profiter de leur expérience scientifique et pour les précieux enseignements et conseils qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité.
- ♦ Je remercie tous les membres du jury d'avoir accepté d'examiner mon travail. Et d'y avoir porté leur juste appréciation .
- ♦ Je remercie également tout le personnel de la mine d'El-Abed, à leur tête le Directeur M^f Y.AOUADI, pour leur accueil chaleureux et leurs conseils.
- ♦ Je remercie le géomètre M^f A.BOUALAMAT et le géologue de la mine M^f A.ZEMMOURI, je ne saurai comment les remercier pour leur accueil, pour leur explications, pour les plans de la mine et les images des accidents de travail que j'ai utilisés tout au long de mon travail.
- ♦ Je remercie également les chefs de sécurité de la mine M^f A.BENTAYEB et M^f M.BENNAÏSSA, pour les visites effectuées au fond de la mine et dans la laverie, ainsi que pour l'intérêt qu'ils n'ont cessé de porter à mon travail.
- ♦ Il m'est agréable de remercier le D^f N.FERROUI, médecin de travail de la mine d'El-Abed et le D^f I.MESLI de m'avoir appris beaucoup de choses en matière de médecine de travail et risques professionnels.
- ♦ Je remercie mes très chers parents, pour leur amour, tendresse, d'avoir fait de moi ce que je suis devenue aujourd'hui.
- ♦ Mes sincères remerciements vont aussi à Hichem, Djamel, Assia, Nadir et Dominique pour leur soutien moral et sympathie.
- ♦ Mes dernières pensées, et non les moindres vont à toutes les personnes qui à titres divers, de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail en particulier M^f D.VIGNACQ.

Dédicace.



A la mémoire de ma chère grand-mère maternelle.

A la mémoire de tonton Sid Ahmed.

A ma grand-mère paternelle.

A mon grand-père maternel.

A mes très chers parents.

A ma petite sœur Salima et mon petit frère adoré Tahar.

A tous mes oncles et tantes en particulier mon oncle Allal et son épouse Habiba.

A toute la famille BENBOUALI et MADDI.

A Lynda Hadj Sadok et toute sa famille.

A mes amis : Hichem, Fayçal, Assia, Djamel, Nadir, Saïd, Radia, Samia, Amina, Fattah, Abd Elouahad, Azzeddine, Noureddine, Djaber et Aram, Nabila, Aïcha, Malya, Nadjim, Firas, Meriem et Mounir.

A la mémoire de tous les mineurs de la mine d'El-Abed.

Je dédie ce modeste travail.

Nadira Khedidja.



أنجز هذا العمل في المركب المنجمي "العابد" الموجود بولاية تلمسان حتى
نتمكن من تحليل ، تقييم وإعداد حلول للمشاكل المتعلقة بالأمن المنجمي وحماية
البيئة. وكذلك إيجاد العوامل المسببة في إحداث حوادث العمل و الأمراض المهنية.

كلمات المفتاح : الأمن المنجمي ، البيئة حوادث العمل ، الأمراض المهنية ،
المقاييس ، الإستغلال المنجمي.

Résumé :

Ce travail a été réalisé au complexe minier d'El Abed de la Wilaya de Tlemcen, afin de pouvoir analyser, apprécier et apporter des solutions aux problèmes aigus liés à la sécurité minière et à la protection de l'environnement. Il vise aussi à déterminer les causes principales des accidents de travail et des maladies professionnelles.

Mots clés : sécurité minière, environnement, maladies professionnelles, accidents de travail, normes, exploitation minière.

Abstract :

This work has been done in El-Abed's mine in order to study, appraise and bring some solutions to few problems of mining security and protection of environment.

Our aim is to disclose reasons of industrial injuries and occupational diseases.

Key words : mining security, environnement, industrial injuries, occupational diseases, standards, mining.

Sommaire.



<i>Titre</i>	<i>Page.</i>
<i>Introduction.</i>	<i>1</i>
<u>Chapitre I : Conditions naturelles du gisement.</u>	<i>4</i>
I-1/ Généralités.	<i>5</i>
I-2/ Géologie du gisement.	<i>7</i>
I-2-1/ Stratigraphie.	<i>7</i>
I-2-2/ Structure du gisement.	<i>11</i>
I-2-3/ Tectonique.	<i>11</i>
I-2-4/ Genèse.	<i>14</i>
I-2-5/ Paragenèse.	<i>14</i>
I-2-6/ Caractéristiques hydrogéologiques du gisement.	<i>15</i>
I-3/ Conditions minières du gisement.	<i>16</i>
I-3-1/ Mode d'ouverture et découpage du gisement.	<i>16</i>
I-3-2/ Condition du gisement.	<i>21</i>
I-3-3/ Les principales voies de roulage.	<i>22</i>
I-3-4/ Méthode d'exploitation.	<i>23</i>
I-3-5/ Données techniques de l'exploitation.	<i>24</i>
<u>Chapitre II : Normes d'hygiène et de sécurité dans les mines souterraines.</u>	<i>28</i>
II-1/ L'aérage.	<i>29</i>
II-1-1/ L'atmosphère de la mine.	<i>29</i>
II-1-2/ La température.	<i>31</i>
II-1-3/ Les poussières.	<i>33</i>
II-1-4/ Calcul d'aérage.	<i>34</i>
a) Les besoins en air.	<i>34</i>
b) Notion de dépression et résistance dans les galeries.	<i>35</i>

II-2/ L'exhaure.....	39
II-2-1/ Généralités.....	39
II-2-2/ Protection des travaux souterrains contre l'inondation.....	39
II-2-3/ Evacuation des eaux de la mine.	40
II-3/ L'éclairage.	41
II-3-1/ Historique.	41
II-3-2/ Eclairage des galeries.....	42
a) Eclairage fixe.	42
b) Eclairage avec lampes portatives.	44
II-4/ Pression des terrains.	45
II-4-1/ Généralités.	45
II-4-2/ Pression des terrains sur les ouvrages miniers.	46
a) Ouvrage minier horizontal.	46
b) Ouvrage minier vertical.	49
c) Ouvrage minier incliné.	51
II-5/ Le soutènement.	53
II-5-1/ Types de soutènement.	53
a) Soutènement par boulons.	53
b) Les cintres métalliques.	55
c) Béton projeté.	58
d) Soutènement en bois.	59
II-6/ L'emploi des explosifs.	61
II-6-1/ Approvisionnement et distribution des explosifs.	61
II-6-2/ Manipulation des explosifs.	61
II-6-3/ Utilisation des explosifs.	62

Chapitre III : Constat et analyse des problèmes sécuritaires dans la mine d'El-Abed.64

III-1/ Les problèmes rencontrés dans la mine.	65
III-2/ Problème d'aérage dans la mine.	68
III-2-1/ Description et analyse du schéma de l'aérage dans la mine d'El-Abed.	68
III-2-2/ Calcul des besoins en air dans chaque quartier de la mine.	71
III-3/ Appréciation de l'état de stabilité des galeries minières.	73
III-4/ Les maladies professionnelles et accidents de travail.	77

III-4-1/ Les maladies professionnelles.	77
a) La silicose.	78
b) La surdité de perception.	80
III-4-2/ Les accidents de travail.	82
a) Analyse des causes des accidents de travail.	82
b) Conséquences économiques suite à un accident.	83
c) Les accident de travail dans la mine d'El-Abed.	83
III-5/ L'impact environnemental suite à l'exploitation du gisement.	84
III-5-1/ Les constituants de l'environnement.	84
III-5-2/ Définition d'un déchet.	85
III-5-3/ Impact environnemental dans la région d'El-Abed.	86
<u>Chapitre IV : Contribution à l'amélioration des quelques problèmes principaux.</u>	88
IV-1/ L'aérage.	89
IV-2/ L'�clairage.	92
IV-3/ L'environnement.	93
IV-4/ Quelques mesures sécuritaires et préventives.	95
<i>Conclusion.</i>	97
Annexe 1.	100
Annexe 2.	106
Bibliographie.	113

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Introduction.

L'une des conditions essentielles pour l'exploitation d'un gisement en l'occurrence avec le mode souterrain est bien évidemment la sécurité, tant au niveau des chantiers, des installations, de l'emploi de méthodes technologiques en vue d'exécuter des processus d'exploitation, qu'au niveau des ouvriers et de l'environnement.

En Algérie la question sécuritaire et environnementale est encore insuffisamment prise en charge. En effet, parmi les nombreux gisements en exploitation aucun ne présente le niveau requis en la matière, - c'est du moins ce qui nous a été affirmé à travers différentes sources - le cas de la mine d'EL-Abed est le plus éloquent. Il fera d'ailleurs l'objet de notre travail.

Avec le développement croissant de la mise en valeur du gisement, la question sécuritaire et environnementale requiert encore plus d'importance et ce, aussi bien du côté des organismes d'exploitation publics que privés. Il doit être nécessaire sinon indispensable, d'accorder une importance particulière et de premier rang à la sécurité et à la protection de l'environnement.

Notre thème est d'actualité et constitue une nécessité pour les organismes d'exploitation.- Pour l'illustrer on peut rappeler l'accident majeur qui a touché dans un passé récent la mine de Kherzat Youcef (Wilaya de Sétif), accident du à une infiltration des eaux et effondrement des galeries et les conséquences dramatiques sur les ouvriers en sont un exemple Il s'inscrit donc comme une démarche nouvelle qui vise à analyser, apprécier et proposer une contribution de solutions aux problèmes aigus de la sécurité et de l'environnement.

Eu égard aux multiples difficultés rencontrées pour la réalisation de ce travail, au manque de possibilités de faire des constats dans les différentes mines algériennes et à l'absence quasi totale de la documentation, nous nous sommes contentés de circonscrire notre travail pratique à la seule mine d'EL-Abed où nous avons effectué un stage, ce qui nous a permis de constater et d'analyser les problèmes sécuritaires et environnementaux qui s'y posent, mais aussi d'interviewer les responsables chargés de la normalisation, aussi bien au niveau de l'institut algérien chargé de la normalisation (IANOR) qu'au niveau du Ministère de l'industrie.

La partie relative à l'environnement a également fait l'objet d'une étude approfondie avec le responsable sécurité et environnement de ce même Ministère. La recherche bibliographique a été difficile mais d'une précieuse aide.

C'est dans ce cadre, que nous avons structuré notre mémoire en quatre parties :

Chapitre I : Les conditions naturelles du gisement.

Chapitre II : Les normes d'hygiène et de sécurité dans les mines souterraines.

Chapitre III : Constat et analyse des problèmes sécuritaires dans la mine d'El-Abed.

Chapitre IV : Propositions de solutions de quelques problèmes sécuritaires.

A travers ce plan, nous nous sommes proposés d'analyser et d'apporter des propositions de solutions possibles à envisager.

Chapitre I :

Conditions naturelles du gisement.

I-1/ Généralités.

I-1-1/ Situation géographique du gisement d'El-Abed :

Le gisement polymétallique d'El-Abed est situé à l'extrême nord-ouest de l'Algérie, à environ 42 Km au sud de la ville de Maghnia, à 100 Km au sud-ouest de la wilaya de Tlemcen et à 1 Km des frontières Algero-marocaine.

Appartenant à la chaîne des hauts plateaux, la région d'El-Abed est caractérisée par :

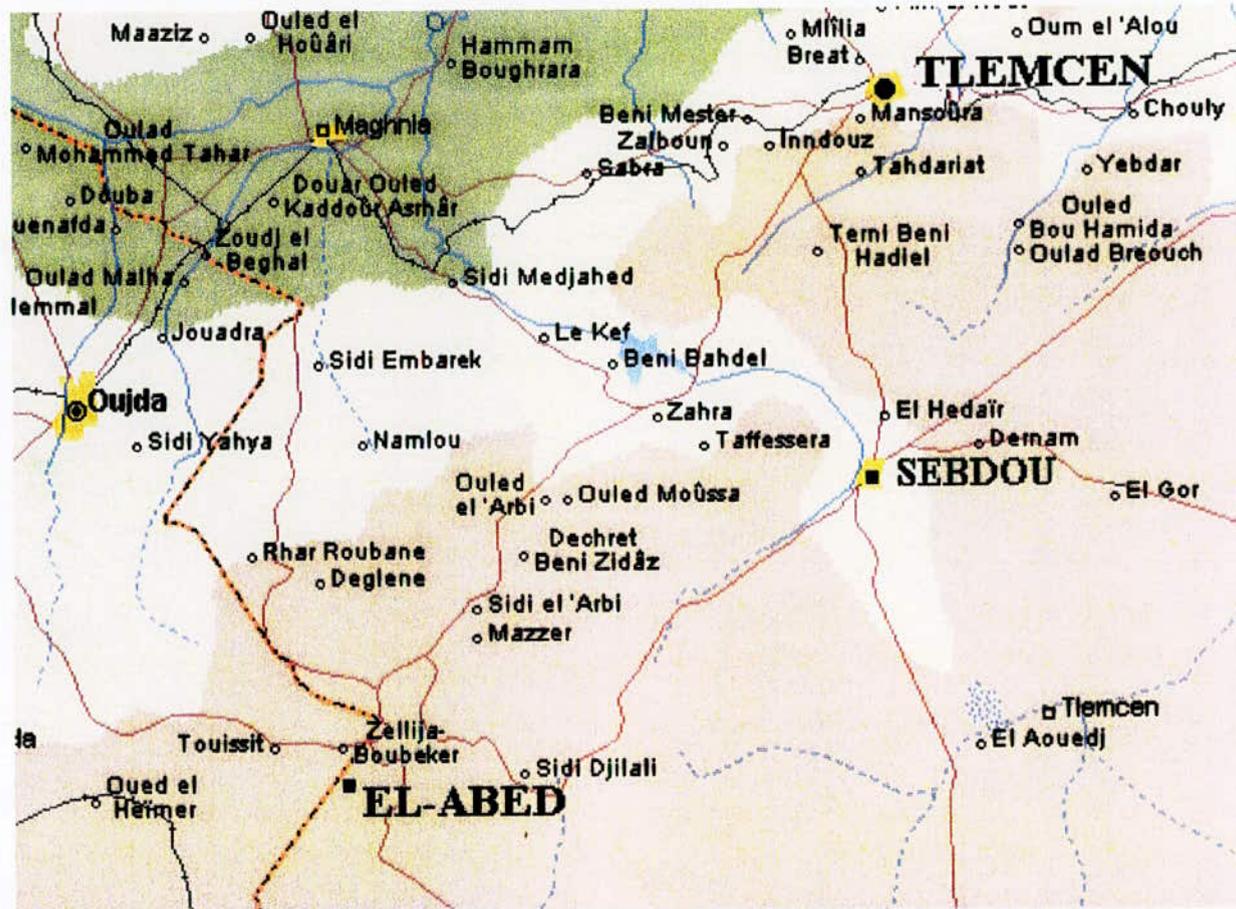
- Un relief montagneux d'altitude variant entre 1260 m et 1540 m.
- Un climat subtropical caractérisé par un été chaud et prolongé avec une température moyenne de 27° et un hiver froid et court avec une température moyenne de 4°.

I-1-2/ Historique :

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

L'étude géologique de ce champs a commencé en 1906 sur sa partie occidentale située au territoire marocain. Le gisement a été découvert en 1940 après de longues recherches effectuées par la compagnie de "Zellidja" et le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) sur le prolongement Est des gîtes marocains de **TOUISSIT** et **SIDI BOUBKER**, et son exploitation n'a débuté qu'en 1952 par la même compagnie.

En mai 1966 la mine d'El-Abed a été nationalisée comme toutes les autres mines algériennes. des travaux géologiques au niveaux du gisement et des régions voisines ont été exécutés à partir de 1967 par la base "D" (Maghnia) du département de la SONAREM, cette dernière conclut un contrat en 1968 avec la société marocaine des mines afin d'effectuer le traitement du minerais d'El-Abed au niveau de la laverie de Zellidja située près des frontières et cela jusqu'à 1975. Entre temps la SONAREM lança un projet de construction d'une usine de traitement.



Légende :

- 1000-2000 m.
- 500 m.
- 200 m.

**Figure 1- Carte de la région.
Echelle : 1/500.000**

I-2/ Géologie du gisement.

I-2-1/ Stratigraphie : [2]

Le gisement métallifère tout comme l'ensemble de la région, comprend deux étages structuraux :

- *Etage inférieur.* constitué de terrains paléozoïques fortement disloqués.
- *Etage supérieur.* formé de dépôts mésozoïque qui comprend le permo-trias, le jurassique et le quaternaire.

Le paléozoïque est rencontré dans les profondeurs allant de 200 à 600 m. Dans la partie nord du gisement les terrains paléozoïques sont constitués de roches éruptives : diabases quartzeux, diabasophyrites, tufs de porphyrites, andesilo-dacitique, tufs de porphyres quartzeux, qui sont recouvertes localement par des schistes argileux. Les limites entre les schistes et les roches éruptives sont marquées généralement par des failles, les dépôts mésozoïques reposent en discordance avec le socle paléozoïque.

On distingue des dépôts de permo-trias surmontés par une assise jurassique où l'on rencontre les roches du lias, dogger, callovien-oxfordien, lusitanien et kimeridgien.

A- Le permo-trias :

Il est représenté par des lentilles de conglomérats argileux rouges constitués de fragments et galets de schistes, de puissance ne dépassant pas les 10 m.

B- Le jurassique :

1) Le lias : il est situé entre 170 et 560 m de profondeur, constitué par des calcaires, dolomies et grès. La puissance prédominante varie de 10 à 20 m.

Les terrains liasiques représentent l'encaissant de la minéralisation, et d'après leur composition lithologique on distingue quatre niveaux :

- **Niveau I :** ce niveau ne contient pas la minéralisation et est constitué de calcaires sublithographiques, ainsi que des brèches de calcaires, de grès et d'argile. Il a une puissance variant de 1 à 2 m.

- ♦ **Niveau II** : il se compose de dolomies massives intercalées de lits de calcaires et d'argiles. Les minerais de Plomb et de Zinc se trouvent dans ce niveau : la moitié inférieure est constituée de gros bancs de dolomies compactes de teinte gris foncée tandis que l'autre moitié supérieure est formée de dolomies gris claires souvent gréseuses. La puissance de ce deuxième niveau est entre 10 et 15 m.

- ♦ **Niveau III** : il est composé de grès quartzeux et des conglomérats sédimentaires, ces roches se développent dans les dolomies du deuxième niveau : parfois les dépôts de ce niveau remplissent des poches dans les dolomies massives et est plus riche en minerai de Plomb et Zinc. La puissance moyenne est de 2 à 3 m.

- ♦ **Niveau IV** : il est formé de silts compacts noirs et gris foncé ainsi que des dolomies marbreuses. Les silts se caractérisent par une présence d'imprégnation fine de pyrite. Les roches du quatrième niveau sont répandues dans la partie sud du gisement dans une bande de configuration irrégulière.

La puissance moyenne de ce niveau est de 1,5 m et parfois peut atteindre 4 à 5 m. Le niveau ne renferme pas la minéralisation Plombo-Zincifère.

2) **Le dogger** : il est formé de calcaires ferrugineux et bathoniens avec des oolithes se présentant en lentilles isolées en tâches de forme irrégulières. Sa puissance varie de 2 à 3 m.

3) **Le callovien-oxfordien** : il contient une série monotone de marnes grises finement schistées, il a une puissance de dépôt qui varie de 250 à 270 m.

4) **Le lusitanien** : les dépôts du lusitanien reposent en discordance angulaire sur les terrains du callovien-oxfordien et se divise en deux sous étages :

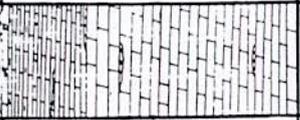
Le lusitanien inférieur avec une puissance de 130 m, est composé de marnes argileuses intercalées par des lits de grès.

Le lusitanien supérieur a une puissance de 300 m environ, contient des grès francs, de rares bancs de grès quartzeux ferrugineux et de lits marneux minces.

5) **Le kimiridjien** : ses dépôts reposent en faible discordance sur les dépôts du lusitanien. Ces dépôts sont constitués de dolomies et des calcaires fins massifs à stratification apparente. La puissance de ce niveau est de 50 m.

C- Le quaternaire :

Les dépôts du quaternaires sont constitués de terrains de formation alluvionnaires, ils contiennent des sablo-argileux, la puissance de ces dépôt atteint 3 à 4m.

PALEOZOIQUE	JURASSIQUE				S.SYSTEME
	INFERIEUR	SUPERIEUR			
	LIAS	CALLOVO OXFORDIEN	LUSITANIEN	KIMMERIDIEN	ETAGE
	J	J	J	J	INDEX
					LITHOLOGIE
	30	250	60	80	PUISSANCE
	<p>LEHUILLES DE CALCAIRES FERROUSIQUES MARNES DE MARNAGE + SILEX CONCRETES + MARNES QUARTEUSES NIVEAU DES QUARTZES CONGLOMERATS ANGLES NIVEAU DES SILEX MARNES CRAIE MASSIVE AVEC INTERCALATIONS D'ARGES.</p> <p>MARNES CALCAIRES SUB-ORIENTALES SANS ETIQUETS CRAIE D'EAU + POUSSIERES NOIRS</p> <p>SILEX VOLCANO - TERRESTRIALES SILEX, MARNES, COQUILLES SILEX, ANTHROPO-CALCAIRES.</p>	<p>MARNES GRASSES FINEMENT SILEXIFERES</p>	<p>GRIS MOTTES ET MASSIFERS</p>	<p>CALCAIRES ET DOLOMITES MASSIVES</p>	DESCRIPTION DES ROCHES

I-2-2/ Structure du gisement :

Les corps minéralisés des minerais de plomb et zinc du gisement d'El-Abed sont localisés dans les dépôts du lias, ces dépôts ainsi que les formations sus-jacentes ont une structure complexe caractérisée par une discontinuité de certaines couches.

Dans les dépôts liasiques, on distingue deux grandes zones minéralisées, la zone **sud** et la zone **nord** qui sont allongées en bandes dans la direction Est. La largeur de la bande nord dans le plan est de 200 à 850 m et celle de la bande sud varie de 250 à 1250 m, avec un espace stérile séparant la partie nord de celle du sud sur une largeur de 1300 m. Ces deux bandes se joignent à l'Est en formant une zone de 2,2 à 2,3 Km de largeur et une extension maximale Ouest-Est de 5 Km.

I-2-3/ Tectonique

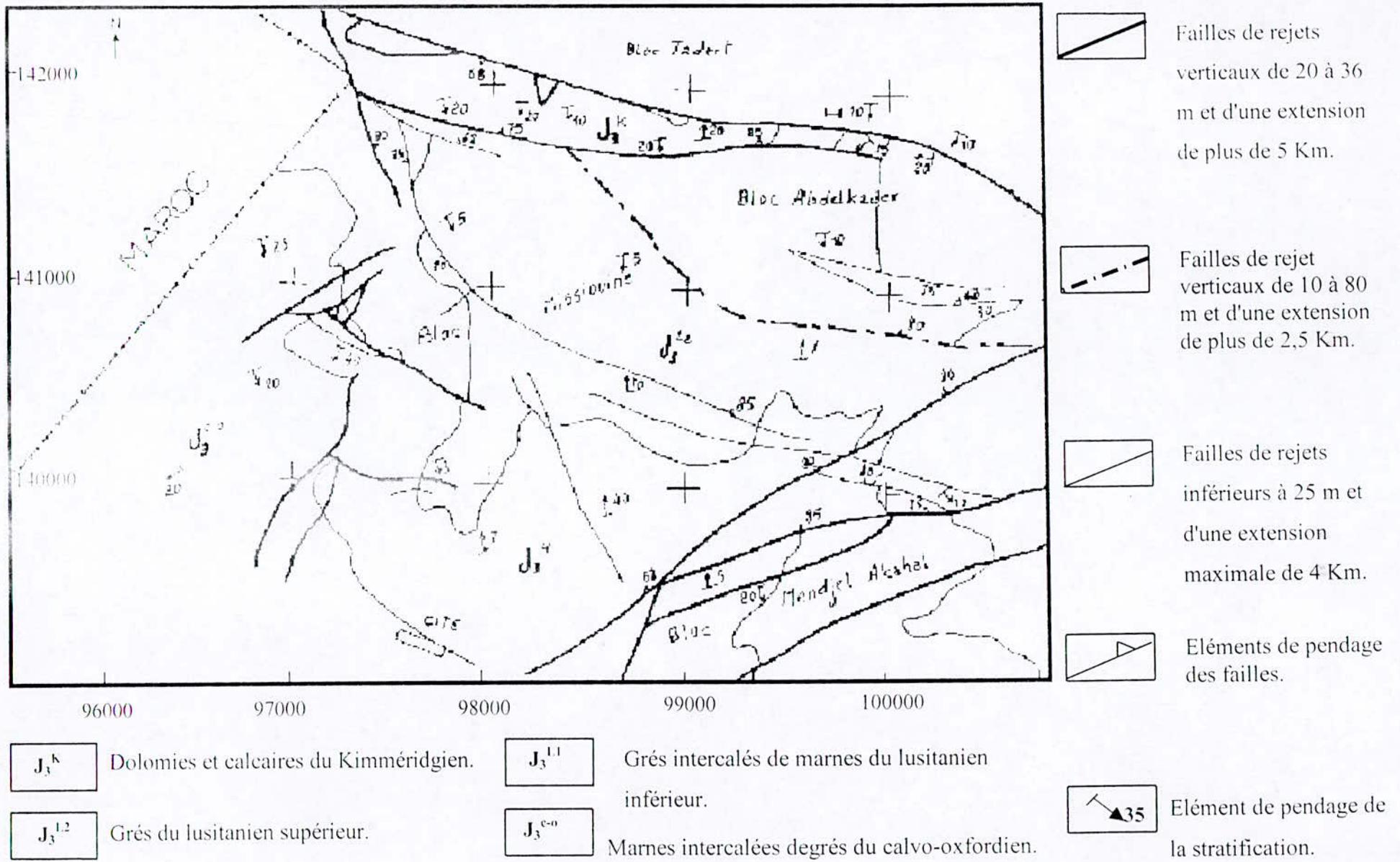
Le périmètre métallifère du gisement est associé à l'horst anticlinal de *Toumzait* qui est fracturé en une série de compartiments par des failles Nord-Ouest et Nord-Est. Le compartiment central est représenté par le graben synclinal de Missouine qui est la structure encaissante dominante.

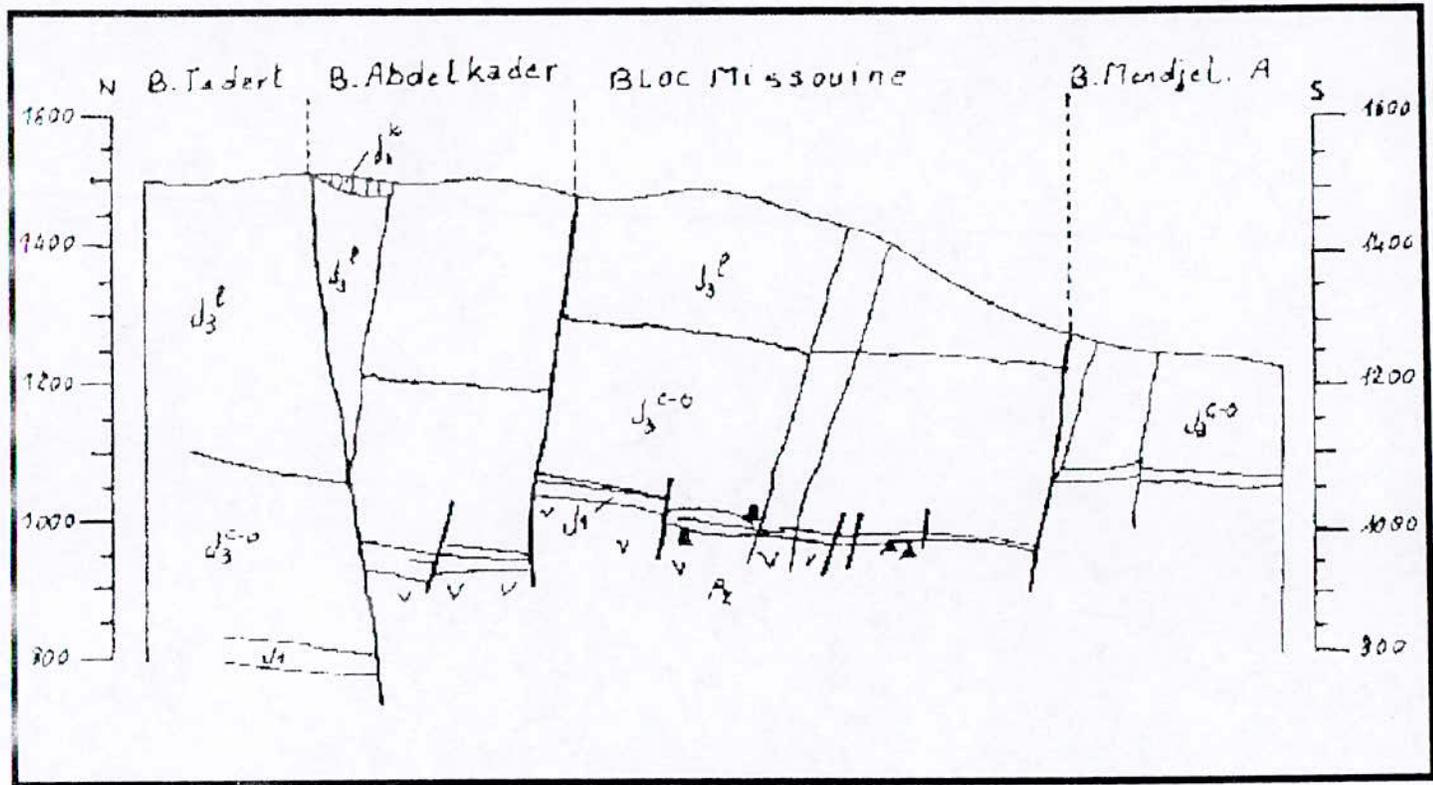
Les roches encaissantes sont plissées et divisées par une série de failles, fractures ou chevauchements accompagnés de zone de brèches, ces importantes failles confèrent au gisement une structure compartimentée.

Les miroirs de failles sont constatés plus nettement dans les roches du socle primaire et dans les dolomies compactes du lias.

Le gisement est complexe par des déplacements post-minéralisés verticaux qui créent une structure de petits blocs de clavier ce qui a rendu les travaux d'exploitation difficiles.

Figure 3- Carte géologique.





- | | | | | |
|--|--------------------|--|--------------------|----------------------|
| | Kimméridgien. | | Paléozoïque. | Echelle h : 1/20000. |
| | Lusitanien. | | Corps de minerais. | Echelle v : 1/10000. |
| | Callovo-Oxfordien. | | Faille. | |
| | Lias. | | Galerie. | |

Figure 4- Coupe géologique.

I-2-4/ Genèse :

Il existe deux hypothèses de genèse du gisement, la première suppose que l'origine de la minéralisation est sédimentaire du fait que les corps des minerais en couches se trouvent dans les roches sédimentaires métamorphiques disloquées.

La deuxième hypothèse qui paraît la plus probable est d'origine hydrothermale.

I-2-5/ Paragenèse :

Les minerais du gisement d'El-Abed se caractérisent par une composition minéralogique relativement simple, on distingue :

- ♦ **Les minéraux principaux :** la blende ZnS , la galène PbS , la pyrite FeS_2 et la chalcopryrite $CuFeS_2$.

- ♦ **Les minéraux secondaires :** cérusite $PbCO_3$, anglésite $PbSO_4$, smithsonite $ZnCO_3$ et des oxydes tels que la malachite $Cu_2CO_3(OH)_2$, l'azurite $Cu_3[OH/CO_3]_2$.

- **La blende :** est le minéral métallique principal, elle se présente en agrégats massifs, la grosseur des grains varie largement entre 50μ et 5 cm. La couleur de la blende varie du jaune claire au brun rougeâtre et marron foncé en passant par le blanc.

- **La galène :** elle se présente en grains de forme et de taille différentes de 1 à 2 cm disséminés dans la dolomie, la blende et la pyrite. Le minerai de galène est localisé dans le grès, les brèches et les dolomies marneuses.

I-2-6/ Caractéristiques hydrogéologiques du gisement :

La quantité de pluie durant l'année, le relief raviné de la région et l'extension des marnes imperméables du callovien-oxfordien et du lusitanien, expliquent la richesse relative du territoire du gisement en eaux superficielles et en eaux souterraines qui se forment en fonction de la quantité de pluies et la fonte de la neige qui s'infiltrent à travers les failles.

Dans les parties Est et Nord du gisement les eaux souterraines hydrocarbonatées se trouvent dans les grès du lusitanien supérieur surmontant l'assise marneuse.

Vu l'emplacement de la minéralisation dans les roches liasiques, les conditions hydrogéologiques perturbaient l'avancement des travaux d'exploitation au quartier Aïn-Arko où on a constaté une augmentation du débit de drainage de 55 à 70 m³/h à cause de l'arrêt de l'exhaure du puit N° 6 au Maroc

I-3/ Conditions minières du gisement.

I-3-1/ Mode d'ouverture et découpage du gisement : [2]

On appelle ouverture d'un gisement tous les travaux de creusement donnant accès au corps minéralisé à partir du jour.

L'ouverture du gisement d'El-Abed a été réalisée par trois puits verticaux suivants :

- ♦ **Le puits N° 3.** situé au carreau de la mine à 500 m à l'Est de la frontière Algero-Marocaine, il donne accès au quartier de Aïn Arko, il a été mis en service en 1963, sa profondeur est de 276 m. Il est de forme rectangulaire de 10 m^2 de section permettant l'entrée de l'air frais dans la mine.
- ♦ **Le puits N° 4.** situé à l'Est du gisement donnant accès aux quartiers Alzi et El-Abed, il est de forme rectangulaire de section de 10 m^2 et de 365 m de profondeur. Il est utilisé également comme puits d'entrée d'air.
- ♦ **Le puits N° 5.** situé au nord du gisement, prévu initialement pour l'extraction, est utilisé actuellement comme puits de retour d'air à cause de sa mauvaise exécution. Sa petite déviation de la verticale rendait difficile l'emplacement des récipients d'extraction. Il est de 20 m^2 de section et sa profondeur est de 500 m.

Les puits N° 3 et 4 sont soutenus en béton armé et équipés chacun d'eux d'un skip et une cage pour la montée et la descente du personnel. Ces deux puits sont distants l'un de l'autre de 2,1 Km et réunis entre eux par une voie de roulage de 12 m^2 de section.

Actuellement seul le puit N° 4 qui sert pour l'extraction de minerai et le puit N° 3 pour l'exhaure.

Vu la grande superficie du gisement d'El-Abed, il est donc découpé en trois quartiers principaux. à partir de l'Ouest et le long de la zone sud on distingue les quartiers suivants :

- 1) *Aïn Arko*, la partie occidentale du gisement.
- 2) *Alzi* au centre.
- 3) *El-Abed* à l'Est du gisement.

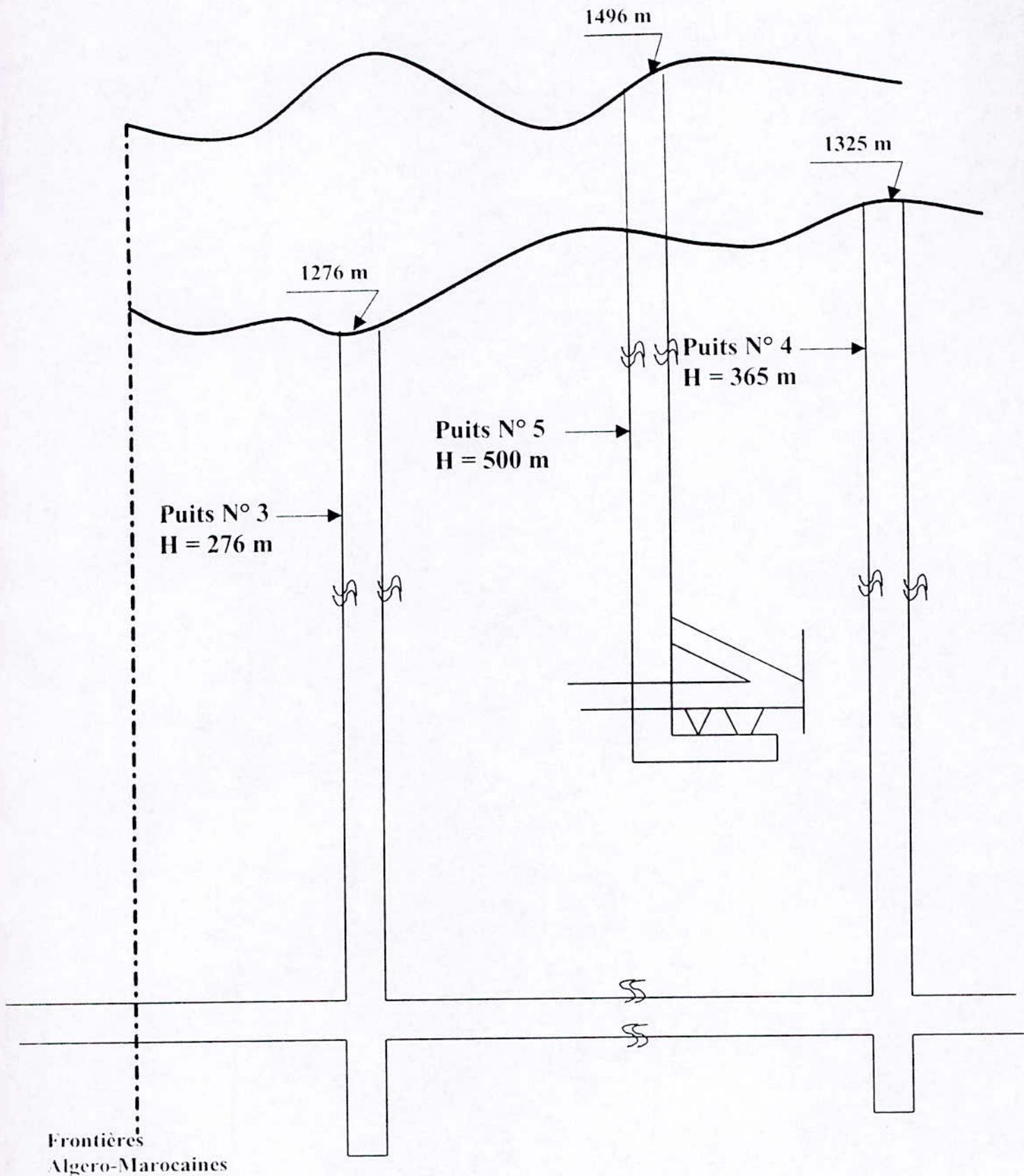


Figure 5- Schéma d'ouverture du gisement.

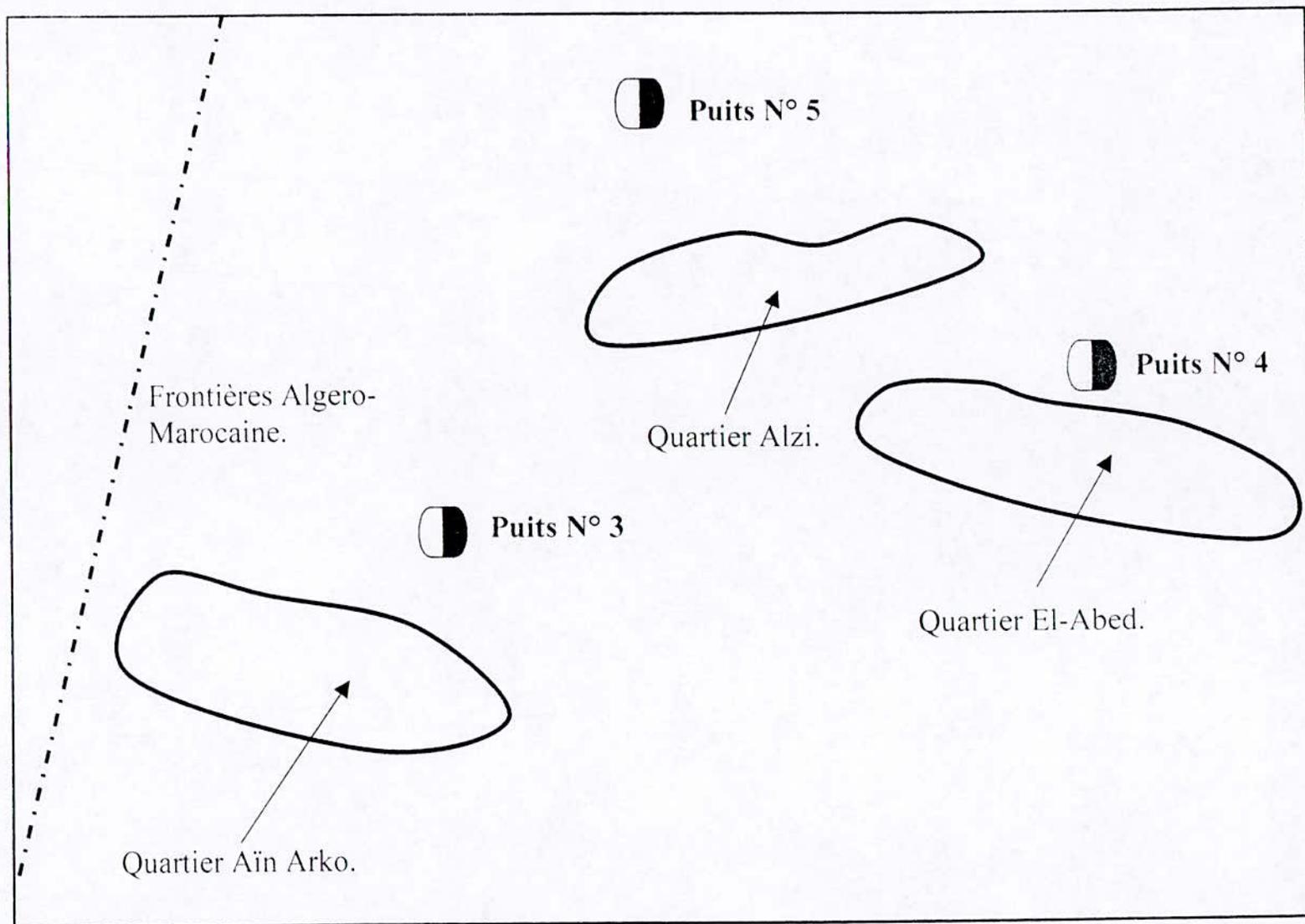
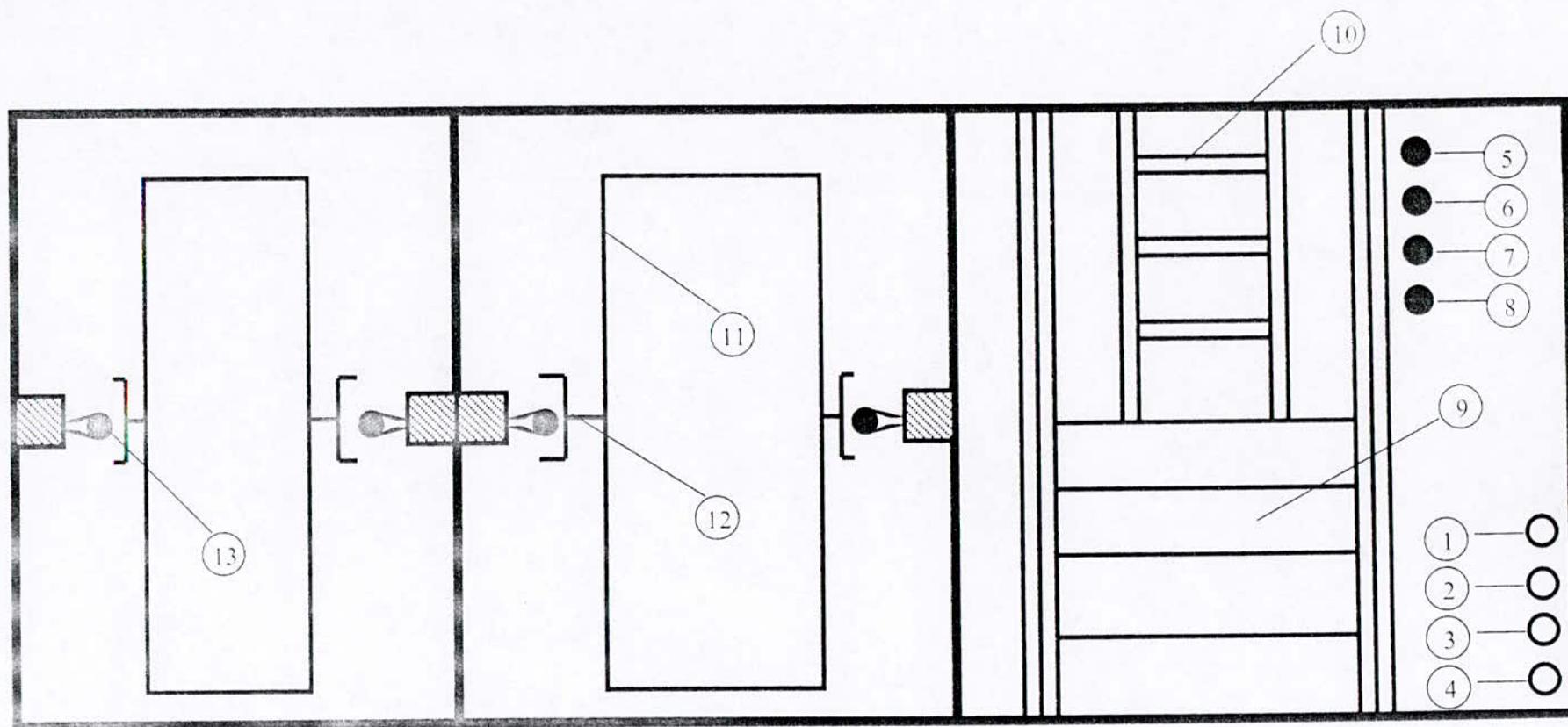


Figure 6- Schéma de découpage du gisement.



- 1,2- Conduite d'exhaure de refoulement (ϕ 150).
- 3- Conduite d'air comprimé (ϕ 250) .
- 4- Conduite d'eau (réserve).
- 5- Câble électrique d'éclairage.
- 6- Câble électrique (380 V) .
- 7,8- Câbles électriques (5,5 KV) .

- 9- Planches.
- 10- Echelle.
- 11- Skip.
- 12- Glissière.
- 13- Rail.

Figure 7-Section du puits N° 4

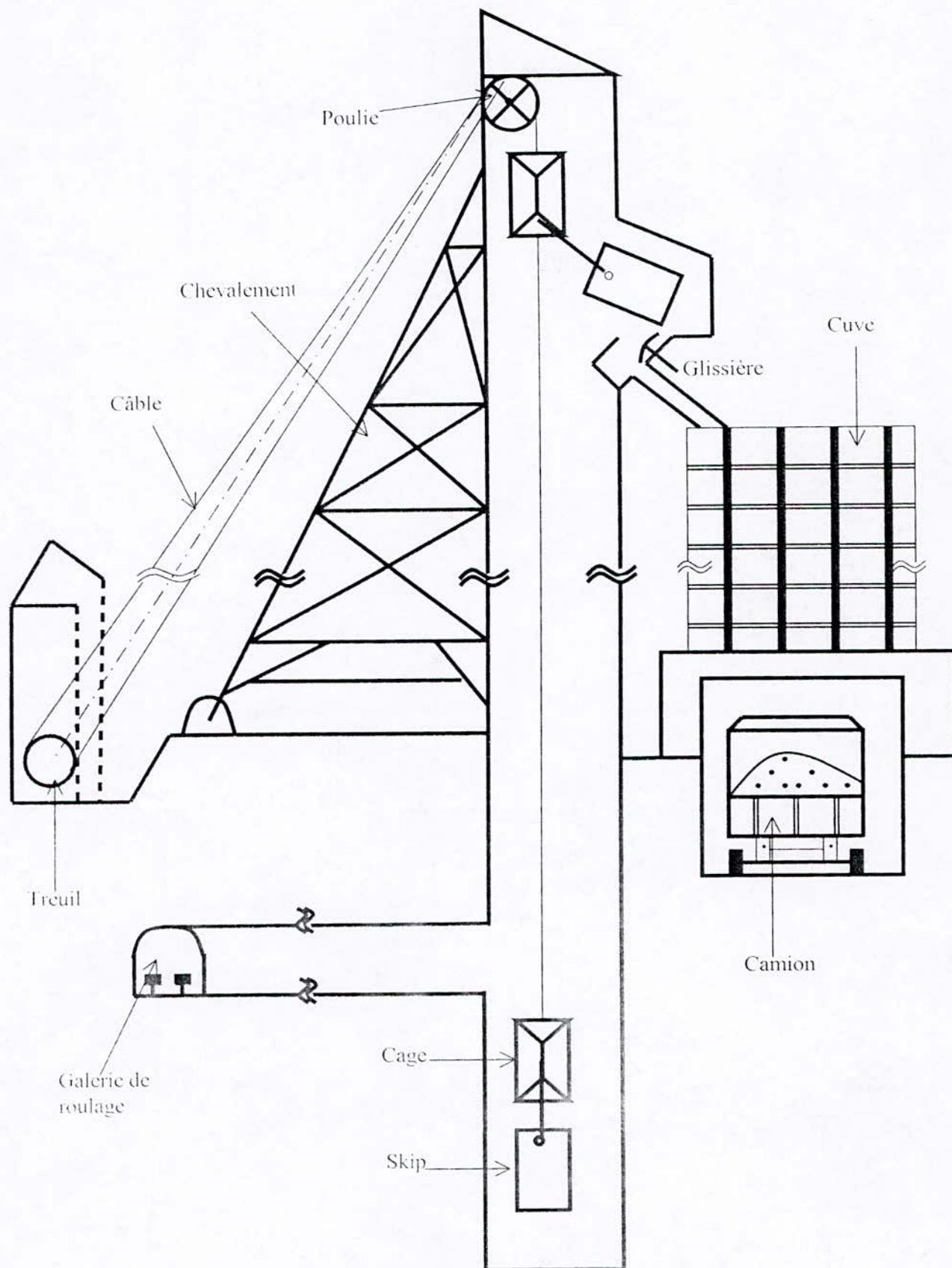


Figure 8- Schéma du puits N° 4

I-3-2/ Conditions du gisement :

Le gisement d'El-Abed s'étend sur 5200 m en longueur et 2100 m en largeur, il se trouve à une profondeur allant de 200 à 500 m.

Les principaux paramètres permettant le choix de la méthode d'exploitation du gisement sont:

a) Angle de pendage :

Les corps minéralisés du gisement d'El-Abed sont presque horizontaux, de ce fait on distingue :

- Au quartier de Aïn-Arko, la minéralisation présente un faible pendage de 3° à 5° et peut atteindre un angle de 10° vers le Sud.
- Au quartier Alzi, le pendage varie de 3 à 5° au Sud et de 2 à 15° au Sud-Est.
- Au quartier El-Abed, le pendage est entre 3 et 10° dans la zone Nord.

b) La puissance de la couche minéralisée :

Les différentes puissances des parties du gisement sont représentées dans le tableau suivant :

Quartiers	Puissance en mètre (m)		
	Moyenne	Minimale	Maximale
Aïn-Arko	2.07	0.16	16.75
Alzi	2.55	0.30	12.00
El-Abed	3.83	0.30	18.15

Tableau 1- Puissance de la couche minéralisée dans les différents quartiers.

c) Caractéristiques du minerai :

- Coefficient de foisonnement : 1.4-1.6.
- Poids volumique du minerai : $\gamma = 2.8$.
- Teneur en plomb et en zinc respectivement : 1% et 3,5 %.

d) Caractéristiques des roches encaissantes :

- Dureté de la dolomie franche : 7-8
- Dureté de la dolomie marneuse : 3-5
- Poids volumique : $\gamma = 2,6$

e) Conditions hydrogéologiques :

Le débit d'eau dans le gisement d'El-Abed est important, il est de 5 à 18 m³/h dans le quartier de Aïn Arko, et de 3 à 5 m³/h dans les quartiers Alzi et El-Abed.

f) Caractéristiques géométriques du corps minéralisé :

Le gisement d'El-Abed est un gisement en plateau s'étendant sur 5200 m en longueur et 2100 m en largeur, il se situe sous une couche de roches encaissantes d'épaisseur variant de 200 à 500 m.

I-3-3/ Les principales voies de roulage : [2]

Les chantiers d'exploitation sont reliés aux puits par des galeries principales assurant d'une part la circulation du personnel et des engins miniers à l'intérieur de la mine et d'autre part la montée au jour du minerai extrait afin de subir l'opération de traitement à la laverie.

- Du puit N°3 part le travers banc 1000 de direction générale Est-Ouest et de longueur de 1400 m, il traverse la frontière marocaine pour aboutir au puit N° 6 situé au territoire marocain en passant par les chantiers *Boucif* et *Salim* au nord, ce travers banc sert de voie de roulage principale pour le quartier Aïn Arko.
- A 250 m du puits N° 3 et à partir du travers banc 1000 plonge la galerie *Brahim* sur 300 m vers le sud, puis se redresse vers l'ouest en contournant les chantiers *Salim* et *Badis* pour arriver enfin au puits marocain.
- A l'Est du puits N° 3, le travers banc 1000 longe la bande minéralisée et aboutit au chantier *Salah* situé dans le quartier Alzi, où débute le travers banc *Amirouche* qui longe le quartier Alzi à l'ouest assurant ainsi le transport d'explosif vers le puits N° 4.

- Du puits N° 4, part vers le sud la descenderie *Okachat* de longueur de 100 m qui tourne vers l'ouest jusqu'à son intersection avec le travers banc *Amirouche*.
- Le travers banc *El-Abed* de 600 m de longueur et de direction Nord-Ouest.
- De l'Est vers l'ouest et à partir de l'extrémité du travers banc *El-Abed*, la descenderie *Rachid* qui aboutit au quartier El-Abed sur une longueur d'environ 700 m environ.
- La descenderie *Samir*, orienté vers l'Est et plonge de 18° sur une longueur de 500 m en passant sous le quartier d'El-Abed.

I-3-4/ Méthode d'exploitation :

La méthode d'exploitation utilisée dans la mine d'El-Abed est celle des *chambres et piliers abandonnés*, le gisement est découpé par une série de voies afin de diviser les quartiers en chantiers puis en blocs.

Les différents travaux exécutés sont :

- ♦ **Les travaux d'infrastructure** : ces travaux visent à atteindre le bloc de réserves délimité par les sondages effectués à partir du jour. Ils consistent à creuser à partir du puits, une galerie dans les roches stériles jusqu'à atteindre ce bloc. Une fois cette galerie soutenue, elle deviendra une galerie de roulage.
- ♦ **Les travaux préparatoires** : une fois que le bloc de réserves est délimité par des galeries principales, on creuse à partir de ces dernières des galeries secondaires afin de diviser le bloc en panneaux de dimension 60×60 m (cas du quartier Aïn Arko) ou bien 50×50 m (cas des quartiers El-Abed et Alzi).
- ♦ **Les travaux d'abattage** : l'abattage des panneaux se fait à l'explosif en laissant un stot de protection de 12 m. La hauteur et la largeur de la chambre sont respectivement 3.5m et 5m, selon la stabilité des terrains la dimension du pilier laissé est de 6×6 m dans les quartiers Aïn Arko et El-Abed et de 4.5×4.5 m dans le quartier d'Alzi.

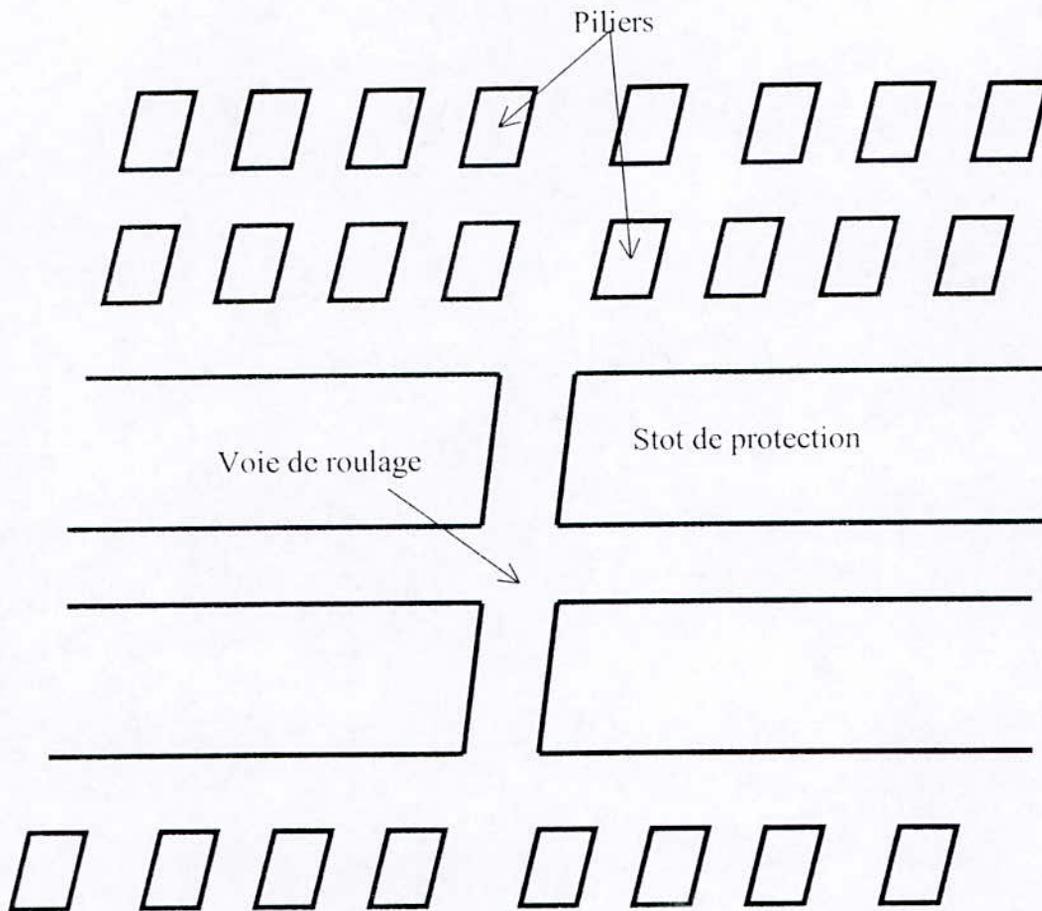


Figure 9-Méthode d'exploitation

I-3-5/ Données techniques de l'exploitation :

a) La foration :

La foration se fait par marteaux perforateurs T-21, à air comprimé et eau, de diamètre 38 mm, la longueur de foration est comprise entre 1,5 m et 2,4 m ce qui nous donne un avancement par volée de 1,3 m à 2m.

La durée de foration d'un trou est de 2 à 3 min pour les roches friables, et de 5 min pour les roches dures.

b) Le tir :

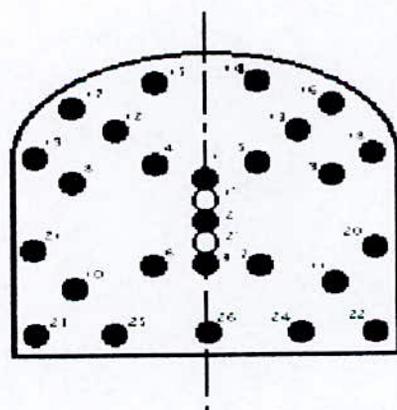
Les travaux de tir s'exécutent conformément au plan de tir prismatique à micro retard, pour cela deux types d'explosifs en cartouches sont utilisés *la Gélanit* et *la Marmanit*.

Chaque cartouche pèse environ 250 gr et est de 20 cm de longueur et 32 mm de diamètre.

La consommation spécifique en explosifs retenues est représentée dans le tableau suivant :

Quartier	Consommation en explosif (Kg/t)
Aïn Arko	0.45
Alzi	0.58
El-Abcd	0.48

Tableau 2- Consommation spécifique en explosif dans les différents quartiers.



- Trou de mine chargé
- Trou de mine non chargé

Figure 10- Schéma de tir

c) Le soutènement :

Dans certaines zones où la pression des terrains est élevée, le soutènement par les cintres métalliques ne peut pas supporter ces contraintes, dans ce cas le soutènement utilisé est celui de charpentes métalliques assemblées par boulonnage, le garnissage se fait en bois.

Au niveau des roches friables, les excavations sont soutenues par des cintres métalliques, espacés l'un de l'autre d'environ 0,8m à 1m, le garnissage est fait par des plaques métalliques ou par dalles en béton ou parfois en bois.

Le soutènement provisoire n'existe pas dans la mine d'El-Abed.

d) L'exhaure :

Dans la mine d'El-Abed, le plus grand débit d'eau est localisée dans le quartier de Aïn Arko qui est de 5 à 18 m³/h tandis qu'à El-Abed et Alzi, il est de 3 à 5 m³/h, c'est pour cette raison qu'on a aménagé près du chantier Badis une albraque de 45 m³ afin de collecter ces eaux.

L'évacuation de cette eau se fait à l'aide de deux pompes centrifuges du type 8MC, l'une en activité et l'autre en réserve. L'eau aspirée est refoulée dans des conduites jusqu'au jour où elle se répartie en trois parties, la première est rejetée en surface dans un réservoir au jour où elle sera traitée et redistribuée pour les usages au fonds de la mine, la deuxième partie est stockée dans un réservoir au jour et la troisième est orientée vers les ateliers et les garages.

e) Alimentation en énergie électrique :

La mine d'El-Abed est alimentée par un réseau électrique en provenance de la centrale électrique d'Oran, de tension d'arrivée de 30 KV jusqu'à 60 KV.

- La tension du Trolley à Aïn-Arko est de 500 V, celle d'El-Abed et Alzi sont de 250 V.
- La tension utilisée pour les équipements au fond de la mine tels que les convoyeurs à bande et les moteurs électriques est de 380 V.
- L'éclairage du puits est assuré par une tension de 36 V.

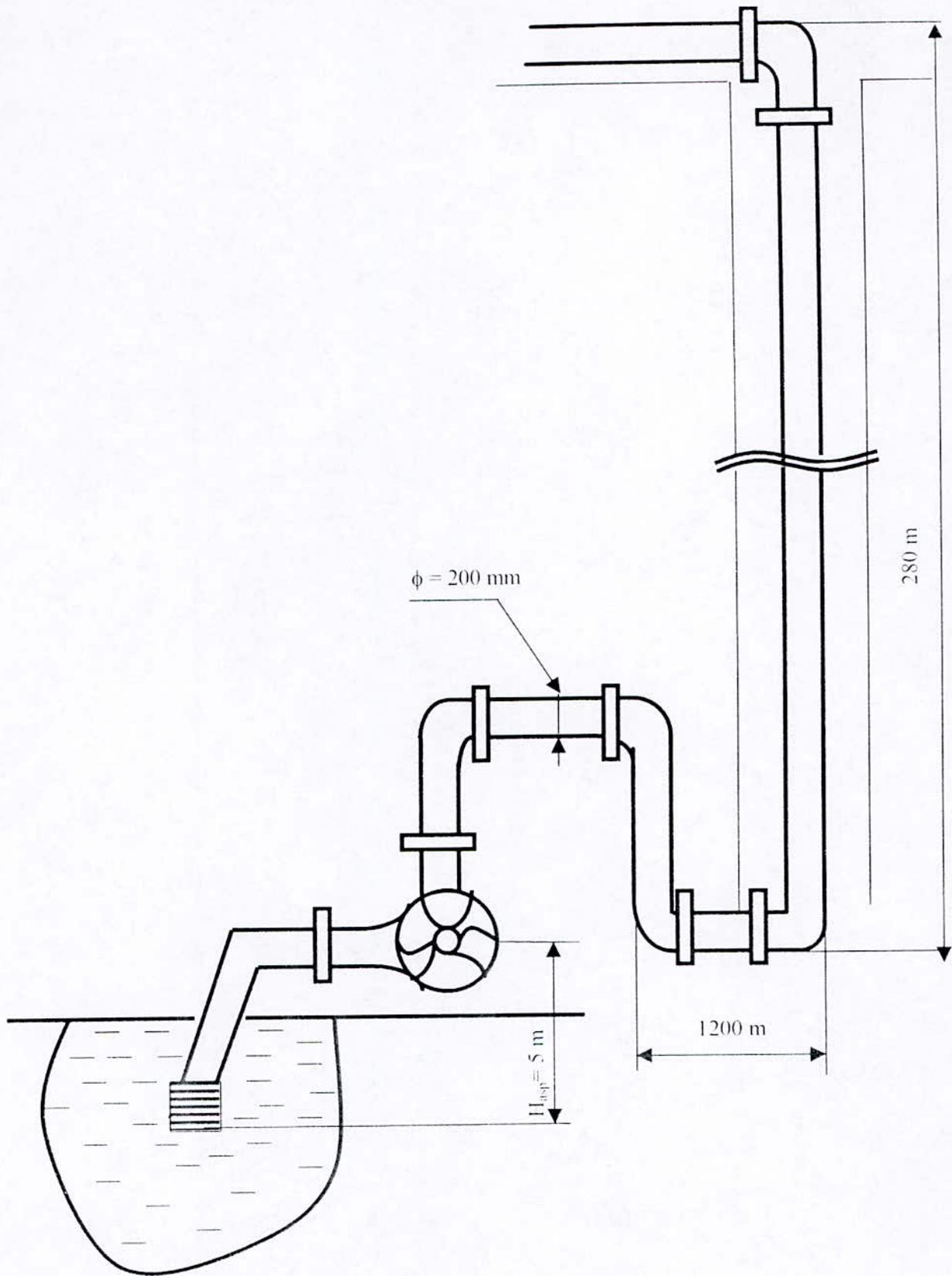


Figure 11-Schéma d'exhaure du quartier Aïn Arko.

Chapitre II :

Normes d'hygiène et de sécurité dans les mines souterraines.

II-1/ L'aérage.

II-1-1/ Atmosphère de la mine : [1], [3],[4]

a) Les gaz de la mine :

a-1) Oxygène :

L'air contient environ 21% d'oxygène et 79% d'azote. On y trouve en outre des quantités extrêmement faible de CO₂ environ 0,04% ainsi que des gaz rares à l'état de traces.

La teneur en Oxygène dans la mine souterraine diminue à la suite de :

- La respiration des hommes.
- La lente oxydation des matières organiques et minérales.
- La dilution de l'oxygène par les gaz de la mine.
- Le pourrissement des bois.
- Les incendies, les explosions du tir et les poussières.

Un homme au repos consomme environ 7 l/min d'air, ce chiffre passe à 25 l/min lorsqu'il travaille, il peut même passer à 40 pour un effort considérable.

L'homme rejette un air à 17% d'oxygène qui se mélange après avec l'air pur, le mélange doit rester respirable pour les ouvriers.

Pour le maintien de la santé de l'homme et de son aptitude au travail, la teneur en oxygène dans les chantiers en activité, d'après les règlements de sécurité, ne doit pas être inférieure à 20% en volume.

La teneur en oxygène au fond de la mine peut être vérifiée par sa capacité de maintenir la combustion de la flamme d'une lampe à essence, de ce fait si la teneur en O₂ diminue jusqu'à 19% on remarquera que la luminosité de la lampe s'abaisse de 2/3 par rapport à la normale, et si jamais la teneur chute jusqu'à 17,5 à 16,5% la lampe s'éteint.

La lampe à essence assurait autrefois une sécurité de travail suffisante avant l'arrivée d'autres appareils portatifs qui analysent la teneur en oxygène dans les mines souterraine tel que le KC - 1.

a-2) Gaz carbonique :

Le gaz carbonique CO_2 est incolore, son odeur et son goût sont acides, il est faiblement toxique et avec une teneur de 5 à 10% il est irritant pour les yeux.

La majeure partie du gaz carbonique se dégage habituellement des terrains encaissants, des bois de soutènement en voie de pourrissement, de la respiration des ouvriers et des différentes réactions d'oxydation.

Les règlements de sécurité exigent que la teneur en gaz carbonique dans tous les lieux de travail souterrain, ne soit pas supérieur à 0,5% et dans le courant général de retour d'air ne dépasse pas 1%.

a-3) Oxyde de carbone :

L'oxyde de carbone CO est un gaz incolore et inodore dont le poids spécifique est proche de celui de l'air 0,97.

Dans les mines souterraines, l'oxyde de carbone se forme principalement au cours des incendies, des explosion de grisou (dans les mines de charbon), de la poussière et au cours du tir des mines. L'oxyde de carbone en addition avec l'air forme un mélange combustible et pour des teneurs allant de 13 à 75% le mélange peut même être explosif.

L'oxyde de carbone est très toxique et présente un très danger pour les ouvriers car il a une grande affinité avec l'hémoglobine du sang qui est 250 à 300 fois plus forte que celle de l'oxygène, c'est pour cela qu'une norme hygiénique de la teneur de CO est fixée à 0,0016%.

On dose la teneur en oxyde de carbone avec du chlorure de palladium, et dans la solution se forme un précipité foncé.

a-4) Hydrogène sulfuré et gaz sulfureux :

L'hydrogène sulfuré H_2S est un gaz lourd dont le poids spécifique est de 1,14, il est fortement toxique et possède une odeur caractéristique d'œufs pourris.

L'hydrogène sulfuré prend naissance dans les mines par l'action des eaux acides sur les pyrites, il se dégage à l'état pur par les fractures et les cavités. Pour une teneur de H_2S supérieure à 0,1% est

dangereuse pour la vie des ouvriers, et avec une teneur de 6% dans l'air il se forme un mélange détonant.

La réglementation de sécurité et de l'hygiène a fixé la teneur de l'hydrogène sulfuré à 5ppm.

a-5) L'oxyde d'azote :

L'oxyde d'azote NO se forme au moment de l'explosion du tir et se combine avec l'oxygène en formant le dioxyde d'azote NO₂ qui est un gaz fortement toxique qui provoque une irritation des muqueuses (yeux, nez, gorge) et aussi des bronches et des poumons.

Pour une teneur inférieure à 0,004% il est considéré comme non dangereux pour la santé des travailleurs, au-dessus de 0,08% il présente une menace de mort pour l'homme et entre 0,004 et 0,08% de teneur il constitue un sérieux danger pour la santé de l'homme.

C'est pour cette raison qu'il ne faut jamais entrer dans les chantiers en activité après le tir des mines, avant qu'ils ne soient convenablement aérés.

II-1-2/ La température : [3]

a) Température des terrains :

On constate en dehors de tous travaux, que la température des terrains croît avec la profondeur. On appelle *gradient géothermique* l'accroissement moyen de la profondeur qui entraîne une augmentation de la température de 1°C. Le degré géothermique est une caractéristique des terrains, il diffère d'une mine à l'autre.

b) Température de l'air :

La température de l'air se modifie au cours de son trajet au fond, elle augmente pour les principales raisons suivantes :

- Compression de l'air dans le puit d'entrée (quelquefois 10 °C).
- La chaleur dégagée par les terrains.
- Les phénomènes d'oxydation lente.
- Le dégagement de la chaleur des moteurs.

D'autres causes peuvent aussi provoquer une baisse de température telle que l'évaporation de 1g d'eau abaisse la température de 1m³ d'air de 1,7°C.

L'évolution de la température dans la mine est représentée dans la figure ci-après :

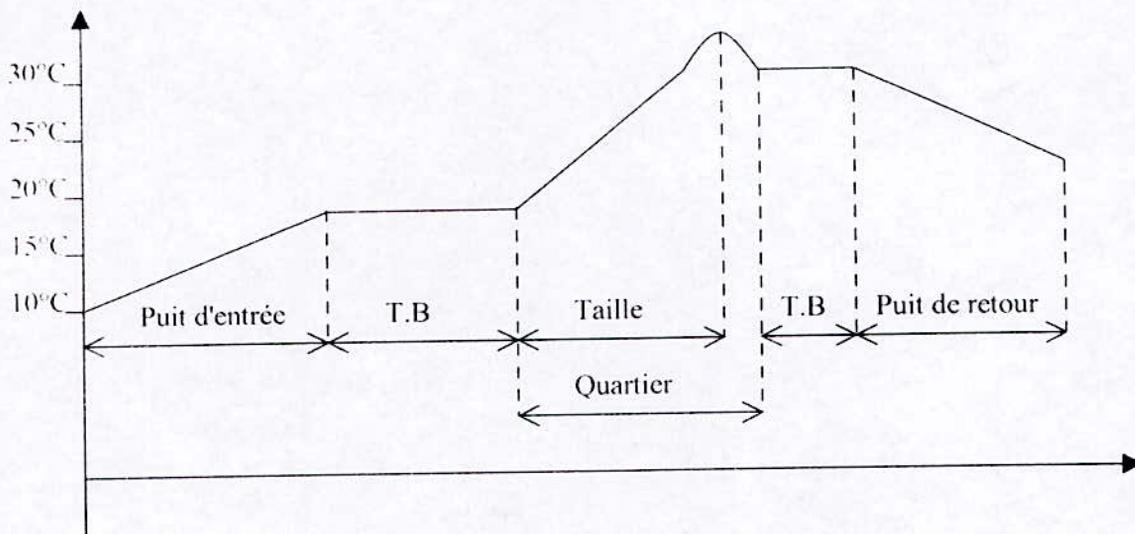


Figure 12- Evolution de la température dans une mine.

La baisse de la température dans le retour d'air s'explique par l'arrivée d'air ayant emprunté des trajets évitant les tailles.

c) L'humidité :

Si la température s'élève, l'équilibre thermique entre l'homme et l'atmosphère ne se maintient que par une évaporation intense à la surface du corps.

On appelle *degré hygrométrique* ϕ de l'air le rapport entre la pression P de l'air humide et la pression Ps de la vapeur de l'air saturé :

$$\phi = \frac{100 P}{P_s} \quad (1)$$

L'eau s'évaporant dans l'air donne naissance à une tension de vapeur p , et si P représente la pression de l'air humide, la teneur en humidité est :

$$0.62 \frac{p}{P - p} \quad (2)$$

II-1-3/ Les poussières :

La technologie des exploitations minières est liée à l'abatage des roches qui s'accompagne d'un grand dégagement d'une quantité importantes de poussières, une partie de celles-ci se déposent par terre et l'autre partie reste en suspension dans l'air dont la dimension est inférieure à 5μ ; ces dernières présentent un très grand danger pour la santé des ouvriers surtout s'ils sont exposés longtemps à cette atmosphère polluée, car elles peuvent causer les pneumoconioses.

On détermine la teneur de la poussière dans l'atmosphère minière grâce au passage de l'air à travers un filtre qui retient les poussières, cette teneur est donnée en mg/m^3 .

Une norme sanitaire de la teneur de la poussière dans l'air pour les roches contenant plus de 10% de silice SiO_2 est fixée à $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ et pour les poussières provenant des autres minéraux, la teneur en poussières ne doit pas dépasser $10 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Les moyens de lutte contre les poussières qui sont utilisés actuellement sont :

- Forrations des trous de mine avec injection de l'eau.
- Une très bonne aération des galeries.
- Injection sous pression de l'eau dans le massif avant l'extraction.

II-1-4/ Calcul d'aérage :

a) Les besoins en air :

La quantité d'air fournie à la mine doit assurer la sécurité et l'hygiène des conditions de travail, c'est pour cela plus il y a de dégagement des gaz nocifs, plus il faut d'air frais pour les diluer.

D'une manière générale il faut envoyer dans la mine une quantité d'air telle que la teneur en oxygène des chantiers en activités ne soit pas inférieure à 20% et celle du gaz carbonique ne soit pas supérieure à 0,5%.

Dans une mine métallique la quantité d'air nécessaire est calculée en fonction de:

a-1) Le nombre de travailleurs :

La quantité d'air nécessaire est calculée à partir de la formule suivante :

$$Q_1 = q \times n \times k \quad \text{m}^3/\text{min} \quad (3)$$

Avec :

q- La norme d'air nécessaire pour un travailleur : $q = 6 \text{ m}^3/\text{min}$.

n- Le nombre de travailleurs par poste..

k- réserve en air ($k=1,5$).

a-2) La consommation d'explosif :

La quantité d'air nécessaire est donnée par :

$$Q_2 = \frac{5 \times a \times b}{T} \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad (4)$$

Avec :

a- Consommation maximale d'explosif.

b- Volume de gaz dégagé lors de tir par 1 kg d'explosif.

T- Temps d'aération ($T=30\text{min}$).

D'après le règlement de sécurité on admet que $b=0,04 \text{ m}^3$

a-3) Les engins diesel :

La quantité d'air nécessaire est calculée à partir de la formule suivante :

$$Q = p \times g \text{ (m}^3\text{/min)} \quad (5)$$

Où :

p- Le nombre total des engins diesel.

g- La norme de consommation d'aérage par un engin, pour 1CV : $g = 5 \text{ m}^3\text{/min}$.

b) Notions de dépression et résistance dans les galeries :

La circulation d'air dans la mine entre deux points se trouvant à la même profondeur, est le résultat de la création d'une différence de pression lors de l'injection de l'air.

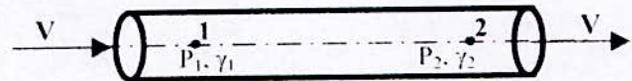


Figure 13

De la figure 13 , on a que le point (1) est soumis à la pression $P_1 = \gamma_1 \cdot H$, de même le point (2) est soumis à la pression $P_2 = \gamma_2 \cdot H$.

La dépression h entre le point (1) et (2) serait :

$$h = P_1 - P_2 = (\gamma_1 - \gamma_2) \cdot H \quad (6)$$

La dépression "h" peut s'exprimer aussi en fonction des caractéristiques géométriques de la galerie, elle est donné par la relation suivante :

$$h = \alpha \frac{L \cdot C}{S} V^2 \quad (7)$$

- h- Dépression en (mm. H₂O).
- α- Coefficient de forme de la galerie.
- C- Circonférence ou périmètre de la galerie (m).
- S- Section de la galerie (m²).

V- Vitesse de l'air (m/s).

Le débit d'air "Q" est donné par : $Q = V \cdot S \Rightarrow V = \frac{Q}{S}$, en remplaçant dans la formule (7).

on obtient :

$$h = \alpha \frac{L \cdot C}{S^3} Q^2 = R \cdot Q^2 \quad (8)$$

Avec :

"R" est la résistance de la galerie à l'écoulement de l'air, d'où on aura :

$$R = \alpha \frac{L \cdot C}{S^3} \quad [\text{Kg S}^2 / \text{m}^8] \quad (9)$$

D'où :

$$Q = \sqrt{\frac{h}{R}} \quad (10)$$

Les rétrécissements, les élargissements des galeries, et les croisements engendrent des pertes de pression. Ces pertes sont dues essentiellement aux changements de la section des galeries et aux changements de direction, elles sont exprimées par la relation suivante :

$$h' = \xi \frac{V^2}{2g} \gamma \quad (11)$$

ξ , exprime la résistance locale, ce coefficient dépend des caractéristiques géométriques, il est appelé aussi coefficient de perte de charge singulière.

1) Changement de direction :

• Dans un coude brusque :

Dans ce cas le coefficient de perte de charge sera :

$$\xi = \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 2 \sin^4 \frac{\alpha}{2} \quad (12)$$

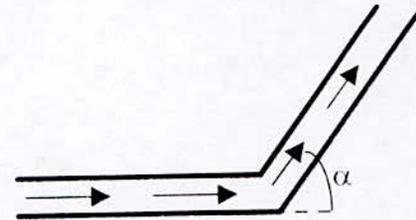


Figure 14- Coude brusque.

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

Tableau 3- coefficient de perte de charge dans un coude brusque.

• Dans un coude arrondi :

$$\xi = \frac{\alpha}{180} \left[0,134 + 1,847 \left(\frac{D}{2r} \right)^{3,5} \right] \quad (13)$$

α - L'angle de virage (°).

D- Diamètre de la galerie.

r- Rayon de courbure.

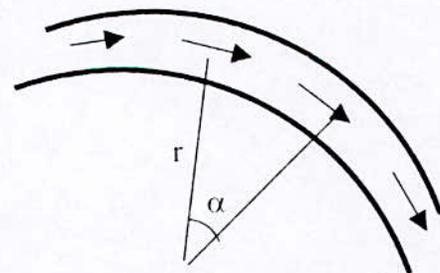


Figure 15- Coude arrondi.

2) Changement de section :

• Rétrécissement brusque :

Pour le rétrécissement brusque : $\xi = 0,5$.

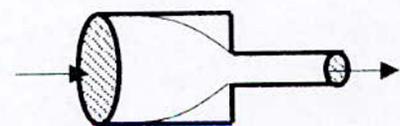


Figure 16- Rétrécissement brusque.

• Elargissement brusque :

$$\xi = \left(1 - \frac{S_1}{S_2}\right)^2 \quad (14)$$

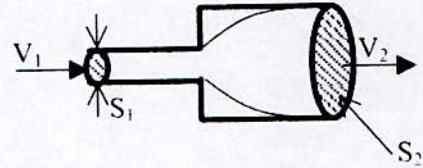


Figure 17- Elargissement brusque.

• Diaphragme :

$$\xi = \frac{1}{\varphi^2} \left(\left(\frac{S}{s} \right)^2 - 1 \right) \left(1 - \frac{s}{S} \right) \quad (15)$$

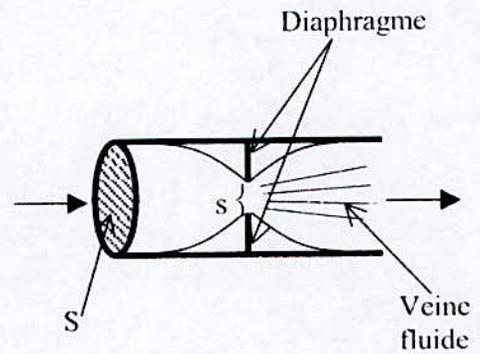


Figure 18- Diaphragme.

S- Section de la conduite.

s- Section du diaphragme.

φ - Coefficient de contraction de la veine fluide.

$$\varphi = \frac{0,61}{\sqrt{1 - \frac{s}{S}}} \quad (16)$$

II-2/ L'exhaure.

II-2-1/ Généralités :

La pénétration de l'eau dans la mine a plusieurs origines, d'une part, au cours de l'exécution des travaux on est amené parfois à traverser les horizons aquifères qui occasionnent des venues d'eaux plus ou moins abondante, d'autre part, les fissures se formant dans les terrains encaissants à la suite du foudroyage des espaces exploités peuvent se transmettre aux horizons aquifères sus-jacents et servir de voies de pénétration de l'eau dans la mine. L'eau provenant de la surface peut également pénétrer à la mine à travers les interstices.

Les eaux des mines se distinguent par une grande variété de leur composition chimique, elles ne sont pas potables et souvent impropres pour les usages techniques. Quelquefois, elles contiennent de l'acide sulfurique, elles portent alors le nom d'acide et elles sont très nocives à cause de leur action corrosive sur les pompes, les tuyaux, les rails et les autres objets métalliques.

Pour diminuer l'acidité de l'eau, on la neutralise parfois avec de la chaux vive qu'on fait venir de la surface dans des wagonnets et qu'on jette à la pelle dans les albraques.

On prend des mesures spéciales contre l'action corrosive de l'eau acide sur les pompes et la tuyauterie et cela en revêtant les parties de la pompe soumises à l'eau acide par du bronze ou en acier inoxydable tandis que les tuyaux sont recouverts intérieurement par du bois ou de plomb.

II-2-2/ Protection des travaux souterrains contre l'inondation :

- Afin de prévenir l'éventuelle pénétration des eaux de la surface dans les travaux souterrains, les puits de mine et les galeries à flanc de coteau ne doivent pas être creusés dans des endroits inondables.
- L'orifice du puit doit être protégé contre la possibilité de pénétration des eaux de ruissellement et cela par des margelles qui s'élèvent de 0.5 à 1m au-dessus du niveau du sol.
- Effectuer des études sur les directions des écoulements des eaux de pluie et de la fonte de la neige, au voisinage du champs minier afin de détourner ces eaux des endroits des travaux souterrains.

- ♦ Faire des sondages de reconnaissance d'au moins de 20 m de long et de diamètre ne dépassant pas les 50 mm.
- ♦ Creuser des rigoles ou karnets à la base de la galerie, avec une pente de 1/1000 suffit largement pour drainer ces eaux si elles ne contiennent pas trop de particules lourdes ayant tendance à s'y déposer.

II-2-3/ Evacuation des eaux de la mine :

L'eau s'infiltré dans les galeries sous forme de gouttes séparées ou de filets plus ou moins importants, cette eau est dirigée à travers le réseau de caniveaux dans les galeries et les travers-bancs, vers le point de rassemblement appelé albraque situé à proximité du puits.

L'albraque représente un réservoir creusé à 3 ou 4 m plus bas que le fond du puits, sa capacité est de telle sorte qu'il peut emmagasiner l'eau venant pendant 8 heures ce qui assure une meilleure sécurité des ouvriers au fond de la mine et la protection des ouvrages souterrains contre l'inondation.

Les eaux de mine sont habituellement chargées de boues et de fragments de roches, c'est pour cela que l'albraque sert également pour la décantation de ces eaux. Pour pouvoir effectuer un nettoyage de l'albraque, on la construit en deux parties indépendantes ou en une seule mais divisée en deux. Ces deux parties doivent être isolées l'une de l'autre, et avoir aussi des sorties indépendantes afin qu'au cours du nettoyage d'une partie de l'albraque, l'eau puisse s'accumuler dans l'autre partie.

II-3/ L'éclairage.

II-3-1/ Historique :

Au XVII^{ème} siècle, les premières exploitations étaient peu profondes, c'est pour cela que les mineurs utilisaient les bougies pour s'éclairer.

Au XVIII^{ème} siècle apparaissaient les premières lampes à huile, ces lampes étaient à feu nu c'est à dire que la flamme n'était pas entourée de protection. Au fil du temps les exploitations minières devenaient de plus en plus profondes et donc les galeries étaient de moins en moins aérées ce qui a fait que l'utilisation de ce type de lampes dans une telle atmosphère, présentait un très grand danger pour la vie des mineurs et provoquait de nombreux accidents tels que les incendies, les explosion surtout dans les mines de charbon et ce malgré le progrès fait en matière d'aération des mines souterraines.

En 1815, le chimiste et physicien anglais Humphry Davy inventa une lampe qui a la particularité d'avoir une flamme protégée par un cylindre constitué de tamis en acier. L'éclairage avec les lampes Davy (figure 19- a) n'était pas très efficace et sécurisant.

Au milieu du XIX^{ème} siècle, l'ingénieur belge Mueseler repensa la lampe Davy et mit un cylindre en verre qui entourait la flamme, le tamis était moins haut et le tirage de la lampe était amélioré. Cette lampe (figure 19-b) se généralisa dans les mines souterraines car elle éclairait bien mieux que les lampes Davy, seulement les lampes Mueseler présentaient certains inconvénients, par exemple si la lampe était inclinée la flamme pouvait malgré tout passer à travers le tamis, de plus les mineurs pouvaient l'accrocher ou la tenir contre le sol ou contre les parois des galeries et le tamis se déchirait souvent.

Vers la fin du XIX^{ème} siècle l'ingénieur français Marsaut fit des modifications en doublant le tamis et l'abriter sous une cuirasse en tôle (figure 19-c). Ce fut ensuite l'allemand Wolf qui améliora les lampes Mueseler.

Ce n'est que vers le quart du XX^{ème} siècle qu'apparurent les lampes électriques, mais les lampes à flamme restaient obligatoires dans certaines mines de charbon afin de détecter la présence de grisou et vérifier la teneur en oxygène dans l'atmosphère minière ce que ne pouvait faire les lampes électriques.



a) *Lampe Davy.*



b) *Lampe Mueseler.*



c) *Lampe Marsaut*

Figure 19- Lampes à flamme.

II-3-2/ Eclairage des galeries :

Un bon éclairage des travaux souterrains renforce la sécurité, augmente le rendement et améliore les conditions de séparation du stérile du minerai.

L'éclairage le plus répandu dans les mines souterraines est celui obtenu par des lampes portatives à accumulateurs, tandis que les lampes à essence sont utilisées comme indicateurs de l'oxygène et du gaz carbonique.

a) Eclairage fixe :

L'éclairage des mines souterraines se fait par des hublots branchés sur le réseau. Les travaux souterrains qui doivent être éclairés sont les suivants :

- ♦ Les recettes.
- ♦ Les salles des machines électriques, les ateliers de réparation, les garages des locotracteurs, les infirmeries et les dépôts d'explosif.
- ♦ Les tailles d'abattage et de traçage.
- ♦ Les galeries de roulage par locotracteurs électriques et de transport par convoyeurs.
- ♦ Les passages pour le personnel.

Les hublots utilisent des ampoules de 60 à 100 watts et selon la nature des travaux souterrains ils sont séparés l'un de l'autre comme suit :

- Dans les tailles d'abattage et de traçage entre 4 et 6 m.
- Dans les voies de roulage :

Entre 6 et 10 m.

Dans tous les autres cas de roulage mécanisé de 12 à 20 m.

- Dans les recettes : 2 à 3 m.
- Les salles de 2 à 3 m.
- Toutes les autres galeries de la recette servant au roulage de 4 à 6 m.

Pour l'éclairage souterrain il est interdit d'utiliser un courant au-dessus de 127 V. On peut utiliser dans les recettes et les salles un courant de 220 V à conditions que les hublots soient suspendus à une hauteur de 2,5 m.

Les hublots sont constitués essentiellement d'un corps métallique, d'un globe de protection en verre et d'une grille protectrice fixée sur une bague réunie par un dispositif spécial au corps du hublot. Entre le corps et le verre se trouve un joint en caoutchouc, le globe est serré contre le corps au moyen d'une vis située à la partie inférieure de la grille. Le hublot est suspendu par un crochet.

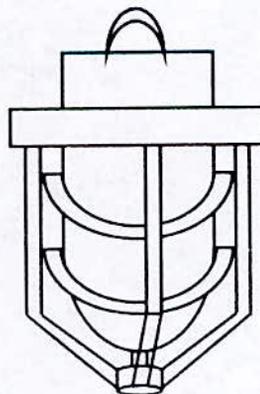


Figure 20- Hublot.

b) Eclairage avec lampes portatives :

Il se fait par des lampes à accumulateur au chapeau.(figure 21)

La lampe est munie de crochets afin d'être fixée au casque, elle est reliée à une batterie grâce à un câble souple. La batterie comporte des crochets afin que le mineur puisse la porter à la ceinture. Après chaque fin de post de travail la batterie doit être rechargée.



Figure 21- Lampe à accumulateur au chapeau

II-4/ Pression des terrains.

II-4-1/ Généralités :

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

- Les propriétés mécanophysiques des roches.
- Conditions du gisement.
- Présence des eaux dans le gisement.

Et les dimensions des ouvrages miniers souterrains ainsi que du mode et la qualité de leur exécution.

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

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

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

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

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

Les facteurs principaux déterminant les propriétés mécanophysiques des roches sont :

1) *La profondeur du gisement.*

2) *Tectonique de la région :* les processus tectoniques engendrent des efforts de traction qui dépassent parfois la résistance des roches, provoquant ainsi leur déformation et leur fissuration.

3) *L'âge géologique de la roche :* il est d'une grande importance du point de vue appréciation de la solidité du massif rocheux gisant au-dessus et au-dessous de l'ouvrage minier.

4) *L'érosion éolienne :* pendant les variations saisonnières, les roches se trouvant à la surface subissent l'action de l'atmosphère et des eaux ce qui diminue de leur solidité et stabilité.

5) *Présence d'eau et son régime :* les fissures du massif rocheux augmentent sa perméabilité, de ce fait l'eau pénétrant à travers les interstices favorise le glissement des roches et provoque une augmentation de la pression des terrains.

II-4-2/ Pression des terrains sur les ouvrages miniers : [1]

a) Ouvrage minier horizontal :

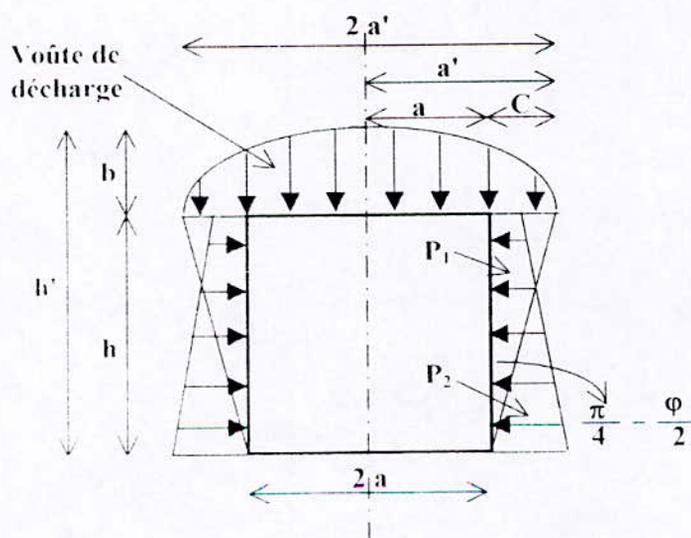


Figure 22- Calcul de la pression des terrains dans un ouvrage horizontal.

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

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

Le contour de la voûte de déchargement prend la forme d'une parabole dont la hauteur et la surface sont données par les relations suivantes :

$$b = \frac{a}{f} \quad (17)$$

b- La hauteur de la voûte en m.

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

$$S = \frac{4}{3} a' \cdot b \quad m^2 \quad (18)$$

S- La surface de la voûte en m^2 .

a'- La demi portée de la voûte naturelle.

$$a' = a + c = a + h \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \quad m \quad (19)$$

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

$$P = S. l. \gamma = \frac{4}{3} \gamma. a'. b = \frac{4}{3} \gamma \frac{a'^2}{f} \quad (20)$$

Ainsi la pression par mètre linéaire de l'ouvrage est égale à :

$$P = \frac{4}{3} \gamma \frac{a'^2}{f} \quad \text{t/m} \quad (21)$$

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

$$P_1 = b_1 \gamma \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \quad \text{t/m} \quad (22)$$

$$P_2 = h_2 \gamma \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \quad \text{t/m} \quad (23)$$

b_1 - La hauteur de la voûte calculée d'après la formule (17).

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

$$h_0 = b_1 \frac{\gamma_1}{\gamma} \quad (24)$$

h_0 - La hauteur de la voûte en m.

γ_1 - La densité apparente de la roche au toit, en t/m^3 .

γ - La densité apparente des roches latérales, en t/m^3 .

b) Ouvrage minier vertical :

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

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

$$P = \frac{\gamma h^2}{2} \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (25)$$

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

$$P = \frac{dP}{dh} = \gamma h \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (26)$$

h- La profondeur du remblai.

γ - La densité apparente du matériau du remblai.

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

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

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

$$f = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{A + B + C} \quad (27)$$

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

$$f = \text{tg } \varphi \quad (28)$$

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

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

Par exemple, si à une profondeur H de la surface se trouve une roche peu stable, d'une puissance m (figure 23) dont l'angle de frottement interne est égale à φ_1 et la densité apparente γ_1 et si cette roche est recouverte de roches plus stable de densité apparente γ_2 dont l'angle de frottement est φ_2 , le problème dans ce cas se ramène à la détermination de la pression sur le soutènement exercée par la roche peu stable avec un angle de frottement φ_1 sur la surface de laquelle s'exerce une pression $\gamma_2 H$ par chaque unité carrée, c'est à dire :

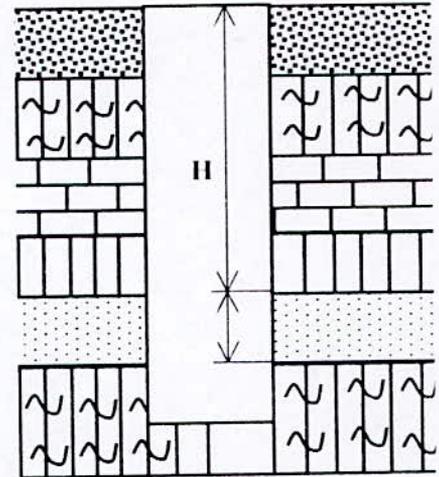


Figure 23- Calcul de la pression des terrains sur le soutènement de puits.

$$P = (m \gamma_1 + H \gamma_2) \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (29)$$

c) Ouvrage minier incliné :

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

La pression horizontale se manifeste surtout dans les ouvrages verticaux et la pression verticale dans les ouvrages horizontaux, tandis que dans les ouvrages inclinés, la force de la pression verticale se répartit en deux composante : normale P à l'axe longitudinal de l'ouvrage et parallèle T à l'axe (figure 24).

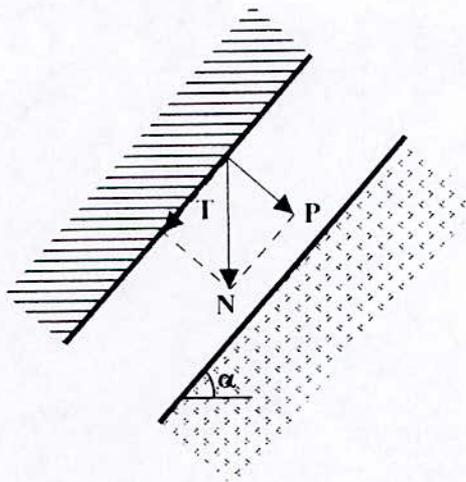


Figure 24- L'action des contraintes dans le toit d'un ouvrage incliné.

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

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

$$P = N \cos \alpha \quad (30)$$

$$T = N \sin \alpha \quad (31)$$

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

Vu la difficulté d'évaluation précise de l'influence de la composante T, M. Protodiakonov recommande d'évaluer la valeur de la pression sur le soutènement, pour les angles de pendage de l'ouvrage α de 60 à 90°, de la même manière que pour un angle constant égal à 60°. Et pour des angles α de 0 à 60°, d'après l'angle réel de pendage.

La valeur de la pression verticale N est déterminée par une des méthodes indiquées, en application aux ouvrages horizontaux.

II-5/ Le soutènement.

Dans les mines souterraines, on distingue deux types de galeries :

- Les galeries qui forment l'ossature de la mine, donnant ainsi accès au gisement. Ces galeries peuvent avoir une durée de vie de 20, 50 et même 100 ans.
- Les galeries de chantiers qui accompagnent les tailles dans leur progression, c'est à dire elle ne servent qu'à l'exploitation des panneaux. Ces galeries ont une durée de vie d'une année ou deux ans ou 3 ans au maximum.

La détermination du soutènement constitue l'un des éléments essentiels du projet de l'exécution d'un ouvrage souterrain. Il se répartie suivant plusieurs caractéristiques telle que :

- La destination : soutènement provisoire ou définitif.
- Le type des matériaux utilisés : soutènement en bois, métallique, en béton ...etc.
- La fonction : soutènement d'appui, de consolidation,....etc.
- La forme de la section transversale : soutènement rectangulaire, elliptique, polygonal ...etc.
- Le caractère de contact avec la roche : avec adhésion ou sans adhésion.
- La disposition autour du contour de la galerie : soutènement complet, incomplet ou au plafond.
- La caractéristique de déformation : soutènement rigide, compressible, élastique.

II-5-1/ Types de soutènements :

Parmi les types de soutènement les plus utilisés dans les mines souterraines :

a) Soutènement par boulons :

Le boulonnage a été appliqué principalement dans les exploitations par chambres et piliers, aussi bien dans les mines de charbon que dans les mines métalliques. Le soutènement par boulons est réalisé à l'aide de *boulons* qui arment le terrain, ils peuvent s'associer ou non au béton projeté cela apporte aux parois de l'excavation une pression radiale rendant en quelque sorte le terrain apte à se soutenir lui même. Le but du boulonnage est le contrôle du bas toit et non pas de la pression des terrains, ainsi de renforcer la résistance de la roche autour de l'excavation.

Le boulonnage peut avoir différents objectifs :

1. Accrocher un bas toit peu résistant à un banc supérieur solide autoportant. Les boulons doivent fournir au bas toit des points d'appui suffisamment rapprochés pour qu'il se maintienne sur cette portée réduite.
2. Faire d'un empilage de bancs minces, un banc solide capable de se supporter lui-même au dessus du vide de la galerie.
3. Renforcer la roche autour de la cavité, c'est à dire s'opposer à la détente de la fracturation des roches entourant la galerie.

Les boulons doivent être placés le plus tôt possible après l'abattage et le chargement du minerai. Il ne faut pas laisser à la roche le temps de fléchir et se fissurer. Les trous sont disposés généralement sur ligne droite parallèle au front et perpendiculaire à l'axe de la galerie ou la chambre. Les boulons utilisés en souterrain sont :

- Boulons à ancrage ponctuel .
- Boulons à ancrage repartis .

Les boulons à ancrage ponctuel comportent une tige qui est tendue entre l'ancrage en fond de trous et la tête bloquée en parement. L'ancrage est couramment un ancrage à expansion constituée de deux demi-coquilles qui se bloquent aux terrains en s'écartant . La mise en tension de boulon est obtenue par serrage de l'écrou de tête.

Les avantages de ces boulons sont :

- Ils limitent l'écaillage dans les tunnels sous forte couverture .
- Ils assurent la stabilité des parements dans les massifs rocheux avec une direction de discontinuité privilégiées.
- Ils assurent également la sécurité du personnel contre les chutes de pierres .

Il s'agit donc d'une utilisation très fréquente des boulons à ancrage ponctuel auxquels on associe un grillage de protection.

b) Les cintres métalliques :

Ils sont généralement utilisés comme cintres de soutènement ou de renforcement. En raison de leur rigidité, ils sont en effet en mesure dans la plupart des cas, et s'ils sont correctement appuyés et bloqués, de ralentir et de limiter les déformations du terrain encaissant. Ils sont souvent utilisés dans les cas où le maintien de la géométrie de la section est impératif ou s'il s'agit de limiter strictement l'étendu de la zone du terrain décomprimé autour de la galerie. Leur dimensionnement est déterminé en général en tenant compte des pressions maximales correspondant à la stabilisation du terrain encaissant. (voire figure 25)

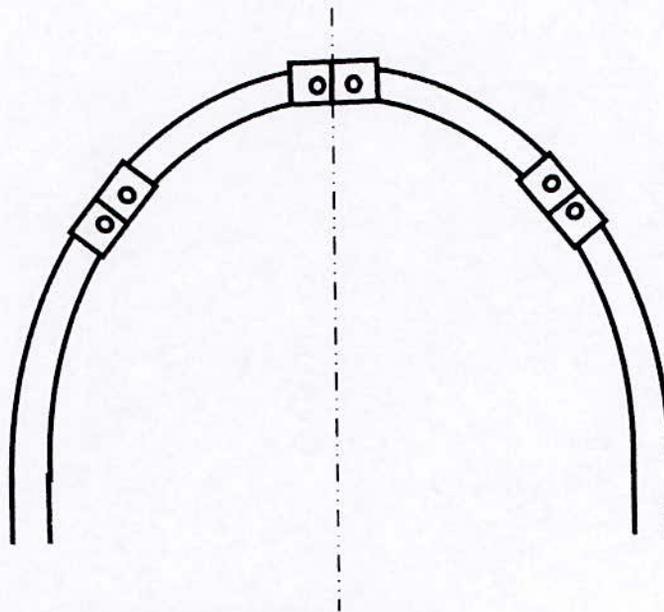


Figure 25- Cintre métallique.

Les cintres constituent une ossature en forme d'arc disposées selon la section transversal de l'excavation. Ils peuvent être en profilés métalliques, treillis métalliques. Les cintres les plus utilisées dans les travaux souterrains sont en profilés métalliques HEB et TH.

Il est indispensable de veiller à la qualité du blocage du cintre avec les terrains afin d'assurer une meilleure stabilité. L'espacement entre les cintres est généralement entre 0.8 et 1.5 m selon la tenue du terrain et la capacité du cintre. Pour leur garnissage, on utilise en général :

- Bouts de poutrelles, de cornière, de rails de réemploi...etc.
- Des grilles constituées d'un ensemble de queues soudées.
- Des tôles perforées placées longitudinalement, formant ainsi un garnissage continu. (voire figure 26)
- Des plaques en béton armé, ce garnissage est incombustible.
- Des sacs remplis de déblais.

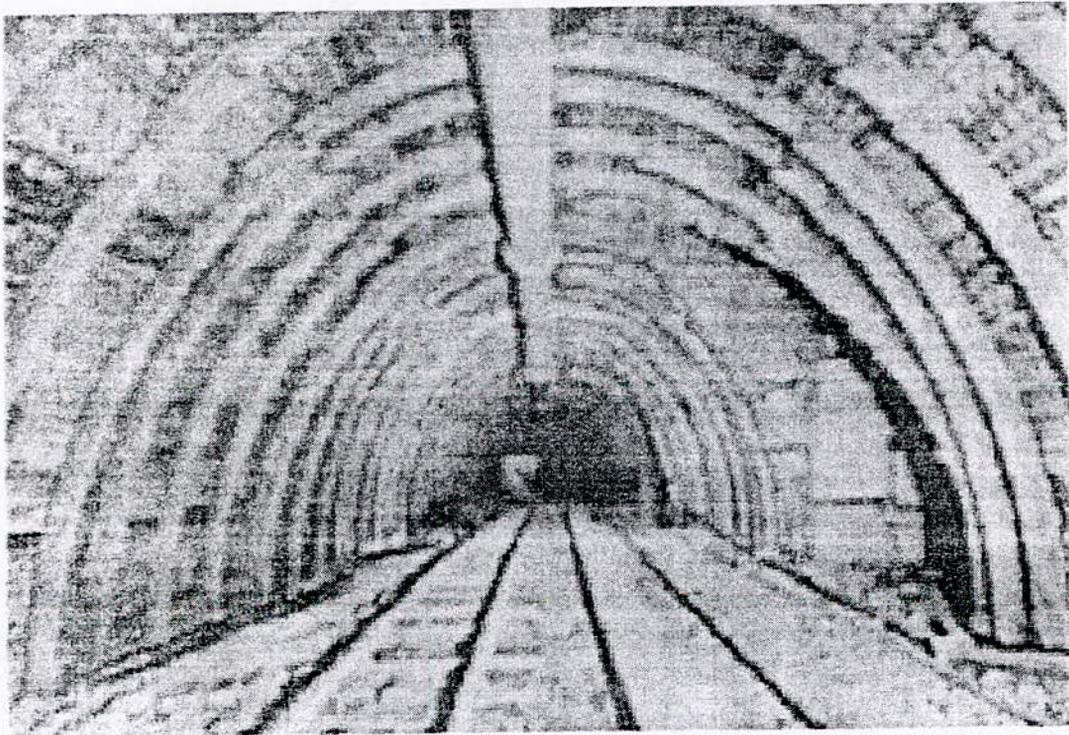


Figure 26- Tôles perforées de garnissage.

Parmi les cintres métalliques on distingue :

-**Les cintres légers** : Ils présentent une capacité de portance limitée. Leur faible poids rend leur mise en œuvre plus aisée qu'avec les cintres lourds.

Ils sont utilisés à titre provisoire de protection du personnel et dans des cas spécifiques :

- Dans les tunnels de petits diamètres (5 à 10 m).
- En association avec les enclaves et le béton projeté.

-**Les cintres métalliques lourds** : chaque cintre se compose de plusieurs éléments, suivant la dimension de la galerie.

Cintre	Diamètre
HEB120	2.5 à 5 m
HEB140	4 à 8 m
HEB180	7 à 10 m
HEB220	9 à 12 m

Tableau 4- Différents cintres lourds en fonction du diamètre de l'excavation.

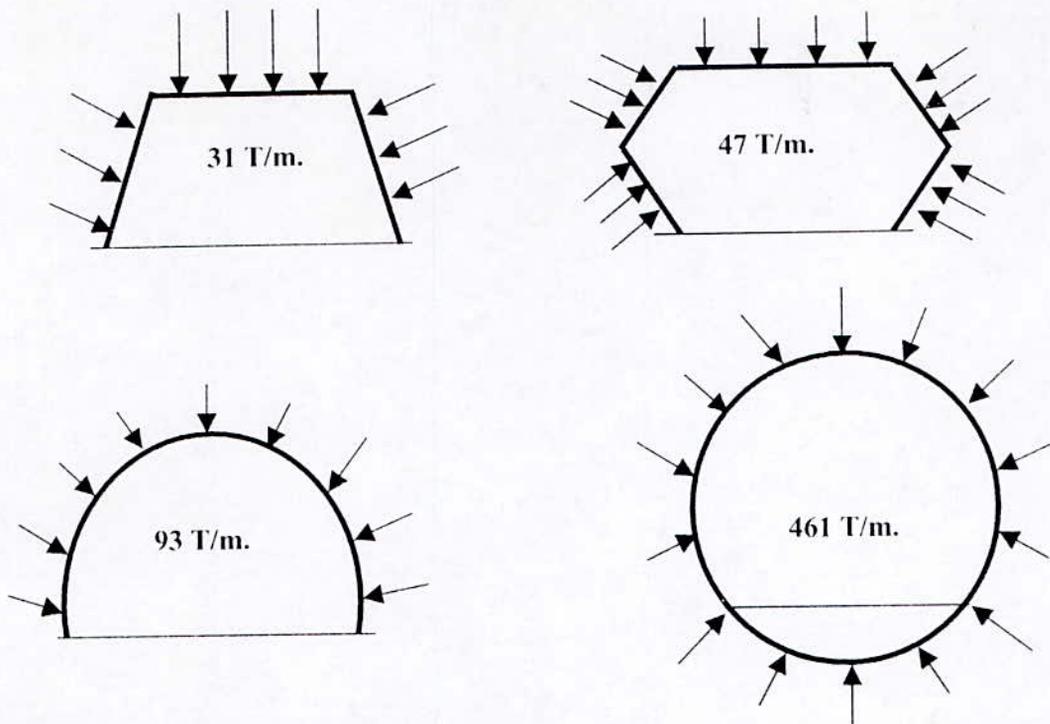


Figure 27- Résistance du soutènement suivant la forme.

c) Béton projeté :

Le béton projeté est un béton qui est mis en œuvre par refoulement dans une conduite, et projeté sur une paroi par un jet d'air comprimé. Il est de plus en plus utilisé comme soutènement ou comme revêtement pour la construction des ouvrages souterrains. La mise en œuvre du béton projeté se fait par deux grandes techniques de projection soit par voie sèche ou par voie mouillée.

c-1) Projection par voie sèche :

Le mélange constitué de ciment, d'agrégats et d'adjuvants en poudre est homogénéisé dans un malaxeur, puis transporté très rapidement dans un courant d'air comprimé, en passant dans la buse de sortie. L'eau est incorporée au mélange et le béton est projeté à grande vitesse sur la surface d'application .

Les principaux avantages de ce procédé sont :

- Vitesse de projection élevée, ce qui permet une bonne adhérence .
- Seule la quantité d'eau nécessaire pour l'hydratation du ciment est ajouté à la sortie de la buse, le rapport eau/ciment reste faible, ce qui limite le retrait du béton.

Les inconvénients de ce procédé sont :

- Les rebondissements et les pertes qui sont très importantes (25 à 40 % du mélange).
- La projection des poussières à la projection .

c-2) Projection par voie humide :

Le mélange eau agrégats ciment est gâché suivant les procédés traditionnels, puis transporté dans la conduite. La propulsion du mélange mouillé est assurée par l'air comprimé (flux dilué), ou par l'action d'une pompe à béton (flux dense).

Les principaux avantages de ce procédé sont :

- Une faible pollution (peu de poussières) .
- Une réduction des rebondissements .
- Le dosage en eau est plus précis .

d) Soutènement en bois :

Les cadres en bois sont rarement utilisés à cause de leur mauvaise conservation en atmosphère humide, des difficultés de leur mise en œuvre et de la nécessité d'emploi d'une main d'œuvre qualifiée. Certains pays tel que la Belgique, interdisent l'emploi du bois dans les galeries, car il peut faciliter la propagation rapide d'un incendie dans les travaux miniers.

Les cadres en bois présentent cependant l'avantage de s'adapter aisément aux différents types de section. Ils se prêtent bien au soutènement des terrains instables car leur pose peut suivre immédiatement chacune des phases de creusement, c'est pourquoi leur emploi peut être indiqué dans le cas :

- Des galeries de reconnaissance.
- Des ouvrages de section irrégulière ou variable et de faible longueur.
- De renforcement provisoire d'ouvrage existant.

Dans les galeries de faible section, on utilise en général des cadres rectangulaires ou trapézoïdaux constitués de deux montants et d'un chapeau.

II-6/ L'emploi des explosifs.

II-6-1/ Approvisionnement et distribution des explosifs :

1. L'approvisionnement des dépôts du jour et éventuellement le chargement sur wagon des caisses d'explosifs destinées à l'approvisionnement des dépôts souterrains, ont lieu en dehors de la présence de toute personne étrangère ou inutile.
2. L'approvisionnement des dépôts souterrains a lieu en dehors de la circulation du personnel et du minerai et en dehors des heures de distribution. A cet effet un ouvrier désigné par le préposé à la distribution précède de 100 m le transport et fait évacuer les ouvriers inutiles à la manœuvre.
3. Le personnel qui participe à la manutention ou accompagne les caisses de cartouches, ne doit pas fumer, porter des détonateurs, ni allumettes ni autre matière ou objets susceptible de produire des étincelles.
4. Les détonateurs sont toujours conservés au jour dans une armoire spéciale placée dans un local sec ne contenant aucun appareil de chauffage ou d'éclairage à flamme, et aucun explosif.

II-6-2/ Manipulation des explosifs :

La manipulation des explosifs exige certaines précautions primordiales, pour cela il est absolument défendu de :

1. Jeter brutalement à terre les caisses transportées.
2. Frapper sur les caisses, au moyens d'objets métalliques pour casser les fils ou bandes métalliques qui en assurent la fermeture.
3. Partager une cartouche ou d'ouvrir son emballage.
4. Fumer en manipulant les explosifs.

5. Laisser des matières explosives près d'une source de courant électrique.
6. Entreposer ou transporter ensemble des explosifs et des détonateurs.

II-6-3/ Utilisation des explosifs :

1. Lors du chargement des mines, seuls les ouvriers qualifiés, possesseur d'une carte de contrôle d'explosifs, peuvent charger les mines, sous la responsabilité du surveillant.
2. Avant de procéder au chargement des mines, il est nécessaire de bien nettoyer les trous, soit par soufflage, soit avec une cuvette et de vérifier que le bourroir passe facilement jusqu'au fond. Le chargement s'effectue au moyen de bourroir en bois.
3. La charge d'explosif doit être introduite au fond du trou sans secousses ni torsion. La cartouche amorcée doit être placée la dernière ou l'avant dernière (amorçage direct), tandis que les autres façons d'amorçage tels que l'amorçage postérieur et inverse sont strictement interdits.
4. Il est strictement interdit de charger les trous de mines pendant la forration d'un même front, et de faire sortir la charge déjà engagée dans un trou.
5. L'amorçage est réalisé seulement avec des broches en laiton, tout autres objets utilisés à cet effet sont interdits.
6. Avant de procéder au tir des mines il est nécessaire d'effectuer à l'aide d'un ohmmètre, des vérifications au niveau de la ligne de tir, des connexions afin de déceler l'amorce défectueuse qui peut causer une explosion au passage d'un courant électrique de quelques milliampères.
7. Les fils conducteurs d'une même volée doivent être mis en court-circuit sitôt que le chargement soit terminé. La jonction des fils conducteurs à la ligne de tir ne s'effectue qu'au moment du tir et après évacuation du chantier.
8. Une fois que l'installation du tir est vérifiée, le responsable du chantier doit évacuer les mineurs et effectuer le branchement de la ligne de tir, puis annoncer le tir une minute avant de tirer et enfin

procéder au tir. Dans le cas où il y a des mines ratées, il ne faut en aucun cas quitter l'abri, il faut donc attendre environ 15 min, ce délai est compté à partir du moment où les mines auraient dû sauter.

Chapitre III :

**Constat et analyse
des problèmes
sécuritaires dans la
mine.**

III-1/ Les problèmes rencontrés dans la mine.

Depuis 1997, la mine d'El-Abed était appelée à fermer. Pour préserver leurs emplois, les mineurs voulaient à tout prix prouver à l'entreprise qu'il y avait encore des réserves exploitables et que le gisement pouvait encore produire et commercialiser du minerai. A cet effet les mineurs commencèrent à extraire du minerai d'une manière anarchique, sans respecter les normes d'hygiène et de sécurité et sans pour autant être conscient du danger qu'ils courraient. De plus le départ de certains cadres techniques a engendré la mauvaise exécution des travaux souterrains.

Depuis cette année, la mine d'El-Abed a connu une dégradation remarquable en matière de sécurité, et est actuellement confrontée à de graves problèmes qui présentent toujours un danger pour la santé et la vie des mineurs et ainsi qu'à la perte des réserves de minerais. Cet état est dû principalement à l'épuisement du gisement et l'approche de la fermeture définitive de la mine. Nous pouvons relever quelques uns de ces problèmes :

1. Les ouvrages miniers de l'exploitation de la majeure partie des réserves du gisement sont menacés par un risque imminent "d'éboulement général", comme est le cas de la zone Sud-Est du gisement. Cette zone est caractérisée par une grande faille allant jusqu'au Maroc, lors de l'exploitation des blocs 71 et 72 qui se trouvent chacun d'eux dans un compartiment de la faille, il y a eu un déséquilibre des piliers ce qui a engendré un éboulement général de la zone et pertes des réserves.
2. Existence des "écailles" dus à l'affaissement du toit de la galerie et aux forces latérales exercées sur ses parois, ces écailles présentent un danger pour les mineurs et sont témoins d'un éboulement ou de chutes de blocs proches. C'est pour cette raison qu'on doit purger le toit et faire un soutènement adéquat selon la nature de la roche (friable ou dur) pour éviter les risques d'éboulement.
3. Absence totale de l'organisation et des moyens de transport du tout venant au fond de la mine, tels que le camion-navette, le transport par wagons, on y trouve seulement la pelle chargeuse qui transporte le minerai vers la cheminée ce qui engendre un mauvais rendement de la mine.
4. Oxydation des rails et des soutènements métalliques à cause du taux élevée de l'humidité et les écoulements d'eaux non évacués dans certaines galeries.

5. Dans certaines galeries de roulage les rails sont recouvertes par une boue épaisse qui s'est consolidée au cours du temps en formant une banquette artificielle ce qui a engendré une diminution remarquable de la section transversale de la galerie.
6. Des déformations des soutènements métalliques sont observées à cause de l'affaissement du toit ce qui a engendré le craquement des montants et du chapeau dans certaines galeries. Parfois cet affaissement est la cause principale du détachement des plaques de soutènement et d'éboulement locale et chute de pierres, ces plaques sont restées telles quelles sans qu'aucune disposition n'ait été prise en considération.
7. Dans le quartier de Aïn Arko, cette partie du gisement est actuellement épuisée et demeure seulement pour l'exhaure. Certaines galeries des anciens chantiers exploités sont inondées et les eaux ne sont pas évacuées. Les conséquences actuelles et futures présentent quelques problèmes écologiques.
8. Dans le quartier d'El-Abed, l'exploitation se fait uniquement dans le bloc central car la zone Sud-Est est maintenant abandonnée à cause de l'éboulement qui s'est produit, toutes les eaux sont collectées et évacuées dans les anciens chantiers et non pas dans les albraques.
9. Absence des rigoles dans les galeries, dans les fronts de taille l'eau est utilisée pour la foration des trous de mines n'est pas évacuée ce qui a fait la formation de boues de hauteur variant entre 20 et 40 cm gênant ainsi la mobilité des mineurs.
10. L'orifice du puit n'est pas protégé par une margelle, les fortes pluies ont causé d'importantes crues en provenance des montagnes situées juste derrière le puit d'extraction N° 4 ce qui a faillit engendré l'inondation totale de la mine.
11. L'éclairage dans la mine d'El-Abed est très rare on le trouve seulement au niveau de la recette, la station de pompage, dans les grandes installations électriques et dans les ateliers où les mineurs travaillent.
12. Les engins miniers présentent un manque de feux d'éclairage et une défaillance du système de freinage.

13. L'inexistence d'un plan de financement pour le renouvellement et l'entretien des équipements miniers pose et posera encore l'insécurité des mineurs et la réduction du rendement de la mine.
14. Le manque des moyens financiers de l'entreprise qui n'a pas permis de réaliser les travaux d'infrastructure afin d'exploiter les réserves de la zone nord qui peuvent assurer une durée de vie à la mine de minimum quarante ans .
15. Le non respect des directions des galeries engendrent des problèmes de stabilité des terrains et même la perte des réserves.
16. Insuffisance de l'aérage au fond de la mine, ce qui a causé la dégradation des conditions climatiques et l'augmentation de la température.
17. L'atmosphère chargée de poussières a engendré des problèmes de santé chez les mineurs tels que l'asthme, la silicose.
18. Après chaque fin de post les mineurs se lavent au fond de la mine avec l'eau qui provient de l'exhaure, cette dernière est trop acide et polluée et cause ainsi quelques problèmes de peau tel que l'eczéma de contact.

Nous allons mettre l'accent sur certains problèmes d'hygiène et de sécurité, il s'agit du problème d'aérage, la stabilité des galeries minières, les maladies professionnelles et accidents de travail.

III-2/ Problème d'aérage dans la mine d'El-Abed.

III-2-1/ Description et analyse de l'aérage dans la mine d'El-Abed :

L'entrée d'air frais à la mine se fait par les deux puits 3 et 4, tandis que l'évacuation de l'air vicié se fait à travers le puits N° 5 et le puits N° 6 qui se trouve près des frontières Algéro-Marocaines.

La mine est équipée de huit (08) ventilateurs aspirants, installés tous au fond, dont deux principaux de type 1300 HDMS placés en parallèle près du puits N° 5 (voire figure 28), et six autres auxiliaires du type 1300 et 1400 MDM placés comme suit :

- Deux à El-Abed.
- Deux à Alzi.
- Un à Aïn Arko et un près de la frontière Algéro-Marocaine.

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

♦ Aïn Arko :

Le quartier Aïn Arko est alimenté par une partie de l'air frais entrant du puits N° 3, cette partie d'air emprunte la galerie *Brahim 3* et est aspirée par le ventilateur auxiliaire installé près de la frontière Algéro-Marocaine, puis elle parcourt les anciens chantiers d'exploitation. L'air vicié provenant de ces chantiers circule à travers la galerie *Brahim 1* où il sera aspiré par un autre ventilateur, une partie de cet air se dirige vers la galerie *Mahfoud* pour sortir enfin du puits N° 6, tandis que l'autre partie traverse la galerie reliant *Brahim 1* et *Brahim 2* pour se diriger vers le quartier Alzi.

♦ Alzi :

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

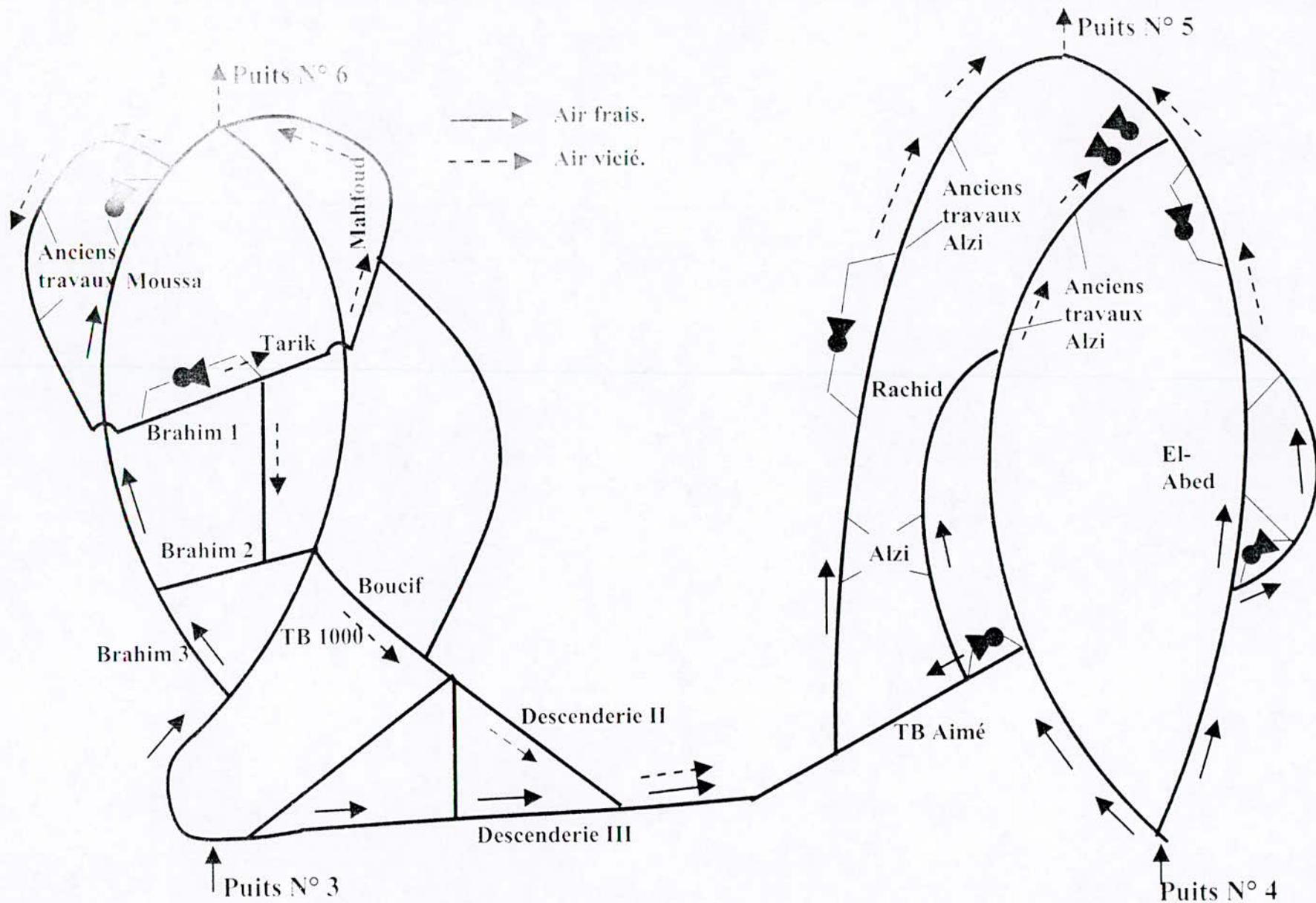
- Une partie de l'air frais entrant par le puits N° 3, emprunte la *descenderie III*.
- L'air vicié sortant du quartier Aïn Arko et qui se mélange avec l'air frais provenant du puits N° 3, près de la jonction des *descenderies II* et *III*.
- Une partie de l'air frais entrant par le puits N° 4 est aspiré par un ventilateur auxiliaire, puis traverse le *TB Aimé* pour remonter dans le quartier Alzi.

La quantité d'air de ces trois sources se rencontrent dans le quartier Alzi (près du bloc 44), où elle sera aspiré par un ventilateur auxiliaire, pour l'évacuer à travers le puits N° 5.

- *El-Abed :*

Une partie de l'air frais provenant du puits N° 4 parcourt les chantiers d'El-Abed et remonte par la galerie *Rachid*, puis se mélange avec l'air vicié provenant des anciens chantiers d'Alzi, pour que l'ensemble soit aspiré par les deux ventilateurs principaux et évacué à travers le puis N° 5.

Figure 28- Schéma canonique de la mine d'El-Abed.



III-2-2/ Calcul des besoins en air dans chaque quartier de la mine :

Quartier	Nombre des travailleurs	Consommation en explosif	Gaz dégagés en m ³	Puissance des engins en CV
Alzi	66	154	0,865	347,8
El-Abed	61	147	0,865	347,8
Aïn Arko	29	88	0,865	453,75

Tableau 5-

En utilisant les données du tableau 5- et les formules (3), (4) et (5) du chapitre précédent on aura, la quantité d'air en m³/min dans les différents quartiers serait :

Quartier	Nombre des travailleurs	La consommation en explosif	Les engins miniers diesel
Alzi	594	14,80	1739
El-Abed	549	14,13	1739
Aïn Arko	261	8,46	2268,75

Tableau 6- Les débits d'air en m³/min nécessaire pour chaque quartier de la mine.

Les valeurs optimales des débits d'air nécessaire pour chaque poste, sont celles qui correspondent au facteur le plus exigeant : c'est à dire celles calculées en fonction des engins miniers diesel, on aura donc :

Quartier	Besoins en Air		Débits mesurés en m ³ /s
	m ³ /min	m ³ /s	
Alzi	1739,00	28,82	15,5
El-Abed	1739,00	28,82	18,7
Aïn Arko	2268,75	37,81	16,3
Mine	5746,75	95,45	50,5

Tableau 7- Les débits d'air calculés et mesurés par la CHS.

En analysant le schéma d'aérage de la figure 28, et lors de notre visite effectuée au fond de la mine, on a pu constater les problèmes suivants :

- D'après les résultats qu'on a obtenus (voire tableau 7) et d'après les mesures des débits d'air effectuées par la Commission d'Hygiène et de Sécurité (CHS) de la mine d'El-Abed dans les différents quartiers (voire tableau 7), cela illustre l'existence de grandes pertes et fuites d'air dues principalement à l'absence totale de la maintenance des conduites, ce qui diminue considérablement la quantité d'air approvisionnée aux chantiers à partir du courant général d'aérage.
- Vu la grande superficie du gisement et la méthode d'exploitation utilisée, comportant des piliers et des vides non comblés, ceci engendrent des pertes continues en matière d'aérage car le courant d'air est constamment divisé à travers les anciens chantiers d'exploitation.
- L'air frais d'alimentation des trois quartiers : Aïn Arko, Alzi et El-Abed, parcourt un long trajet avant d'arriver aux fronts de tailles et il n'est pas rapidement évacué.
- Le mauvais circuit d'aérage a causé des rebrassages de l'air vicié, l'accumulation de fortes odeurs nocives (œufs pourris) dégagées par les engins miniers et les roches.
- L'insuffisance de la quantité d'air a causé l'élévation de la température (jusqu'à 40°C) et du taux de l'humidité surtout au niveau de la station de pompage du quartier Aïn Arko.

III-3/ Appréciation de l'état de stabilité des galeries minières.

Compte tenu des conditions géologiques et géotechniques du massif rocheux, nous relevons les données ci-dessous nécessaire aux calculs des pressions de terrain.

Données géotechniques :

- Résistance à la compression : $\sigma_c = 400-700 \text{ Kg/cm}^2$.
- Résistance à la traction : $\sigma_{tr} = 40-70 \text{ Kg/cm}^2$.
- Poids volumique du stérile : $\gamma_s = 2,6 \text{ t/m}^3$.
- Dureté sur l'échelle de Protodiakonov : $f = 7-8$.
- Angle de frottement interne : $\varphi = 39,35^\circ$.
- Coefficient de la concentration des contraintes au niveau du toit : $K_1 = 2$.
- Coefficient de la concentration des contraintes au niveau des parois : $K_2 = 2-3,5$.
- Coefficient de la poussée latérale : $\lambda..$
- Coefficient de poisson : $\mu = 0,3$.
- Coefficient de la perte de la résistance de la roche en fonction de l'humidité : $m = 0,8$.
- Coefficient d'affaiblissement structural : $m_s = 0,8$.
- Coefficient de relaxation des roches : $\xi = 0,7-1$.

- Compte tenu de la pente du gisement, nous observons des déformations à partir de 350 m de profondeur.

- Pour les résistances à la compression et à la traction, en l'absence d'indications des zones de variation de ces résistances, nous considérons dans nos calculs les valeurs moyennes des intervalles.

III-3-1/ Pression des terrains :

Suivant les données géotechniques, nous pouvons apprécier la pression des terrains comme suit :

$$\text{Au toit : } P_z = \gamma_s \cdot H_{\text{moy}} \quad (32)$$

$$\text{A.N : } P_z = 2,6 \cdot 350 = 910 \text{ t/m}^2 = 91 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

Aux parois : $P_x = P_y = \lambda \cdot P_z = (\mu / 1 - \mu) \cdot P_z$ (33)

A.N : $P_x = P_y = (0,3 / 1 - 0,3) \cdot 91 = 39 \text{ Kg/cm}^2$;

$$P_z = 91 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_x = P_y = 39 \text{ Kg/cm}^2$$

III-3-2/ Résistance de la roche :

La résistance des roches diminue avec le temps, elle dépend du :

- Coefficient d'affaiblissement structural.
- Coefficient de relaxation des roches qui indique la diminution de la résistance des roches avec l'accroissement de la durée de la charge.
- Coefficient de la perte de la résistance en fonction de l'humidité.

D'où on aura donc :

Au toit : $R_t = m \cdot m_s \cdot \xi \cdot \sigma_{tr}$ (34)

A.N : $R_t = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 55 = 28,16 \text{ Kg/cm}^2$;

Aux parois : $R_p = m \cdot m_s \cdot \xi \cdot \sigma_c$ (35)

A.N : $R_p = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 550 = 281,6 \text{ Kg/cm}^2$;

$$R_t = 28,16 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_p = 281,6 \text{ Kg/cm}^2$$

III-3-3/ Les contraintes maximales :

Au toit : $\sigma_{\max}(z) = P_z \cdot K_t$ (36)

A.N : $\sigma_{\max}(z) = 91 \cdot 2 = 182 \text{ Kg/cm}^2$.

Aux parois : $\sigma_{\max}(x) = P_v \cdot K_2$ (37)

A.N : $\sigma_{\max}(x) = 39 \cdot 3 = 117 \text{ Kg/cm}^2$

$\sigma_{\max}(z) = 182 \text{ Kg/cm}^2$ $\sigma_{\max}(x) = 117 \text{ Kg/cm}^2$

III-3-4/ Calcul du degré de stabilité :

La stabilité est caractérisée par le coefficient de réserve de la stabilité appelé coefficient de réserve tout court, qui exprime le transfert des paramètres de déformabilité limites ou normatifs vers les paramètres calculés.

Le contour d'un ouvrage minier est considéré comme non déformable, si et seulement si :

$N_{0t} = (R_t / \sigma_{\max}(z)) > 1$ (38)

$N_{0p} = (R_p / \sigma_{\max}(x)) > 1$ (39)

N_{0t} - Coefficient de réserve de déformabilité au niveau du toit.

N_{0p} - Coefficient de réserve de déformabilité au niveau des parois.

A.N :

$N_{0t} = (28,16 / 182) = 0,15$

$N_{0p} = (281,6 / 117) = 2,4$

$N_{0t} = 0,15$ $N_{0p} = 2,4$

D'où :

$N_{0t} < 1 \Rightarrow$ Toit déformable.

$N_{0p} > 1 \Rightarrow$ Parois non déformables

Suivant la pratique des constructions des ouvrages miniers souterrains, le coefficient de réserve de stabilité appelé aussi coefficient de sécurité, doit vérifier les conditions suivantes :

$$N_t = (R_t / \sigma_{\max}(z)) > 4 \quad (40)$$

$$N_p = (R_p / \sigma_{\max}(x)) > 4 \quad (41)$$

On en déduit que le toit des galeries ainsi que les parois ne sont pas stables et nécessite un soutènement adéquat.

III-4/ Les maladies professionnelles et accidents de travail.

III-4-1/ Les maladies professionnelles :

En octobre 1997, un aménagement a été effectué au sein du service médecine de travail afin de permettre un bon déroulement de l'accueil des patients, ce service comprend :

- ♦ Un cabinet médical.
- ♦ Une salle de soin.
- ♦ Une chambre de surveillance.
- ♦ Des produits pharmaceutiques.

L'activité de ce service a pour but de veiller sur la santé des travailleurs de la mine et leur prévention d'éventuels risques en relation avec le post de travail. Pour cela, des visites médicales périodiques, semestrielles et annuelles sont effectuées afin de déceler les maladies professionnelles ou chroniques.

Des visites des lieux de travail sont effectuées systématiquement aux différents services permettant ainsi d'avoir un aperçu global sur le climat et les facteurs de nuisance qui peuvent influencer directement sur les travailleurs et leur rendement.

Au niveau de la mine d'El-Abed, la plupart des mineurs sont atteints de *la silicose* ou *la surdité de perception* qui sont des maladies à caractère professionnel déclarées, soit ils sont atteints par des maladies chroniques telles que :

- ♦ Le diabète.
- ♦ Le post-stress.
- ♦ L'hypertension.
- ♦ Les vertiges dus à la montée et à la descente au fond de la mine.
- ♦ Les dermatoses telle que l'eczéma de contact causé par l'eau acide et les huiles des engins miniers.

- ♦ Les maladies oculaires telle que la myopie qui est due principalement à la visibilité limitée au fond de la mine et cela à cause du mauvais éclairage.

- ♦ L'anxiété.

a) La silicose :

La silicose (M.P tableau 25, voire annexe 1) est l'une des pneumoconioses les plus connues chez les mineurs, c'est une maladie pulmonaire irréversible provoquée par l'inhalation prolongée de poussières de silice libre cristalline, de dimension inférieure à 5 µm.

La silice cristalline libre est l'un des minéraux les plus abondants, on la trouve dans les sables, le charbon, les minerais métalliques et dans certaines roches telles que le granite, le grès et le silex. Elle se libère au cours des opérations d'abattage, concassage et broyage. Ces poussières pénètrent jusqu'à l'alvéole pulmonaire, empêchant ainsi les échanges respiratoires. La toxicité des poussières n'est pas la même d'une mine à l'autre.

La silicose entraîne des affections telles que *la fibrose pulmonaire* et *l'emphysème pulmonaire*, la forme et la gravité des manifestations de la silicose dépendent du type et de l'étendue de l'exposition à l'atmosphère chargée de poussières de silice.

Parmi les causes fréquentes de décès chez les mineurs atteints de la silicose sont :

- ♦ La tuberculose pulmonaire.
- ♦ L'insuffisance respiratoire due à la fibrose et à l'emphysème.
- ♦ L'insuffisance cardiaque.

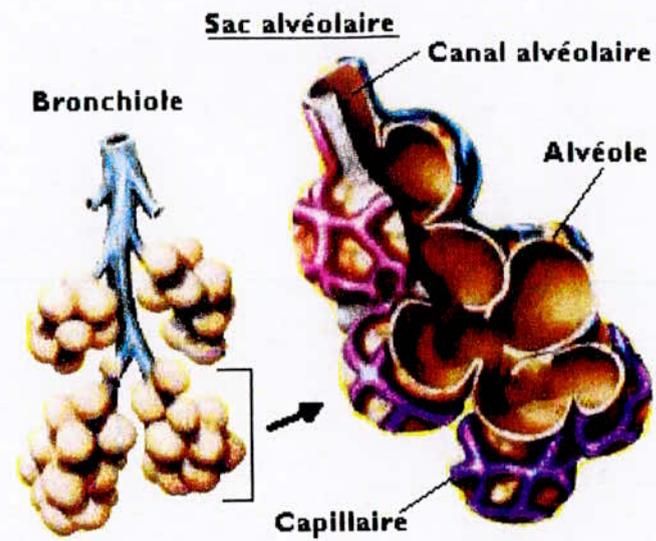
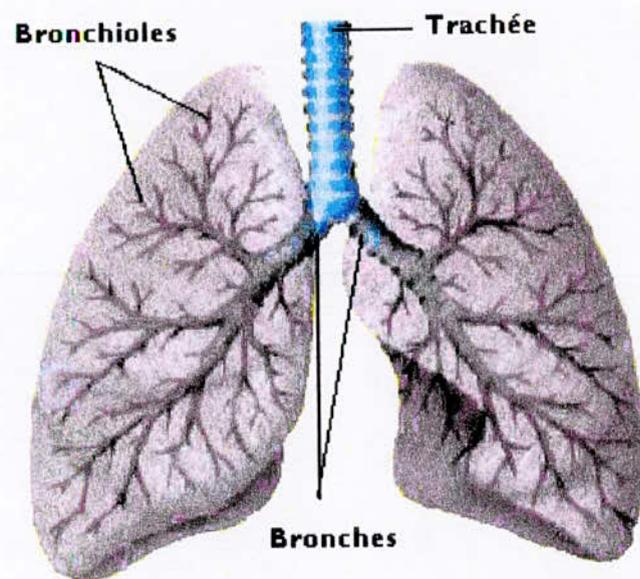


Figure 29- Les poumons.

b) La surdité de perception :

La surdité est la diminution de l'audition. La surdité d'origine professionnelle est un trouble de l'audition déterminé par une exposition chronique aux bruits. Le risque attribuable au bruit, augmente avec sa fréquence, son intensité et la durée d'exposition.

La surdité de perception (M.P tableau 42, voire annexe 1) est la plus fréquente des surdités, elle touche l'oreille interne et plus exactement "la cochlée" et "le nerf cochléaire". Les cils vibratiles de la cochlée, responsables de la transmission des sons au système nerveux, sont détruits suite à une exposition prolongée aux bruits violents et répétitifs.

La surdité de perception est causée par :

- ♦ Une exposition prolongée aux bruits très forts.
- ♦ Perte du pavillon de l'oreille.
- ♦ Variation brutale de la pression.
- ♦ Traumatisme crânien.
- ♦ Agresseurs chimiques tels que : le plomb, le mercure, l'arsenic.
- ♦ Brûlures thermiques ou électriques.

En général, la surdité de perception ne peut pas être soignée par voie médicale mais elle est souvent corrigée par des appareils auditifs.

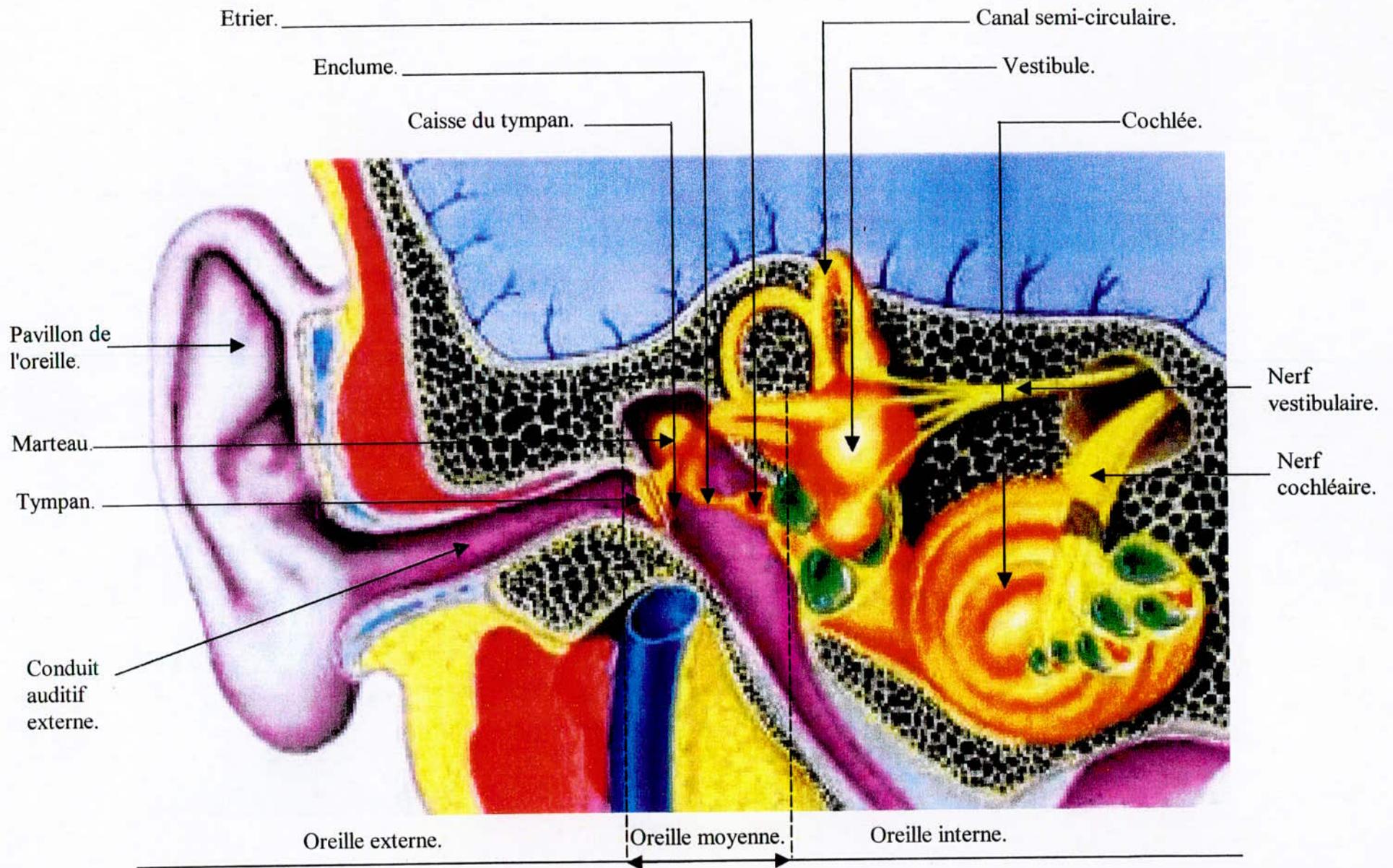


Figure 30- L'oreille (vue en coupe).

III-4-2/ Les accidents de travail :

Les accidents de travail frappent à la fois les victimes et leur entourage immédiat (famille), l'accident entraîne des souffrances physiques et psychologiques.

Le mineur atteint d'une incapacité permanente se voit définitivement diminué et devient inapte partiellement ou totalement au travail, cette souffrance peut être considérablement aggravée lorsque la victime ne peut plus subvenir aux besoins de sa famille.

a) Analyse des causes des accidents de travail :

L'utilisation des analyses systématiques des accidents de travail constitue un moyen important dans la mesure où elle nous permet de déterminer les mesures de prévention, afin de réduire considérablement la répétition des accidents.

Une fois qu'un accident survient, une analyse complète est faite par le médecin de travail de la mine. Cette analyse doit comprendre les informations suivantes :

- ♦ Nom et matricule de l'accidenté, son âge, sa qualification et son ancienneté.
- ♦ La partie du corps atteinte et la nature des lésions.
- ♦ L'endroit où l'accident s'est produit.
- ♦ La date et l'heure de l'accident.
- ♦ Arrêt ou non du travail suite à l'accident et les dégâts matériels.
- ♦ Les circonstances, par exemple préciser ce que la victime faisait juste avant l'accident et le matériel qu'elle utilisait.

Une fois l'analyse est effectuée, elle nous permettra ainsi de déterminer les causes probables de l'accident et par conséquent les règles de prévention à instaurer.

b) Conséquences économiques suite à un accident de travail : [5]

Le coût direct des risques professionnels représente en moyenne 4 à 5 % de la masse salariale. Ce montant représente les cotisations versées par l'entreprise à la caisse nationale de sécurité sociale.

Le coût indirect des risques professionnels comprend de nombreux facteurs dont les plus courants sont :

- Les pertes de temps des collègues de la victime lors des secours et les témoignages.
- Les pertes de temps dues aux formalités administratives.
- Les pertes de production (délai de remplacement de la victime).
- Les dégâts matériels accompagnant l'accident de travail.
- La perte de l'efficacité de la victime (si elle est en vie) après son retour à son post de travail.

c) Les accidents de travail dans la mine d'El-Abed :

Parmi les accidents de travail survenus dans la mine d'El-Abed, on a :

- Chute de blocs lors des opérations de purgeage, de forage des trous de mine et soutènement.
- Ecrasement total du mineur par des blocs de roches suite à un éboulement.
- Ecrasement du mineur contre les parois de la galerie lors du passage des engins miniers de transport tels que les wagons. (voire annexe 2)

III-5/ L'impact environnemental suite à l'exploitation du gisement

L'espèce humaine, Homo sapiens, est apparue tardivement dans l'histoire de la terre, c'est elle qui a modifié le plus profondément l'environnement par ses activités. Les premiers hommes ont très clairement vécu en parfaite harmonie avec leur environnement, à l'instar des autres animaux. Mais cet équilibre a changé avec la première révolution agricole préhistorique qui a favorisé l'érosion du sol et la régression de la végétation naturelle. Tant que les populations humaines sont restées modestes et leur technologie simple, leur impact sur l'environnement était limité et localisé.

En nos jours et avec le développement de la technologie, des problèmes plus graves sont apparus tels que la pollution des nappes d'eaux, l'atmosphère et les sols, due principalement aux rejets industriels, cela a causé la dégradation de l'environnement et une diminution de sa capacité à abriter la vie.

L'environnement est l'ensemble des facteurs chimiques, physiques et biologiques susceptibles d'influencer le développement des être vivants. A l'échelle de la terre, on parle de biosphère qui comprend l'air, le sol, l'eau et les organismes vivants.

III-5-1/ Les constituants de l'environnement.

a) L'atmosphère :

L'atmosphère est un mélange gazeux à base d'azote, d'oxygène, de dioxyde de carbone, de vapeurs d'eau, d'éléments et corps composés, ainsi que des particules de poussières. L'atmosphère protège la surface de la terre contre les rayons ultraviolets et permet à la vie de se développer. Réchauffée par le soleil et les rayonnements réfléchis, l'atmosphère circule autour de la planète en atténuant les différences de température.

b) La biosphère :

La biosphère renferme de grandes quantités d'eau, dont 97% se trouvent dans les océans, 2% dans les glaces et 1% dans l'eau douce des rivières, des lacs, des eaux souterraines et dans l'humidité de l'air et du sol.

c) **Le sol :**

Le sol est une fine couche de matière qui se trouve à la surface de la terre, il est le résultat des interactions entre le climat et les matières minérales, les roches sédimentaires et la végétation. Les organismes vivant sur terre dépendent de tous ces éléments, les plantes utilisent l'eau, le dioxyde de carbone et la lumière du soleil pour transformer les matières premières en hydrate de carbone, grâce à la photosynthèse, les animaux dépendent des végétaux pour leur alimentation.

Les problèmes liés à la sécurité minière et à la protection de l'environnement suite à l'exploitation des mines souterraines et les carrières, ont constitué depuis longtemps l'une des préoccupations nationales.

A ce titre, un ensemble de textes législatifs et réglementaires a été élaboré en vue de préciser les nuisances essentielles à combattre en matière d'environnement, et les exigences minimales à respecter dans le cadre de la prévention. Bien que la mise en œuvre de ces textes qui ont permis sans doute d'éviter de graves catastrophes, les incidents continuent de se produire au sein du secteur minier induisant parfois des effets néfastes sur la santé des hommes et sur l'environnement.

III-5-2/ Définition d'un déchet :

Un déchet est tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon.

Les résidus des procédés de traitement du minerai englobent un large éventail de matières, et leur composition dépend de la nature des opérations de traitement : il peuvent être constitués de substances pures ou de mélanges complexes, de composition et d'état physiques variables. Les déchets se distinguent surtout par le fait qu'une proportion considérable d'entre eux sont classées dangereuses ou potentiellement toxiques, ce qui nécessite par conséquent des dispositions particulières en matière de manutention, de traitement et d'élimination.

Les rejets sont définis aussi en fonction de leur caractéristiques physiques ou chimiques et tenant compte également des dangers que ces rejets constituent pour la santé humaine et des dommages causés à l'environnement.

III-5-3/ Impact environnemental dans la région d'El-Abed :

En raison de l'absence des installations de traitement et d'élimination des déchets dans notre pays, les usines de traitement des minerais étaient contraintes depuis plusieurs années à stocker les rejets les plus toxiques au sein des sites industriels qui les produisaient. Ces rejets stockés dans de mauvaises conditions occasionnent une importante pollution des sols environnants, de l'atmosphère, et des nappes d'eaux, ce qui a causé de graves maladies à la population contrainte, malgré elle à respirer et à inhaler tous genres de poussières toxiques, ce qui est le cas de la région d'El-Abed.

L'impacte environnemental suite à l'exploitation du gisement d'El-Abed est celui de la digue des stériles stockés à l'air libre près d'une nappe d'eau. Les dépôts des stériles rejetés par l'usine de traitement, sont saturés de produits toxiques tels que *le cyanure*. En effet l'utilisation des produits chimiques à base de cyanure est très répandue dans l'industrie minière pour l'enrichissement des minerais sulfurés. De façon typique, le tout venant de la mine est finement broyé puis agité pendant des heures dans une solution contenant du cyanure (xanthate), après la récupération du plomb et du zinc, une solution contenant une quantité importante de cyanures libres est obtenue, elle est dite "*solution stérile*". cette dernière est déposée à l'air libre, sur des terrains vagues situés à proximité du village, subissant ainsi des aléas climatiques et est souvent lessivée par des pluies. Les lixivias ainsi formés sont riches en cyanure, pénètrent en profondeur en provoquant la pollution du sol et des nappes d'eaux souterraines peu profondes, ce qui présente un très grand danger sur la santé des habitants du village et sur la flore et la faune.

De plus le climat de la région d'El-Abed est caractérisé par des vents forts de directions Sud-Ouest et Nord-Est qui entraînent ainsi une pollution de l'atmosphère marquée par un grand brouillard blanc de poussières toxiques qui proviennent d'une part de la digue des stériles du gisement d'El-Abed, et d'autre part de la digue marocaine des gisements de Touissit et Sidi Boubker actuellement épuisés, situés à moins de 1 Km du village.

De ce fait, la plupart des habitants des villages souffrent des problèmes respiratoires qui sont compliqués par la suite par un asthme, des irritations nasales et oculaires. On y trouve également des enfants qui jouent et qui touchent à ces stériles sans pour autant être avertis et conscients du danger, c'est pour cela il est nécessaire d'interdire l'accès à la digue par des plaques signalant le danger.

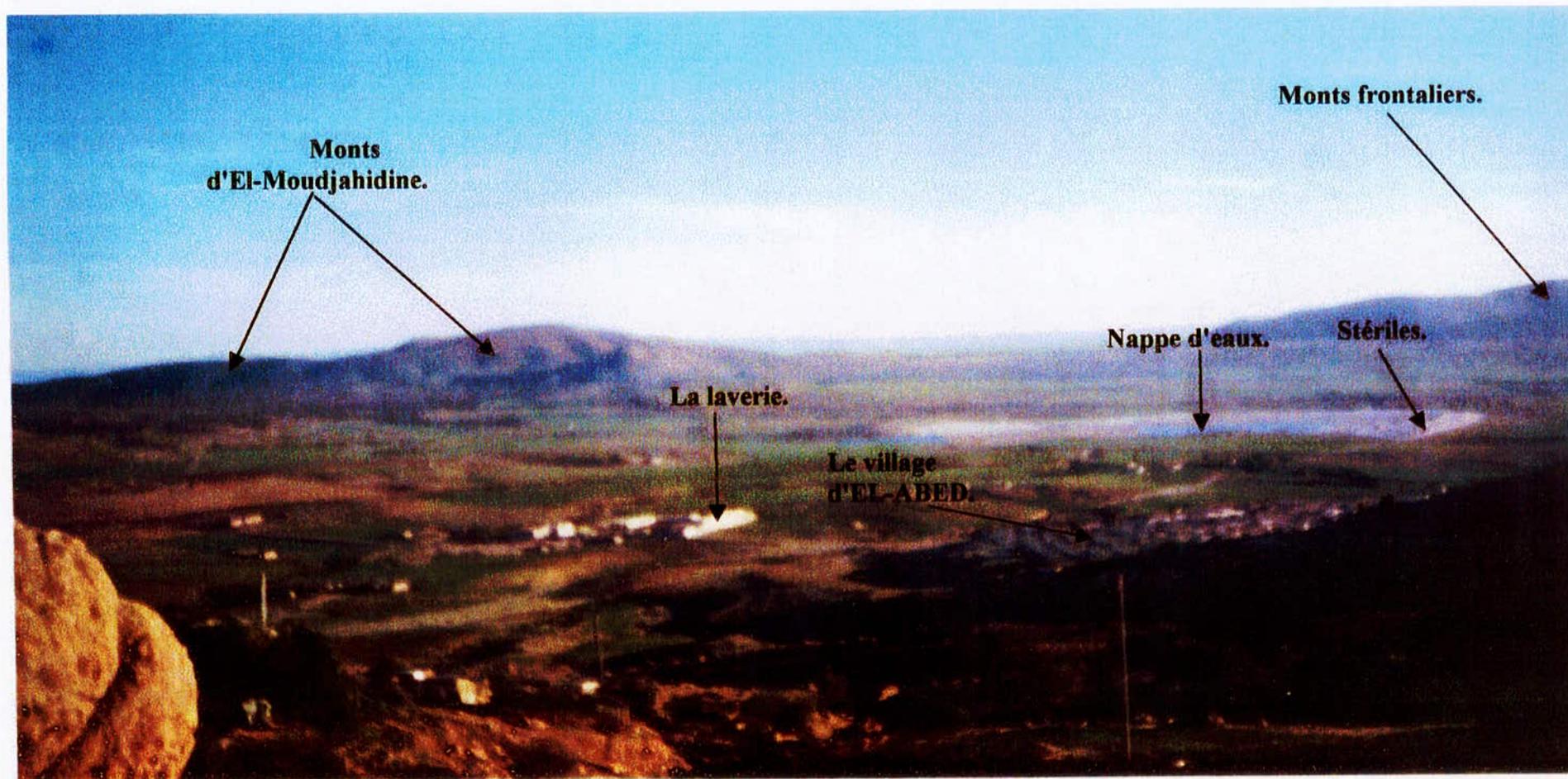


Figure 31- Impact environnemental dans la région d'El-Abed.

Chapitre IV :

**Contribution à
l'amélioration des
quelques
problèmes
principaux.**

En tenant compte des problèmes sécuritaires et environnementaux cités dans le chapitre précédent, nous nous proposons de citer un ensemble de solutions susceptibles de régler certains problèmes spécifiques (l'aérage, l'exhaure, l'éclairage,...etc.) et cela conformément aux normes d'hygiène et de sécurité fixées par la réglementation minière dans laquelle est régie la réglementation minière algérienne.

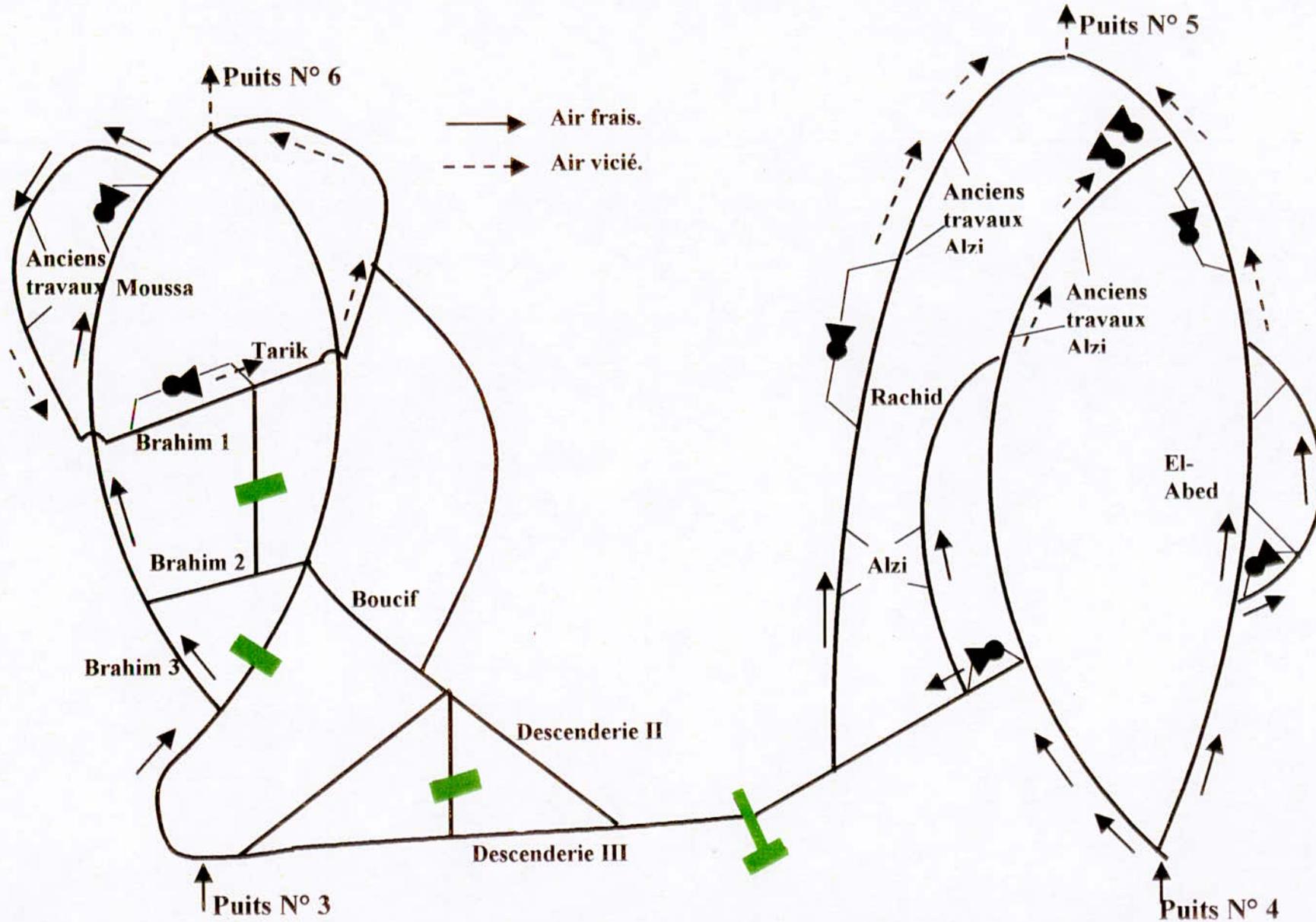
IV-1/ L'aérage.

Pour lutter contre les pertes d'air, et pour l'amélioration de la ventilation dans la mine d'El-Abed, on a envisagé un ensemble de solutions qui se résument comme suit :

1. L'isolement des deux réseaux du circuit d'aérage nous permet d'alimenter indépendamment ces derniers afin d'être conformes aux règlements. Cet isolement sera réalisé par l'installation d'un barrage à parois simples.
2. L'installation de deux portes, l'une dans la galerie reliant Brahim 1 et Brahim 2 et l'autre porte dans la galerie Boucif, permettent ainsi d'éviter le rebrassage de l'air vicié.
3. L'installation d'un barrage à parois simples dans la galerie prolongeant la descenderie III jusqu'à la recette du puits N° 3 est nécessaire afin d'éviter le mélange de l'air vicié avec l'air propre entrant du puits N° 3.
4. Révision et maintenance des installations de ventilation (les conduites, les ventilateurs,...).
5. Calculer les débits d'air nécessaires dans chaque chantier, faire des mesures fréquentes de débits, de pression, de température, et cela en chargeant une personne qualifiée et compétente pour la réalisation et la précision de ces mesures.
6. Faire des plans d'aérage détaillés où l'on rapportera tous les éléments du réseau ainsi que toutes les mesures corrigées par les lois de Kirchhoff.

7. Comblent les vides dues à la méthode d'exploitation qui se situent sur le circuit d'aérage principal, par l'installation de portes en caoutchouc afin d'éviter les court-circuits d'air.
8. Après passage des engins miniers qui ne sont autre que la pelle-chargeuse destinée également au transport du minerai de la taille jusqu'au point de déchargement, ceci s'accompagne de perte de minerai, et un nuage de poussières. C'est pour cela, il est nécessaire de faire un arrosage des voies, ce qui permet aux mineurs de travailler dans une ambiance moins nocive et rendre le microclimat sain.

Figure 31- Isolement des deux réseaux.



IV-2/ L'éclairage.

1. En matière d'éclairage, il est nécessaire et obligatoire de mettre des hublots séparés l'un de l'autre conformément aux normes de sécurité, dans les différentes galeries principales de roulage et de ventilation. En effet l'utilisation de néons est recommandée par rapport à celle des ampoules car elle permet une consommation d'énergie moindre.
2. L'éclairage entre la laverie et le puits N° 4 doit être amélioré.
3. Révision de l'éclairage des engins miniers.

IV-3/ Choix du soutènement.

Compte tenu de la pratique des ouvrages miniers, les critères essentiels d'appréciation de la stabilité de ces ouvrages est définie par la relation :

$$C_s = \frac{\gamma \cdot H}{\sigma_c \cdot \xi} \quad (43)$$

Dans le cas où :

$C_s > 0,5$: L'ouvrage peut être stable et ne nécessite pas de soutènement.

$C_s = 0,3 - 0,5$: L'ouvrage est peut être instable et nécessite un soutènement par boulons.

$C_s = 0,1 - 0,3$: L'ouvrage est instable nécessitant un soutènement par cintres métalliques, en béton, ou en bois.

$$\text{A.N : } C_s = \frac{2,6 \cdot 10^3 \cdot 350}{550 \cdot 10^4 \cdot 0,8} = 0,20$$

$$C_s = 0,2$$

$$\Rightarrow C_s = 0,1 - 0,3$$

On en déduit que les galeries minières doivent être soutenues par cintres métalliques.

IV-4/ L'environnement.

IV-4-1/ Les procédés de traitement des déchets de cyanure :

A cause de leur grande toxicité, les cyanures doivent être éliminés avant que la solution stérile ne soit déversée dans l'environnement. La teneur en cyanure est habituellement abaissée par exposition de la solution à la lumière solaire dans de grands étangs, ce procédé est connu sous le nom de "Dégradation Naturelle".

Pour parvenir à la destruction complète des cyanures, on procède à une oxydation chimique de ces déchets. Ce procédé est réalisé en deux étapes :

- *La première étape* consiste à oxyder le cyanure en utilisant des agents oxydants tel que l'hypochlorite de sodium (NaClO) en présence d'un alcalin ($\text{pH} = 10$ ou plus haut), afin d'éviter le dégagement du gaz dangereux HCN .

- *La seconde étape* a pour but d'oxyder un peu plus le cyanure qui est maintenant beaucoup moins toxique, et cela en ajoutant du dioxyde de carbone ou du nitrogène avec un peu plus d'hypochlorite de sodium. Le pH de cette réaction doit être maintenu entre 8,5 et 9 par l'ajout de NaOH .

Ces procédés de destruction des cyanures ont des désavantages économiques et environnementaux, en effet les entreprises minières dépensent des sommes d'argent considérables pour détruire les cyanures usés, mais elles doivent aussi en acheter pour pouvoir faire le traitement du minerai extrait. De plus, des études ont montré que le procédé de dégradation naturelle donnait naissance à des composés dont la stabilité est inconnue, ces composés se forment dans les étangs et les résidus à partir des métaux présents dans le stérile.

Pour éviter la destruction des cyanures, les entreprises minières canadiennes ont mis au point un nouveau procédé qui permet de récupérer et de recycler les déchets de cyanure. Ce procédé permet d'une part la récupération de tous les cyanures libres et environ la moitié des cyanures sous forme complexe, et d'autre part il empêche la production de composés qui peuvent être toxiques.

Ce procédé consiste en :

1. Une acidification des cyanures par l'acide sulfurique jusqu'à un pH d'environ 2-3,5.
2. Un barbotage d'air dans la solution acidifiée, afin de volatiliser l'acide cyanhydrique (HCN).
3. Une neutralisation de la solution aérée pour précipiter les sulfates résiduels et les dernières traces des métaux.

IV-4-2/ Résolution du problème environnemental dans la région d'El-Abed :

En attendant que la nouvelle loi relative à la protection de l'environnement soit approuvée et mise en œuvre, nous pouvons proposer à cet effet un ensemble de solutions provisoires, vue la cherté et l'absence des procédés de traitement des déchets spéciaux dans notre pays.

Tout d'abord, une étude d'impact doit être réalisée afin de déterminer, d'une part l'étendue et le tonnage des stériles, et d'autre part connaître les différents métaux lourds constituant les déchets, leur teneur, ainsi que la profondeur à laquelle ils se sont infiltrés. Ensuite, les déchets doivent être stockés dans des fûts hermétiques afin de permettre leur enfouissement au fond de la mine. Enfin, le sol contaminé doit être raclé jusqu'à la profondeur d'infiltration, puis mis dans des fûts et enfoui dans le sous-sol. Dans le cas où la laverie devrait être démontée, et étant donné que le stockage du tout venant de la mine se faisait à l'air libre en attendant son traitement, le sol contaminé du site, doit être aussi raclé, stocké dans des fûts et enfoui au fond de la mine.

Les propositions citées ci-dessus constituent un début de prise en charge de la pollution de l'environnement, car la loi de Finances du 22 décembre 2001 portant loi de Finances 2002 a permis un début d'application du principe "Pollueur - Payeur" à travers son article 203 qui précise ce qui suit :

"Une taxe d'incitation au déstockage des déchets spéciaux de 10500 DA/tonne avec un moratoire de trois (03) ans pour que les entreprises se dotent ou disposent d'équipements de traitement nécessaires."

Par ailleurs, il est à souligner que la mine de Bir El-Ater a bénéficié d'une enveloppe financière de dix millions de dollars allouée par la banque mondiale, afin de lui permettre de solutionner ses quelques problèmes environnementaux.

IV-5/ Quelques mesures sécuritaires et préventives.

1. Au niveau du front d'abattage, le purgeage est effectué par le mineur et son aide sur une longueur de 20 m en arrière, ce purgeage doit être effectué par l'équipe d'entretien. C'est pour cette raison que les chefs des quartiers doivent prévoir un tableau d'organisation à cet effet.
2. Les contrôleurs de sécurité doivent faire des visites quotidiennes ou du moins périodiques et signaler à temps toutes les anomalies rencontrées dans le domaine de la sécurité minière.
3. La disposition des moyens de communication rapide entre les deux puits 3 et 4 est nécessaire et obligatoire vu la grande superficie du gisement.
4. Un véhicule devra être mis en permanence au niveau du puits d'extraction (le puits N° 4) pour répondre aux éventuelles urgences.
5. Pour la prévention et la lutte contre l'incendie, en particulier dans cette période de grande chaleur, la Commission d'Hygiène et de Sécurité (CHS) de la mine propose un procédé de désherbage des alentours des différents locaux, ateliers, air de stockage et habitations.
6. Dans l'usine de traitement, et au niveau de l'atelier des cellules de flottation, certaines tôles au niveau des allées de la plate-forme doivent être remplacées au lieu d'être soudées.
7. L'agent chargé de la préparation des réactifs doit être mieux protégé, il doit disposer de masque, une paire de gants et de bottes adéquats et plus de deux tenues par an.
8. La signalisation du danger par des plaques indicatives dans les endroits où se présentent les risques tels que, les chutes de blocs, câble à haute tension, passage d'engins miniers...etc.
9. La mine doit disposer d'appareils d'extinction entretenus constamment en bon état, permettant ainsi de combattre immédiatement tout commencement d'incendie souterrain. Ces extincteurs doivent être disposés au fond près des dépôt d'explosif, la stations de remplissage des locomotives à combustible liquide. L'emplacement de ces appareils doit être porté sur le plan d'aéragé.

10. Une oreille bien protégée n'est pas fatiguée après 8 heures de travail. La protection par casques antibruit ou bouchons d'oreille, permet une réduction du niveau sonore de plus de 20 dB, cette réduction n'empêche pas la communication entre les ouvriers et l'écoute des machines. L'ouvrier choisira la protection qui lui convient le mieux. Les casques sont à préférer en cas de travail au fond de la mine.

Conclusion.

Au cours des brefs séjours passés à la mine d'El-Abed, ainsi qu'à l'étude des documents qui ont été gracieusement mis à notre disposition par la direction et le personnel de la mine, par certaines structure de l'état (IANOR, Ministère de l'Industrie), nous sommes parvenus à certaines conclusions sur les aspects sécuritaires et environnementaux de la mine.

Ces conclusions n'ont pas la prétention de résoudre dans leur immense complexité les problèmes mentionnés, mais d'apporter une modeste contribution à l'amélioration des principaux problèmes.

Tenant compte de ces remarques et de leur portée, nous pouvons dire que les problèmes sécuritaires et environnementaux ainsi que leur conséquences sur la sécurité et la santé du personnel, tel que nous avons essayé de le présenter dans ce travail, ont pour origine première, une mise en œuvre insuffisante des normes d'hygiène et des règles de sécurité dans le domaine.

Cette lacune se retrouve aussi bien que dans les causes matériels que dans les causes humaines. Parmi les facteurs matériels conjugués et/ou aggraver par les facteurs humains, et sans prétendre être exhaustifs, on peut citer parmi ces facteurs :

- Les facteurs matériels :

- L'insuffisance de l'aérage qui se traduit par une atmosphère polluée propice à l'apparition de problèmes respiratoires pour le personnel et de situation de danger pour la mine (incendie explosion ..).
- Climatisation inexistante bien que nécessaire dans le cas de mines de cette catégorie (profonde) ce qui se traduit par des conditions de travail pénibles et donc un rendement médiocre.
- Absence de soutènement dans certaines galeries particulièrement les principales qui sont fréquentées par le personnel et les engins miniers.
- Eclairage insuffisant. Dans certaines parties importantes le seul éclairage disponible est celui que portent les mineurs dans leur casque .

- Les facteurs humains :

- ♦ L'ignorance du danger. Outre l'absence quasi totale de formation du personnel sur les règles de sécurité, aucune discipline n'est imposée à ce personnel pour lui imposer de se plier au minimum qui est fait .
- ♦ Insuffisance des aptitudes physiques.
- ♦ Fatigue, énervement, soucis, stress, les causes de cette situation son multiples et variées : on peut citer entre autre l'approche de la fermeture définitive de la mine et les conséquences sur l'emploi qui en résulterait, l'environnement externe de la mine et son isolement géographique etc....
- ♦ Habitude au danger et aux risques d'accidents de travail. Les accidents quand ils surviennent sont perçus plutôt comme une fatalité que comme une cause objective de non respect des règles.

Annexe 1.

Tableau 25

Affections professionnelles consécutives à l'inhalation de poussières minérales renfermant de la silice.

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies.
<p>A - Silicose, pneumoconiose du houilleur, schistose, talcose, kaolinose, graphitose et autres pneumoconioses provoquées par ces poussières. Ces affections sont caractérisées soit par des signes radiographiques ou, éventuellement, tomodynamométriques, soit par des constatations anatomopathologiques lorsqu'elles existent, que ces signes ou ces constatations s'accompagnent ou non de troubles fonctionnels.</p> <p><u>Complications de ces affections :</u></p> <p>a) Complication cardiaque. Insuffisance ventriculaire droite caractérisée.</p> <p>b) Complications pleuropulmonaires : Tuberculose ou autre mycobactériose surajoutée et caractérisée, Nécrose cavitaire aseptique, Aspergillose intracavitaire confirmée par la sérologie.</p> <p>c) Complications non spécifique : Pneumothorax spontané, suppuration broncho-pulmonaire subaiguë ou chronique, insuffisance respiratoire aiguë nécessitant des soins intensifs en milieu spécialisé.</p>	<p>15 ans (sous réserve d'une exposition de 5 ans)</p>	<p>Travaux exposant à l'inhalation des poussières renfermant de la silice libre, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Travaux de forage, d'abattage, d'extraction et de transport de minerais ou de roches renfermant de la silice libre. ♦ Concassage, broyage, tamisage et manipulation effectués à sec, de minerais ou de roches renfermant de la silice libre. ♦ Taille et polissage de roches renfermant de la silice libre. ♦ Fabrication et manutention de produits abrasifs, de poudres à nettoyer et autres produits renfermant de la silice libre. ♦ Travaux de ponçage et sciage à sec de matériaux renfermant de la silice libre. ♦ Travaux dans les mines de houille. ♦ Extraction, refente, taillage, lissage et polissage de l'ardoise. ♦ Utilisation de poudre d'ardoise (schiste en poudre) comme charge en caoutchouterie ou dans la préparation de mastic ou aggloméré. ♦ Extraction, broyage, conditionnement du talc. ♦ Utilisation du talc comme lubrifiant ou comme charge dans l'apprêt du papier, dans certaines peintures, dans la préparation de

<p>B - Sclérodémie systémique progressive.</p> <p>C - Fibrose interstitielle pulmonaire diffuse non régressive d'apparence primitive. Cette affection devra être confirmée par un examen radiographique ou par une tomодensitométrie en coupes millimétriques, soit par preuve anatomo-pathologique.</p> <p><i>Complications de cette affection :</i></p> <p>Insuffisance respiratoire chronique caractérisée et cœur pulmonaire chronique.</p> <p>D - Lésions pleuro-pneumoconiotiques à type rhumatoïde (syndrome de Caplan-Colinet).</p> <p>Ces affections sont caractérisées soit par des signes radiologiques ou éventuellement tomодensitométriques, soit par des constatations anatomo-pathologiques, que ces signes s'accompagnent ou non de troubles fonctionnels.</p>	<p>15 ans (durée minimale d'exposition de 10 ans)</p> <p>30 ans (durée minimale d'exposition de 10 ans)</p> <p>15 ans (durée minimale d'exposition de 5 ans)</p>	<p>poudre cosmétique, dans les mélanges de caoutchouterie.</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Fabrication de carborundum, du verre, de la porcelaine, de la faïence et autres produits céramiques, des produits réfractaires. ♦ Travaux de fonderie exposant aux poussières de sables, décochage, ébarbage et dessablage. ♦ Travaux de meulage, polissage, aiguisage effectués à sec, au moyen de meules renfermant de la silice libre. ♦ Travaux de décapage ou de polissage au jet de sable. ♦ Travaux de construction, d'entretien et de démolition exposant à l'inhalation de poussières renfermant de la silice libre. ♦ Manipulation, broyage, conditionnement, usinage, utilisation du graphite, notamment comme réfractaire, fabrication d'électrodes.
--	--	--

Tableau 42

Surdité provoquée par les bruits lésionnels.

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
<p>Déficit audiométrique bilatéral par lésion cochléaire irréversible. Ce déficit est évalué par une audiométrie effectuée de trois semaines à un an après cessation de l'exposition aux bruits lésionnels, en cabine insonorisée par un audiomètre calibré.</p> <p>Cette audiométrie doit être tonale et vocale et faire apparaître au minimum sur la meilleure oreille un déficit moyen de 35 décibels, calculé en divisant par 10 la somme des déficits mesurés sur les fréquences 500, 1000, 2000 et 4000 hertz, pondérés respectivement par les coefficients 2, 4, 3, et 1.</p> <p>Aucune évolution de ce déficit ne peut être prise en compte après l'expiration du délai de prise en charge, sauf en cas de nouvelle exposition au risque.</p>	<p>1 an après cessation de l'exposition au risque acoustique (sous réserve d'une durée d'exposition d'un an, réduite à trente jours en ce qui concerne la mise au point des propulseurs, réacteurs et moteurs thermiques)</p>	<p>Travaux exposant aux bruits lésionnels provoqués par :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ les travaux sur métaux par percussion, abrasion ou projection tel que : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le décolletage, l'emboutissage, l'estampage, le broyage, le fraisage, le martelage, le burinage, le rivetage, le laminage, l'étirage, le tréfilage, le découpage, le sciage, le cisailage, le tronçonnage. ▪ L'ébarbage, le meulage, le polissage, le gougeage par procédé arc-air, la métallisation. ♦ Le câblage, le toronnage et le bobinage de fils d'acier. ♦ L'utilisation de marteaux et perforateurs pneumatiques. ♦ La manutention mécanisée de récipients métalliques. ♦ Les travaux de verrerie à proximité des fours, machines de fabrication, broyeurs et concasseurs, l'embouteillage. ♦ Le tissage sur métiers ou machines à tisser. ♦ Les travaux sur peigneuses, machines à filer incluant le passage sur banes à broches, retordeuse, moulineuses, bobineuses de fibres textiles. ♦ La mise au point, les essais et l'utilisation des propulseurs, réacteurs, moteurs thermiques, groupes électrogènes, groupes hydrauliques, installations de compression ou de détente fonctionnant à des pressions différentes de la pression atmosphérique.

ainsi que des moteurs électriques de puissance comprise entre 11 kW et 55 kW s'ils fonctionnent à plus de 2360 tours par minute, de ceux dont la puissance est comprise entre 55 kW et 220 kW s'ils fonctionnent à plus de 1320 tours par minute et ceux dont la puissance dépasse 220 kW.

- ◆ L'emploi ou la destruction de munitions ou d'explosifs.
- ◆ L'utilisation de pistolets de scellement.
- ◆ Le broyage, le concassage, le criblage, le sciage et l'usinage de pierres et de produits minéraux.
- ◆ Les procédés industriels de séchage des matières organiques par ventilation.
- ◆ L'abattage, le tronçonnage et l'ébranchage mécaniques des arbres.
- ◆ L'emploi des machines à bois en atelier : scies circulaires de tous types, scies à ruban, dégauchisseuses, raboteuses, toupies, machines à fraiser, tenonneuses, mortaiseuses, moulurières, plaqueuses de chants intégrant des fonctions d'usinage, défonceuses, ponceuses, clouteuse.
- ◆ L'utilisation d'engins de chantier : bouteurs, décapeurs, chargeuses, moutons, pelles mécaniques, chariots de manutention tous terrains.
- ◆ Le broyage, l'injection et l'usinage des matières plastiques et du caoutchouc.
- ◆ Le travail sur les rotatives dans l'industrie graphique.

La fabrication et le conditionnement mécanisé du papier et du carton.

- ◆ L'emploi de matériel vibrant.
- ◆ L'élaboration de produits en béton.
- ◆ Les essais et la réparation en milieu industriel des appareils de sonorisation.
- ◆ Les travaux de moulage sur machines à secousses et de décochage sur grilles vibrantes.

		<ul style="list-style-type: none">◆ La fusion en four industriel par arcs électriques.◆ Les travaux sur ou à proximité des aéronefs dont les moteurs sont en fonctionnement dans l'enceinte d'aérodromes et d'aéroports.◆ L'exposition à la composante audible dans les travaux de soudage par ultrasons des matières plastiques.
--	--	---

Annexe 2.

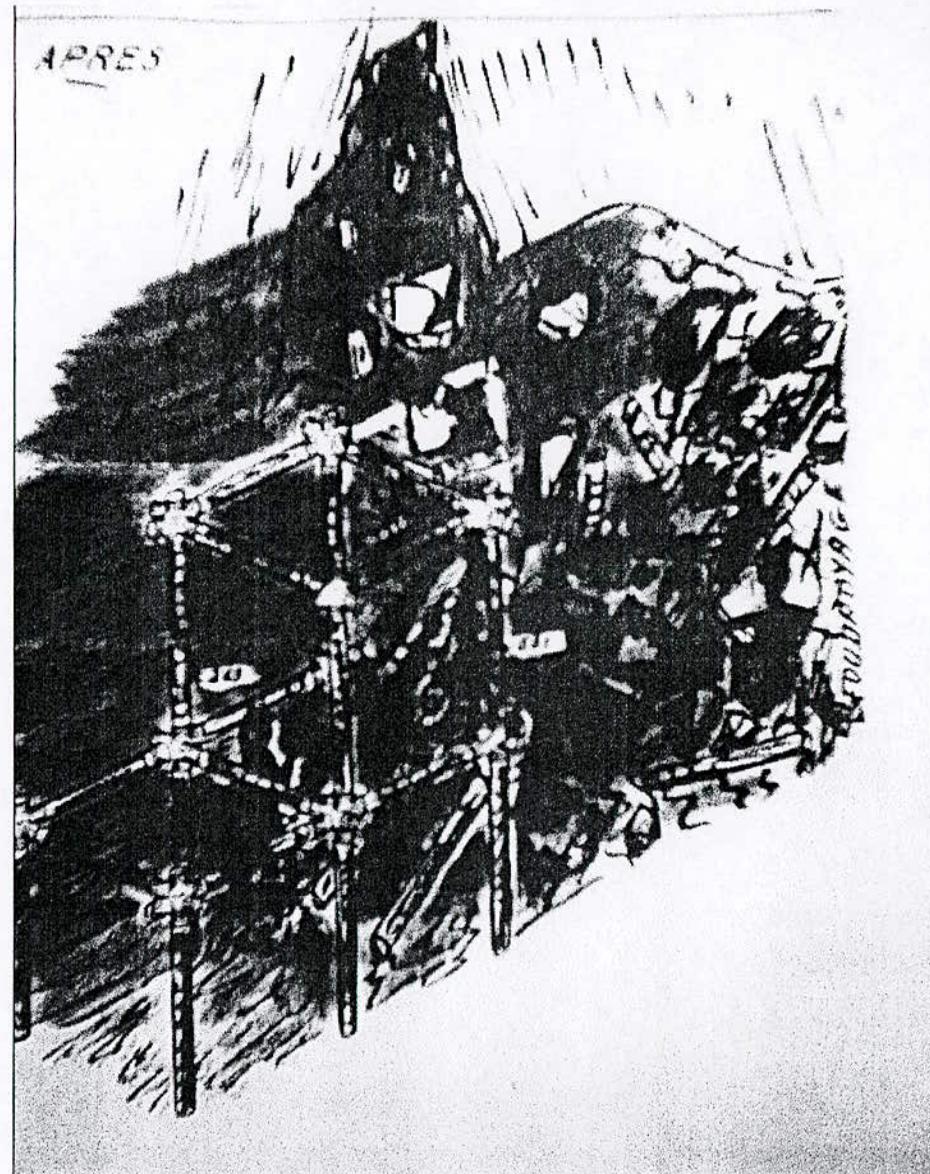
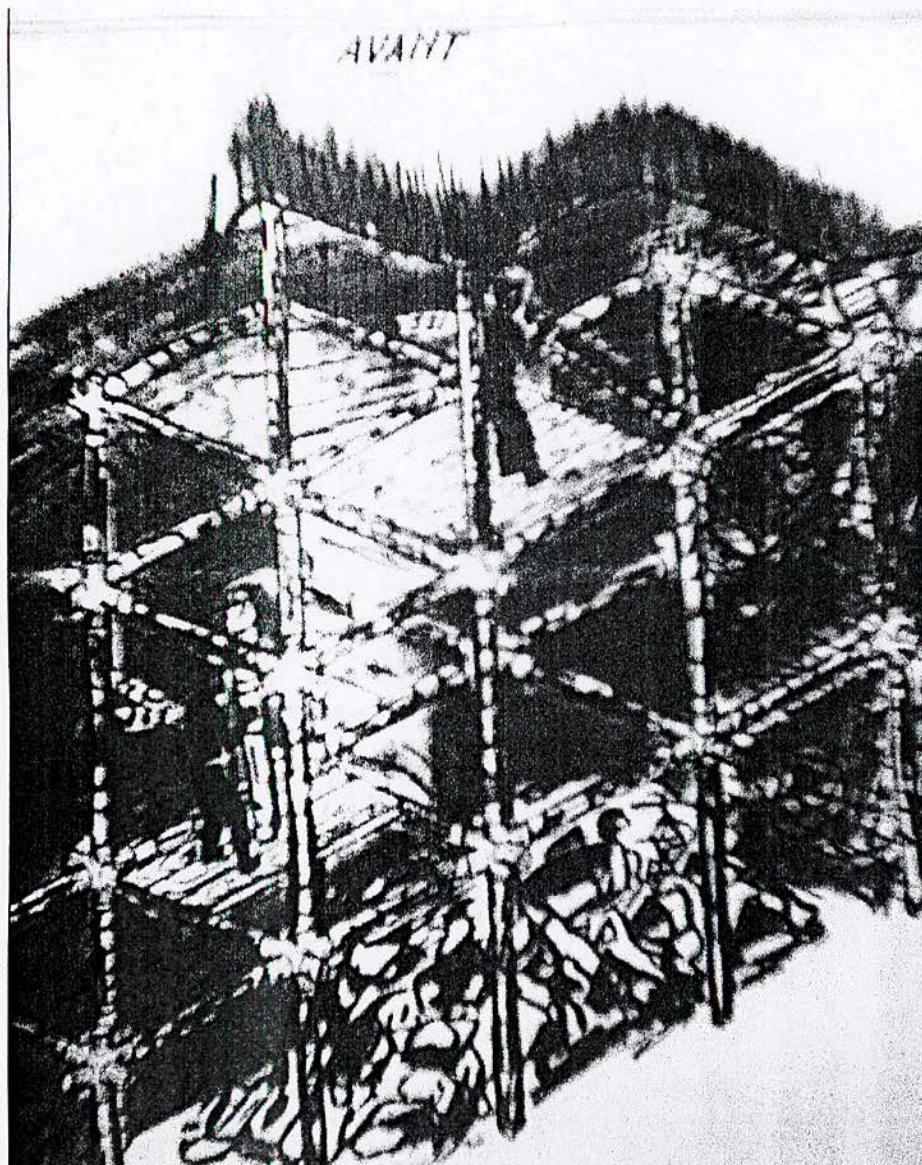


Figure 33- Ecrasement du mineurs par des blocs de roches suite à un éboulement.

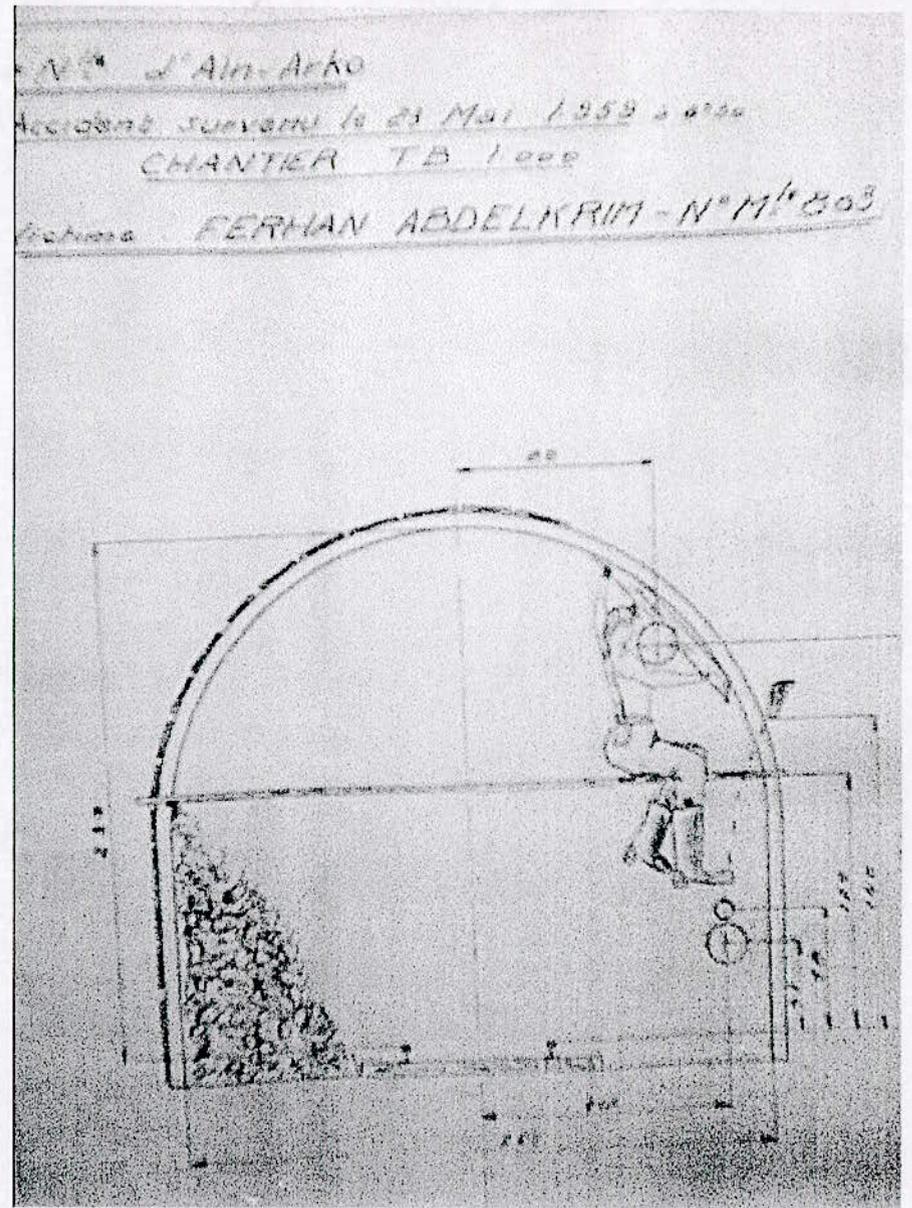
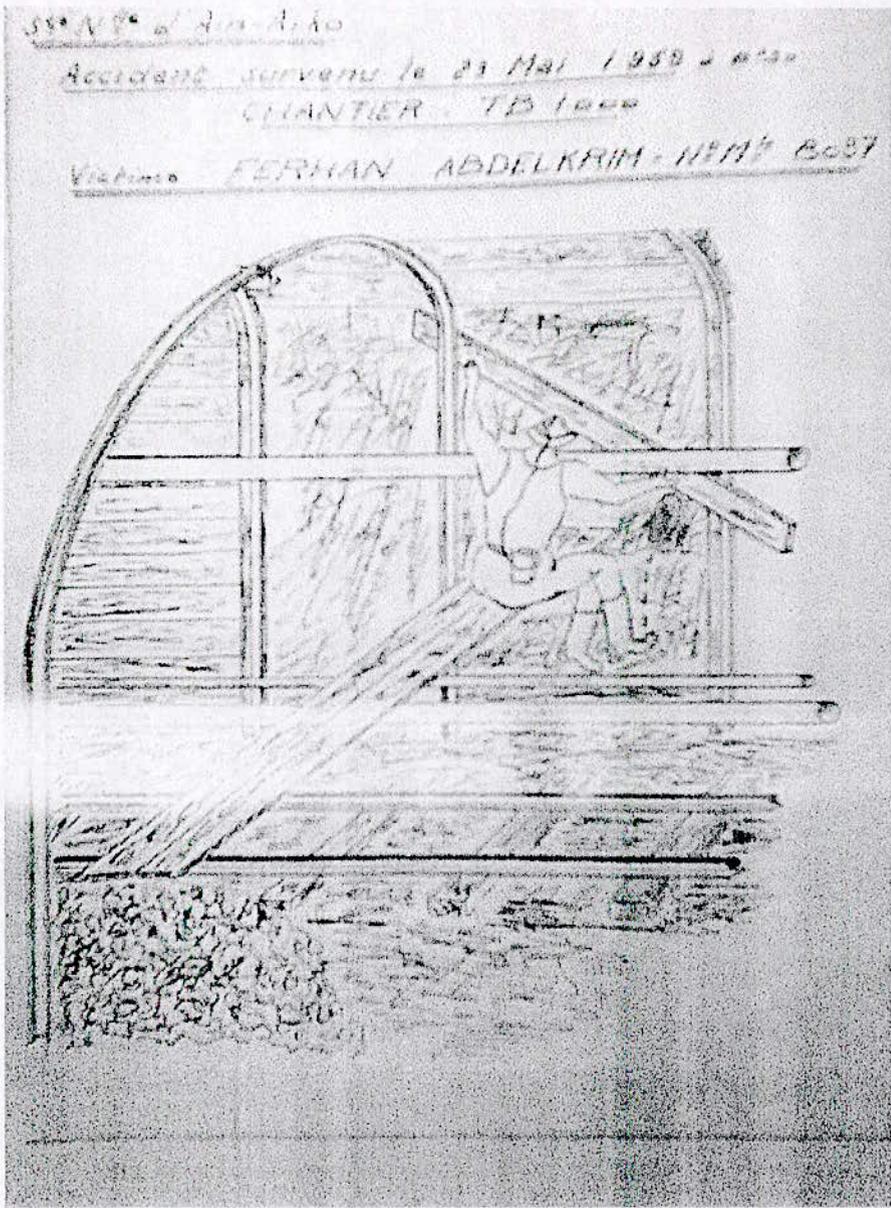


Figure 34- Chute des plaques de garnissage lors du soutènement.

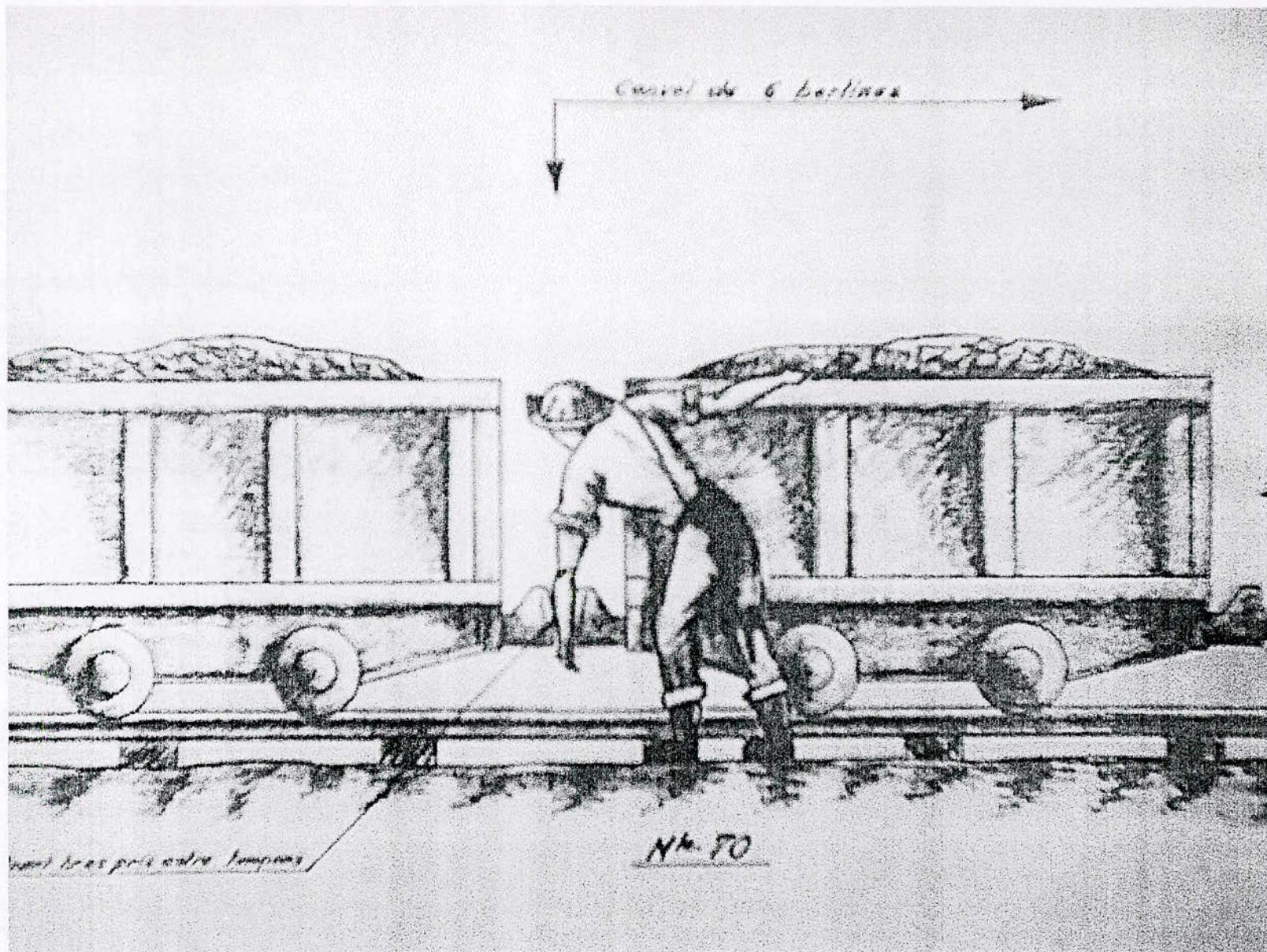


Figure 35- Amputation de l'avant bras qui était pris entre les tampons des wagons.

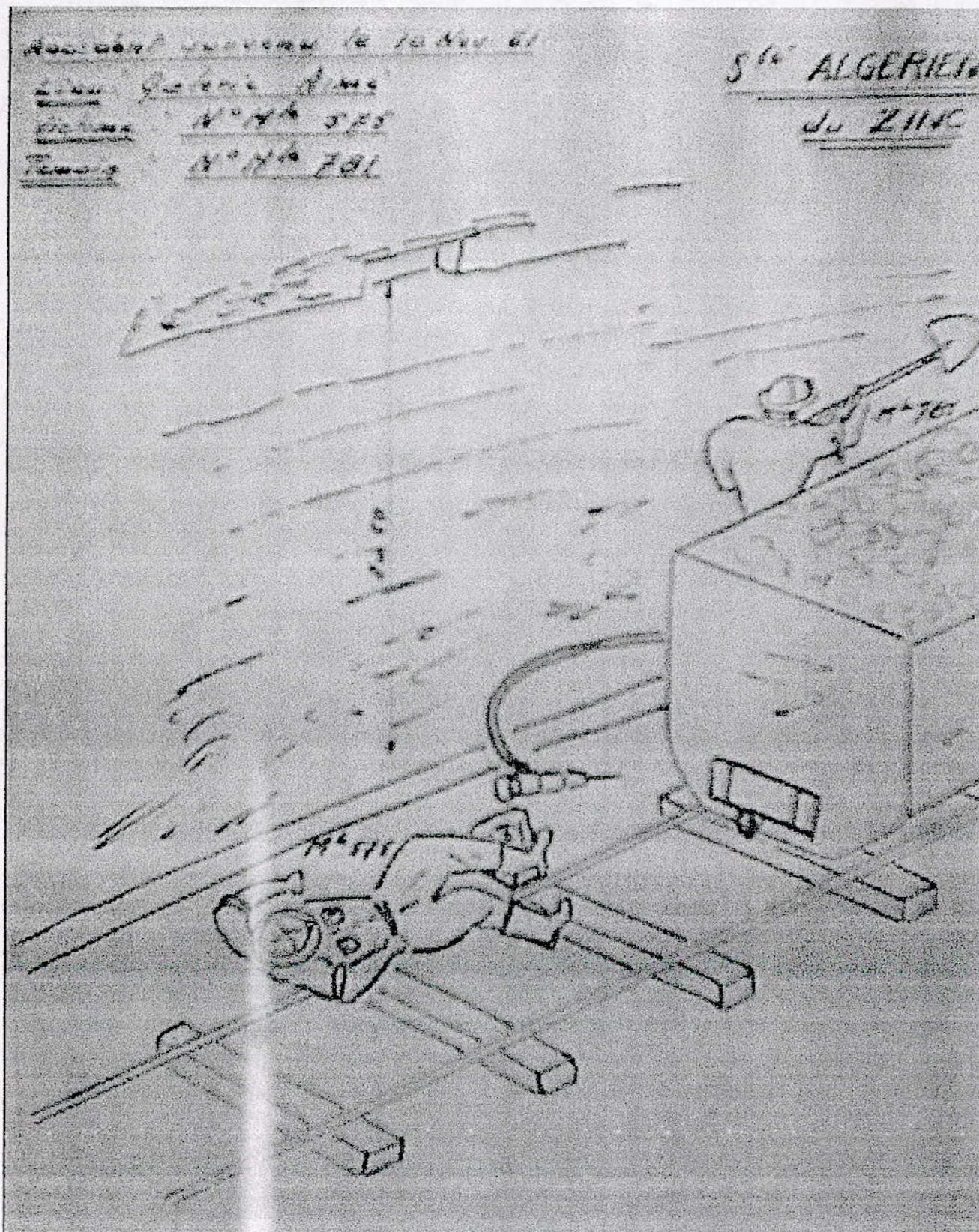


Figure 36 – Ecrasement du mineur par l'engin minier suite à une chute sur les rails.

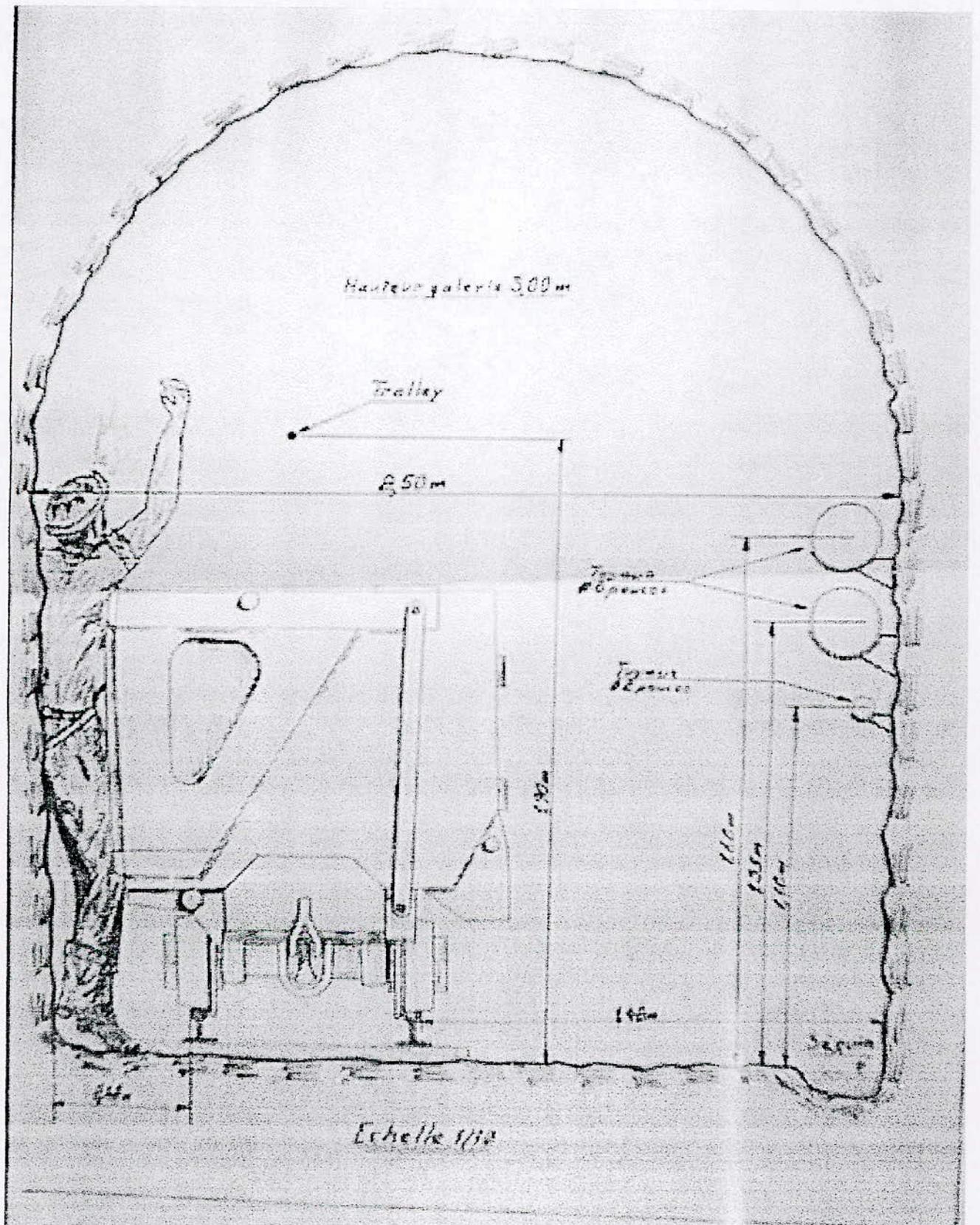


Figure 37 – Ecrasement du mineur contre les parois de la galerie lors du passage de l'engin minier.



Figure 38 – Chute de blocs lors du purgeage du toit.

Bibliographie.

[1] B.BOKY.

Exploitation des mines, Edition Mir (1990).

[2] A.MIROUANE.

Récupération des piliers de la mine d'El-Abed. (Projet de fin d'études, promotion juin 1990).

[3] Muller,

Aide mémoire mines. Dunod.

[4] V.VIDAL.

Exploitation des mines, Tome 2, Dunod (1962).

[5] M.ZOUKH,

Cours d'hygiène et de sécurité industrielle.

Divers :

A.BECHARI,

Les pollutions accidentelles liées aux activités industrielles. (Séminaire du 5 juin 1999 : célébration de la journée mondiale de l'environnement).

P.STASSEN,

Soutènement des galeries.

Algérie Environnement : Revue trimestrielle éditée par le secrétariat d'état chargé de l'environnement - N° 1/99.

<http://ibelgique.ifrance.com/mineshainaut/lampes.htm>

<http://www.gisti.org/doc/plein-droit/14/pneumoconiose.html>

<http://users.win.be/W0080086/site%20Eclairage/lampes%20de%20mine/lampesmine.htm>.

<http://www.who.int/inf-fs/fr/am238.htm>

<http://www.surdité.net/documentation/surdité/perception.html>

<http://digitalfire.com/education/toxicity/silicose.htm>.