

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT DE GENIE MINIER

Mémoire de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Minier

Thème

**Contribution à l'analyse d'aérage du
quartier Lakhdar de la mine souterraine de
Bou-Caid**

(Wilaya de Tissemsilt)

Réalisé par :

M^{elle} Z.CHAOUICHE

Encadré par :

M^r.K.OMRACI

Promotion Juin 2013

ENP 10, Avenue HassenBadi, 16200 El Harrach, ALGER



DEDICACES

Je dédie cet humble mémoire à tous ceux qui m'ont aidé, soutenu et encouragé, à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près.

Je citerai d'abord mes parents pour leur sacrifice compréhension, générosité, patience et surtout de leur soutien et encouragement.

A mon frère Mouloud et à mes sœurs Hind, khadoudja et Naïma.

A mes meilleurs et très cher amis Ismahane, Noumaira, Fetta, Meriem, Seifeddine et karim.

Zohra.



Remerciement

Je tiens à remercier Dieu le Clément et Miséricordieux de m'avoir donné la force et la volonté d'achever ce travail.

Mes vifs remerciements vont à Monsieur Kamel OMRACI pour l'aide qu'il m'a apporté et pour ses conseils clairvoyants durant l'élaboration de ce travail et à Monsieur Mustapha HASBELLAOUI pour sa précieuse aide.

Un grand merci à Monsieur M.MOHAMEDI directeur de l'Unité de Bou-Caid (SOMIBAR), Monsieur Y.KAMAL ingénieur des mines pour leurs conseils, leurs encouragements, leurs précieuses aide et leurs qualités humaine.

Je tiens également à remercier Ami SALAH le bibliothécaire et tous les enseignants ayant contribué à notre formation et ce depuis le tronc commun jusqu'à la dernière année de graduation.

Enfin, je remercie les membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail.

ملخص

والهدف من هذا العمل هو دراسة وتحليل التهوية في المنجم تحت الارض بو قايد (ولاية تيسمسيلت) على وجه التحديد في منطقة الأخضر وتقع في جبال Ouarsenis. للقيام بذلك انه كان يستخدم معادلات مختلفة لحساب تدفق الهواء المطلوب للمنجم لاصطياد الهواء الملوث، واختيار نمط ونوع من التهوية وطريقة توزيع الهواء في هذا المجال واحتساب الاكثئاب الإجمالية للمنجم ومشروع الطبيعية لاختيار واحد أو أكثر المشجعين، الذين يطيعون الاحتياجات الهواء من المنجم الخصائص. تركيب أبواب لوحات في مواقع مهجورة، وهي في الدائرة التهوية لمنع فقدان الهواء.

الكلمات الأساسية تدفق الهواء، الضغط الكلي، مروحة، الباب، Ouarsenis, الأخضر، الجبل، تحليل للتهوية، وتحت الأرض بو قايد والدوائر التهوية، والخسائر الهواء.

Résumé

L'objectif de ce travail est l'étude et l'analyse de l'aéragé dans la mine souterraine de Bou-Caid (Wilaya de Tissemsilt) précisément dans le quartier Lakhdar situé dans les montagnes de l'Ouarsenis. Pour se faire il a été utilisé différentes équations pour le calcul du débit d'air nécessaire à la mine pour chasser l'air pollué, choisir un schéma et le type d'aéragé ainsi que le mode de répartition de l'air dans ce quartier et le calcul de la dépression totale de la mine et du tirage naturel permettant de choisir un ou plusieurs ventilateurs, dont les caractéristiques obéissent aux besoins d'air de la mine. Installation de portes en toiles dans les chantiers abandonnées et qui se situent dans le circuit d'aéragé afin d'éviter les pertes d'air.

Mots Clefs : Analyse de l'aéragé, mine souterraine de Bou-Caid, quartier Lakhdar, montagne de l'Ouarsenis, débit d'air, dépression totale, ventilateur, portes en toiles, circuit d'aéragé, pertes d'air.

Abstract

The objective of this work is the study and analysis of ventilation in the underground mine Bou Caid (Wilaya Tissemsilt) precisely in Lakhdar district located in the mountains of Ouarsenis. To do this it was used different equations to calculate the air flow required for the mine to hunt polluted air, choose a pattern and type of ventilation and the mode of distribution of the air in this area and calculating the total depression of the mine and then the natural draft for selecting one or more fans, whose characteristics obey the air needs of the mine. Installing doors in abandoned sites and are in the ventilation circuit to prevent air loss.

Key words: Analysis of ventilation, underground mine Bou Caid Lakhdar district, mountain Ouarsenis, air flow, total pressure, fan, door canvas, circuit ventilation, air losses.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	10
-----------------------------------	-----------

CHAPITRE I : Atmosphère de la mine souterraine.

1- Introduction.....	13
2- Généralités.....	13
3- Les gaz de la mine.....	14
3.1. L'oxygène.....	14
3.2. Le gaz carbonique.....	14
3.3. L'oxyde de carbone.....	16
3.4. L'hydrogène sulfuré et gaz sulfureux.....	17
3.5. Gaz se formant à partir des mines.....	17
4- Poussière de la mine.....	19
5- La température des terrains et de l'air.....	21
6- L'humidité.....	21
7- Normes d'aéragé.....	22
8- Conclusion.....	22

CHAPITRE II : Aéragé des mines souterraines.

1- Introduction.....	24
2- Définition de l'aéragé.....	24
3- Résistance des circulations de ventilation et répartition de l'air.....	24
3.1. L'aéragé en série (circuit en série).....	24
3.2. L'aéragé en parallèle (circuit en parallèle).....	25
3.3. Aéragé en boucle et aéragé diagonale.....	25
3.4. Aéragé ascendant ou descendant.....	26
3.5. Aéragé aspirant ou aéragé soufflant.....	27
4- Fonction de l'aéragé.....	28
4.1. Ventilation naturelle.....	29
4.1.1 Explication par des équations.....	30
4.2. Ventilation artificielle.....	32
4.2.1 Importance de l'aéragé.....	32
4.2.2 Les type de la ventilation.....	32
4.2.2.1 La ventilation principale.....	33
4.2.2.1.1 Principe de ventilateurs principaux au jour.....	33
4.2.2.1.2 Relation entre le débit et la dépression.....	34
4.2.2.2 Les ventilateurs secondaires.....	34

4.2.3 Types de ventilateurs.....	35
4.2.3.1 Ventilateur Axial.....	35
4.2.3.2 Ventilateur centrifuge.....	36
4.2.4 Caractéristique d'un ventilateur.....	37
4.2.4.1 Rendement d'un ventilateur.....	38
4.2.4.1.1 Les rendements généralement admis.....	38
4.2.4.1.2 Rendement de la transmission.....	38
4.2.4.2 Energie mécanique fournie au fluide (ou puissance utile).....	39
4.2.4.3 Point de fonctionnement.....	41
4.2.4.5 Puissance absorbée par l'installation du circuit d'aéragé.....	42
4.2.5 Mesure de la vitesse de l'air.....	42
4.2.6 Vitesse de l'air V.....	43
4.2.7 Débit d'air Q.....	43
5- Situation dans le chantier.....	44
5.1. Du point de vu lutte contre les poussières.....	44
5.2. La quantité d'air qui doit être fournie à la mine.....	45
5.3. Pour assurer une bonne circulation d'air.....	45
5.4. Les points qui demandent encore une grande attention.....	45
6- Incidence de l'aéragé sur l'hygiène et la sécurité.....	46
7- Ce que l'on doit savoir pour réaliser une bonne ventilation.....	46
8- Conclusion.....	47

CHAPITRE III : Conditions géologiques et minières du gisement de baryte de BouCaid

1- Gisement de BouCaid.....	49
1.1 Situation géologique.....	49
1.2 Historique.....	50
2- Géologie régionale.....	51
2.1 Stratigraphie.....	52
2.2 La lithostratigraphie du champ de l'Ouarsenis.....	54
2.3. Tectonique.....	55
3- Conditions climatiques.....	57
4- Conditions hydrogéologiques.....	57
5- Géologie des gisements de baryte.....	57
6- Les réserves géologiques.....	59
7- Les réserves exploitables.....	60
8- Exploitation du gisement de baryte dans les différents quartiers.....	61
8.1 Mode d'ouverture.....	61
8.2 Les méthodes d'exploitations.....	61
8.3 Creusement des ouvrages miniers.....	64

8.4 Caractère de l'explosif de chaque ouvrage.....	67
8.5 Les engins de la mine de BouCaid et leur capacité du moteur.....	68
9- Les facteurs de pollution de l'air de la mine de BouCaid.....	69
10- Organisation du travail.....	69
11- Conclusion.....	71

CHAPITRE IV : Etude et analyse de l'aéragé du quartier Lakhdar

1- Introduction.....	73
2- Notions de base.....	73
2.1. Besoin en air.....	73
2.2. Autres conditions de l'aéragé.....	73
2.2.1. La teneur en gaz toxiques.....	73
2.2.2. La température.....	74
2.2.3. La vitesse de l'air.....	74
2.2.3.1. Concentration des mesures de vitesse effectuées.....	76
2.2.3.2. Interprétation des tableaux.....	77
3- Situation actuelle de la mine.....	80
4- Conception d'un projet d'aéragé.....	82
4.1. Introduction.....	82
4.2. Constat de la situation actuelle en matière d'aéragé.....	82
4.3. Proposition du schéma d'aéragé.....	82
4.3.1. Travaux d'infrastructure nécessaire.....	82
4.3.2. Le schéma d'aéragé.....	83
4.4. Calcul des besoins en air pour aérer la mine.....	85
4.4.1. Pertes de charges et résistances.....	85
4.4.2. L'orifice équivalent.....	87
4.4.3. Débit d'air nécessaire pour aérer la mine souterraine.....	88
4.4.3.1. Suivant le plus grand nombre de personnes susceptibles.....	88
4.4.3.2. Les engins diesel (par rapport à la puissance des moteurs).....	88
4.4.3.3. D'après l'extraction annuelle du minerai de baryte.....	89
4.4.3.4. D'après la consommation de l'explosif.....	90
4.4.3.5. Débit totale.....	91
4.4.4. Calcul de la résistance des plans inclinés et galeries des deux circuits.....	92
4.4.5. Calcul de la dépression des deux circuits.....	96
4.4.6. Choix des ventilateurs.....	97
5- Conclusion.....	97
Conclusion générale.....	94
Référence Bibliographique.....	95
Annexe.....	97

Liste des figures

Figure II.1 : Circuit en série.

Figure II.2 : Circuit en parallèle.

Figure II.3 : Aérage en diagonal (simple et complexe) et aérage en boucle.

Figure II.4.1 : Taille en aval pendage.

Figure II.4.2 : Retour d'air en culbute d'aérage.

Figure II.4.3 : Taille en abat-vent.

Figure II.5 : Ouverture par une galerie au jour. [11]

Figure II.6 : Ventilation artificielle. [29]

Figure II.7 : Schéma d'une ventilation artificielle.

Figure II.8 : Aérage naturelle.

Figure II.9 : Ventilateur axial.

Figure II.10 : Ventilateur centrifuge.

Figure II.11: Figure montrant la pression totale fournie par le ventilateur en fonction de la pression.

Figure II.12 : Exemple montrant le point de fonctionnement d'un ventilateur.

Figure II.13 : Divergent du ventilateur.

Figure II.14 : Anémomètre.

Figure II.15 : Courbe d'évolution de la poussière en suspension en fonction de la vitesse de l'air.

Figure II.16: Courbe de variation du débit d'air en fonction du diamètre de voie d'aérage.

Figure III.1: Localisation de la région de BouCaid et de la mine de BouCaid.

Figure III.2: Carte de la situation administrative.

Figure III.3: Esquisse géologique du massif culminant (Mattauer ; 1958).

Figure III.4: Log stratigraphique des différents âges du massif de l'Ouarsenis.

Figure III.5: Schéma explicatif de la méthode des chambres et piliers.

Figure III.6: Schéma explicatif de la méthode des chambres magasins.

Figure III.7: Schéma explicatif de la méthode des sous niveaux abattus.

Figure III.8: Schéma du plan de tir d'une galerie.

Figure III.9: Schéma du plan de tir d'une cheminée de passage et de recherche.

Figure III.10: schéma du plan de tir d'une recoupe.

Figure III.11: Plan topographique de l'ensemble du quartier Lakhdar fait avec AutoCad.

Figure IV.1: Photos montrant les points des vitesses de l'air prisent avec un anémomètre dans la galerie principale des niveaux 1330m et 1550m de gauche à droite avec AutoCad.

Figure IV.2: Schéma simplifié en vue de dessus de la galerie Lakhdar niveau 1330m.

Figure IV.3: Schéma simplifié en vue de dessus de la galerie Lakhdar niveau 1550m.

Figure IV.4: La projection horizontale de la profondeur de la mine des niveaux 1330m et 1550m.

Figure IV.5 : Schéma général d'aérage simplifié montrant la connexion entre tout le quartier Lakhdar.

Figure IV.6: Schéma montrant l'orifice équivalent.

Figure IV.7: Schéma montrant les dimensions de la galerie au jour niveau 1330m et 1550m.

Figure IV.8: Photo numérique de la galerie du niveau 1330m du quartier Lakhdar.

Figure IV.9: Photo numérique de la galerie du niveau 1550m du quartier Lakhdar.

Figure IV.10: Photo numérique de la galerie du niveau 1550m du quartier Lakhdar.

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : Concentration du CO₂ à différents pourcentage et la réaction de l'homme. [1]

Tableau I.2 : Classement des mines en catégories suivant le volume de gaz dégagé. [1]

Tableau I.3 : Concentration du CO à différents pourcentages et la réaction de l'homme. [1]

Tableau I.4 : Les principales normes de l'atmosphère d'une mine souterraine. [2]

Tableau II.1 : La dépression naturelle en mm d'eau pour différentes valeurs de température et de profondeurs.

Tableau II.2 : Rendement du ventilateur généralement admis.

Tableau II.3 : Puissance du moteur selon la transmission.

Tableau III.1 : Tableaurésumant l'essentiel de la stratigraphie selon Calambert ; 1952.

Tableau III.2 : Réserves géologiques de la baryte des trois quartiers jusqu'au 31/12/12.

Tableau III.3 : Réserves exploitables de baryte des trois quartiers jusqu'au 31/12/12.

Tableau III.4 : Paramètres prévisionnels et réalisés de l'extraction de la baryte jusqu'au 31/12/12.

Tableau III.5 : Caractéristiques de l'explosif.

Tableau III.6 : Les engins et la capacité de leur moteur.

Tableau III.7 : Cyclogramme des travaux de recherches et préparatoires.

Tableau III.8: Cyclogramme des travaux d'abattage.

Tableau IV.1 : Vitesse de l'air pris avec un anémomètre dans la galerie principale du niveau 1330m.

Tableau IV.2 : Vitesse de l'air pris avec un anémomètre dans la galerie principale du niveau 1550m.

Tableau IV.3 : Les débits d'air frais calculés à partir des vitesses present avec l'anémomètre au niveau de la galerie 1330m.

Tableau IV.4 : Les débits d'air frais calculés à partir des vitesses present avec l'anémomètre au niveau de la galerie 1550m.

Tableau IV.5: Quelques valeurs type du facteur a lié à la méthode d'exploitation.

Tableau IV.6 :Caractéristique des ouvrages miniers.

Liste des symboles

Lettres Latines :

CO₂ : Gaz carbonique.

CO : Oxyde de carbone.

CH₄ : Méthane.

SO₂:Gazsulfuré.

H₂S:Hydrogènesulfuré.

NO:Oxided'Azote.

NO₂:Dioxyded'Azote.

H : Profondeur de la mine en mètre.

H₁ : Profondeur de l'horizon de température constante, en mètre.

T_g : Température constante en degrés.

G_r : Gradient géothermique en mètre.

R : Résistance du circuit.

Q : Débit d'air.

h : Dépression.

Pa : La pression atmosphérique.

Pe : La pression au pied du puits d'entrée.

Pr : La pression au pied du puits de sortie.

Re : Résistance du puits d'entrée.

Rr : Résistance du puits de sortie.

He : Profondeur du puits d'entrée.

Hr : Profondeur du puits de sortie.

T : Température en degré Celsius.

hn : Dépression naturelle.

C : Périmètre.

L : Longueur de l'ouvrage.

g : Accélération de la pesanteur.

S : Section de l'ouvrage.

Pm : Puissance aux bornes du moteur.

Pa : Puissance absorbée sur l'arbre du moteur.

Pv : Puissance absorbée par le ventilateur.

Pu : Puissance utile.

P_t : Pression totale (différence de pression en amont et en aval du ventilateur).

P : Puissance transmise au fluide par le ventilateur.

H_m : Hauteur manométrique du ventilateur.

P_s : Puissance statique.

P_d : Puissance dynamique.

V : Vitesse de refoulement du ventilateur.

P_F : Pression totale développée par le ventilateur.

Lettres Grecques :

θ : Température des terrains.

ω_e : Poids spécifique de l'air dans la colonne d'entrée.

ω_r : Poids spécifique de l'air dans la colonne de sortie.

δ : poids spécifique.

λ : Coefficient de frottement de l'air sur les parois de l'ouvrage.

γ : Poids spécifique de l'air sec.

α : Coefficient dépendant du coefficient de l'air sur les parois de l'ouvrage.

ρ_m : Rendement du moteur.

ρ_t : Rendement de la transmission.

ρ : Masse volumique du fluide.

ρ_f : Coefficient de rendement du ventilateur.

ρ_m : Coefficient de rendement du moteur.

ρ_t : Coefficient de rendement de la transmission.

ρ_c : Coefficient de rendement du contrôle.

INTRODUCTION GENERALE

La ventilation des mines souterraines est une opération indispensable et obligatoire pour maintenir de bonnes conditions de travail. C'est pour cela il faut un ensemble de solutions pour lutter contre les pertes d'air, et pour l'amélioration de la ventilation dans la mine souterraine de Bou-Caid vu que la ventilation se fait naturellement et cela dans tous les quartiers de la mine. Ces derniers se résument comme suit :

- Il faut d'abord calculer la quantité d'air nécessaire pour chasser l'air pollué de la mine et pour maintenir la température et l'humidité compatible avec les normes exigées par la loi minière.
- On doit choisir le schéma et le type d'aéragé, ainsi que le mode de répartition de l'air suivant les quartiers et les fronts de taille.
- Le calcul de la dépression totale de la mine et du tirage naturel permettra de choisir un ou plusieurs ventilateurs, dont les caractéristiques obéissent aux besoins d'air dans la mine, tout en tenant compte des dépenses d'investissement et du coût de l'aéragé par tonne de minerai extrait, qui doit être minimal.
- La surveillance et le contrôle de l'aéragé doivent être effectués continuellement, et il est parfois nécessaire de faire subir aux installations de la ventilation des modifications pour pouvoir s'adapter aux nouvelles contraintes et exigences de la mine en matière d'aéragé.
- Isoler le circuit d'aéragé, des chantiers abandonnés par des portes pour diminuer les pertes d'air.
- Révision et maintenance des installations de ventilation (les conduites, les ventilateurs...etc.).
- Faire des mesures fréquentes de débit, de pression, de températures, et cela en changeant une personne qualifiée et compétente pour la réalisation et la précision de ces mesures.
- Voir si c'est nécessaire, de combler les vides à la méthode d'exploitation (chambres et piliers abandonnés) qui se situent dans le circuit d'aéragé, par l'installation de portes en toiles afin d'éviter les pertes d'air.

On va voir tout ce qui a été dit dans cette présente étude qui se propose d'étudier l'analyse de l'aéragé de la mine souterraine de Bou-Caid (Wilaya de Tissemsilt). Pour cela le mémoire est organisé comme suit :

- ▶ Le premier chapitre consiste en une description générale sur la composition de l'air en poussière et en gaz existants en souterrain et les normes internationales à respecter de chaque composant ainsi que les limites à ne pas dépasser en raison de la sécurité des travailleurs et de la mine.
- ▶ Le second chapitre nous renseigne sur les types de ventilation existante dans les mines souterraines ainsi que les principaux ventilateurs généralement utilisés et leurs caractéristiques tout en citant quelques notions essentielles sur la ventilation, et le calcul de la ventilation naturelle (le cas de la mine souterraine de Bou-Caid).
- ▶ Le troisième chapitre présente brièvement l'unité de Bou-Caid ainsi que sa mine. Il s'agit d'une description des gisements de la mine souterraine de Bou-Caid actuellement en exploitation ainsi que sa géologie son exploitation et les méthodes utilisées dans chaque niveau de chaque quartier avec toutes les étapes primordiales.
- ▶ Le quatrième chapitre traite l'étude de l'aéragé de la mine souterraine de Bou-Caid au quartier Lakhdar en utilisant des formules adéquates pour le calcul du débit d'air nécessaire et la dépression de l'air pour le projet d'aéragé proposé.

Chapitre I :

Atmosphère de la mine souterraine

Résumé :

Ce présent chapitre nous donne une information générale sur la composition de l'air en poussière et en gaz existants en souterrain et les normes internationales à respecter de chaque composant ainsi que les limites à ne pas dépasser en raison de la sécurité des travailleurs et de la mine.

1- Introduction : [2]

L'aérage de la mine a pour but de maintenir à l'atmosphère de la mine une composition, une température et un degré d'humidité compatibles avec la sécurité, la santé et le rendement du personnel. Il faut pour cela :

- Assurer la respiration des ouvriers,
- Diluer les gaz nocifs de la mine, et en particulier le grisou (pour les mines de charbon),
- Abaisser la température dans les mines profondes.

Ce résultat exige la mise en action de moyens souvent considérables. C'est ainsi qu'en moyenne, pour les charbonnages français, la quantité d'air remontée du fond équivaut en poids à dix fois la quantité de charbon extraite.

Dans les mines modernes, très concentrées et comportant de puissantes installations d'extraction, on peut dire que la première condition pour assurer la production est un aérage suffisant. Celui-ci exige parfois l'exécution de puits et de travers-banc supplémentaire coûteux, inutiles pour l'extraction elle-même, mais dont la nécessité n'en est pas moins absolue.

2- Généralités :[1]

L'air atmosphérique normal présente un mélange assez constant de gaz (Azote, Oxygène et gaz Carbonique) et de vapeur d'eau.

Habituellement, l'air sec contient près de 79% d'Azote, 20,96% d'Oxygène et 0,04% de gaz Carbonique. La teneur en vapeur d'eau est sujette à d'assez large variation.

La composition de l'air en gaz reste constante en raison du grand volume de l'atmosphère terrestre, de la compensation réciproque des processus chimiques qui ont lieu sur la terre, de la grande mobilité atmosphérique et de la propension du gaz à la diffusion. Cependant, dans les espaces limités par des barrières quelconques peu perméables aux gaz, une telle constante peut être facilement détruite, et il devient nécessaire de chasser l'air altéré, de le remplacer par de l'air frais, c'est-à-dire de le aérer. De telles conditions existent précisément dans les travaux souterrains, séparés du jour par une forte épaisseur des terrains qui recouvrent le gisement et qui communique avec la surface par un nombre limité d'ouvrages d'une section relativement faible.

L'air atmosphérique, circulant à travers les ouvrages souterrains, subit une suite de changements chimiques et physiques : d'une part la teneur en oxygène diminue et celle en gaz carbonique augmente à la suite de la respiration des hommes, de la combustion des lampes, du pourrissement du bois, etc., et, d'autre part, par l'addition à l'air de différents gaz nuisibles dégagés par les roches, des gaz formés par le tir de mine, et de la poussière. L'intensité du changement de la composition de l'air à la suite des processus indiqués dépend de la richesse en gaz du minerai et des roches dans lesquels on exécute les travaux, de la vitesse de circulation d'air dans les ouvrages souterrains toute chose étant égale, l'air qui alimente les ouvrages souterrains se polluera d'avantage s'il circule lentement et s'il parcourt un long chemin.

D'après leurs propriétés, les gaz qui prennent naissance dans les mines sont très différents : le méthane (CH_4), le gaz carbonique (CO_2), l'hydrogène sulfuré (H_2S), le gaz sulfureux (SO_2), etc.

En outre, au cours des travaux à l'explosif, il se forme l'oxyde d'Azote (NO) et l'Oxyde de carbone (CO). Une saturation massive de l'atmosphère de la mine en oxyde de carbone se produit durant les incendies souterrains et les explosions de la poussière de charbon.

L'air de la mine se distingue aussi de l'air extérieur par l'humidité, la température, la pression et la densité.

Le but de l'aéragé des mines, outre l'approvisionnement des chantiers en air respirable, est le maintien de la température et de l'humidité normale. L'aéragé étant un facteur fondamental de l'amélioration et de l'assainissement des conditions du travail ainsi que de l'augmentation de la sécurité des travaux miniers.

La composition de l'atmosphère de la mine et les règles fondamentales de la ventilation sont régies par des règlements de sécurité.

3- Les Gaz de la Mines :

Par atmosphère des travaux miniers, on veut désigner l'ensemble des paramètres qui forment le microclimat de la mine. Ces paramètres sont :

- ✓ La composition chimique de l'atmosphère ;
- ✓ La température de l'air ;
- ✓ L'humidité de l'air ;
- ✓ La poussière de la mine.

3.1. L'Oxygène :[2]

La teneur en oxygène dans la mine diminue à la suite de la respiration des hommes, de la combustion des lampes, de la lente oxydation des matières organiques et minérales et de la dilution de l'oxygène par les gaz de la mine.

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

L'atmosphère du fond est souvent sensiblement différente. Sa teneur en oxygène est généralement comprise entre 21 et 20%. Il ne faut pas descendre en dessous de ce chiffre, car il en résulterait une gêne pour le personnel. Généralement, dans les mines importantes, on s'efforce d'avoir encore 20,5% d'oxygène dans le retour d'air.

Un homme au repos consomme environ 7l/mn d'air. Ce chiffre passe à 25l/mn 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 ensuite avec de l'air pur. Le mélange doit rester respirable pour les ouvriers situés à l'aval.

Notons que la flamme s'éteint à 16% d'oxygène, tandis que l'homme respire encore, bien que difficile.

3.2. Le Gaz carbonique:[1]

Le gaz carbonique (CO₂) est incolore ; sans odeur et sans goût, faiblement acide; sa densité est de 1,52. Il est faiblement toxique, mais il amène une gêne respiratoire (Tableau N°I-1) puis l'asphyxie, par manque d'oxygène. Il est lourd et s'accumule dans les bas-fonds et les albaques où on le trouve surtout après les postes d'arrêt, il suffit d'un léger brassage pour le diluer dans l'air. Avec une teneur de 5 à 10 %, il est irritant pour les yeux.

Le gaz carbonique de la mine est produit :

1. Par la respiration du personnel. Il y en a un peu moins de 4% dans l'air expiré par l'homme ;
2. Par la combustion, en particulier du gas-oil ;
3. Par l'oxydation lente du bois de mine et du charbon ;
4. Certaines mines ont des dégagements de gaz carbonique, habituellement de la houille et des terrains encaissants, soit à l'état pur, soit mélangé au grisou.
5. Décomposition des matières organiques.

Une augmentation relativement faible de sa teneur (jusqu'à 1%) agit principalement sur l'intensité de la respiration :

Tableau I.1 : concentration du CO₂ à différents pourcentage et la réaction de l'homme (Boky ; 1968)

Teneur en CO ₂	Respiration de l'homme
3%	-La respiration, même au repos devient deux fois plus rapide ; -Le travail provoque une grande fatigue.
5%	-Respiration très pénible ; -Le travail très dur.
6%	-Une forte oppression ; -Une faiblesse se manifeste.
Jusqu'à 10% et au-dessus	Une syncope peut survenir.
De 20 à 25%	L'homme est menacé d'une intoxication mortelle.

Une sensible pollution de l'air de la mine par le gaz carbonique se produit au cours des explosions du grisou et de la poussière de charbon ainsi qu'au cours des incendies souterrains.

Les mines sont classées par catégories d'après le volume moyen du gaz dégagé par tonne de la production journalière :

Tableau I.2 : classement des mines en catégorie suivant le volume du gaz dégagé (Boky ; 1968)

Quantité de CO ₂ dégagé en 24h par tonne de la production journalière moyenne (m ³)	Catégorie suivant la teneur en CH ₄
Jusqu'à 5	I
De 5 à 10	II
De 10 à 15	III
> à 15 ou mines qui exploitent les couches dangereuses à cause des dégagements instantanés de gaz, de charbon et de soufflards.	Hors catégorie

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

L'augmentation de la teneur de gaz carbonique dans l'air peut être déterminée par la flamme des lampes. Cependant, en raison du fait que la régularité de la combustion et l'intensité de la lumière sont influencées non seulement par le gaz carbonique mais aussi par le mouvement de l'air et par sa teneur en oxygène, on peut accepter, en première approximation, qu'avec une teneur en gaz carbonique de 1,5%, il est difficile de rallumer une lampe éteinte et qu'avec 3 à 4%, dans l'air immobile, les lampes à essence et à l'huile commencent à s'éteindre (dans l'air en mouvement, les normes sont quelque peu supérieures).

En tout cas, une teneur élevée en gaz carbonique se manifeste plus nettement sur la combustion que sur la respiration. Pour cette raison, la combustion des lampes à essence indique l'absence de concentration de gaz carbonique dangereux pour l'homme.

Le gaz carbonique, plus lourd que l'air (densité 1,5), se concentre habituellement près du mur des ouvrages et, pour s'assurer de sa présence, il convient d'abaisser la lampe vers le sol. Des quantités de gaz considérables s'accumulent au fond des ouvrages descendants ; pour cette raison, avant d'entreprendre la descente dans les puits de recherche abandonnés ou autres ouvrages similaires, il faut procéder à la vérification de la pureté de l'air en descendant préalablement une lampe allumée ou un appareil analyseur.

3.3. L'Oxyde de carbone (CO) : [1]

Ce gaz est inodore, incolore et très toxique dont le poids spécifique est proche de celui de l'air (0,97).

Dans les mines il prend naissance dans les échauffements et dans les incendies, des explosions de grisou et de la poussière de charbon (surtout de la poussière seule) et au cours du tir des mines et enfin dans les gaz d'échappement des locomotives diesel dont l'état d'entretien est mauvais. L'oxyde de carbone est un violent poison qui attaque l'hémoglobine du sang qui est 250 à 300 fois plus forte que pour l'oxygène (même pour une présence d'une faible teneur d'oxyde de carbone, il se produit dans l'organisme, un déficit d'oxygène. Après une forte saturation du sang par l'oxyde de carbone lorsque 70 à 80% d'hémoglobine se combine avec lui, la mort survient). L'homme intoxiqué doit être immédiatement transporté dans l'air frais. Il faut alors lui faire la respiration artificielle et des inhalations d'oxygène.

Tableau I.3 : concentration du CO₂ à différents pourcentage et la réaction de l'homme (Boky ; 1968)

Teneur en CO %	Temps	Etat de l'homme
0,01 (homme au repos)	Pendant quelques heures	Pas d'influence
Jusqu'à 0,1	Une heure après l'augmentation de la teneur	Intoxication qui n'est pas dangereuse
0,15 à 0,20 %	Quelques minutes	Intoxication grave
0,5 %	20 à 30 minutes	La mort
1%	Quelques inspirations	Perte de connaissance

Une norme hygiénique de la teneur en CO de l'air dans les mines est fixée à 0,0016%.

3.4. L'Hydrogène sulfuré et gaz sulfureux : [1]

L'Hydrogène sulfuré (H₂S) est un gaz plus lourd que l'air (poids spécifique 1,14) fortement toxique, possédant une odeur caractéristique d'œufs pourris et soluble, sa présence même en faible non dangereuse quantité, est révélée par son odeur. Sa teneur dans l'air supérieure à 0,1% est dangereuse pour la vie de l'homme. Avec 6% d'hydrogène sulfuré dans l'air, il se forme un mélange détonant.

L'hydrogène sulfuré résulte de la décomposition de pyrite par l'eau. Il faut se méfier de ce gaz, très toxique. Il apparaît souvent dans des percements à l'eau, réalisée à partir d'un niveau inférieur par sondage montant et se dégage aussi à l'état pur par les fractures et les cavités. Il résulte du pourrissement des matériaux en bois.

Sa grande solubilité dans l'eau (1 litre d'eau dissout 3,2 litres d'hydrogène sulfuré) exige une attention particulière dans les ouvrages où se produisent des accumulations d'eau (si l'odeur indique sa présence) car, avec une rupture de l'équilibre de l'eau (chute d'un morceau de bois, d'une pierre, etc.) il peut se produire un dégagement instantané d'une grande quantité de ce gaz.

Le gaz sulfureux (SO₂) est à son tour fortement toxique. Il ronge les muqueuses, surtout celle des yeux, et pour cette raison, on l'appelle le « *mangeur d'yeux* ». Même un court séjour dans l'atmosphère contenant 0,05% de ce gaz est dangereux pour la vie. Sa teneur dans les mines est habituellement plus faible.

Le gaz sulfureux se dégage parfois avec le grisou et l'hydrogène sulfuré.

3.5. Gaz se formant par le tir des mines :[1]

Après l'explosion dans les trous de mines des charges explosives, il se forme une série de gaz parmi lesquels les plus dangereux sont des gaz toxiques : oxyde de carbone et oxyde d'azote.

L'Oxyde d'Azote (NO) qui se forme au moment de l'explosion, en se combinant avec l'oxygène de l'air, devient le bioxyde d'Azote (NO₂) est un gaz fortement toxique, qui provoque une irritation des muqueuses (yeux, nez, gorge) et aussi des bronches et des poumons.

La teneur en oxyde d'azote doit être < à 0,004%

-Entre 0.004 et 0.08 % : elle constitue un sérieux danger pour la santé ;

-Au-dessus de 0,08% : elle est une menace de mort pour l'homme.

Pour cette raison, il ne faut pas après le tir des mines, entrer dans les chantiers avant qu'il ne soit convenablement aéré.

3.6. Le Grisou (pour les mines de charbon):

De tous les gaz qui se rencontrent dans l'atmosphère des mines, le plus dangereux est le grisou. Au cours de l'exploitation des gisements, le méthane se dégage partiellement dans l'atmosphère de la mine.

Le grisou est un gaz combustible qui se dégage de certains gisements d'origine organique comme le charbon. Il se compose de 95 à 100% de méthane (CH_4) quant aux autres gaz, parfois mélangé à de petites quantités d'éthane ou d'azote. Il est incolore et en général inodore (certains ont une légère odeur). Il n'est pas toxique. Il devient dangereux pour l'homme lorsque, du fait de sa présence, la teneur en oxygène tombe en dessous de 16% (il faut pour cela près de 30% de grisou dans l'air). Beaucoup plus léger que l'air (0,554), il s'accumule dans les points hauts et les cloches du toit, surtout dans les tailles en *cul-de-sac*

Les cas d'asphyxie par le grisou ne sont pas rares. Ils se produisent lorsque des ouvriers pénètrent dans de vieux travaux montants, mal barrés, ou lorsqu'un angle mort (tête de taille, creusement de bure montant) n'est pas suffisamment balayé par l'air, de sorte que du gaz s'y accumule.

Le grisou se dégage du massif du charbon, mais partiellement aussi des épontes. Dans certains cas, le dégagement a une allure explosive. Il s'accompagne alors de l'envahissement soudain des galeries par d'énormes masses de charbon finement pulvérisées. Ce sont les dégagements instantanés.

Le grisou constitue pour les mines un très grave danger, parce qu'il devient explosif lorsqu'il est mélangé à l'air dans certaines proportions (entre 6 et 16%). Il peut suffire alors d'une étincelle pour amener une catastrophe.

Pour réduire ce danger, il doit être dilué dans d'énormes quantités d'air. On peut aussi le détourner partiellement par des mesures spéciales dites de *dégazage* (*captage qui consiste à le détourner des travaux d'exploitation par des sondages ou des galeries préparés à l'avance, cette technique est d'un intérêt essentiel dans la mine*).

Il est indispensable que la teneur en méthane dans le courant de retour de l'air général ne dépasse pas les 0,75%, et dans le retour d'air des quartiers séparés, 1%. Avec l'élévation de la teneur en méthane dans le chantier jusqu'à 2%, il est nécessaire d'arrêter les travaux et d'évacuer tous les ouvriers de la taille. Pour assurer le contrôle et la pureté de l'air, il est indispensable d'effectuer périodiquement (au moins deux fois par équipe) l'essai de l'air pour

Sa teneur en méthane.

La technologie des exploitations minières est liée à l'abattage des roches qui s'accompagne d'un dégagement d'une quantité importante de poussière, une partie de celle-ci se dépose sur terre et autre partie reste en suspension dans l'air dont la dimension est inférieure à 5μ .

La présence de la poussière dans la mine entraîne deux dangers : (1) les poussières combustibles peuvent former avec l'air des mélanges à caractère explosif ; (2) les poussières qui sont à l'origine de plusieurs maladies professionnelles.

L'Oxyde d'Azote (NO) qui se forme au moment de l'explosion, en se combinant avec l'oxygène de l'air, devient le dioxyde d'Azote (NO_2) est un gaz fortement toxique.

Le tableau I-4 résume les principales normes de l'atmosphère d'une mine souterraine

Tableau I.4 : des principales normes de l'atmosphère d'une mine souterraine [4]

Éléments	Normes
Oxygène	> 20 %
CO ₂	< 0,5 %
CO	< 0,0016 %
NO, NO ₂	< 0,001 %
H ₂ S	< 0,00066 %
SO ₂	< 0,00035 %
CH ₄	< 0,75 %
Température	< 26°C
Humidité	< 90 %
Vitesse de l'air	< de 3 à 6 m/s suivant les cas > de 0,15 à 0,25 m/s suivant les cas
Poussière (> 70 % SiO ₂)	< 1 mg/m ³
Poussière (10-70 % SiO ₂)	< 2 mg/m ³
Poussière (< 10 % SiO ₂)	< 4 mg/m ³
Poussière (sans SiO ₂)	< 10 mg/m ³

4- Poussière de la mine :

La technologie des exploitations minières est liée à l'abattage des roches qui s'accompagne de formation de grandes quantités de poussières. Une partie de cette dernière se dépose à l'intérieur de la mine, une autre se trouvant en suspension dans l'air, est évacuée par le courant de retour dans l'atmosphère extérieur.

La poussière des mines, suivant sa composition minéralogique, peut être toxique (poussière de Plomb, de chrome, de manganèse, etc.) ou non. Une certaine poussière non toxique (poussière siliceuse, celle de charbon, d'asbeste, de sidérose, de néphéline, etc.), après la respiration prolongée de l'air qui la contient, peut provoquer des maladies pulmonaires.

La poussière de charbon, de pyrite et de soufre forme avec l'air, dans certaines conditions, un mélange détonant.

Une grande quantité de poussière minérale se forme au cours de la foration à sec des trous de mine et de leur tir, au cours du travail des haveuses, haveuses-chargeuses et marteaux perforateurs, pendant le concassage du minerai dans des silos, au cours du chargement et du transport.

La quantité de poussière contenue dans l'air dépend de l'intensité de sa formation et de l'état de l'aéragé.

L'intensité de la formation des poussières se caractérise par la quantité de la poussière qui se forme au cours d'un travail donné et se mesure en *mg/s, mg/mn ou particules/s.*

La méthode pondérale de la détermination de la teneur en poussière de l'air consiste dans le passage de ce dernier à travers un filtre qui retient la poussière. D'après la quantité de la poussière recueillie et la quantité de l'air passé à travers le filtre, on détermine la teneur de la poussière dans l'air en mg/m^3 .

Une norme sanitaire de la teneur de la poussière dans l'air pour les roches contenant plus de 10% de la silice libre (SiO_2) est fixée à $2 \text{ mg}/\text{m}^3$, pour la poussière d'autres minéraux, elle est supérieure mais ne dépasse pas $10 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Les moyens de lutte contre la poussière dans les mines sont :

- Foration des trous de mines avec injection d'eau ou de l'eau additionnée de mouillants spéciaux ;
- Captage à sec de la poussière au cours de la foration des trous du déchargement des Wagonnets dans des culbuteurs, etc. ;
- arrosage (humidification de la poussière) des lieux de sa formation intensive : des sillons de havage, des lieux de transbordement du minerai, des fronts d'abatage avant le tir des mines, etc. ;
- une active aération des galeries ;
- injection sous pression de l'eau dans le massif de charbon avant son extraction.

Dans le but de prévenir l'inflammation de la poussière et la propagation de l'explosion, on adopte, dans les mines poussiéreuses les mêmes mesures de sécurité pour l'usage de la flamme nue, des engins électriques et des travaux à l'explosif, que dans les mines grisouteuses. En outre, on adopte dans de telles mines des mesures supplémentaires ayant pour objectif la diminution de la formation des poussières (arrosage avec l'eau des chantiers et des rainures de havage) et le dépoussiérage des espaces excavés (ramassage de la poussière et badigeonnage des parois à la chaux), la lutte contre la formation des nuages des poussières (aspiration, arrosage) et la suppression des propriétés explosives de la poussière (schistification périodique des galeries à l'aide d'une poussière inerte de schiste qui augmente sa teneur en cendres jusqu'à 60% dans les mines non grisouteuses et jusqu'à 80% dans les mines grisouteuses).

Dans certaines mines, pour empêcher la propagation d'un coup de grisou ou de poussière, on installe des *arrêt-barrages de poussières incombustibles* qui consiste en plates-formes garnies de poussières de schistes, placées en travers des galeries. Il y a des mesures bien précises pour ce genre d'installation.

La lutte contre les explosions et l'inflammation de la poussière de pyrite et de soufre se réduit dans l'essentiel au dépoussiérage, à la schistification ou à l'arrosage des parements des galeries avant le tir des mines et à l'interdiction de l'usage des lampes à feu nu.

5- La Température des terrains et de l'air :

On constate en dehors de tous travaux, que la température des terrains croît avec la profondeur. On appelle *gradient géothermique* :

$$\Theta = T_g + \frac{H - H_1}{G_r}$$

H : profondeur de la mine en mètre ;

H₁ : profondeur de l'horizon de température constante, en mètre ;

T_g : température constante en degrés ;

G_r : gradient géothermique en mètre.

Dans les terrains houillers le gradient géothermique est égal à 30 m et dans les terrains métallifères, il serait de 45 m.

L'accroissement moyen de la profondeur qui entraîne une augmentation de la température de 1°C tous les 100 m d'après A.Skotchinsky, le degré géothermique est une caractéristique des terrains, il diffère d'une mine à l'autre.

La vitesse du courant d'air est le moyen principal de maintien de la température dans les limites acceptables, si cette vitesse est trop élevée, elle peut créer un climat froid où il est difficile de travailler, et provoquer ainsi un soulèvement des poussières.

Si elle est trop faible, elle peut être responsable de l'accumulation de gaz nocifs et le dépôt de la poussière dans la mine en proportion dangereuse, elle provoque aussi l'augmentation de la température de l'air et de la mine.

Les règlements de la sécurité industrielle exigent que la vitesse de circulation d'air, à la température de 20°C, ne soit pas inférieure, dans les chantiers d'abattage, à 0,25 m/s, et dans les chantiers de traçage, à 0,15 m/s. en même temps, la vitesse du courant d'air ne doit pas dépasser les normes suivantes : 4 m/s le long de front de taille des chantiers d'abattage et de traçage, 8 m/s dans les travers-bancs ; les galeries principales de roulage et d'aérage, les descenderies et dans les montages principaux, 6 m/s dans les autres galeries, 12 m/s dans les puits d'extractions, 15 m/s dans les puits d'aérages non aménagés pour l'extraction et également dans les rampants.

6- L'Humidité :

L'humidité de l'air se détermine d'après sa teneur en eau sous forme de vapeurs d'eau. La quantité absolue de l'eau en gramme contenue dans 1 m³ d'air s'appelle *humidité absolue de l'air*.

Et le rapport de l'humidité absolue de l'air à la teneur limite possible des vapeurs d'eau à la température donnée exprimé en pour cent, s'appelle *humidité relative de l'air*.

L'humidité relative de l'air de la mine est de l'ordre de 90 à 95 %, et diminue en hiver, dans les mines profondes (800-1000), l'air est plus sec que dans les mines peu profondes car les terrains en profondeur sont moins aquifères et leur température est plus élevée.

7- Normes d'aérage :

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

D'une manière générale, il faut envoyer dans une mine une quantité d'air telle que la teneur en oxygène des chantiers en activité ne soit pas inférieure à 20% et celle en gaz carbonique supérieure à 0,5 %. On admet, dans l'air de retour, une augmentation de la teneur en gaz carbonique jusqu'à 1%. Dans la mine où il a été remarqué le dégagement du méthane, outre la dilution du gaz carbonique et le maintien de la teneur en oxygène, l'air pur doit diluer le méthane qui se dégage dans des proportions telle que le retour d'air des quartiers séparés n'en contienne pas plus de 1% et le retour d'air général, plus de 0,75%.

Ordinairement, pour la dilution du méthane, il est nécessaire de fournir sensiblement plus d'air que pour le maintien de sa pureté en oxygène et en gaz carbonique.

Dans les quartiers en exploitation d'une mine non grisouteuse, il est indispensable de procurer au moins 6 m³/mn d'air pour un homme. La quantité globale d'air est calculée en fonction du plus grand nombre d'homme se trouvant simultanément au font de la mine.

8- Conclusion :

La ventilation minière des mines souterraines est d'une importance primordiale pour la santé et la sécurité des ouvriers miniers. Un système de ventilation insuffisant peut provoquer des maladies dites professionnelles (ex. : pneumoconiose, silicose, amiantose, etc.). Ces maladies sont le résultat d'une exposition prolongée des ouvriers à *des poussières et à des gaz toxiques* (ex. CO, NO) au-delà des concentrations limites selon les *normes internationales*. Il suffit de mentionner ici le caractère cancérigène (déjà prouvé par les scientifiques) des poussières d'amiantes et de la silice. De l'autre côté, des études épidémiologiques récentes suggèrent une relation entre l'exposition professionnelle aux fumées diesel à long terme et une incidence plus élevée de cancers pulmonaires chez les travailleurs exposés.

La seule façon d'éviter ces risques de maladies professionnelles est de bien diluer ces gaz et poussières en bas *des limites réglementaires* avec un système de ventilation qui est efficace et précis.

Chapitre II :

Aérage des mines souterraines

Résumé :

Ce chapitre nous renseigne sur les types de ventilations existantes dans les mines souterraines ainsi que les principaux ventilateurs généralement utilisés et leurs caractéristiques tout en citant quelques notions essentielles sur la ventilation, et le calcul de la ventilation naturelle (le cas de la mine souterraine de Bou-Caid).

1- Introduction :

La ventilation des mines souterraines, ou aérage, concerne l'ensemble des procédés et de moyens utilisés pour renouveler l'air intérieur des chantiers et autres ouvrages souterrains par l'introduction de l'air neuf et l'évacuation d'un débit correspondant d'air vicié (ou pollué).

Son but est ainsi de maintenir l'atmosphère des travaux miniers dans un état compatible avec les nécessités de la sécurité et de l'hygiène, en assurant le passage dans tous les travaux du fond, d'une quantité d'air qui, entrée dans la mine par un ou plusieurs orifices dit **d'entrée d'air**, circule dans les chantiers et s'échappe à l'extérieur par des puits ou galerie **de retour d'air**.

2- Définition de l'aérage :

L'objectif principal de la ventilation est d'amener à l'aide de ventilateurs de l'air frais dans la mine et par la même occasion évacuer les substances coniotiques qui s'introduisent dans l'atmosphère qui peuvent la rendre dangereuse.

La composition de l'atmosphère de la mine et les règles fondamentales de la ventilation sont régies par des règlements de sécurité.

3- Résistance des circuits de ventilation et répartition de l'air :

En procédant à la détermination de la résistance à la ventilation d'un système de circuit, on effectue l'addition des résistances de plusieurs éléments séparés ou circuit. En définitive, on remplace tous les éléments à étudier par un seul, imaginaire, dont la résistance est égale à la somme des résistances partielles. La baisse ou (l'élévation) de la pression pendant le passage d'une quantité d'air donnée à travers cet élément, doit être égale à la baisse de pression pendant le passage de cette même quantité d'air à travers tous les éléments étudiés.

Habituellement, on distingue les principaux types suivants d'aménagement de circuits d'aérage : *en série, en parallèle, en diagonale et en combiné.*[1]

3.1. L'aérage en série : (circuit en série)

On appelle circuit en série une disposition des galeries dans laquelle la veine d'air suit successivement chacune d'elle sans ramification.

Pour les circuits en série, les résistances s'ajoutent : $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

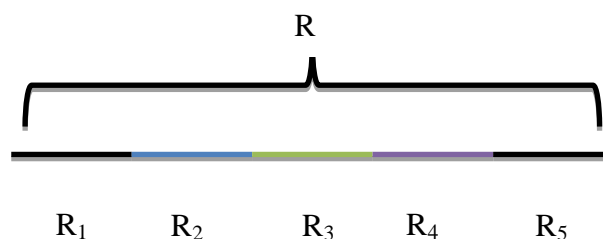


Figure II.1 : Circuit en série.

3.2. L'aérage en parallèle :(circuit en parallèle)

On appelle circuit en parallèle une ramification de galerie telle qu'après une séparation en un certain point, elles se réunissent de nouveau en un autre et qu'en dehors de ces deux points, elles ne sont réunies par aucune voie commune de circulation d'air.

Dans les circuits en parallèle ayant le même point de départ et le même point d'arrivée, on a les relations :

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

$$H = R_1 Q_1^2 = R_2 Q_2^2 = \dots = R_n Q_n^2$$

On obtient de ces deux équations :

$$\frac{1}{\sqrt{R}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}$$

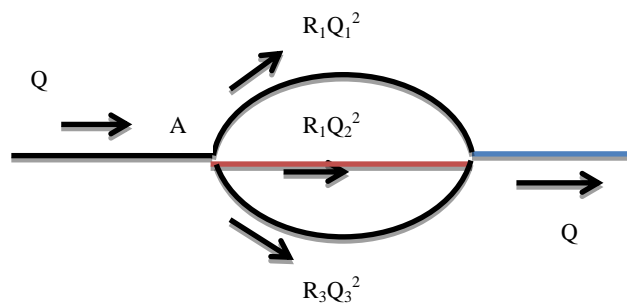


Figure II.2 : Aérage en parallèle

3.3. Aérage en boucle et aérage diagonal :

Si le puits d'entrée d'air et le puits de retour d'air sont côte à côte, on dit que l'aérage est en boucle. On a ainsi l'avantage d'installations groupées. Le puits de retour d'air pourra, dans ce cas, être utilisé pour l'extraction, en parallèle avec le puits d'entrée. Les puits seront en général placés au centre du gisement. Ils suffiront, si la mine n'est pas très étendue, à la totalité de l'extraction et de l'aérage.

L'aérage en boucle peut amener des courts-circuits entre les puits qui sont très proches. D'autre part, dans la boucle, l'air franchit deux fois la distance des puits au quartier, ce qui augmente la résistance de la mine.

Finalement, l'aérage en boucle sera surtout employé dans des mines d'étendue moyenne. Mais, il sera aussi dans le cas où les fonçages se font par congélation, car on réalisera d'importantes économies sur l'installation de congélation.

L'aérage en diagonal est une disposition dans laquelle les galeries, outre les points communs, initial et final, possèdent une ou plusieurs branches latérales appelées *diagonales*.

La communication à l'aide d'une diagonale se dit *simple*, mais à l'aide de plusieurs se dit *système diagonal complexe*. Le trait caractéristique des circuits en diagonal est la présence

d'une ou plusieurs diagonales, dans lesquelles, en raison des résistances d'autres éléments du circuit, l'air peut circuler dans le sens diamétralement opposé ou ne pas circuler du tout.

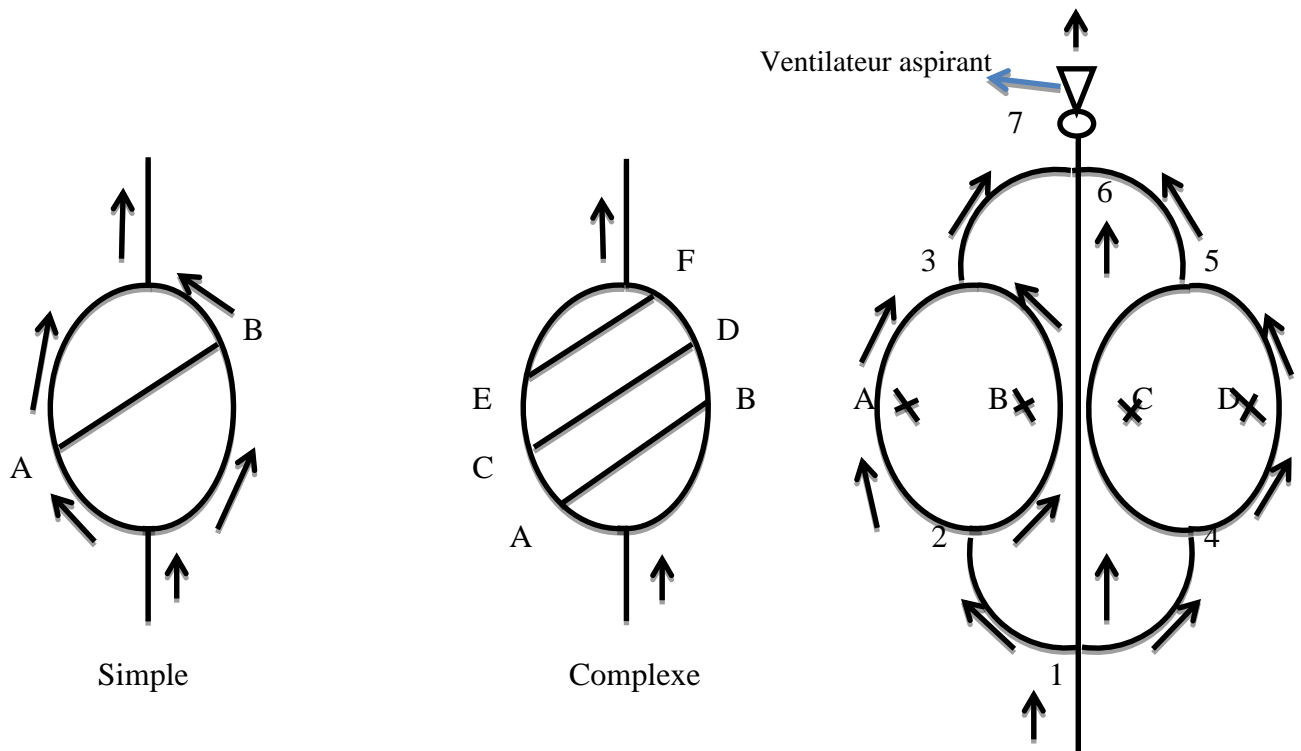


Figure II.3 : Aériage en diagonale (simple et complexe) et aériage en en boucle

3.4. Aériage ascendant ou descendant :

En principe, l'aériage doit être ascendant. En effet, cette disposition favorise la tendance naturelle de l'air, qui, en se réchauffant et en se chargeant en grisou, devient pour ces deux raisons, plus léger. Exceptionnellement, l'air pourra cependant descendre. Ce sera le cas général dans les exploitations en aval pendage. Mais, la disposition sera également applicable localement à des exploitations *en amont pendage*. On fera alors, de préférence, descendre l'air par un plan incliné ou dans un bure. Ceux-ci échapperont aux effets de l'exploitation et seront faciles à surveiller. Dans, la taille, l'air montera par contre et le grisou sera ainsi mieux balayé. C'est la disposition dite de *culbute d'aériage*, préférable à la disposition dite en *rabat-vent*.

Notons enfin, que le règlement assimile aux voies horizontales ou montantes, les voies qui descendent de moins de 10%.

Sens de propagation de la taille →

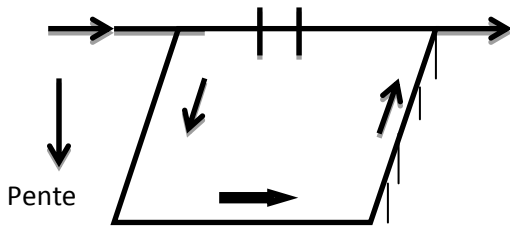


Figure II.4.1 : Taille en aval pendage

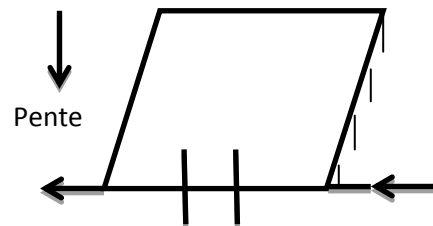


Figure II.4.2 : retour d'air en culbute d'aérage

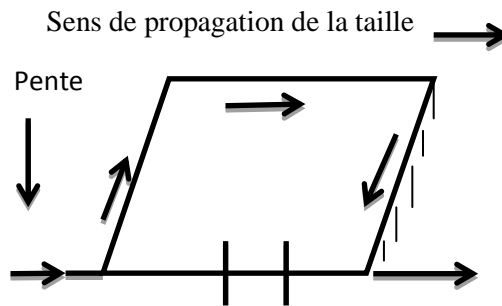


Figure II.4.3 : Taille en rabat-vent

3.5. Aérage aspirant ou aérage soufflant :

Il a été souvent donné de bien mauvaises raisons pour expliquer cette divergence et justifier l'un ou l'autre de ces systèmes. Contrairement à ce qui a pu être dit à ce sujet, l'aérage soufflant, qui met la mine en surpression, ne réduit pas pour cela son débit de gaz.

Ce que l'on peut dire, c'est qu'en général mieux vaut extraire par un puits d'entrées d'air que par un puits de sortie d'air. La température y est en effet fraîche, l'atmosphère limpide et plus saine, pour le personnel comme pour le matériel. Il est logique de monter le ventilateur sur le puits de sortie. On évitera ainsi des complications de clapets sur le puits d'extraction et l'on réduira les courts-circuits d'aérage.

Mais, la règle comporte des exceptions : ainsi dans les mines très profondes et très chaudes, on améliorera le climat du fond, en transportant et en extrayant le minerai par les galeries et les puits de retour d'air. Dans ce cas, il sera logique de souffler l'air par le puits d'entrée.

D'une façon générale, la règle sera que les ventilateurs seront sur les puits auxiliaires, les puits principaux étant, autant que possible, dégagés.

4- Fonction de l'aérage :

Les deux fonctions principales de l'aérage sont :

- D'apporter de l'air frais *en continu* dont ont besoin les travailleurs au fond de la mine.
- De faire baisser en retour la concentration des poussières en suspension dans l'air et diluer les gaz.

La circulation de l'air dans une mine est causée par une *différence de pression* entre l'entrée d'air et le retour d'air. Celui-ci est obtenu naturellement ou artificiellement (à l'aide de ventilateurs).

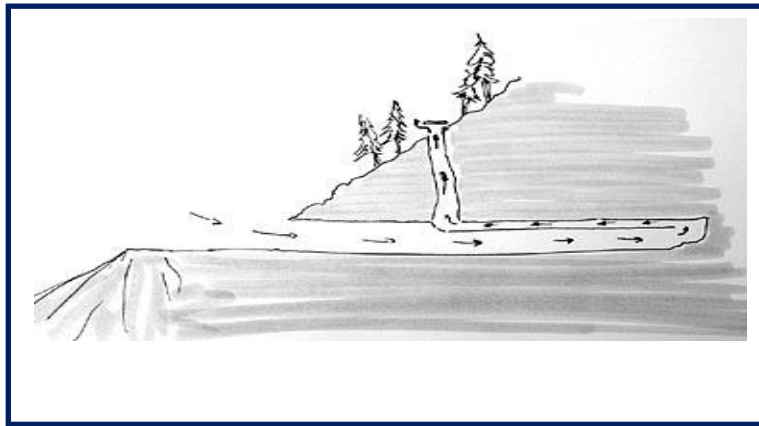


Figure II.5 : Ouverture par une galerie au jour [11]

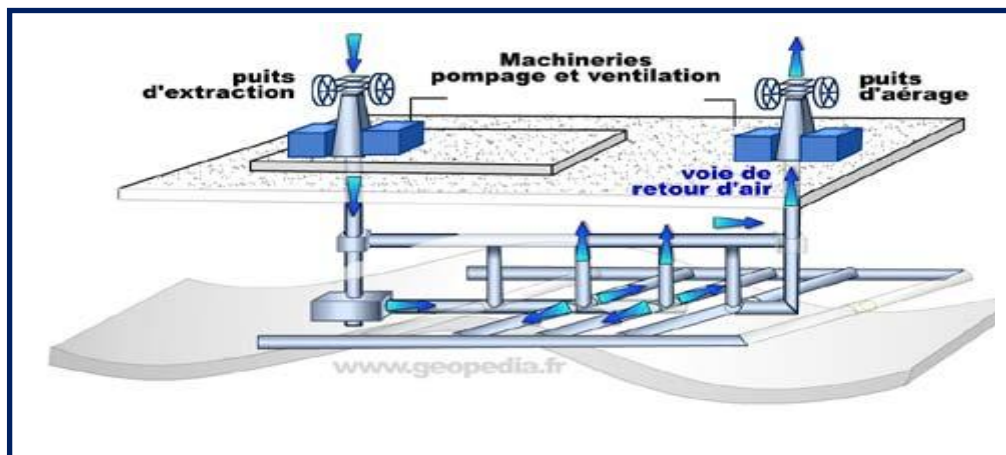


Figure II.6 : ventilation artificielle [29]

4.1. Ventilation naturelle : [1]

La nature et les lois de l'aérage naturel des mines ont été décrites, pour la première fois, par *M. Lomonossov* dans son traité « sur le déplacement libre de l'air observé dans les mines ».

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

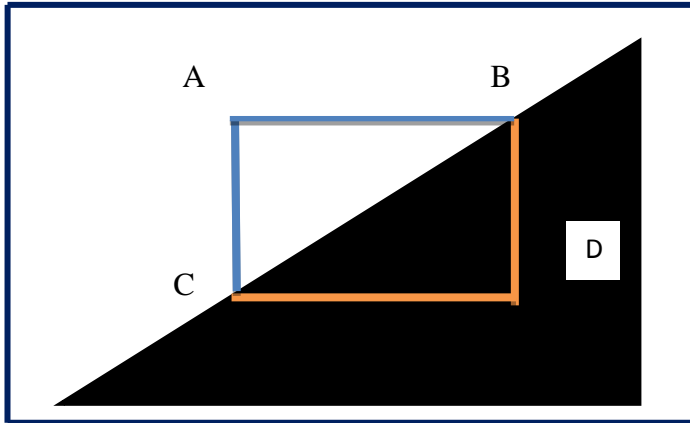


Figure II.7 : schéma d'une ventilation naturelle

Pour l'explication de ce phénomène, nous prendrons, comme exemple, le cas de l'explication d'un gisement au moyen d'un puits et d'une galerie à flanc de coteau.

Ayant prolonger le niveau du puits B jusqu'au point A correspondant à l'entrée de la galerie à flanc de coteau C, on peut se représenter les conditions de l'équilibre de l'air dans la mine sous forme de deux vases communicants AC et BD dont l'un (AC) est rempli de l'air extérieur et l'autre (BD) avec l'air de la mine.

La température avec l'air extérieur diffère de celle des terrains de la mine : en hiver, elle est plus basse que la température des terrains et en été, elle est plus élevée.

En conséquence, la colonne d'air BD en hiver est plus chaude que la colonne AC, l'équilibre de l'air se rompt et son mouvement dans la galerie commence de C vers D.

En été, au contraire, la température des terrains est plus basse que celle de l'air extérieur, le poids de la colonne d'air BD est élevé que le poids de la colonne AC, et l'air se déplace dans la galerie de D vers C.

La différence de pression d'air entrant et sortant (les poids des colonnes d'air AC et BD) qui assure le mouvement de l'air porte le nom de *dépression du tirage naturel*. Cette dépression sert à surmonter les résistances à la circulation de l'air dans les travaux souterrains.

Dans les exploitations à deux puits, la dépression du tirage naturel est habituellement moindre que dans les exploitations avec une galerie et un puits mais de toute façon, elle est suffisamment perceptible.

Le défaut du tirage naturel est la variabilité de la quantité d'air entrant dans la mine, puisque la valeur de la dépression naturelle, qui dépend de la température extérieure, peut varier non seulement au cours de l'année, mais au cours des 24 heures. Avec ceci, il peut toujours y avoir des périodes de stagnation plus ou moins prolongées, quand l'air se trouve dans un état d'équilibre instable et quand l'aération de la mine ne se produit pas.

C'est pourquoi l'aération naturelle n'est adoptée que dans les mines peu profondes, de faible rendement et qui exploitent des gisements non grisouteux.

4.1.1 Explication par des équations : [2]

Dans une mine, en l'absence de tout ventilateur, il s'établit une ventilation naturelle, du fait de l'échauffement de l'air qui tend à monter.

Pa : la pression atmosphérique ;

Pe : la pression au pied du puits d'entrée ;

Pr : la pression au pied du puits de retour ;

Re et Rr : la résistance des deux puits ;

Rq : la résistance des quartiers ;

He et Hr : les profondeurs ;

ω_e et ω_r : les poids spécifiques de l'air dans les deux colonnes.

On a les équations suivantes :

Dans l'entrées d'air, au pied du puits :

$$Pe = Pa + \omega_e \times He - Re \times Q^2 \text{-----}(1)$$

Dans le retour d'air, au pied du puits :

$$Pr = Pa + \omega_r \times Hr - Rr \times Q^2 \text{-----}(2)$$

Dans les quartiers, en admettant une densité moyenne : $\frac{\omega_e + \omega_r}{2}$

Alors,

$$Pe = Pr + (He - Hr) \frac{(\omega_e + \omega_r)}{2} + Re \times Q^2 \text{-----}(3)$$

Si l'on soustrait membre à membre, les égalités (2) et (3), de l'égalité (1), les Pa, Pe et Pr s'annulent par soustraction, il reste :

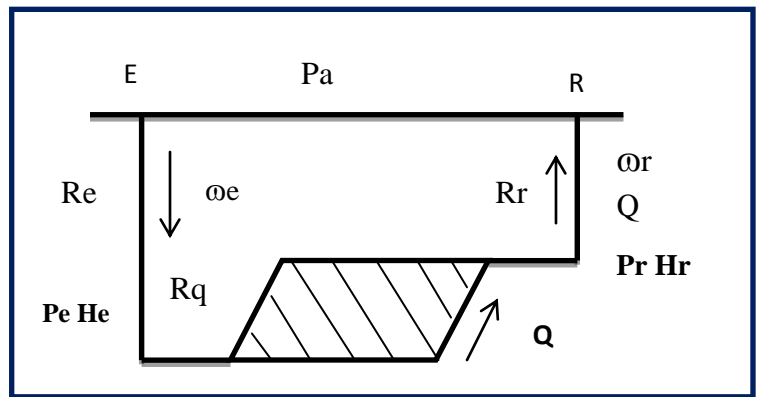


Figure II.8 : aérage

$$Q^2 \times (Re + Rr + Rq) = \omega_e \times He - \omega_r \times Hr - \frac{\omega_e + \omega_r}{2} \times Hr \times \frac{\omega_e + \omega_r}{2}$$

Ou bien ;

$$Re \times Q^2 = (He + Hr) \times \frac{\omega_e + \omega_r}{2}$$

La dépression h_n est due à l'aéragé naturel est donc :

$$h_n = Re \times Q^2 = \frac{He + Hr}{2} (\omega_e - \omega_r) = H \times (\omega_e - \omega_r)$$

Où,

H est la profondeur moyenne des travaux.

Approximativement, on a :

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{-\Delta T}{T} \times h_n = -\omega \times H \times \frac{\Delta T}{T}$$

Où, ΔT est la différence de température entre le puits d'entrée d'air et le puits de retour d'air (ce dernier calcul néglige toutefois l'effet de la dépression sur la densité de l'air qui est généralement très faible)

Pour $T = 273^\circ K$ et $\omega = 1,3 kg/m^3$

$$\text{On aura : } h_n = \frac{-1,3}{273} \times H \times \Delta T = - 0,00476 \times H \times \Delta T$$

Pour différentes profondeurs H et pour des valeurs diverses de ΔT , la dépression naturellement h_n est donnée en mm d'eau par le tableau II-1 ci-dessous :

H (m)	ΔT (°C)			
	5	10	20	30
200	4,8	9,5	19	28,6
500	11,9	23,8	47,6	71,4
1 000	23,8	47,6	95,2	142,8

On voit que la ventilation naturelle peut être importante, mais elle varie beaucoup suivant les heures et les saisons, peut-être même changer de signe et se désamorcer. D'une manière générale, cette solution est insuffisante.

*Autrefois, on ajoutait des cheminées sur les puits de retour d'air et l'on allumait des feux à leur base pour augmenter à la fois la hauteur et la différence de température.

*si l'on ajoute sur le retour d'air, un ventilateur il y a superposition des effets de l'aérage naturel et de la dépression de celui-ci.

En effet, soit h cette dernière ; des trois équations précédentes (1), (2) et (3)

Les (1) et (3) restent inchangées. Quant à la (2) devient :

$$Pr = Pa - h + \omega_r \times Hr + R_r \times Q^2 \text{-----} (2')$$

En retranchant membre à membre (2') et (3) de (1), il reste finalement :

$$Re \times Q^2 = h + H \times (\omega_e - \omega_r) = h + h_n$$

4.2. Ventilation artificielle : [7]

4.2.1 Importance de l'aérage :

Dans bien des cas, l'ossature de la mine est, en grande partie déterminée par les exigences de la ventilation. En gisement métallifère à encaissant calcaire ou dans les gisements grisouteux, il arrive quelques fois que la concentration des travaux, l'accroissement de la vitesse l'avancement des fronts soient limités par l'impossibilité où l'on se trouve circuler un débit d'air suffisant pour amener le CH_4 à une valeur convenable ; la production doit être parfois freiné voir arrêter parce que la ventilation est insuffisante (l'aérage devient le goulot d'étranglement de la production).

Si l'on impute à l'aérage toutes les pertes de la production dont son insuffisance peut être la cause, son incidence sur l'économie de l'exploitation devient considérable.

4.2.2 Les types de la ventilation :

Deux types de ventilations :

- ✓ **Ventilation principale** : assurée par les ventilateurs principaux (primaires) pour toute la mine.
- ✓ **Ventilation secondaire** : assurée par les ventilateurs auxiliaires (secondaires) pour les traçages.

Le ventilateur principale est le ventilateur primaire le plus puissant. Il est installé habituellement au jour au sommet du puits de retour d'air et met la mine en dépression.

Lorsque les circuits d'aérage sont étendus ou que la résistance rencontrée par l'air est inhabituellement élevée ; on installe au fond des **ventilateurs auxiliaires**. Sa fonction est de prélever l'air du circuit principal pour aérer une zone qui n'appartient pas à ce circuit.

4.2.2.1 La ventilation principale :

L'aérage principal est assuré par un ventilateur principal situé au jour à proximité de l'un des puits.

- *La distribution de l'air dans l'ensemble des chantiers dépendra de la nature et de la disposition de la mine, c'est-à-dire :*
 - Plus de nombre de puits ou de liaisons avec la surface
 - Plus de nombre de couches ou de filons exploités
 - Plus de puissance, pendage et continuité du gisement.

- *La résistance que l'écoulement de l'air rencontre dans une mine est fonction :*
 - De la section des éléments du circuit d'aérage.
 - Elle dépend aussi en raison du frottement de l'air sur les parois de ceux-ci (mur, parement, toit) de la superficie de la nature des surfaces de frottements et des obstacles (obstruction, changement brusque de direction) du circuit d'aérage.

- *Notion de fuite et de rebrassage de l'air :*

Dans la plupart des pays, les règlements miniers exigent que l'aérage des chantiers du fond de la mine réponde à certaines normes (voir Chapitre I). Il s'agit généralement des normes minimales qui portent sur la quantité d'air et sa pureté.

On trouve encore des prescriptions législatives sur l'aménagement de la circulation de l'air dans les mines et sur les précautions à prendre pour éviter les fuites et le rebrassage de l'air vicié.

4.2.2.1.1 Principe des ventilateurs principaux au jour:

Une ventilation est suffisante et stable ne peut être obtenue dans une mine de quelque importance que par des ventilateurs.

C'est l'invention, au milieu du 19^{ème} siècle, des ventilateurs centrifuges et leur perfectionnement rapide qui ont permis l'exploitation sur une grande échelle des gisements souterrains.

Le ventilateur est une turbomachine génératrice qui déplace un fluide élastique d'un milieu à basse pression dans un milieu à pression plus élevée.

En négligeant la variation faible du poids spécifique de l'air pendant son passage à travers le ventilateur, la puissance contenue dans l'air surpressé s'exprime *en kgm/s par $Q\delta h$ et en ch/s par $Q\delta h / 75$.*

Q : est le débit en m³/s

δ:le poids spécifique en kg/ m³

h :la hauteur manométrique en mm ou m

Le rendement du ventilateur est le rapport entre la puissance mécanique transmise à son arbre et la puissance utile dont nous venons de donner l'expression.

4 .2.2.1.2 Relation entre le débit et la dépression :

A chaque type de ventilateur correspond une caractéristique particulière, propre à lui seul, dont l'aspect dépend de la forme des aubes et de leur dispositions par rapport à la circonférence du côté de la rotation de la roue et avec les aubes radiales possèdent les caractéristiques dites : « bossues », ceux à aubes recourbées vers l'arrière ont des caractéristiques « non bossues ». Les ventilateurs hélicoïdes possèdent principalement les caractéristiques « non bossues ».

Le savant russe, l'académicien A. Hermann, était le premier à donner la théorie de la construction individuelle, et par cela même a fait asseoir sur une base solide, la théorie de la turbomachine aux nombres desquelles figurent les ventilateurs des mines et les pompes centrifuges sans lesquels aucune mine ne peut exister.

Dans cette théorie, on démontre que chez les ventilateurs semblables, travaillant pour une même résistance et avec un même nombre de tours, les quantités d'air sont comme cubes et les pressions comme carrés des diamètres des roues à aubes.

Les puissances développées sont proportionnelles à la cinquième puissance du diamètre de leur roue.

La relation entre la quantité d'air passant dans les galeries Q et la dépression h s'exprime par la formule :

$$h = \frac{\alpha.(L.P)}{S^3} Q^2 \quad ; \quad h = R.Q^2$$

Dont la représentation graphique, tracée dans le même système de coordonnées que pour les caractéristiques du ventilateur, est une parabole. C'est pourquoi si l'on connaît la caractéristique du ventilateur pour un nombre donné de tours à la minute et la résistance R du réseau des galeries pour lequel il doit travailler, en construisant sur un graphique à la même échelle, la caractéristique du réseau et des ventilateurs, il est possible de déterminer la quantité d'air Q et la dépression h de l'air qui va circuler dans la mine donné (réseau).

Le régime cherché de ventilation se détermine comme un point d'intersection des deux caractéristiques A ; l'ordonnée représentera la dépression du ventilateur h et l'abscisse, la quantité d'air circulant à travers le ventilateur.

On modifie le nombre de tours du ventilateur au moyen du changement des poulies (avec la transmission par courroie). La régulation du débit, peut s'effectuer au moyen d'un registre d'aéragé.

4.2.3 Types de ventilateur :

On distingue deux types principaux de ventilateurs :

- VENTILATEUR AXIAL ou HELICOÏDAL
- VENTILATEUR CENTRIFUGE

4.2.3.1 Ventilateur axial :

Ventilateur équipé d'une hélice dont l'axe est parallèle au courant d'air. Dans ce ventilateur, le rotor comporte un moyeu vertical ou horizontal sur lequel sont fixées un certain nombre de pales. L'air entre et sort parallèlement à la machine en décrivant des hélices. En outre, avec les ventilateurs hélicoïdes, le changement de direction du mouvement d'air peut s'obtenir par l'inversion du sens de rotation de la roue.



Figure II.9 : ventilateur axial [29]

- Ce type de ventilateur convient en général au déplacement de volumes d'air considérables sous des élévations manométriques relativement faibles.
- Les progrès accomplis dans la mécanique des fluides ont amené, dans les dernières années, de tels progrès dans les hélices, que ces ventilateurs peuvent aujourd'hui résoudre pratiquement tous les problèmes de mines.
- Tournant à des vitesses de l'ordre de 1 000 tours, ces ventilateurs peuvent, éventuellement, être attaqués par des moteurs asynchrones.
- Leurs réglages peuvent être faits de diverses façons (par variation de vitesse, la commande par moteur asynchrone à plusieurs enroulements qui donne une variation discontinue, agir sur les caractéristiques aérodynamiques, agir sur les nombres de pales... etc.)
- Sont en avance de quelques points de rendement sur les ventilateurs centrifuges, ceci pour le point de fonctionnement correspondant au rendement maximum.
- Leurs courbes $H = f(Q)$ (avec H : dépression et Q : débit), est plus plate et ils présentent des possibilités de réglage plus variées.

- Ils permettent des débits énormes, peuvent s'accommoder de l'attaque directe.
- Par contre, ils ont l'inconvénient d'être bruyant, ce fait est gênant lorsque des cités ouvrières sont à proximité du carreau. Mais, de grand progrès ont été fait dans ce sens, rarement dans certains cas le niveau sonore de ces appareils dépassent ceux des appareils centrifuges.

4 .2.3.2 Ventilateur centrifuge :

C'est un ventilateur qui aspire l'air en son centre et le refoule à sa périphérie, perpendiculairement à l'axe de la roue à l'aube. Dans le cas de ventilateurs centrifuges, les rampants réunissant le puits au ventilateur sont construits de telle façon qu'on puisse, sans changement du sens de rotation de la roue du ventilateur, inverser le sens du courant d'air, c'est-à-dire qu'on puisse passer de l'aéragé aspirant à l'aéragé soufflant et vice versa.

Ces ventilateurs furent longtemps les seuls ventilateurs existants. Dans ces appareils, l'air est admis par l'ouïe, orifice qui entoure le moyeu d'un rotor horizontal à palettes. L'air surpressé est refoulé dans une cheminée appelée « diffuseur », située à la périphérie du rotor et perpendiculairement à sa direction d'arrivée.



Figure II.10 : ventilateur centrifuge [29]

- Un appareil conçu pour des débits relativement faibles et des dépressions importantes ;
- Le rotor peut atteindre des diamètres considérables, tourne lentement de sorte qu'il est souvent attaqué par un moteur asynchrone (à 1500 ou 1000tr/mn), par l'intermédiaire d'un réducteur à forte démultiplication ;
- En cas de forte variation de l'orifice équivalent d'une mine, une modification de la courbe caractéristique $H = f(Q)$ du ventilateur peut être obtenue par fermeture partielle du registre placé sur son ouïe (on réduit ainsi artificiellement l'orifice équivalent de la mine pour l'adapter au ventilateur) ;
- Son rendement peut atteindre 85% à son maximum. Mais, sa gamme de fonctionnement comme ces possibilités de réglage sont assez limitées.

4.2.2.2 La ventilation secondaire :

Ils sont utilisés pour l'aéragé des traçages. Egalement, on utilise des ventilateurs centrifuges et ventilateurs axiaux. Les ventilateurs centrifuges répondent mieux aux exigences diverses des installations d'aéragé secondaire. Ils sont plus faciles à monter où à déplacer et sont moins encombrants.

4.2.4. Caractéristiques d'un ventilateur :

Pour un ventilateur tournant à vitesse donnée, il existe une relation $H = f(Q)$ entre l'élévation manométrique (dépression du ventilateur) et le débit. Le ventilateur, en effet n'a pas un point de fonctionnement spécifique, mais une infinité de points de fonctionnement possible, répartie sur une courbe caractéristique.

Entre tous ces points, le choix sera fait automatiquement par le ventilateur. En effet, inséré dans un circuit d'aéragé défini lui-même par une courbe caractéristique (celle-ci parabolique et de la forme $H = R \times Q^2$, le ventilateur choisira le point de fonctionnement correspondant à l'intersection de sa courbe caractéristique et de la courbe caractéristique du circuit extérieur.

Le travail du ventilateur est dirigé à vaincre la résistance du réseau pour lequel il travaille et aussi la résistance du frottement dans le ventilateur même et dans ces paliers.

Plusieurs types de puissance absorbée :

- **Puissance absorbée aux bornes du moteur (P_m)** : C'est l'énergie électrique consommée par le moteur.
- **Puissance absorbée sur l'arbre du moteur (P_a)** : avec,

$$P_a = P_m \times \rho_m$$

P_m : puissance aux bornes

ρ_m : rendement du moteur

- **Puissance absorbée par le ventilateur (P_v)** : C'est l'énergie réellement fournie à l'arbre du ventilateur.

$$P_v = P_a \times \rho_t$$

P_a : puissance sur l'arbre du moteur

ρ_t : rendement de la transmission

C'est cette dernière puissance qu'il faut considérer dans le calcul du rendement propre du ventilateur.

Remarque : dans le cas d'une attaque directe, le rendement de la transmission est de 1 ; dans ce cas les deux puissances sont égales.

4.2.4.1 Rendement du ventilateur :

L'élévation de pression est prise entre les deux extrémités du ventilateur. Dans la pratique, c'est le rendement ainsi défini qui est garantie par le constructeur.

L'élévation de pression est égale à la différence des pressions totales entre le refoulement et l'aspiration. La pression totale se mesure avec un tube dirigé à contre-courant et relié à un manomètre.

4.2.4.1.1 Les rendements généralement admis sont :

Les deux types de ventilateurs cités ci-dessous possèdent des aubes de formes divers, et selon la courbure de ces dernières le rendement des ventilateurs centrifuges change et en ce qui concerne les ventilateurs hélicoïdaux leur rendement change en présence ou non du diffuseur.

Le tableau N°II-2 ci-dessous montre les ventilateurs et leurs rendements généralement admis.

Tableau II.3 : rendement du ventilateur généralement admis [7]

Type ventilateur	Rendement
Ventilateur centrifuge à aubes recourbées vers l'arrière (6 à 16 unités)	80 à 77%
Ventilateur centrifuge à aubes recourbées vers l'avant (32 à 42 unités)- (dite en cages d'écureuil)	57 à 73%
Ventilateur hélicoïdale sans diffuseur mais avec redresseur	50 à 88%
Ventilateur hélicoïdale avec diffuseur et redresseur	60 à 89%

4.2.4.1.2 Rendement de la transmission :

La transmission de l'énergie du moteur se fait avec une certaine perte, principalement dans le cas d'une transmission par courroies, du fait du glissement de cette dernière sur les poulies. les pertes d'énergie au cours de la transmission selon le mode d'entraînement sont situées dans le tableau N°II-3 ci-dessous :

Tableau II.4 : puissance du moteur selon la transmission [7]

Mode d'entraînement	pertes
Moteur à entraînement directe (roue du ventilateur directement calée sur l'arbre du moteur)	2 à 5 %
Entraînement par accouplement	3 à 8 %
Transmission par courroies	Puissance moteur < 7,5kW : 10%
Transmission par courroies	7,5kW < Puissance moteur < 11kW : 8%
Transmission par courroies	11 kW < Puissance moteur < 22kW : 6%
Transmission par courroies	22kW < Puissance moteur < 30kW : 5%
Transmission par courroies	30kW < Puissance moteur < 55kW : 4%
Transmission par courroies	55kW < Puissance moteur < 75kW : 3%
Transmission par courroies	75kW < Puissance moteur < 100kW : 2,5%

4.2.4.2 Energie mécanique fournie au fluide (ou puissance utile) P_u ou P :

C'est la puissance hydraulique communiquée à l'air lors de son passage à travers le ventilateur.

$$P_u = Q \times P_f \text{ (watts) ou bien } P = Q \times H_m$$

Q : débit (m^3/s)

P_f : pression totale (différence de pression en amont et en aval du ventilateur (Pa))

P : puissance transmise au fluide par le ventilateur en W.

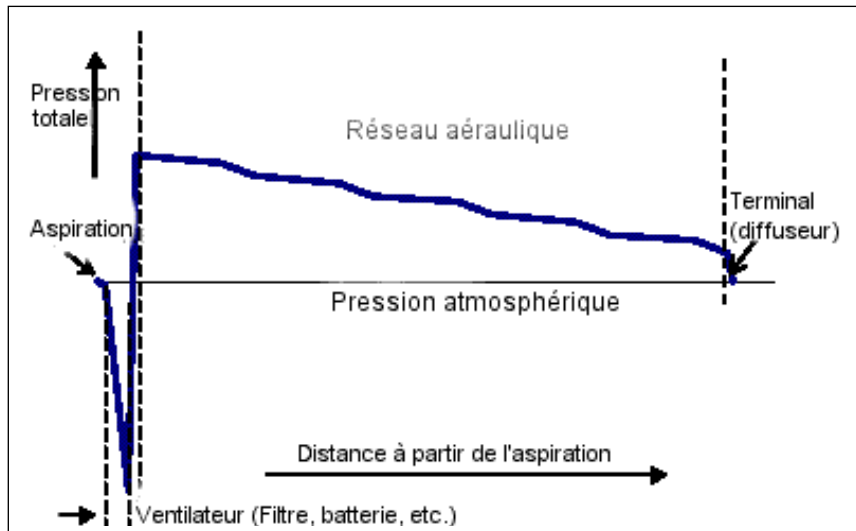
Q : débit en m^3/s

H_m : hauteur manométrique du ventilateur ($P_s + P_d$) en Pa.

Les installations aérauliques sont classées en fonction de leur pression totale (P_t). Les classements généralement admis sont :

- ❖ Basse pression $P_t < 1000 \text{ Pa}$
- ❖ Moyenne pression $1000 \text{ Pa} < P_t < 5000 \text{ Pa}$
- ❖ Haute pression $P_t > 5000 \text{ Pa}$

Le ventilateur fournit la différence de la pression totale (P_t) existant entre ses ouïes (entrée et sortie de l'air).



La pression produite par un ventilateur est appelée la pression totale (P_t), elle est la somme de deux pressions distinctes : STATIQUE+DYNAMIQUE.

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_s + \Delta P_d$$

P_s : pression statique. Ceci correspond aux frottements que l'air doit vaincre pour s'écouler dans le circuit aéraulique.

P_d = pression dynamique. Pour simplifier, c'est la pression nécessaire pour générer la vitesse de l'air dans le circuit aéraulique.

à noter que :

$$P_d = \frac{\rho \times V^2}{2}$$

ρ : masse volumique du fluide en kg/m^3

V : vitesse de refoulement du ventilateur (m/s)

Les courbes de sélection des ventilateurs indiquent la pression totale (P_t) ou la pression statique (P_s) en fonction du débit.

4.2.4.3 Point de fonctionnement :

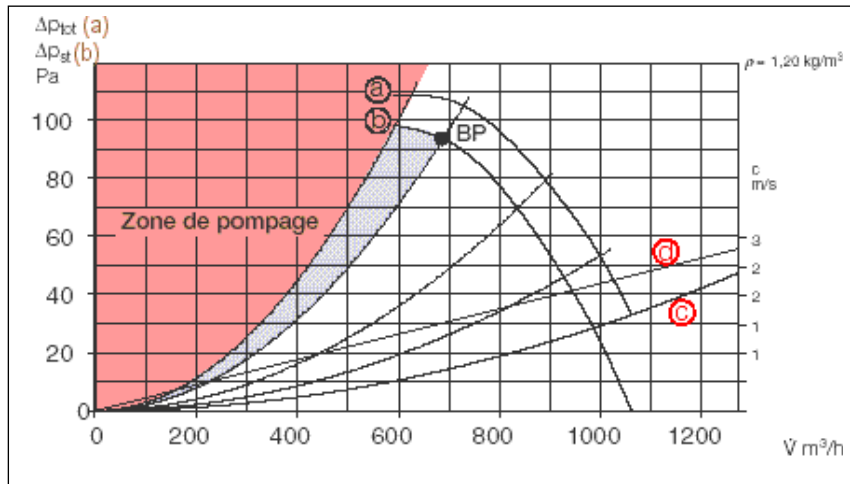


Figure II.12 : Exemple montrant le point de fonctionnement d'un ventilateur

Il est d'usage, dans la pratique de donner au fabricant de ventilateur la pression statique comme point de fonctionnement. Dans l'exemple ci-dessus *le point de fonctionnement BP est le point d'intersection de la courbe de perte de charge du réseau aéraulique avec la courbe du ventilateur.*

Un divergent placé à la sortie du ventilateur permettra de diminuer la vitesse d'air et donc en conséquence de transformer une partie de la pression dynamique en pression statique car seule la pression statique qui est intéressante.

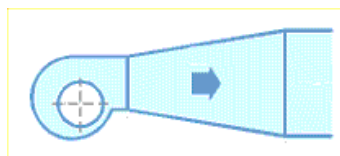


Figure II.13 : divergent du ventilateur

L'angle du divergent devra être compris entre 7 et 15° et sa longueur devra être au moins égale à 1,5 fois le diamètre de sortie du ventilateur.

Si par exemple un filtre est encrassé, la perte de charge va croître dans le circuit aéraulique où dans le cas où la perte de charge du réseau aéraulique est sous-évaluée, nous allons constater que le point de fonctionnement du ventilateur va passer du point C au point B. le débit va par conséquent décroître.

4.2.4.5 Puissance absorbée par l'installation du circuit d'aéragé : P_c

Le travail du ventilateur est dirigé à vaincre la résistance du réseau pour lequel il travaille et aussi la résistance du frottement dans le ventilateur même et dans ses paliers. La puissance absorbée par l'installation d'aéragé du circuit se détermine à l'aide de la formule :

$$P_c = \frac{Q \times P_F}{\rho_f \times \rho_m \times \rho_t \times \rho_c}$$

Où,

Q : Débit d'air circulant, en m^3/s

P_F : pression totale développée par le ventilateur, en (kPa)

ρ_f : coefficient de rendement du ventilateur, habituellement 0,8 à 0,85 ;

ρ_m : coefficient de rendement du moteur (pour un moteur asynchrone en pleine charge 0,91 à 0,94) ;

ρ_t : coefficient de rendement de la transmission par courroie (0,95) ;

ρ_c : coefficient de rendement du contrôle (102).

4.2.5. Mesure de la vitesse de l'air :

Pour la mesure de la vitesse V , on utilise un appareil qu'on appelle ANÉMOMÈTRE



Figure II.14 : anémomètre

A l'aide de l'anémomètre, il est possible de mesurer la vitesse du courant d'air dans un point quelconque ainsi que la vitesse moyenne dans une section (dans une galerie). La vitesse moyenne de l'air peut être mesurée par deux méthodes : par la méthode *devant soi* et par la méthode *dans la section*. Dans le premier cas, l'observateur se tient dans la veine d'air, au milieu de la galerie, et le bras tendu, promène l'instrument en suivant la section devant lui. Dans le second cas, mesure dans la section, l'observateur se tient sur le côté de la galerie, par

exemple entre les montants des cadres, et promène l'anémomètre devant lui en suivant le contour de la galerie. Connaissant la vitesse moyenne V de l'air et la section S de la galerie à l'endroit où on effectue les mesures, il est possible de déterminer la quantité d'air entrant Q :

$$Q = V \times S$$

4.2.6. Vitesse de l'air V : [7]

On peut démontrer pratiquement l'efficacité de l'aérage, du point de vue de l'abaissement de la concentration de poussière en suspension dans l'air, pour différentes vitesses du courant d'air et cela par la courbe ci-dessous, d'évolution de la concentration de poussière en suspensions dans l'air en fonction de la vitesse de l'air.

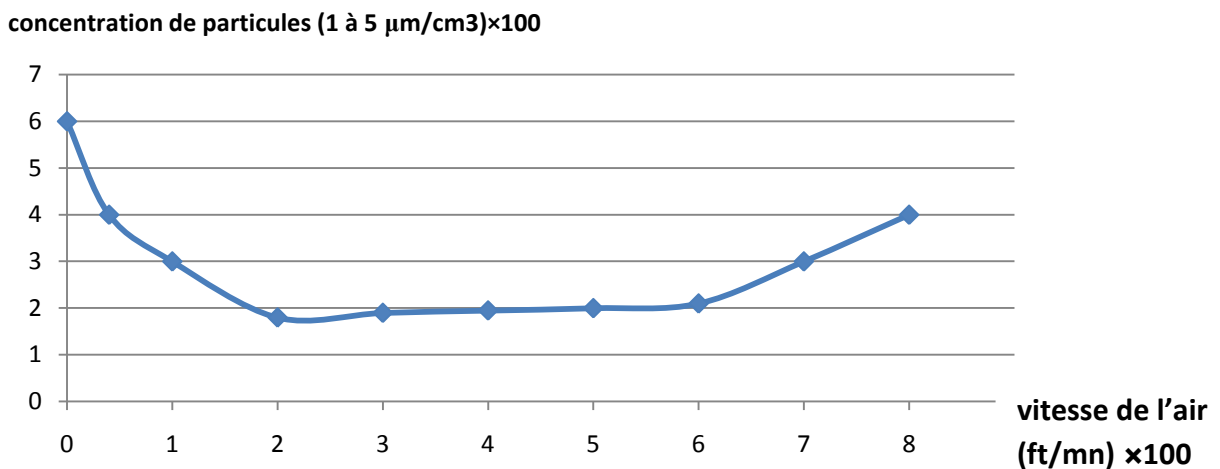


Figure II.15 : courbe d'évolution de la concentration de poussière en suspension en fonction de la vitesse de l'air

4.2.7. Débit d'air : Q

Le débit d'air devrait être calculé à raison d'environ 175l/s .m²de section de la galerie.

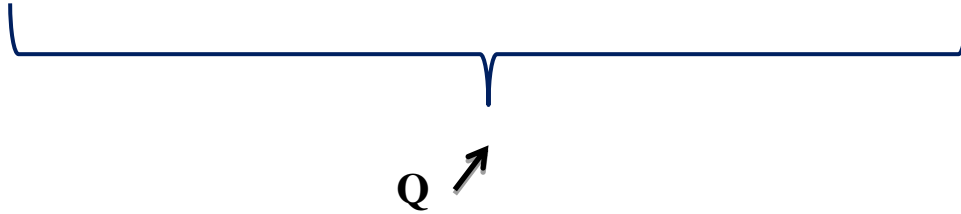
$$Q = V \times S \text{ (m}^3 \text{ / mn)}$$

V en m/ mn

S en m²

5- Situation dans le chantier :

- ✓ Forte concentration de poussière (chargement ou autre) ;
- ✓ Gros dégagement de gaz (véhicules à essences ou Diésel ; ou tir) ;
- ✓ Température du massif est élevée (profondeur importante).



Sur les chantiers autres que les galeries ou les avancements, qui ne sont pas traversés de part en part par le courant d'aérage principal, le débit qui doit être assuré par l'installation **d'aérage secondaire** dépend de la nature du travail exécuté et des conditions qui règnent sur les lieux.

Pour le déterminer, on retiendra que l'air devrait avoir une vitesse minimale de 12 à 15 m/mn (0,2 à 0,25 m/s).

A une vitesse constante (exemple $v = 0,2\text{m/s}$) la relation graphique qui lie Q et D (Diamètre de la galerie de section circulaire est comme ci-dessous en accord avec la relation : $Q = V \times S$

Débit Q, m³/s

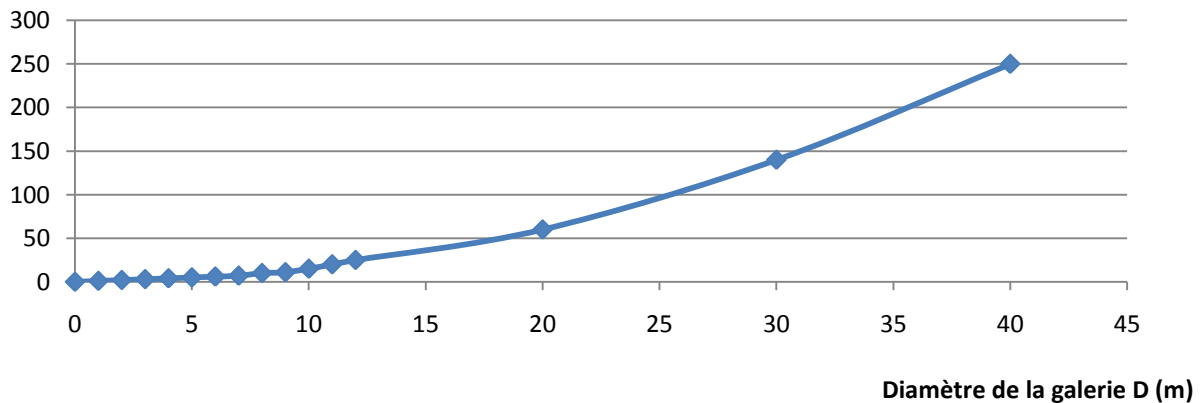


Figure II.16 : courbe de variation du débit d'air en fonction du diamètre de voie d'aérage

5.1. Du point de vue lutte contre les poussières :

La vitesse optimale de l'air dépend de plusieurs facteurs tels que :

- ✓ La composition et la nature des poussières ;
- ✓ Le sens dans lequel s'effectue le transport des produits (par rapport au sens du courant d'aérage) ;
- ✓ La nature des travaux en cours.

5.2. La quantité d'air qui doit être fournie à la mine dépend de :

- ✓ L'étendue des chantiers ;
- ✓ Du volume de travail en cours ;
- ✓ De la nature du gisement.

5.3. Pour assurer une bonne circulation d'air :

Il faut tenir compte de tous les facteurs en jeu et éliminer partout les causes qui peuvent entraîner une résistance globale excessive du circuit d'aérage. Parallèlement, il importe d'éviter les fuites et les courts-circuits d'aérage. Pour cela, les murs et les barrages placés entre les voies d'entrée et les voies de retour doivent faire l'objet d'une surveillance attentive.

5.4. Parmi les points qui demandent encore une grande attention :

L'aérage des mines nécessite un contrôle systématique car dans les mines en exploitation il se produit un changement interrompu de la longueur des galeries de roulage (cas du gisement Lakhdar niveau 1330m) et d'aérage, le schéma de l'aérage de même que la section des galeries changent, etc. Les problèmes de base de ce contrôle sont :

- a. L'évaluation de la quantité globale d'air admise dans la mine ;
- b. L'établissement de la quantité d'air, dirigé dans des districts séparés et qui arrive aux fonds de taille ;
- c. La vérification de l'observation de la norme de la quantité d'air par travailleur et par tonne d'extraction journalière ;
- d. La détermination des pertes d'air.

Pour les mesures de contrôle de la quantité d'air entrant, on crée des *stations de mesure* dans lesquelles, avec le soutènement en bois, les parois sont revêtues de planches et la surface de section est mesurée exactement. Les mesures de l'air se font à des dates fixes et sont consignées dans des registres spéciaux. Pour le contrôle systématique de la dépression totale de la mine, d'après le règlement de l'exploitation technique des mines, il est nécessaire que tous les ventilateurs soient munis de dépressiomètres, et les ventilateurs des mines particulièrement dangereuses, de dépressiomètres auto-enregistreurs.

La mesure obligatoire de la dépression totale de la mine donne la possibilité de juger de ces variations et, dans certaines mesures, des variations des quantités d'air admises dans la mines ; mais la répartition de la dépression suivant les chantiers séparés reste non éclaircie alors que, pour le contrôle de l'état des galeries du point de vue de leur résistances à l'aération, la répartition de la dépression a, justement, une grande importance.

Pour l'établissement de la répartition de la dépression totale de la mine suivant les chantiers, on effectue un *levé de la dépression* qui consiste dans la mesure, à l'aide des appareils, de la pression absolue de l'air en différents points de la mine, dans les calculs de résultats des mesures et la détermination de la dépression entre les points séparés du levé. Pour la direction expéditive de l'aération des travaux souterrains, on dresse des schémas et des plans de

ventilation sur lesquels on porte, à l'aide de signe conventionnels, tous les détails de la ventilation.

Les chantiers de traçage en *cul-de-sac* sont aérés à l'aide de *cloisons longitudinales, de canars d'aérage et de ventilateurs secondaires (auxiliaires)*.

On allonge les cloisons à mesure de la progression du front de taille ; elles servent à la séparation des galeries en deux parties dont l'une sert à l'arrivée de l'air frais et l'autre à la sortie de l'air usagé. La cloison doit être soigneusement lutée (pâte à base d'argile, des fours ou des objets qui sont au contact du feu) avec de l'argile.

Dans l'aération au moyen de canars, qu'on utilise habituellement dans les travaux préparatoires, la cheminée par laquelle s'effectue le retour est fermée par une cloison transversale dans laquelle on fixe le tuyau ; l'air frais alimente le front de taille de la galerie, et l'air vicié est évacué par le canar d'aération métallique, en bois ou en grosse toile. La longueur admise des canars ou des cloisons en charpente ne doit pas dépasser 60m.

Avec une longueur des galeries en cul-de-sac supérieure, l'air est insuffisant par des ventilateurs branchés sur l'air frais. Actuellement, on emploie pour cet usage des ventilateurs hélicoïdes électriques ou pneumatiques, installés directement en canars.

6- Incidence de l'aérage sur l'hygiène et la sécurité :

- ✓ Dilution du grisou (mine de charbon) ; lutte contre les explosions ou coup de grisou.
- ✓ Réduction des poussières fines en suspension dans l'air ; lutte contre les coups de poussières.
- ✓ Maintenir la température supportable dans les mines profondes.
- ✓ Protection du personnel des maladies professionnelles (pneumoconiose).

7- Ce que l'on doit savoir pour réaliser une bonne ventilation :

- ✓ Savoir quels sont les débits d'air nécessaires dans chaque chantier pour tenir compte des différentes causes de pollution et d'échauffement de l'atmosphère.
- ✓ Ensuite, être en état de prévoir quelle serait la répartition des débits entre les différents chantiers en fonction des différents paramètres.
- ✓ Configuration des travaux miniers (dimension des galeries et types de travaux), caractéristiques des ventilateurs afin de choisir ceux-ci de telle sorte que les débits nécessaires soient réalisés.

8- Conclusion :

La ventilation des mines souterraines est une des priorités de toute exploitation qui veut offrir une qualité de travail satisfaisante. Bien que la mine souterraine de Bou-Caid ait une ventilation qui se fait naturellement, l'étude de l'aérage dans le gisement Lakhdar est nécessaire vu le manque d'air au chantier. Un circuit de ventilation est complexe puisqu'il doit maintenir une qualité d'air, une température et une pression adéquate dans chacune des zones d'une mine. Il est possible d'améliorer l'efficacité énergétique en gérant mieux la ventilation en la limitant aux zones où elle est nécessaire et en adaptant les débits aux besoins.

Il y a aussi actuellement des logiciels pour modéliser la ventilation d'une mine existante ou d'une mine en développement. Cette modélisation peut être réalisée en 3D avec animation et cela à partir de différents systèmes (Aeroduct, Eolaval, Ventism, Minvena...), ces systèmes permettent de simuler les flux d'air, de particules issues des moteurs diesel, du choix des ventilateurs, de pression et de température sur la base de modèles thermodynamiques.

Chapitre III :

Conditions géologiques et minière du gisement de baryte de Bou-Caid

Résumé :

Le présent chapitre présente brièvement l'unité de Bou-Caid ainsi que la mine. Il s'agit d'une description détaillée de la géologie et de l'exploitation du gisement de Bou-Caid. Nous donnons les méthodes utilisées dans chaque niveau de chaque quartier avec toutes les étapes du processus de production.

1- Gisement de BouCaid :

1.1. Situation géographique :

L'unité de Bou-Caidest située à 70km au Nord Est du Chef-lieu de la wilaya de Tissemsilt, à 250km au sud-ouest de la capitale d'Alger (cf. figure III-2). Dans la partie élevée du massif de l'Ouarsenis appartenant au système montagneux de l'Atlas Tellien se trouve le champ minier qui renferme les gisements de Baryte (cf. figure III-1).



Figure III.1 :Image satellitaire de la région de Bou-Caid et de la mine de Baryte

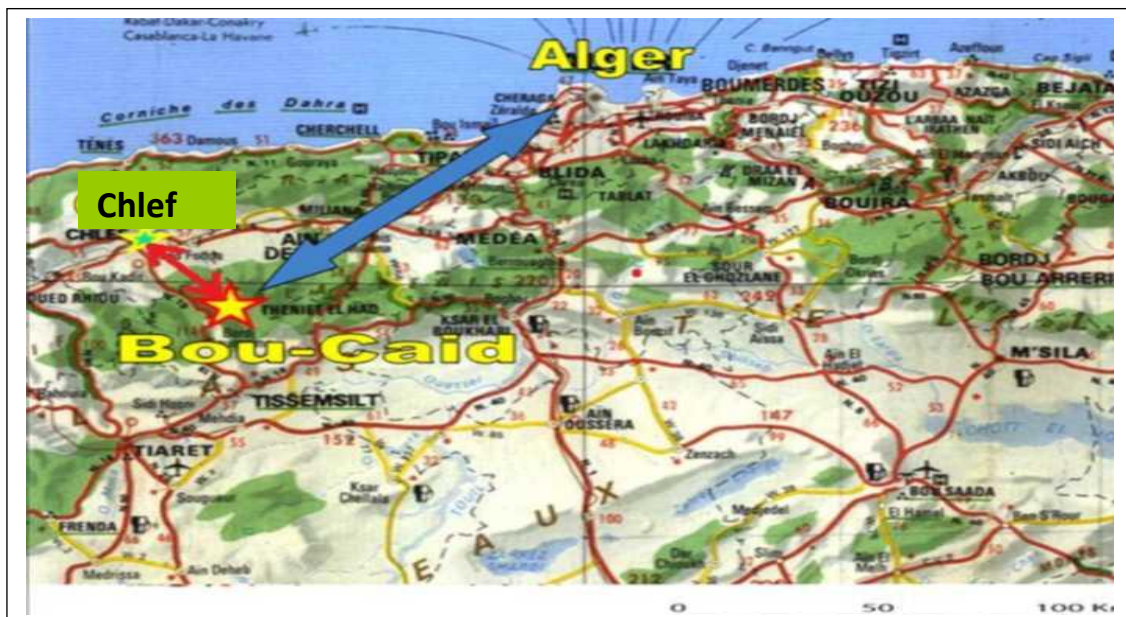


Figure III.2 :Carte de situation géographique

1.2. Historique :[20]

Les Filons du zinc du Grand Pic de la Mine de Bou-Caid ont été signalés en 1856, ceux de Belkheiret en 1860 et celui d'Abdelkader en 1863. Une demande de permis de Recherche a été introduite en 1872 par les nommés Terrailon et Calen, mais ces derniers ont dû abandonner la région, sans entamer leurs travaux.

La nationalisation de la Mine est intervenue le 06 Mai 1966, et la mission de développement et de relance de l'Activité de la Mine a été confiée au **BAREM (Bureau Algérien de Recherche Minière)**. La SONAREM lui succéda une année plus tard, et engagea un important programme de recherche dans la région. L'Exploitation du Zinc s'est poursuivie jusqu'à épuisement totale des réserves en 1976.

L'exploitation et le traitement de la baryte a commencé en 1976. Parallèlement aux travaux d'évolution du gîte de Sidi Bel Abbas, Les travaux de recherche menée par la SONAREM ont mis en évidence un important gisement de baryte, qui a permis de reconvertir la mine qui employait plus de 350 travailleurs en unité de production de la baryte.

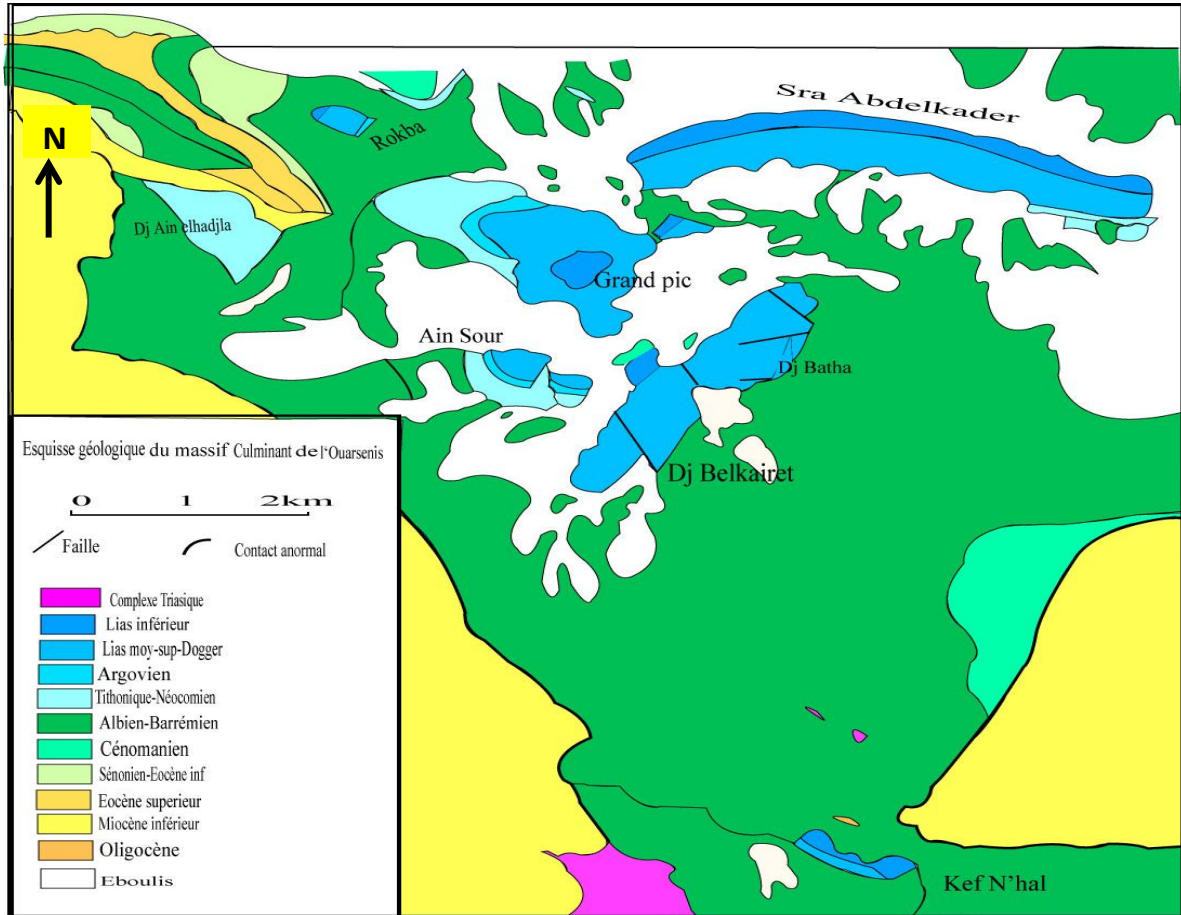
Il s'agit des sites de *Sidi Ouadhah*, sur les flancs oriental et occidental du *massif de Belkheiret*. Durant la même année, les sites de l'*Ain* et le *Nord* furent transmis à la mine de Bou-Caid dont les réserves sont de 50 000 tonnes pour le premier et 10 000 tonnes pour le second. Les quantités produites par la Mines ont été en moyenne de 8.000 tonnes/an.

La restructuration organique de la SONAREM en 1983, a donné naissance à l'Entreprise **ENOF** qui hérita des unités de Productions dont l'unité de production de baryte de Bou-Caid. Quatre sites ont été évalués et ils sont passés à l'exploitation à savoir *Ammal*, *Rasfa*, *grand Pic* et *Nord*. Il est à noter que 90% des travaux ont été réalisés sur le site de Sidi Bel Abbas.

A son tour et dans le cadre de sa restructuration en Filiale en 2001, l'ENOF donna naissance à **la Filiale SOMIBAR** qui hérite de la Mine de Bou-Caid en même temps que des Mines d'*Ain Mimoun* et de *Mellal*. La Mine de Bou-Caid est aujourd'hui une unité prospère.

2- Géologie régionale :

Afin de donner un résumé sur la géologie du massif de l'Ouarsenis on se base sur les travaux de L. Calambert (1952) ; M. Mattauer (1958) et Fares Khodja (1968). Ce massif est constitué essentiellement de roches Jurassique qui affleurent à la surface sous forme de massifs isolés parmi les terrains crétaqués.



D'après Mattauer , 1958

Figure III.3 : Esquisse géologique du massif culminant (Mattauer, 1958)

Pour la description des formations géologique observées de la figure III-3, un tableau récapitulatif (tableau III-1) nous montre les différentes formations de différents âges de l'essentiel de la stratigraphie.

2.1. Stratigraphie :

Tous les termes stratifiés du massif de l'Ouarsenis sont divisés selon leurs compositions lithologiques et la relation entre les roches en des âges et sous étages différents, le tableau ci-dessous résume ces derniers et leurs formations géologiques.

Tableau III.1 :Tableau résumant l'essentielle de la stratigraphique : Selon Calambert, 1952.

Age	Formations
Aptien-Albien	➤ Marnes et schistes, lentilles gréseuses, nodules ferrugineux, conglomérats, orbitolines et huîtres.
Néocomien	➤ Valanginien : Bancs de calcaires bariolés à la partie inférieure puis calcaires en dalles ; marnes sublithographiques. ➤ Hauterivien : Nombreuses Ammonites pyriteuses, microfaunes riches.
Malm	➤ Lusitanien : Bancs alternant de calcaires bariolés, rognoneux ou compact et de marnes schistoïdes ; fossiles abondants. ➤ Tithonique-Berriasien : Strates régulières de marnes et de calcaires jaunâtre alternant avec des calcaires foncés à grains fins ; fossiles rares.
Dogger	➤ Bajocien : Formations de poudingues riches en micro-organismes ; grés ; calcaires à silex ; calcaires en strates régulières ; fossiles abondants. ➤ Bathonien : inexistant ou très réduit. ➤ Callovien-Oxfordien : Bancs marno-calcaire ; bancs bariolés inter stratifiés à la partie supérieure.
Lias	➤ Infralias : Dolomies ; calcaires dolomitiques ; veines de baryte et de calcite. ➤ Lias moyen : Bancs de calcaires blanchâtres ; filons de baryte et de calcite. ➤ Lias supérieur : Bancs de calcaires ; calcaires à silex ; niveaux conglomératiques ; fossiles abondants.
Trias	➤ Dolomies ; gypse ; argiles bariolées ; cargneules. ➤ Ophites ; roches cristallophylliennes ; roches éruptives ; brèches de sédimentation.

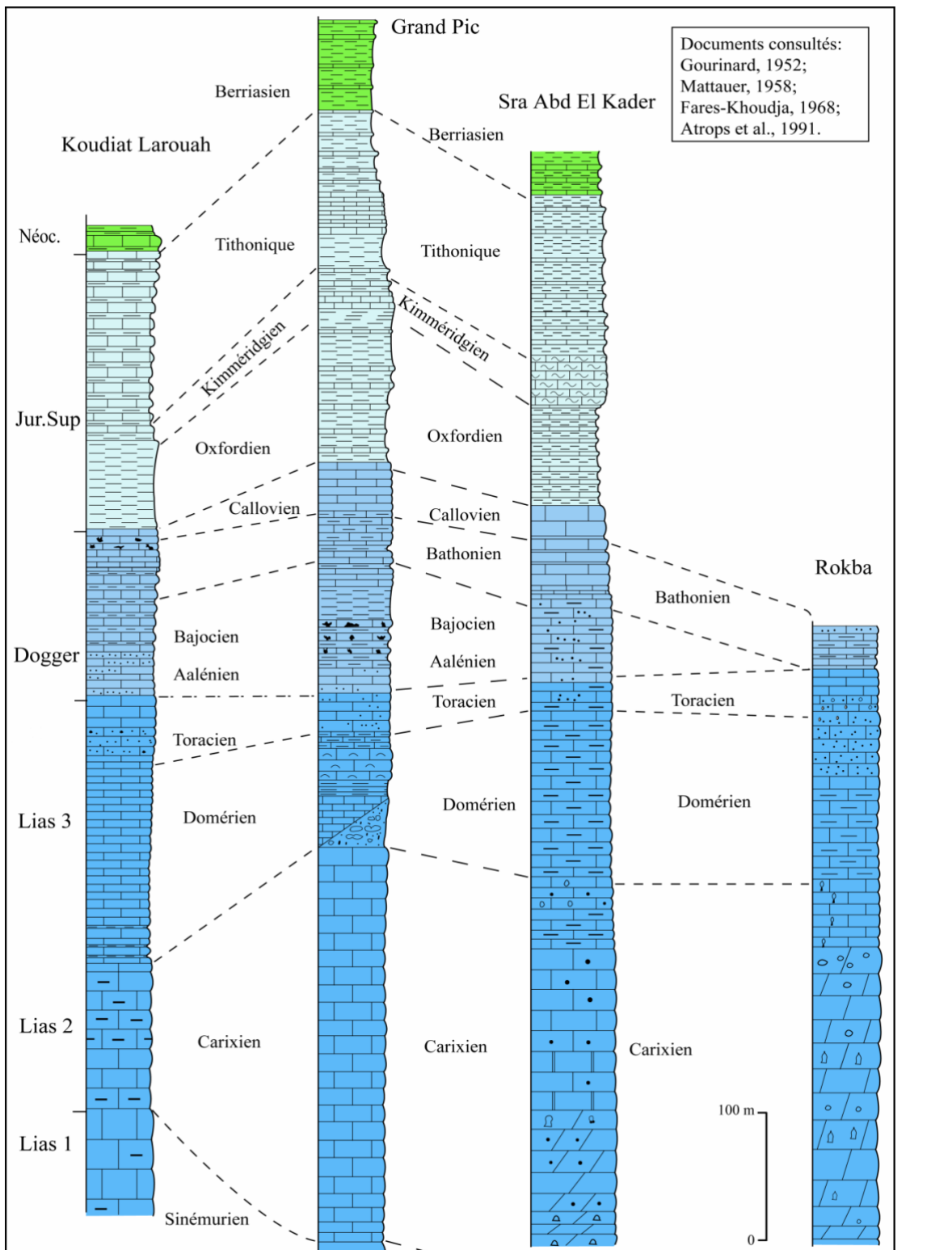


Figure III.4 : Log stratigraphique des différents âges du massif de l’Ouarsenis

2.2. La lithostratigraphie du champ de l'Ouarsenis :[20]

La coupe Géologique de la région de l'Ouarsenis comprend les formations du Jurassique et Crétacé Inférieur.

Jurassique :

Il est constitué par des formations concordantes de tous les étages dont l'épaisseur totale est de 650 à 850 m.

Jurassique Inférieur : (Lias)

Lias Inférieur :

Les formations de cet âge sont reconnues sur les massifs des Grands Pics, Sra Abdelkader et Rokba, mais leurs limites stratigraphiques inférieures ne sont pas claires. L'épaisseur du Lias Inférieur est maximale sur le massif Abdelkader où elle atteint 110-250m. Au Nord, les terrains du Lias Inférieur sont en contact avec les schistes argileux du Crétacé inférieur, les dépôts sont essentiellement représentés par des dolomies et calcaires dolomitiques compacts, de teints gris et gris foncé et par des brèches de dolomies .La stratification est absente.

Lias Moyen et Supérieur :

Les dépôts du Lias Moyen et Supérieur sont développés sur tous les massifs indiqués plus hauts et leur épaisseur est assez stable qui varie entre 400 à 470 m sur le massif Sra Abdelkader seulement, l'épaisseur diminue d'Ouest en Est jusqu'à 300m.

Les dépôts sont essentiellement constitués de calcaires massifs à grains claire. Il y a des variétés oolitiques de calcaires et des bancs rares de conglomérats et brèches calcaires et de marnes.

Le Jurassique Moyen (Dogger) :

Les dépôts du Dogger sont constitués de deux faisceaux : inférieur de grès et supérieur de calcaire. Les grès ne s'observent que sur le Grand Pic et on a une épaisseur de 0 à 130m. Le faisceau supérieur se rencontre dans tous les massifs de roches Jurassiques, son épaisseur varie de 12 à 18 m sur les massifs de Belkheiret et de Rokba à 90-130m dans la partie Nord-Ouest du massif Grand Pic. Le faisceau est constitué de calcaire gris foncé presque partout sont répandus des calcaires à rognons de silex de forme irrégulière. Des passés minces de marnes y sont fréquents.

Le Jurassique Supérieur : (Malm)

La coupe complète de Malm est observée sur les massifs d'Abdelkader et du Grand Pic. Les épaisseurs varient de la même façon que pour les dépôts du Dogger. A la base de la coupe du Malm se trouve des calcaires rouges et conglomératiques, auxquels fait suite une alternance de calcaire, de calcaire marneux, et de marne, d'abord rouge au début et gris par la suite.

Crétacé Inférieur :

Il consiste en assise monotone de schistes argileux à intercalation de grès quartzites, rarement de marnes ; leur épaisseur dépasse les 100m.

2.3. Tectonique :

Selon M. Mattauer, 1958, la structure de l'Ouarsenis se subdivise en cinq unités : Autochtone, complexe A, nappe B, nappe C, et dépôt post-nappe.

Autochtone :

L'autochtone est représenté dans les massifs crétacés et miocènes de Theniet El Haad-Letourneux, massifs Primaire et Jurassique de Chlef, et enfin le massif de barrage de Oued Fodda.

La tectonique de ces massifs est toujours simple avec de vastes bombements souvent accidentés par d'assez nombreuses failles.

Deux phases tectoniques se distinguent : une antérieure au Miocène inférieur où les structures sont orientées NE-SW à NNE-SSW ; et l'autre est intra-miocène caractérisée par des plis qui tendent à devenir E-W.

Nappe B :

La nappe B est formée essentiellement du Crétacé supérieur, d'Eocène, Oligocène et du Miocène.

Les déplacements de cette nappe atteignent un minimum de 45Km. Elle repose soit sur l'autochtone, soit sur le complexe A. Sa tectonique chaotique et incohérente, se résolvant en lames empilées isoclinalement dans un ordre stratigraphique quelconque et elle est caractérisée ainsi par l'abondance du Trias le long des contacts anormaux.

Nappe C :

Elle est structurellement la plus élevée, et se caractérise par une semelle de Crétacé à faciès flysch surmontée d'oligocène à faciès numidien.

Dépôt post-nappe :

Le dépôt post-nappe est constitué de Miocène ou de Pliocène très peu tectonisé.

Complexe A :

Ce complexe est constitué de terrain relativement ancien avec une tectonique compliquée. D'après Mattauer, il s'agit d'un allochtone ou d'un parautochtone ou des deux à la fois.

La partie profonde de ce complexe est représentée par le massif culminant de l'Ouarsenis qui se caractérise par l'apparition au sein du flysch créacé d'importants lambeaux de Jurassique.

Ces lambeaux d'après L. Calambert, apparaissent en deux positions structurales : Le premier est d'extrusion et la deuxième de lames de charriages.

Les extrusions :

Sont des lames Jurassique limités sur les flancs Sud ou Sud-Est par des contacts anormaux où leur surface peut être subverticale ou incliné.

Ces extrusions forment trois anticlinaux :

-Anticlinal de direction NE-SW, à ennoyage prononcé vers le NE. Son flanc Sud est représenté par les massifs de Bou-Maalah, Ain Seban, Roubia et massif de Ain Sour.

-Anticlinal orienté NE-SW et dont l'ennoyage vers le NE. Son flanc Sud est représenté par Djebel Belkhairet, Fartas et Batha.

-Anticlinal aigu de Rokba au cœur du quel se trouve l'extrusion.

Lames de charriages :

Ces lames sont représentées au niveau de Djebel Ain el Hadjla et le Grand pic.

Ain el Hadjla est caractérisée par des contacts anormaux d'inclinaison vers le SW ce qui indique un chevauchement du Sud au Nord. Ces contacts sont mis en évidence par la superposition anormale de terrains allant du Miocène au Jurassique ; Ainsi ils sont plissés en un anticlinal.

Le Grand pic, selon Bertrand et Calambert, est formé par une série Jurassique complètement renversée qui repose par l'intermédiaire d'une surface de contact subhorizontal sur une série Crétacé en position normale. Ce massif est affecté par des failles listriques qui perturbent la sédimentation, et il est limité aussi par une faille circulaire faiblement inclinée vers le cœur du

massif et selon M.Mattauer, le Grand pic serait une sorte de horst en éventail affectant une série complètement renversée.

3- Conditions climatiques :

La région de l'Ouarsenis est marquée par un climat méditerranéen typique avec un été torride et un hiver pluvieux. Les côtes absolues atteignent les 1985m.

Durant la saison froide, de novembre (même octobre) à avril, on enregistre des minimums absolus, en décembre, janvier et février, de 0,3°C à 0,6°C.

Durant la saison chaude, de juin à septembre, on a des maximums absolus compris entre 42,0°C et 45,5°C en juillet et août.

Le gel est présent de 3 à 14 jours par an et la neige est présente à partir de 1100m d'altitude (moyenne de 22j/an).

Les vents dominants soufflent de directions Nord - Ouest et Nord. La vitesse moyenne annuelle de 2,4 à 2,9 m/s et les vents violents (Force 20) soufflent jusqu'à 9 jours par an. La vitesse maximale des vents varie de 23 à 27 m/s (généralement de décembre à avril).

4- Conditions hydrogéologiques :

Les réservoirs d'eau sont surtout contrôlés par les masses calcaires dont la tectonique a favorisé la circulation des eaux pluviales, qui ont provoqué la dissolution des minéraux constitutifs.

En général, les sources exogènes n'ont pas un grand débit, ce qui est dû à l'enfouissement du réseau hydrographique qui demeure généralement en dessous du niveau atteint par les marnoschistes. Le drainage des nappes se fait naturellement par les failles.

5- Géologie des gisements de Baryte :

Le champ minier de l'Ouarsenis est très accidenté, avec des dénivelés de 500 à 900 m, ce qui explique les conditions d'affleurement excellent. Les formes positives de la topographie sont constituées des époinçements de roches jurassiques composés le plus souvent du calcaire. Ces derniers affleurements sous forme de crêtes étroites et de sommets rocheux. Les massifs rocheux sont peu boisés et la végétation n'est observée qu'aux pieds des montagnes.

On cite pour les gisements en exploitation actuellement, Il y a trois Quartiers et dans chacun des Niveaux différents :

Quartier Sidi Bel Abbès :

Le Gisement de Sidi Bel Abbès se trouve dans la partie Sud-Est du massif Abdelkader, il est associé à l'accident tectonique orienté Est-Ouest.

Il s'agit du filon qui affleure entre la côte 1210 et 1350 m au jour à l'extrémité orientale du massif Abdelkader. Dans l'ensemble, il est concordant avec les encaissants et se localise dans les calcaires du Jurassique moyen. Le filon barytique a une direction Sub-latitudinale « 275° » avec un pendage de 76 à 85° vers le sud, avec une épaisseur moyenne de 1,6m et une teneur moyenne de 80% en BaSO₄.

L'extension du filon est de 400m suivant la direction et de 230m suivant le pendage

Quartier Lakhdar:

Gisement Lakhdar Niveau 1452 m :

Le corps minier de Lakhdar N°1452 mis à découvert par la galerie 1452m se présente sous forme d'un faisceau de 1200m de longueur et de 40m de largeur. Le grand Axe du corps est allongé dans la direction latitudinale dans la galerie longitudinale et les recoupes, les contacts de 50° à 70° en direction Sud-Est.

La baryte, de minéralisation polymétallique est développée dans les dépôts du Lias Moyen, supérieur et Jurassique Inférieur.

Le gisement est constitué de la baryte grise composé de galène mince (PbS). Il se présente sous forme d'amas d'une structure très irrégulière, dont une base de 350m² au niveau 1475m. Au niveau 1485m, le corps est d'une section de 650m².

Le corps de baryte est exploité entre les niveaux 1426m et 1485m. Cependant avant l'exploitation de la partie supérieure au niveau 1485m, le corps présentait une gangue argileuse plus ou moins importante. La teneur moyenne du minerai est de 76%.

Gisement Lakhdar Niveau 1497m :

Ce corps sous forme d'un filon affleure au jour entre les côtes 1520m et 1550m sur une longueur de 261m selon une direction N70°, ce filon est d'une puissance moyenne de 85,79% BaSO₄ et a une teneur moyenne de 25% à 35% vers le Sud. Le filon se trouve encaissant dans les calcaires du Lias moyen-supérieur. La partie supérieure du filon entre le niveau 1518m jusqu'à la surface a été épuisée et la partie Inférieure entre les niveaux 1497m et 1518m est en cours d'exploitation.

Gisement Lakhdar Niveau 1550 :

Ce corps de niveau se présente sous forme d'une structure très irrégulière. Le corps est localisé entre les niveaux 1530m et 1580m. Au niveau 1556m, il est d'une section de 150m². Le minerai très dense (4,3) est contenu dans une gangue argileuse d'une fréquence très

irrégulière. L'encaissant est formé par les calcaires du Lias Moyen et Supérieur. La teneur moyenne du minerai est de 60%.

Le corps du minerai se présente sous forme :

D'amas (structure très irrégulière): aux Niveaux 1330m, 1452m et 1550m.

De filon : aux niveaux 1497m et 1620m.

Quartier Nord:

Il s'agit d'une structure filonienne mise en place dans un accident cassant de direction sub-latitudinale (112-192°) et à pendage de 70-75° vers le N-NE. La minéralisation est reconnue en surface sur une longueur de 300 m environ. Elle est encaissée dans les dolomies du Lias inférieur, au voisinage du contact avec les schistes argileux de l'Albo-Aptien.

L'épaisseur varie de 0,4 - 0,6 à 9-10 m et fait en moyenne 1,5 -1,6 m. La teneur moyenne en BaSO₄ est de 70 %.Le filon Nord est ouvert sur trois niveaux, niveaux 1200 m, niveau 1150 m et le niveau 1115 m, les niveaux 1200 m et 1150 m ont fait l'objet de l'exploitation durant les années précédentes. Ces deux niveaux ont subi au début de l'année 2009 des affaissements et des fissurations naturelles aux alentours des entrées des galeries des niveaux et aux niveaux des pistes d'accès.Cette Calamité naturelle a influé négativement sur le déroulement de l'exploitation durant toute l'année 2009 et au début de l'année 2010.

6- Les réserves géologiques : [20]

Pour le quartier de Sidi Belabbes :

- Exploité par la méthode des chambres magasins, les réserves géologiques sont épuisées à la fin de l'année 2011.
- Les réserves géologiques clôturées au 31/12/12 des niveaux 1225m, 1175m et 1125m sont des réserves géologiques qui ne répondent pas aux exigences techniques d'exploitation (faibles épaisseur, faibles teneur et des réserves de stots de sécurité), ces réserves sont inexploitable.

Tableau III.2 : Réserves géologique de la baryte des trois quartiers jusqu'au 31/12/12

Quartier	catégorie	Réserves par catégorie (Tonnes)	Réserves totales (Tonnes)
Sid Belabbes	B	32 793	32 793
	C1	0	
	C2	0	
Lakhdar	B	59 719	286 716
	C1	226 997	
	C2	0	
Nord	B	27 151	260 579
	C1	233 428	
	C2	0	
Totale mine	B	119 663	580 088
	C1	460 425	
	C2	0	

7- Les réserves exploitables :**Tableau III.3 : réserves exploitables de Baryte des trois quartiers jusqu'au 31/12/12**

Quartier	catégorie	Réserves par catégorie (Tonnes)	Réserves totales (Tonnes)
Sid Belabbes	B	0	0 (gisement épuisé)
	C1	0	
	C2	0	
Lakhdar	B	40 600	210 029
	C1	169 429	
	C2	0	
Nord	B	20 030	200 154
	C1	180 124	
	C2	0	
Totale mine	B	60 630	410 183
	C1	349 553	
	C2	0	

Tableau III.4 : Paramètres prévisionnels et réalisés de l'extraction de la baryte jusqu'au 31/12/12

Principaux paramètres	Objectif 2011	Prévision au 31/08/11	Réalisation au 31/08/11	%	Clôture exercice 2011	%	Objectif 2012	%
Extraction (T)	55 268	36 622	30 000	81,9	47 881	86,6	60 000	90,5
Densité (T)	3,75	3,75	3,71	98,9	3,73	99,3	3,71	98,9
Teneur en BaSO ₄ (%)	67,19	67,11	66,15	98,6	66,5	99,0	65,54	97,5

8- Exploitation du gisement de baryte dans les différents quartiers :

8.1. Mode d'ouverture :

Dans le cas d'un relief à flanc de coteau, on emploie le mode d'ouverture par galerie au jour qui est au même temps un accès au gisement et un chemin pour l'évacuation du tout-venant.

L'**aération** du chantier se fait d'une **manière naturelle** selon les principes de pression et de dépression.

Les infiltrations **des eaux de pluie souterraine** ne posent pas de problème, **l'évacuation se fait par drainage naturel**.

Parmi les paramètres essentiels qui interviennent lors du choix du cheminement et l'ouverture des travaux d'exploitation :

- ✓ Pendage du gisement.
- ✓ La morphologie du gisement et les caractéristiques physico-mécaniques du minerai et des encaissants.
- ✓ Pertes et dilution minimums.
- ✓ Volume minimum des ouvrages préparatoires par 1000 tonnes.
- ✓ Prix de revient minimum pour le maximum de rendement des travaux.
- ✓ Sécurité du personnel et du matériel.

8.2. Les méthodes d'exploitation :

En tenant compte de ces paramètres, les quartiers de la mine de baryte de Bou-Caid répondent aux méthodes d'exploitation suivantes :

⇒ **Exploitation par Chambres et Piliers :**

L'Exploitation par Chambres et Piliers en gisement penté concerne les gisements tabulaires à pendage compris entre 15 et 30°.

Les méthodes d'exploitation traditionnelles des gisements pentés reposent sur le travail manuel. Les mineurs forent les trous de mines avec des perforatrices à mains, et les matériaux abattus sont déblayés par des racleurs.

Le travail de ce type de chantier est difficile. Les mineurs doivent escalader les tas de matériaux abattus en portant une perforatrice, les câbles et les poulies du racleur. En plus des risques d'accidents et des chutes de blocs, ils sont exposés aux bruits, aux poussières, à un *aéragé parfois difficiles* (cas du quartier Lakhdar niveau 1330m) à cause des dégagements des gaz et à la chaleur.

L'exploitation commence par le traçage de chambres horizontales, à partir d'une galerie servant à la fois d'accès et de roulage (galerie principale). Le premier étage horizontal suit le toit, l'étage suivant est tracé un peu plus bas dans la même direction et ainsi de suite en descendant de façon à obtenir un découpage en gradins.

Des piliers de minerai sont laissés en place pour supporter le toit. Après avoir tracé complètement deux ou trois chambres contigües, on passe à l'étage inférieur, en laissant un long pilier de minerai. Des parties de ce pilier peuvent être récupérées ultérieurement, en pratiquant des recoupes et des refentes depuis le chantier situé au-dessous.

Cette Méthode est appliquée au Niveau 1497m du Gisement Lakhdar.

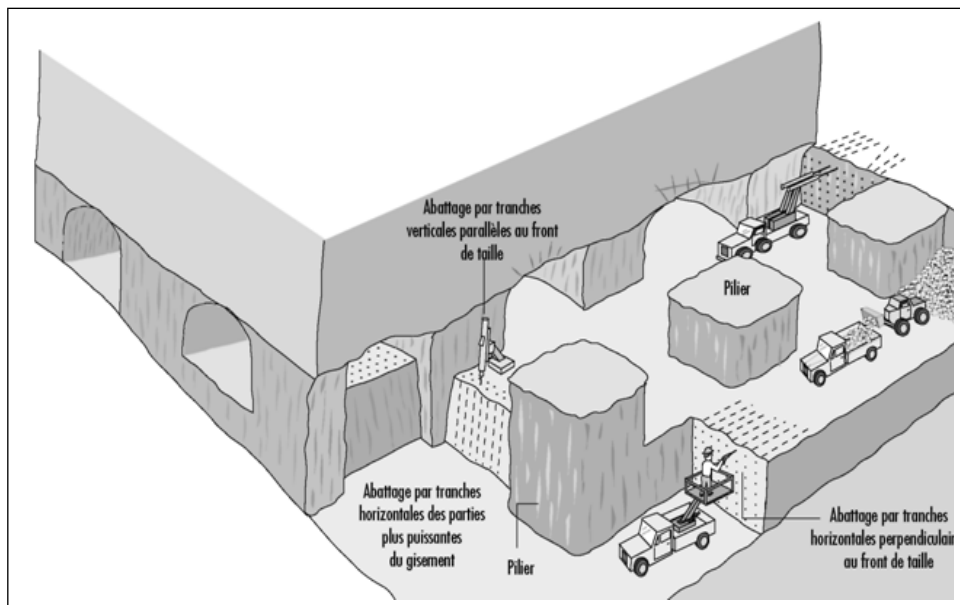


Figure III.5 : schéma explicatif de la méthode des chambres et piliers (*Hans Hamrin*)

⇒ **Exploitation par Chambres Magasins :**

Est une méthode d'exploitation classique, sans doute la plus répandue durant la majeure partie du siècle dernier. Elle a été généralement remplacée depuis par des méthodes mécaniques, mais elle se pratique encore dans de nombreuses exploitation de petites taille dans le monde.

La méthode s'applique aux gisements de forme régulière et fortement pentés inclus dans un massif rocheux. Elle ne peut être utilisée que si le minerai n'est pas de nature à s'altérer lorsqu'il est laissé en place après l'abattage.

Elle est caractérisée par le déblocage par gravité, les matériaux abattus tombant directement dans des berlines sur rail via des trémies, ce qui est traditionnellement la tâche la plus répandue et la plus fastidieuse du travail de mineur.

Dans l'exploitation par chambre magasin, le minerai est enlevé par tranches horizontales en partant du bas.

La plus grande partie des matériaux abattus est provisoirement laissé en place utilisée comme plancher de travail pour la préparation de la volée suivante ou comme soutènement provisoire des parements.

Comme la fragmentation augmente, le volume de la roche d'environ 60%, quelques 40% des matériaux abattus sont soutirés au fur et à mesure par la voie de base afin de laisser un espace de travail suffisant entre le minerai abattu et le front de taille. Le reste est soutiré après l'abattage de la dernière tranche. Cette Méthode est appliquée au Niveau 1550m du Gisement Lakhdar.

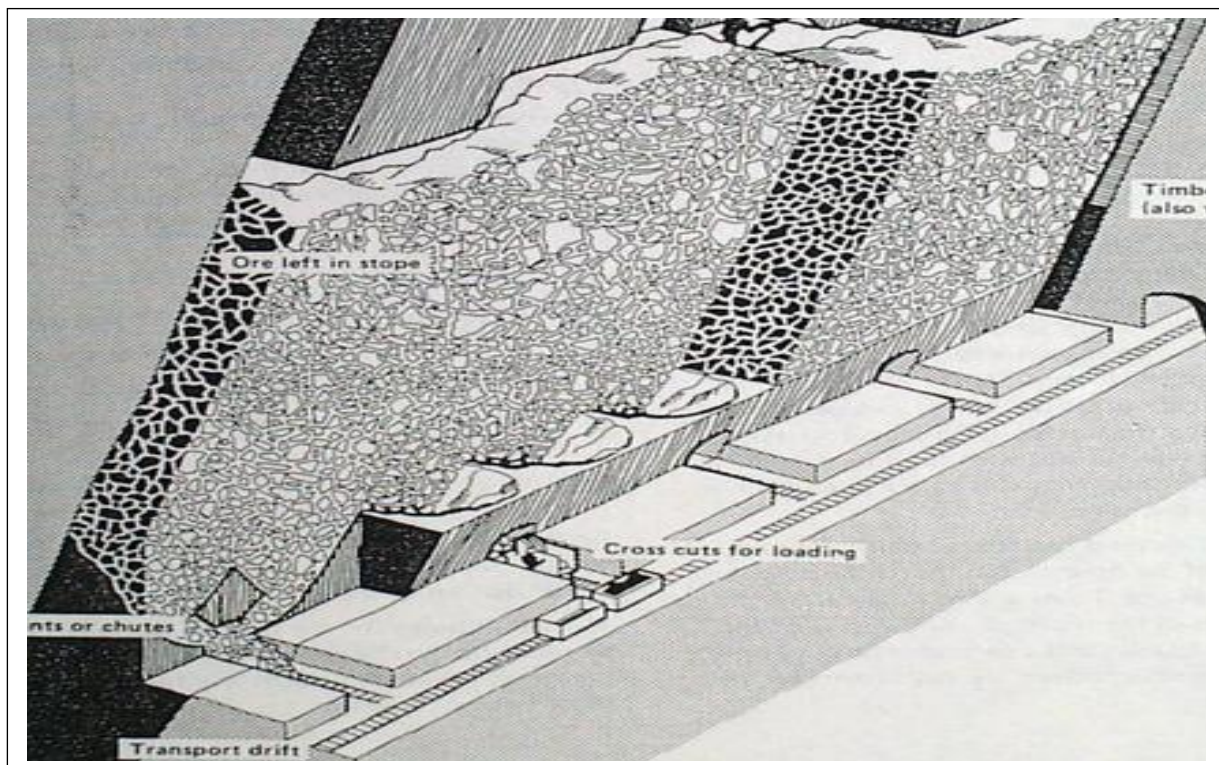


Figure III.6 : schéma explicatif de la méthode des chambres magasins(*Hans Hamrin*)

⇒ *Exploitation par Sous niveaux Abattus:*

Les gisements de Lakhdar du niveaux 1330m est exploité par cette méthode, qui consiste au creusement des trémies de soutirage au niveau de la voie de roulage, ensuite le creusement des sous niveaux du bas vers le haut et des recoupes pour le traçage et le découpage et enfin par blocs pour récupérer le reste du gisement.

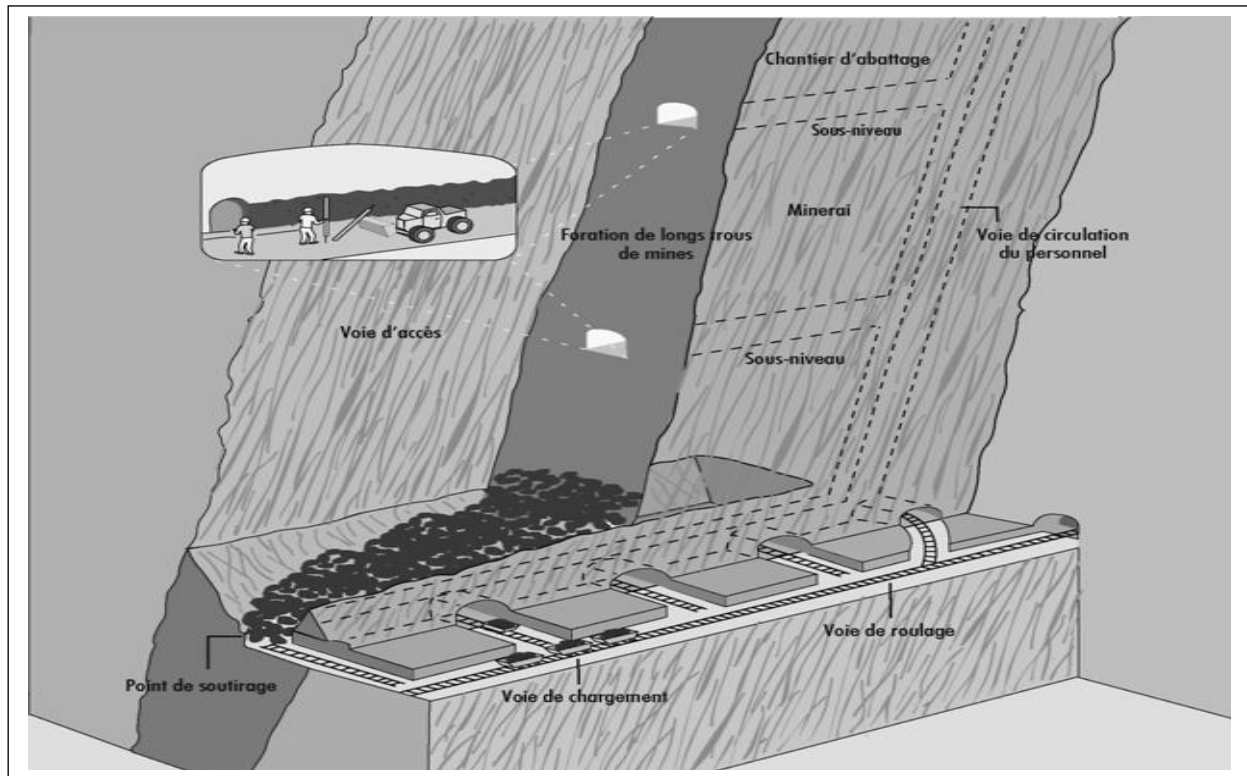


Figure III.8 : schéma explicatif de la méthode des sous niveaux abattus (*Hans Hamrin*)

8.3. Creusement des ouvrages miniers :

Les galeries et les recoupes ainsi que les cheminées représentent les travaux de creusement des ouvrages miniers (a). Les galeries et les recoupes ont une section de forme de cloche, par contre, les cheminées ont une structure de forme carrée. Les surfaces des sections transversales de ces ouvrages sont :

- ❖ Section d'une galerie $\cong 7.5 \text{ m}^2$.
- ❖ Section d'une recoupe ou d'une chambre $\cong 4 \text{ m}^2$.
- ❖ Section d'une cheminée de passage ou de recherche $\cong 2.25 \text{ m}^2$.

Le creusement des ouvrages miniers commence par la foration des trous de mines à l'aide des marteaux perforateurs montés sur des poussoirs pneumatiques (à l'air comprimé) individuels, ces trous forés ont environ 0.8 m à 2.4 m de longueur (b) selon la nature de l'ouvrage où on a :

- De 0.8 m à 1.2 m pour les cheminées de passages et de recherches.
- De 1.6 m à 1.8 m pour les galeries.
- Le diamètre des trous de mine (c) est d'environ 38 mm, celui de la cartouche de gélanite II est de 30 mm (un espace libre entre la cartouche et les parois intérieures de trou pour éviter tout frottement qui peut provoquer l'explosion de la gélanite II). On peut déterminer le nombre des trous de mines selon leurs sections où on a de 15 à 18 trous de mine pour une section de 5 m².
- 12 à 17 trous de mine pour les galeries
- 10 à 14 trous de mine pour les recoupes et les chambres.
- 5 à 9 trous de mine pour les cheminées de passage et de recherche.

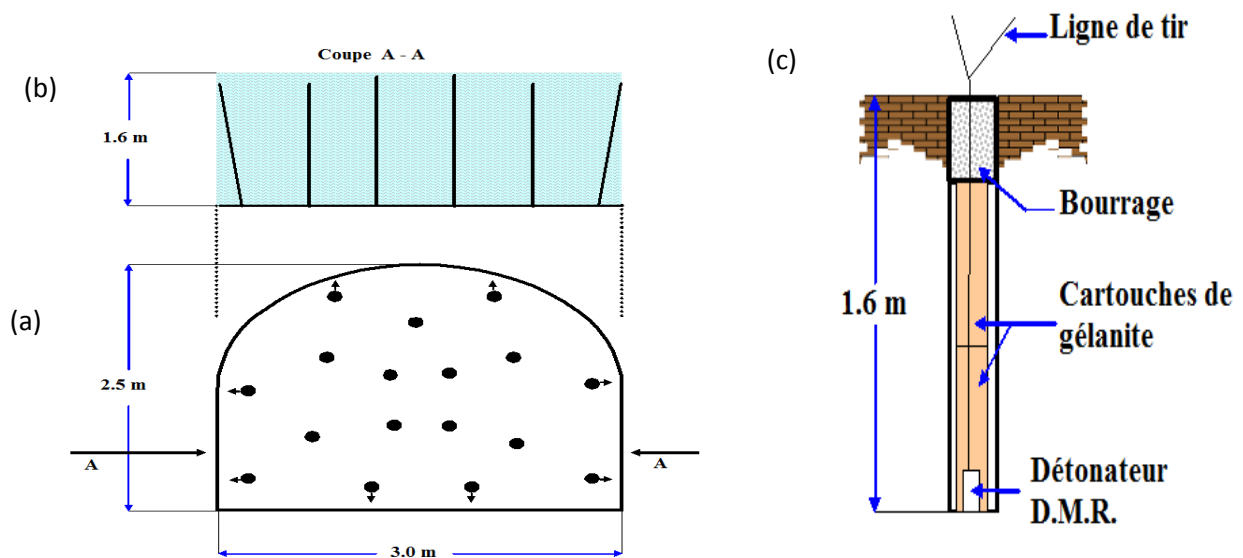
L'opération de foration prend un temps d'environ de 3 heures.

Après laforation des trous de mine, selon les paramètres précédents, il vient le choix d'explosif (selon la dureté de la roche), en général, l'explosif utilisé est la gélanite II. Ils utilisent en général des détonateurs à micro-retard (DMR), déclenchés par la même impulsion électrique, les mines sont disposées de façon que la zone centrale (bouchon) abattue en premier. Le tir se fait dans la dernière heure du travail en termes de sécurité (éviter les gaz, chute des blocs ... etc.).

Dans la mine de Bou-Caid on profite de l'aérage naturel assuré par un système ouvert au jour. Ce système ouvert se traduit d'une part par la connexion entre les différents niveaux qui se terminent par une ouverture au jour et d'une autre part par les fissures engendrées par les failles qui ont affecté l'endroit (cas du quartier Lakhdar).

L'organisation des travaux consiste à la réalisation d'un cycle complet durant chaque poste, les travaux de recherche et les travaux préparatoires contiennent: *purgeage, foration, chargement, tir, évacuation des déblais et boisage en cas de nécessité.*

Si on présente les plans de foration et de tir utilisés à Bou-Caid on aura les schémas suivants :



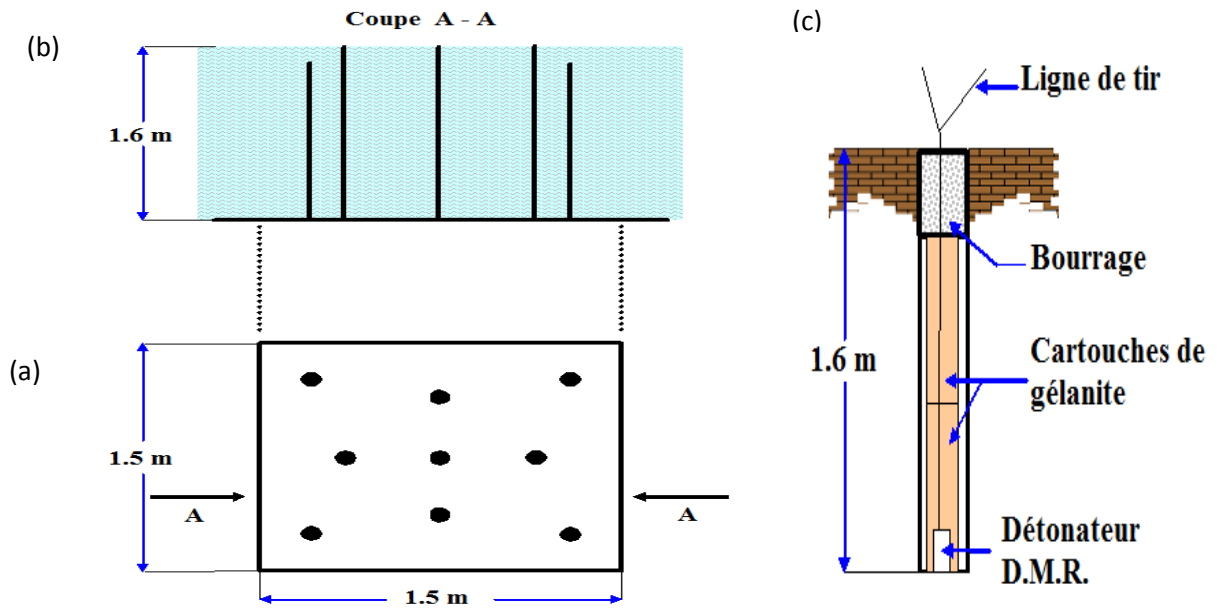


Figure III.9 : schéma du plan de tir d'une cheminée de passage et de recherche

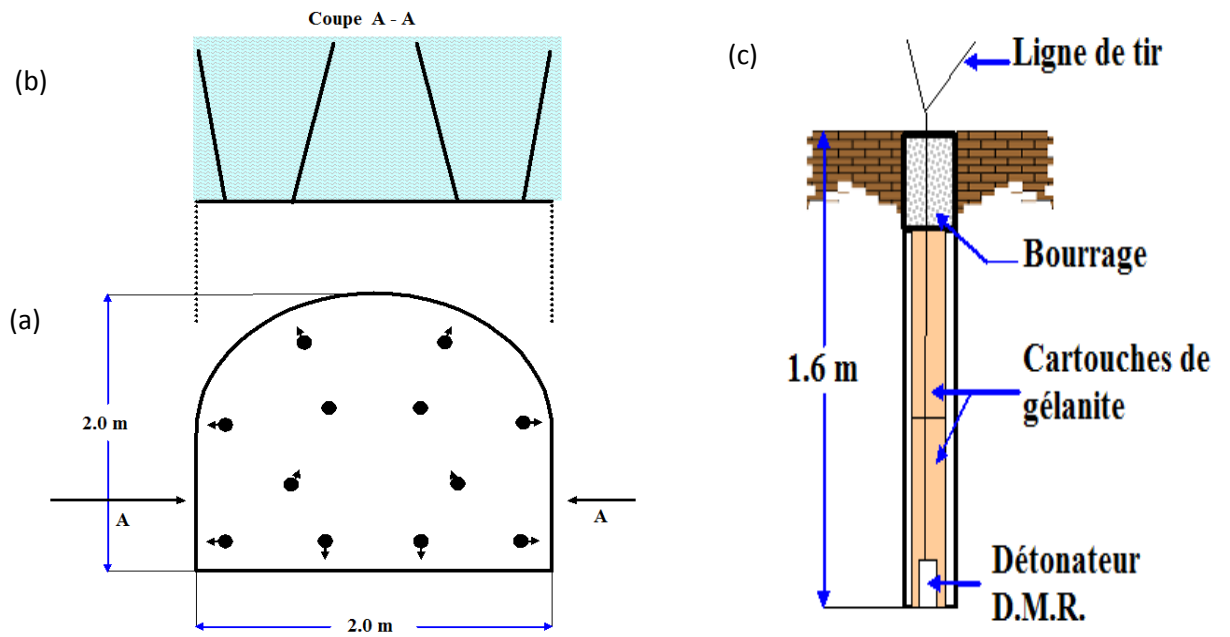


Figure III.10 : schéma du plan de tir d'une recoupe

8.4. Caractéristique de l'explosif de chaque ouvrage:

L'explosif utilisé est la gélanite II, les avantages de son utilisation sont :

- Résistance élevée à l'humidité ;
- Puissante pour abattre la dureté du calcaire ;
- Moins de dégagement de gaz par rapport à d'autres substances d'explosives (pour le problème d'aérage).

Tableau III.5 : caractéristiques de l'explosif.

explosif	Densité	Vitesse de détonation m/s	Volume de gaz dégagé L/kg
Gélanite II	1,45	6000	808

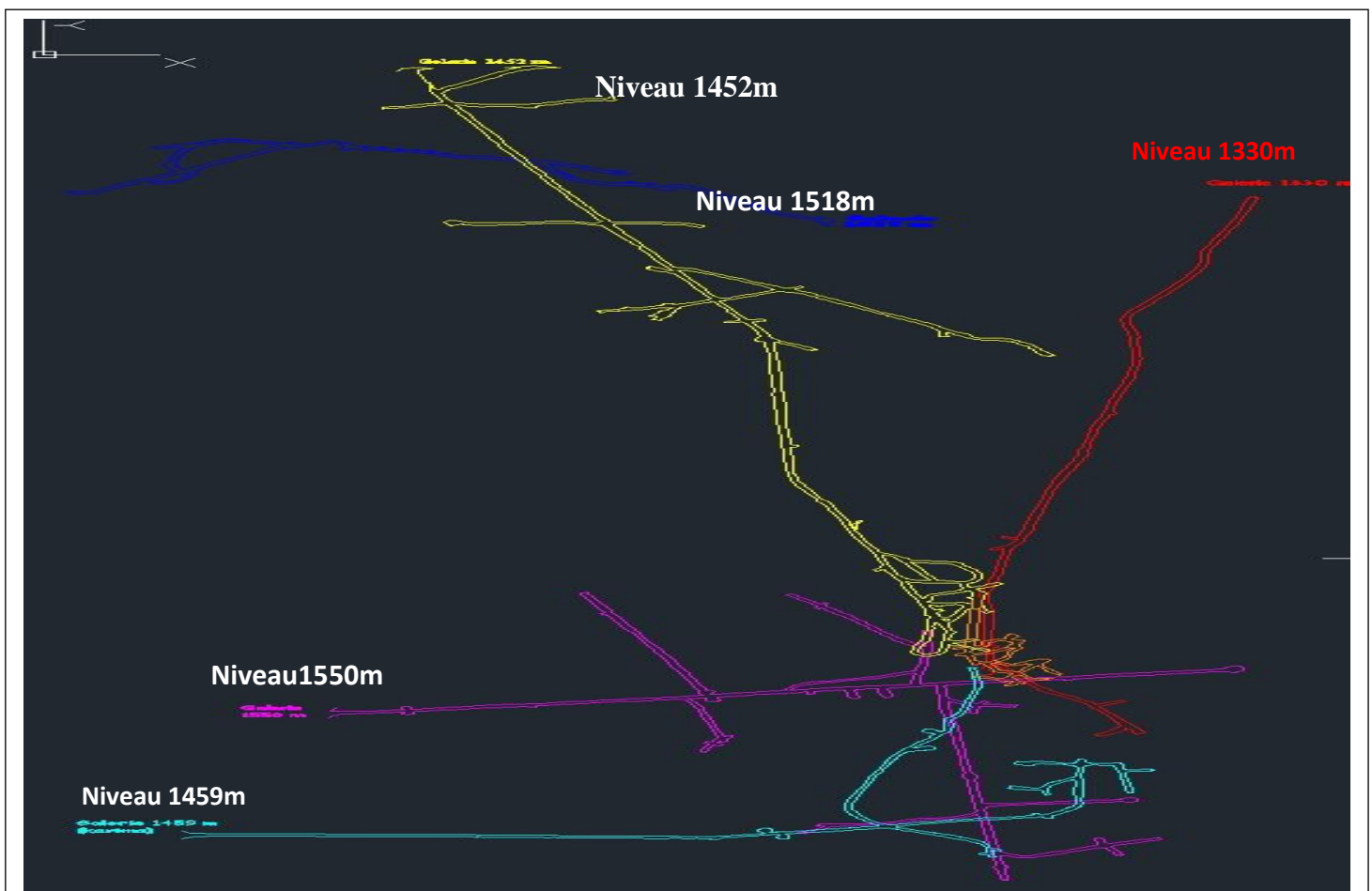


Figure III.11: Plan topographique de l'ensemble du quartier Lakhdar fait avec AutoCad.

8.5. Les engins de la mine de Bou-Caid et leur capacité du moteur:

Chaque niveau de chaque quartier de la mine souterraine dispose d'engins, leurs types, leur nombre ainsi que leurs capacités de moteur sont cités dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.6 : les engins et la capacité de leurs moteurs

Gisement	niveaux	Matériels	Type	nombre	lieu	Capacité de moteur (kw)
LAKHDAR	1330 m	compresseur	atlas copco	1	au jour	315
		Locotracteur	électrique	2	galerie	5,5
		chargeuse sur rail	EMCO	1	galerie	/
		Marteaux perforateur T18 - T21 -T23	montabert	4	3-chambre 1-cheminée	/
		treuil	Sama	1	chambre	/
		wagonnet	*	4	galerie	/
	1550 m	compresseur	SPIROS	1	au jour	160
		Locotracteur	Zitron	1	galerie	17,7
		chargeuse sur rail	Emco	1	galerie	/
		Marteaux perforateur	montabert	2	chambre	/
		treuil	Sama	1	chambre	/
		wagonnet	*	5	galerie	/
SIDI BELABBES	1125 m	compresseur	Ingersollrand	1	au jour	230
		Locotracteur	électrique	1	galerie	5,5
		chargeuse sur rail	EMCO	1	galerie	/
		Marteaux perforateur	montabert	1	1-galerie	/
		wagonnet	*	5	galerie	/
NORD	1116 m	compresseur	Ingersollrand	0	au jour	230
		Locotracteur	Zitron	1	galerie	17,7
		chargeuse sur rail	EMCO	1	galerie	/
		Marteaux perforateur	montabert	1	1-galerie	/
		wagonnet	*	4	galerie	/
	1200 m	compresseur	Ingersollrand	0	au jour	230
		Locotracteur	Zitron	1	galerie	17,7
		chargeuse sur rail	EMCO	2	galerie	/
		Marteaux perforateur	montabert	2	2-chambre	/
		wagonnet	*	5	galerie	/

9- Les facteurs de pollution de l'air de la mine de Boucaid :

- ✓ L'inexistence de cheminées d'aération (cas du niveau 1330m) ;
- ✓ L'air n'arrive pas jusqu'au fond de la taille à cause de la longueur de la galerie (cas du niveau 1330m) ;
- ✓ L'aérage est difficile lors de la foration des trous de mines parce qu'elle se fait à sec;
- ✓ Lors du chargement des wagonnettes, l'air est chargé de poussière et il crée un bouchon en cul-de-sac;
- ✓ Les chargeuses à diesel contamine l'air par le dioxyde de carbone ;
- ✓ L'abattage à l'explosif contamine l'air par des gaz toxiques (NOx...).

10- Organisation du travail:

Pour assurer le bon fonctionnement de la mine, le personnel est réparti en équipes postés en 2 fois 7 h:

- Deux équipes de sondeurs et mineurs pour la foration des trous de mines et préparation du tir de mine à l'explosif ;
- Deux équipes constituées de conducteurs d'engins pour assurer, l'abattage, le chargement et le transport de baryte ainsi que le stérile et cela pour chaque quartier du champ minier et du personnel qui assure la marche des ateliers de concassage.
- L'entretien et la réparation du matériel roulant ainsi que la maintenance des ateliers de concassage (baryte) sont assurés par le département de maintenance de l'usine.

L'organisation du travail à Bou-Caid se fait selon le cyclogramme suivant : **(cf. tableau III.7 et cf. tableau III.8)**

Tableau III.7 : cyclo gramme des travaux de recherche et préparatoires

Tache	Volume des travaux	Unités	Temps mn	7h30	à	8h	8h à 9h	9h à 10h	à	10h	à	11h	à	11h	à	12h	à	12h	à	13h	à	13h	à	14h	à	14h	à	15h30
Préparation et entretien du matériel de travail																												
Boisage et installation des échelles																												
Purgeage et préparation du matériel																												
Foration																												
Repos																												
Chargement trous, connexion et tir																												
Préparation pour quitter le lieu du travail																												

Tableau III.8 : cyclo gramme des travaux d'abattage

Tache	Volume des travaux	Unités	Temps mn	7h30	à	8h	8h à 9h	9h à 10h	à	10h	à	11h	à	11h	à	12h	à	12h	à	13h	à	13h	à	14h	à	14h	à	15h30
Préparation																												
Boisage, graissage du matériel de forage																												
Purger les fronts de taille et nivellement du sol de travail																												
Foration																												
Repos																												
Chargement, connexion et tir																												
Préparation pour quitter le lieu du travail																												

On remarque que toutes les tâches ne se font pas en continu, elles se font de manière successive. Sauf pour les travaux de boisage, installation des échelles et purgeage, préparation du matériel se font en parallèle et que ces derniers terminent en retard d'une heure dans les travaux de recherche et préparatoires et l'inverse dans les travaux d'abattage.

11-Conclusion :

Le gisement de baryte est important et est en mesure de fournir de la baryte de bonne qualité pour les besoins des entreprises pétrolières pour la fabrication de la boue de forage et d'autres utilisations comme la peinture. L'unité assure une production annuelle de 800 000 tonnes.

On constate que la mine souterraine de BouCaid extrait la baryte de bonne qualité et de teneur très élevée et est différente d'un quartier à l'autre.

La baryte se présente sous forme d'amas dans le gisement Lakhdar aux niveaux 1330m, 1452 m et 1550m ; sous forme filonienne dans le gisement Lakhdar aux niveaux 1497m et 1620m aux niveaux 1200m, 1150m et 1050m du gisement nord et aussi pour le quartier de Sidi Bel Abbas (épuisé).

Le quartier Sid Bel Abbas et le quartier Nord ne présentent pas de problème d'aérage que ce soit au jour ou au niveau de l'abattage. Par contre, le quartier Lakhdar, et plus précisément le niveau 1330m l'aérage reste insuffisant vu la longueur de la galerie au jour, le manque de puits d'aérage, l'inexistence de connexion entre les niveaux du même quartier et surtout au niveau de la chambre d'abattage qui reste le point le plus critique.

Le chapitre suivant, traite l'étude de l'aérage du quartier Lakhdar en utilisant des formules pour le calcul du débit nécessaire et cela après le calcul de l'aérage naturel, proposer ensuite un circuit d'aérage le plus approprié et à la fois réalisable.

Chapitre IV :

Etude et analyse de l'aérage du Quartier Lakhdar

Résumé :

Le présent chapitre traite l'étude de l'aérage de la mine souterraine de Bou-Caid au quartier Lakhdar en utilisant des formules pour le calcul du débit d'air nécessaire et comparer avec celui de l'aérage naturel par d'autres formules. Proposer par la suite un circuit d'aérage pour l'ensemble du quartier.

1- Introduction :

L'aéragé de la mine souterraine de Bou-Caid se fait naturellement et sans aucune ventilation secondaire. Le calcul de l'aéragé de la mine souterraine revient à calculer d'abord le débit ainsi que la dépression naturellement par des formules nécessaires et après, pour la conception d'un projet d'aéragé on détermine les débits dans les branches, les résistances du circuit, l'orifice équivalent pour valoriser l'aéragé et proposer un ventilateur ou plusieurs si nécessaire une fois que la dépression a été calculée.

2- Notions de base :

2.1. Besoin en air :

L'air pur contient 21% d'Oxygène et 79% d'Azote. L'atmosphère d'une mine est sensiblement différente. Sa teneur en Oxygène est comprise entre 20 et 21%. Il ne faut pas descendre en dessous de 20% car, il résulterait une gêne pour les travailleurs.

Généralement dans les mines, on s'efforce à avoir 20,5% d'oxygène dans les retours d'air principaux. La pollution de l'air des mines provient de :

-La respiration de l'homme : Un homme au repos consomme 7 litres/minute d'air, 25 litres/minutes au travail et peut atteindre 40 litres/minutes pour de gros efforts. L'homme rejette 17% d'oxygène et 4% de CO₂ ;

-L'oxydation des massifs (Charbon, pyrite etc...) ;

-La putréfaction des bois ;

-Les fumées des tirs et des engins fonctionnant au diesel ;

Pour tenir compte de tous ces facteurs, il est nécessaire d'assurer un débit d'air pur de 3m³/minute/homme. C'est la norme imposée par le règlement algérien.

2.2. Autres conditions de l'aéragé :

Un bon aéragé ne se résume pas uniquement à assurer un débit. Il faut en outre prendre en compte la teneur en différents gaz Selon la norme algérienne imposée par le ministère de l'énergie et des mines :

2.2.1 La teneur en gaz toxiques :

-L'oxyde d'Azote (NO) : avec l'oxygène de l'air, NO se transforme en dioxyde d'azote (NO₂) qui est très toxique. Il irrite les voies respiratoires à partir de 0,01% et amène la mort en une ½ heure entre 0,03% et 0,05%.

-L'hydrogène sulfuré : il provoque la mort instantanée à partir de 0,08%.

-L'oxyde de carbone : la limite réglementaire est de 5/1000^e et dans les voies où circulent les locos diesel à 0,002%. Mais en réalité, le CO commence à être nocive à partir de 0,02% en

provoquant des maux de tête. A partir de 0,1% il provoque des syncopes en quelques heures et devient mortel à partir de 0,2%.

2.2.2 La température :

Il est souhaitable de travailler dans une température de 25° humide. En mine profonde (800mètres et plus) cette limite conduit à des masses d'air importantes d'où la nécessité de passer à la réfrigération de l'air. La mine de Bou-Caid est très humide et comme l'aéragé est naturel, la température change avec la température extérieure.

2.2.3 La vitesse de l'air :

La vitesse de l'air maximale est de 8m/s. Généralement, la vitesse utilisée est de :

- 5 à 6 m/s dans les puits ;
- 4m/s dans les travers bancs principaux ;
- 3m/s dans les quartiers.

A l'aide d'un anémomètre (du département Génie Minier de l'école Nationale Polytechnique), j'ai pris des mesures de la vitesse de l'air à différents points dans les deux galeries principales du quartier Lakhdar des niveaux 1330m et 1550m. Les mesures sont dans les deux tableaux Tableau IV.1 et Tableau IV.2 ci-dessous :

Tableau IV.1 : vitesse de l'air prise avec un anémomètre dans la galerie principale du niveau1330m

Points	Longueur à partir de l'entrée (m)	Vitesse de l'air (m/s)	Moyenne de la vitesse (m/s)
A	0 (l'entrée)	Bas : 0,7	0,96
		Milieu : 1	
		Haut : 1,2	
B	10,80 (maçonnerie)	Bas : 0,8	1,2
		milieu : 1,3	
		Haut : 1,5	
C	100	Bas : 1,6	1,16
		Milieu : 1,3	
		Haut : 0,6	
D	200 (large faille)	Bas : 0,3	0,83
		Milieu : 0,3	
		Haut : 0,4	
E	343,4	Bas : 0,6	0,33
		Milieu : 1,1	
		Haut : 0,8	
F (F1, F2, F3, F4)	> 400	Bas : 0,0	0,00
		Milieu : 0,0	
		Haut : 0,0	

Tableau IV.2 : vitesse de l'air prise avec un anémomètre dans la galerie principale du niveau 1550m

Points	Longueur (m)	Vitesse de l'air (m/s)	Moyenne de la vitesse (m/s)
O	0 (l'entrée)	Bas : 0,7	0,63
		Milieu : 0,6	
		Haut : 0,6	
P	Portail d'entrée (12,5m de l'entrée)	Bas : 1,3	1,2
		Milieu : 1,2	
		Haut : 1,1	
Q	Entre l'entrée et 100m, soutènement en bois de longueur 7m	Bas : 1,0	0,86
		Milieu : 0,6	
		Haut : 1,0	
R	déviation	Bas : 0,3	0,93
		Milieu : 1,2	
		Haut : 1,3	
S	>100m	Bas : 0,3	0,00
		Milieu : 1,2	
		Haut : 1,3	

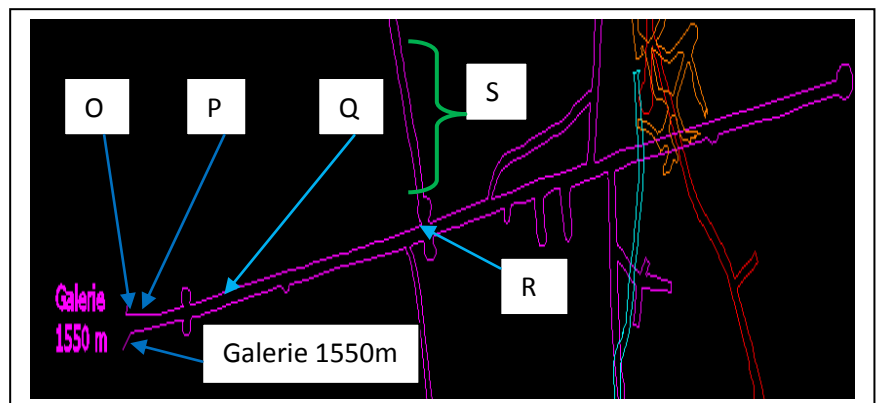
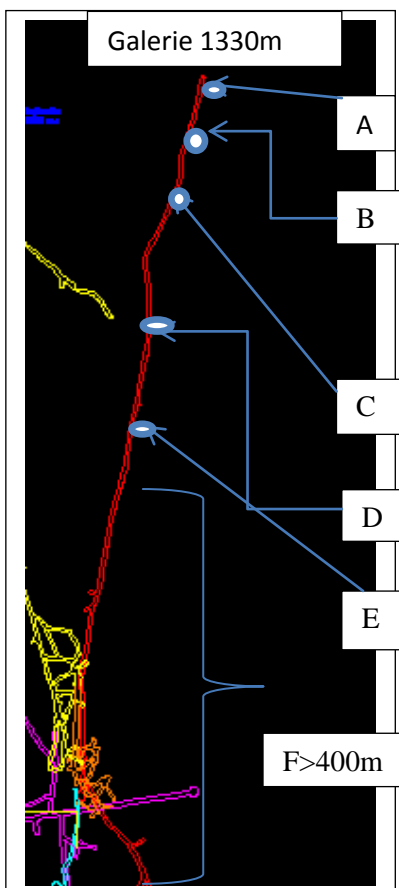


Figure IV.1: Schéma montrant les points des vitesses de l'air prisent avec un anémomètre dans la galerie principale des niveaux 1330m et 1550m de gauche à droite avec AutoCad

Voici, les deux tableaux (tableau IV.3 et tableau IV.4) ci-dessous pour le calcul des débits d'air frais à partir des vitesses mesurées par l'anémomètre :

Tableau IV.3: Débits d'air frais calculés à partir des vitesses prises avec l'anémomètre au niveau de la galerie du niveau 1330m (section de l'ouvrage $S = 4,19\text{m}^2$)

Points	Longueur (m)	Moyenne de la vitesse (m/s)	Débit d'air frais (m^3/s)
A	0 (l'entrée)	0,96	4,02
B	10,80 (maçonnerie)	1,2	5,03
C	100	1,16	4,86
D	200 (large faille)	0,83	3,48
E	343,4 (avant la faille)	0,33	1,38
F (F ₁ , F ₂ , F ₃ , F ₄)	400, 500, 600, 700 et 800	0,00	0,00

Tableau IV.4: Débits d'air frais calculés à partir des vitesses prises avec l'anémomètre au niveau de la galerie du niveau 1550m (section de l'ouvrage $S = 4,67\text{m}^2$)

Points	Longueur (m)	Moyenne de la vitesse (m/s)	Débit d'air frais (m^3/s)
O	0 (l'entrée)	0,63	2,94
P	Portail d'entrée (12,5m de l'entrée)	1,2	5,60
Q	Entre l'entrée et 100m, soutènement en bois de longueur 7m	0,86	4,01
R	Déviations à 100m	0,93	4,34
S	> 100m	0	0

2.2.3.1. Commentaire des mesures de vitesses effectuées :

Pour le tableau IV.1, on voit que :

-La vitesse de l'air diminue à partir de l'entrée de la galerie principale jusqu'à à peu près 350m, cela est dû à la présence de faille avant cette dernière et qui crée une légère dépression. Mais, juste après 350m aucun enregistrement de l'anémomètre, cela montre que la dépression est presque nulle ;

-Les vitesses de l'air sont inférieures à 2m/s, d'un côté l'anémomètre ne peut pas enregistrer des vitesses faibles de l'ordre de cm/s ou autre et d'un autre côté ça montre le manque du débit d'air ;

Et pour le tableau IV.2, on voit que :

-la vitesse de l'air augmente au niveau de la déviation, cela est dû également à la présence d'une faille et de quelques fissures après la déviation et qui crée une dépression assez forte (on le sent en étant sur place) ;

Dans chaque cas la faille existante (qui débouche au jour) constitue une sortie d'air et crée une dépression.

Au-delà des failles il n'y a plus de circulation d'air

2.2.3.2 Interprétation des tableaux :

-Généralement les vitesses de l'air sont inférieures à 3m/s, ce qui montre l'insuffisance de l'air frais au niveau des galeries principales.

-Selon l'article 4 de la loi minière Algérienne de 2001, ces galeries principales doivent être inaccessibles au personnel.

-Selon l'article 7, le présent article nécessite un système d'aéragé auxiliaire (secondaire) efficace et approprié pour les chantiers miniers souterrains qui se prolongent à plus de 50 mètres, et comme la galerie 1330m se prolongent jusqu'à 800m sans système d'aéragé secondaire, alors, la mine est en infraction.

-Et selon l'article 8, aucun système d'amenée d'air frais n'est placé, vue la longueur de la galerie surtout le niveau 1330m, la présence de deux cul-de-sac et même les chambres d'exploitation sont dépourvus d'aéragé direct.

-Manque d'appareils appropriés pour le contrôle régulier de la qualité d'air circulant dans les ouvrages miniers, l'article 3 exige cela.

Voici deux schémas représentatifs simplifié en vue de dessus des deux galeries principales du niveau 1330m et 1550m du quartier Lakhdar.

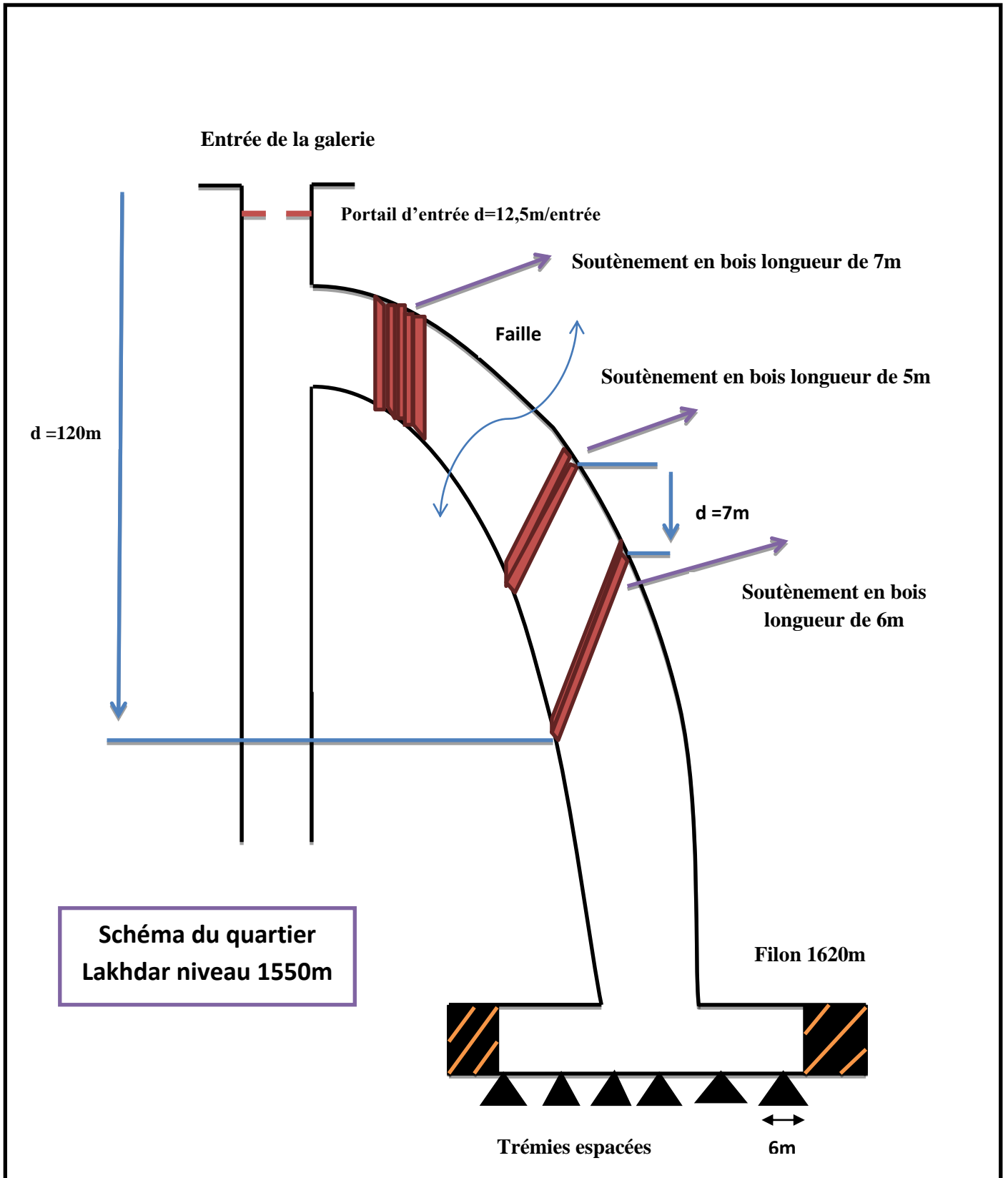


Figure IV.2 : Schéma simplifié en vue de dessus de la galerie Lakhdar niveau 1550m

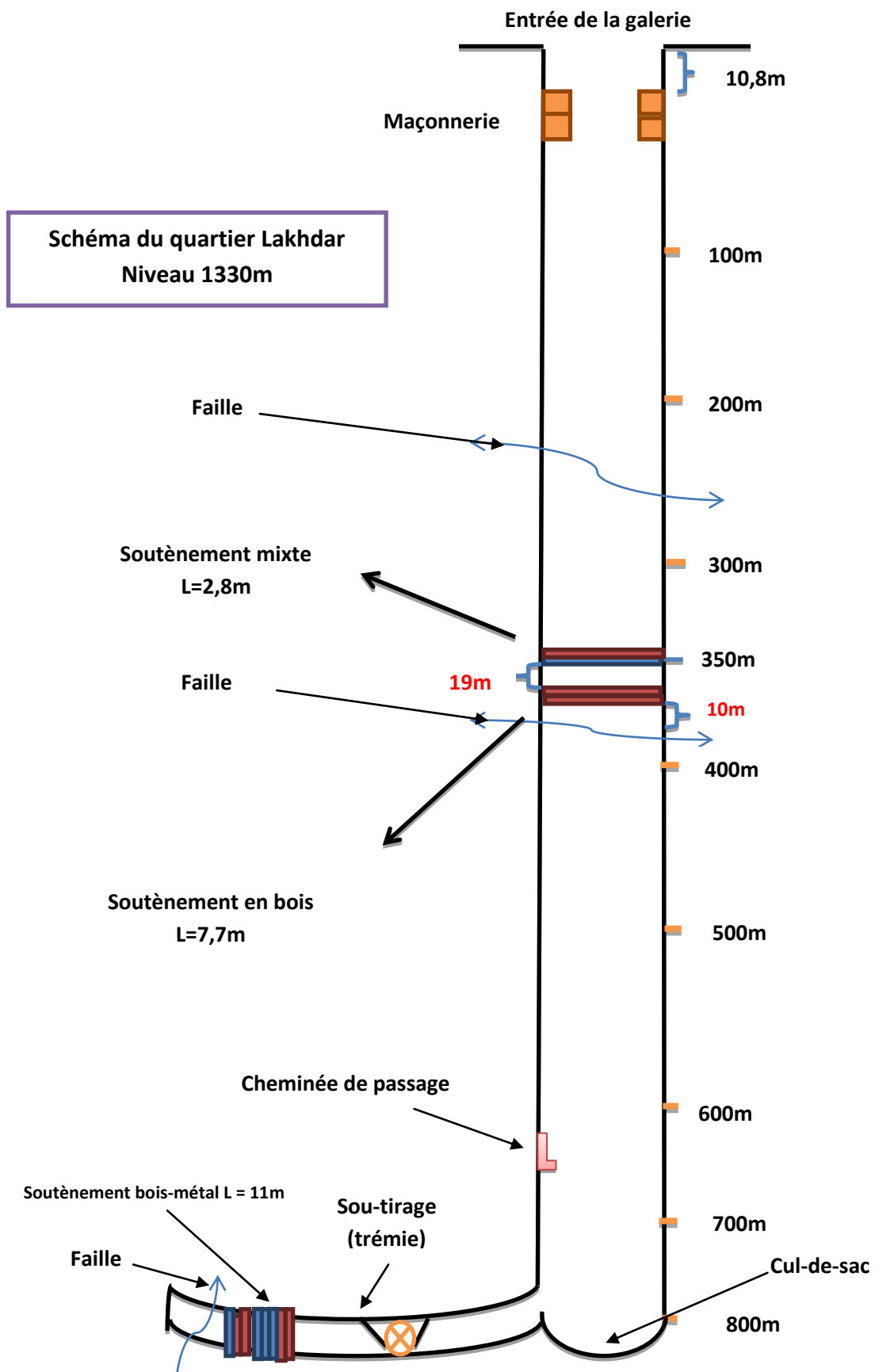


Figure IV.3 : Schéma simplifié en vue de dessus de la galerie Lakhdar niveau 1330m

3.1. Calcul d'aérage naturel :

L'air en se réchauffant voit sa densité diminuer. Il en résulte que le poids de la colonne d'air de même hauteur n'est pas le même dans les puits d'entrée d'air et de sortie, il y a donc une tendance naturelle à la circulation d'air. L'aérage au niveau de la mine de BouCaid, se fait de façon naturelle, mais, la circulation de l'air est limitée jusqu'au failles présentes aux niveaux des galeries au jour 1330m et 1550m (quartier Lakhdar concerné) et qui affleure en surface (au sommet de la montagne à 1620m).

On considère les failles comme un puits de sortie d'air (voir schéma ci-dessous), donc on peut utiliser la formule suivante qui a déjà été démontré dans le premier chapitre (voir page 30):

$$h = -0,00476 Y \times \Delta T = -0,00476 Y \times (T_S - T_E) \dots \dots (1)$$

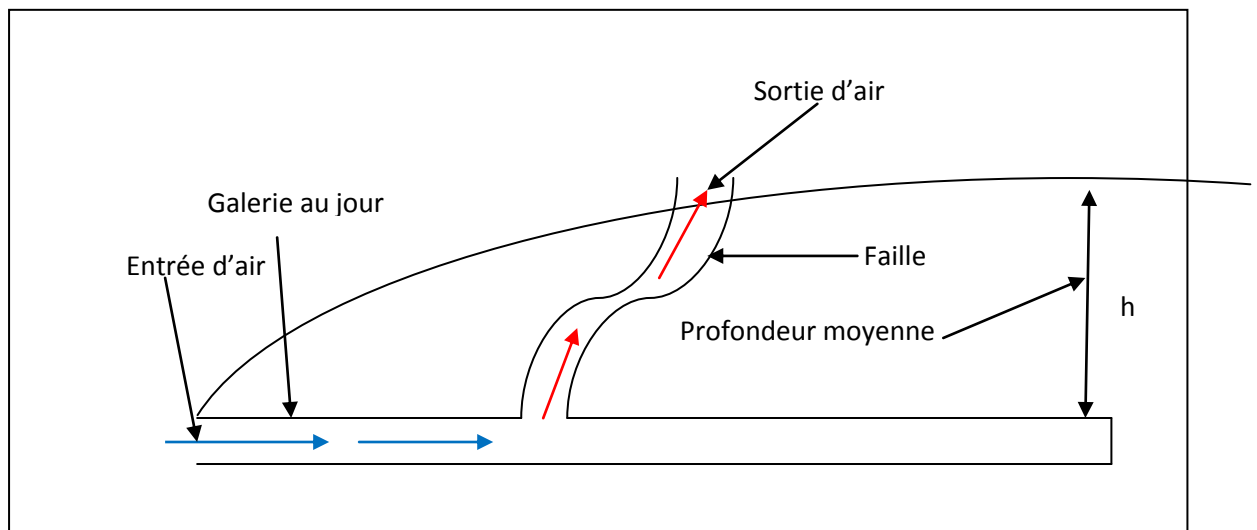


Figure IV.4 : Schéma montrant l'entrée d'air au niveau de la galerie au jour et sa sortie à travers la faille

Y : Profondeur moyenne de la mine ;

h : la dépression en mm d'eau ;

T_E : température d'entrée d'air ;

T_S : température de sortie d'air.

La période de mon stage a été en hiver, cela veut dire que les températures étaient basses vu que le climat à BouCaid est froid et pluvieux (elle varie même durant la journée) ; alors : les températures moyennes en cette saison sont de :

1mm d'eau = 9, 81 Pa

-Pour le niveau 1330m :

$$\left\{ \begin{array}{l} T_E = 10^\circ \\ T_S = 6^\circ \\ Y = 1620 - 1330 = 290\text{m} \end{array} \right.$$

Donc,

$$h = -0,00467 \times 290 \times (6^\circ - 10^\circ) = \underline{\underline{53, 17 \text{ mm d'eau}}}$$

-Pour le niveau 1550m :

$$\left\{ \begin{array}{l} T_E = 07^\circ \\ T_S = 06^\circ \\ Y = 1620 - 1550 = 70 \text{ m} \end{array} \right.$$

Donc,

$$h = -0,00467 \times 70 \times (06^\circ - 07^\circ) = \underline{\underline{3, 21 \text{ mm d'eau}}}$$

La dépression calculée, avant la faille bien qu'elle existe, mais, reste insuffisante, surtout que notre but est d'aérer tout le quartier et le plus important est d'amener l'air frais aux niveaux des chambres. Dans ces derniers, il existe quelques fissures qui contribuent à l'aérage, mais, ceci reste aléatoire et ne suis pas le règlement général de la ventilation des mines souterraines.

Après la faille, la dépression reste nulle puisqu'il n'y a pas de sortie d'air.

Au niveau de la galerie au jour 1330m de l'entrée jusqu'à 400m la dépression naturelle existe qui est de 53, 17 mm d'eau et au-delà, pas de dépression. Et au niveau de la galerie au jour 1550m, même cas, la dépression existe avant la faille qui est de 3, 21 mm d'eau et c'est à partir de 100m que la dépression est négligeable, voire inexistante.

Pour cela, il est indispensable de répartir l'air frais, dès son entrée dans la mine, de telle façon qu'il puisse balayer tous les quartiers en activité et doit être suffisant et suit l'arrêté relatif à l'aérage fait par le ministère de l'énergie et des mines.

4- Conception d'un projet d'aérage :

4.1. Introduction :

Il est indispensable de répartir l'air frais, dès son entrée dans la mine, de telle façon qu'il puisse balayer tous les fronts de taille d'une veine d'air active. La quantité d'air frais doit être suffisante pour tenir compte de la respiration des hommes, de l'oxydation du massif et de la dilution des fumées de tir et des gaz d'échappement des engins diesel. Par ailleurs une distribution judicieuse de l'air devra être opérée ; autrement dit il conviendra d'interdire son accès dans les anciens travaux abandonnés. Au moyen de porte d'aérage ainsi que l'augmentation artificiellement la résistance des galeries où les besoins en air sont faibles.

4.2. Constat de la situation actuelle en matière d'aérage :

Durant le stage pratique, j'ai constaté que le réseau d'aérage au niveau de tout le quartier Lakhdar n'est pas conforme aux recommandations exigées à l'arrêté ministériel du 6 juin 2004 relatif à l'aérage.

- Les trois niveaux d'exploitation du quartier Lakhdar (1330,1452 et 1550) ne sont pas connecter entre eux excepté deux niveaux 1452m et 1459m dans lesquels les travaux d'exploitation sont achevés. Cette absence de connexion met la mine en infraction conformément aux dispositions réglementaires ;
- Inexistence d'un système d'aérage auxiliaire avec une prise à partir de la galerie principale 1330m pour aérer tous les fronts éloignés à plus de 50 mètre et dans lestravaux en cul de sac conformément aux articles 7 et 8 de l'arrêté ; le même cas pour les travaux à proximité de la galerie principale du niveau 1550m ;

4.3. Proposition du Schéma d'aérage :

4.3.1 Travaux d'infrastructures nécessaires

Pour pouvoir réaliser un schéma d'aérage de toute la mine il est nécessaire de creuser les ouvrages suivant :

- Creusement d'un plan incliné dans le but de relier la galerie principale du niveau 1459m à celle de 1550m. Ces ouvrages auront les dimensions suivantes
 - Cas d'unebure : $\alpha = 90^\circ$ (la verticale)
 $S = 4 \text{ m}^2$
 $L = 91 \text{ m}$
 - Cas d'un plan incliné $S = 4\text{m}^2$
- Creusement d'un plan incliné pour réaliser la jonction entre la galerie principale du niveau 1452 m à celle de 1350m à travers la chambre d'exploitation. Le plan incliné aura les dimensions suivantes :
 $S = 4 \text{ m}^2$
 $L = 76 \text{ m}$

- Réhabilitation du plan incliné pour relier le niveau 1426m à 1452m
 $S = 9 \text{ m}^2$
 $L = 26 \text{ m}$
- Creusement d'une cheminée qui sera située à proximité des chambres d'exploitations et qui reliera les niveaux 1330m à 1452m.
 $S = 2,25 \text{ m}^2$
 $L = 120 \text{ m}$

4.3.2 Le schéma d'aéragé

Pour pouvoir alimenter en air frais les zones d'exploitation comprises entre le niveau 1330m et 1350m d'une part et la zone d'exploitation située au niveau 1550m. Il est nécessaire de réaliser deux circuits d'aéragé qui ont pour but:

- L'un d'alimenter en air frais la zone d'exploitation du niveau 1350m et
- Le deuxième d'alimenter la zone d'exploitation du niveau 1550m.

C'est pourquoi le schéma principal de l'air est représenté dans la figure IV-5 ci-après:

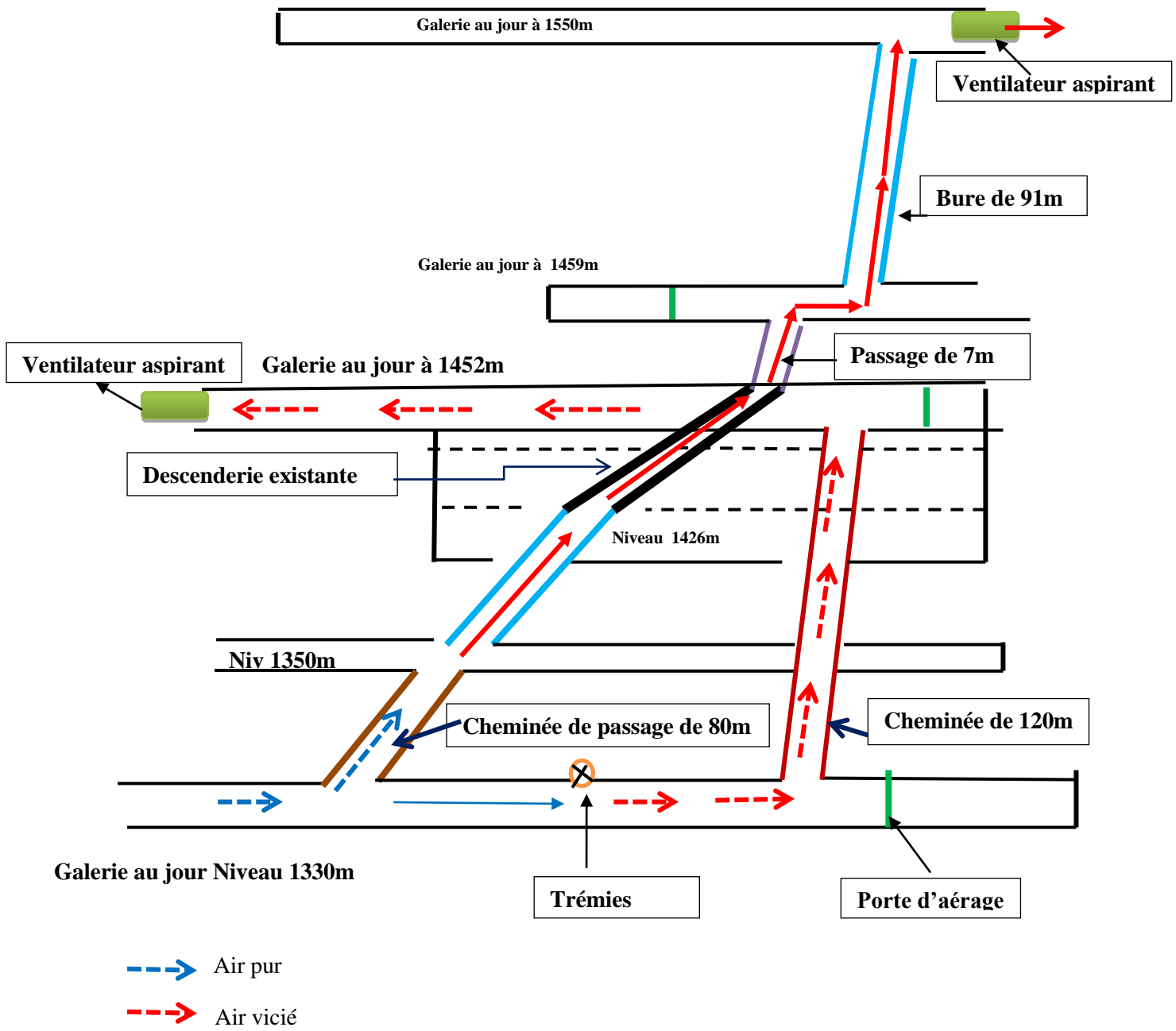


Figure IV.5 : schéma générale d'aéragé simplifié montrant les connexions entre tout le quartier Lakhdar

Deux circuits :

Circuit 1 : Entrée d'air pur par la galerie niveau 1330 puis passage par cheminée de 80m, ensuite descenderie en *bleue*, puis descenderie existante en *noir*, passage de 7m en *violet*, puis niveau 1459, puis bure de 90m, enfin sortie niveau 1550.

Circuit2 : Entrée d'air pur par la galerie niveau 1330 puis cheminée de 120m et sortie par la galerie niveau 1452.

N.B : Les deux ouvrages (cheminée de 120m et celui de la descenderie) ne se croisent pas.

L'air frais, dans le 1^{er} circuit, pénètre par le niveau 1350m puis passe à travers des plans inclinés, pour sortir par le niveau 1550m. La dépression est créée en installant un ventilateur aspirant à l'entrée du niveau 1550m.

Quant au 2^{ème} circuit l'air frais va pénétrer par le niveau 1330m puis à travers une cheminée atteindra le niveau de sortie 1452m, de la même manière la dépression sera créer en installant un ventilateur à l'entrée du niveau 1452m.

- Dans les chambres en exploitation ces dernières seront ventilées par une ventilation secondaire (Ventilateur soufflant) Le ventilateur secondaire sera connecté à partir de la galerie de roulage du niveau 1330m et 1550m. L'air frais sera amené dans la chambre au moyen de buses ou ventubes de diamètre de 600 à 800mm qui seront placés dans la cheminée de passage du personnel.
- Ajouter un autre ventilateur secondaire aspirant à l'entrée de la galerie principale du niveau 1550m ;
- Ajouter une porte en toile après la cheminée de passage de la galerie de roulage du niveau 1330m, une deuxième porte en toile après le plan incliné qui doit être réalisé entre la chambre au niveau 1350m et la galerie de roulage du niveau 1452m, une troisième porte en toile après labure qui doit être réalisé entre le niveau 1459m et celle de la galerie de roulage du niveau 1550m.

Ce plan d'aérage permet non seulement, de créer un vrai circuit d'aérage efficace et approprié mais, aussi la présence de courant d'air (dépression) entrant et sortant à travers tous les niveaux du quartier Lakhdar.

4.4. Calcul des besoins en air pour aérer la mine souterraine :

4.4.1 Pertes de charges et résistances :

Soit un élément de circuit (puits, galerie) dans lequel passe une quantité d'air Q, on appelle perte de charge ou dépression H :

$$H = R \times Q^2 \dots\dots\dots(1)$$

H : dépression exprimée en mètre d'eau ;

Q : débit d'air exprimé en m³/s

R : est la résistance du circuit et qui a pour valeur :

$$R = K \times P \times l / S^3 \dots\dots\dots(2)$$

En remplaçant l'expression de R dans (1) on peut écrire :

$$H = (K \times P \times l / S^3) \times Q^2$$

Ou encore, on introduit la vitesse (V) on peut écrire :

$$Q = V \times S \quad \text{et} \quad V = Q / S$$

$$\text{Alors, } H = K \times l \times V^2 \times P / S.$$

P : périmètre de l'ouvrage en mètre ;

l : longueur de l'ouvrage du circuit en mètre ;

S : section de l'ouvrage en m² ;

V : vitesse de l'air en m/s ;

K : coefficient qui caractérise l'état de la galerie il s'exprime en kilomurgues. On utilise aussi le coefficient K qui est égale à k/1000 et qui s'exprime en murgues;

La résistance est aussi exprimée en murgues qui est le 1/1000^e du kilomurgues. La valeur de K varie selon le type de soutènement des galeries :

- 2 pour une galerie boisée ;
- 1,3 pour une galerie cadrée ;
- 0,5 pour une galerie bétonnée ;
- 0,3 pour des buses neuves.

Pour les galeries du quartier Lakhdar, on prend **K= 1,5**. On prend cette valeur, parce que les galeries du quartier Lakhdar (niveau 1330m et 1550m) ont des parties soutenue en bois et d'autres en bois et en métal (soutènement mixte) et d'après l'expérience des ingénieurs de la mine ils prennent cette valeur approximative. Et pour les buses et les plans inclinés, on prend **K= 0, 5**.

4.4.2 L'Orifice équivalent : ω

L'orifice équivalent ω d'une mine est une ouverture ronde imaginaire de section ω dans une paroi mince à travers laquelle avec une différence de pression des deux côtés de la paroi égale à la dépression H de la mine peut passer le même volume d'air Q ;

La vitesse de l'air à travers une paroi mince dans un circuit est donnée par la formule suivante :

$$V = \sqrt{2gh}$$

h : la dépression de l'air en mètre

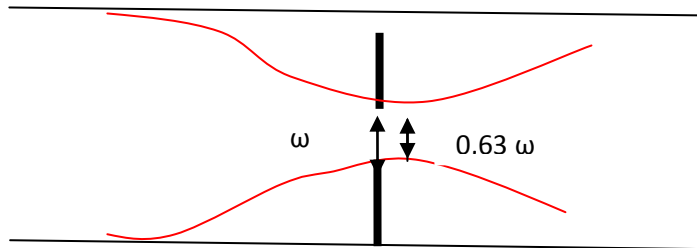


Figure IV.6 : schéma montrant l'orifice équivalent

En traduisant la dépression (H) en mm d'eau (1 m d'air est équivalent à 1,2 mm d'eau) on peut écrire :

$$Q = 0,63 \omega \sqrt{2gh/1,2} = 2,63 \omega \sqrt{h}$$

$$\omega = 0,38 Q/\sqrt{h}$$

0,63 étant un coefficient de contraction ;

ω : orifice équivalent est en m^2 ;

Q : débit d'air en m^3/s ;

h : dépression en mm ;

ω est situé entre 4 et 8 m^2 on peut dire que :

$0 < \omega < 2 m^2$: la mine (l'aérage) est difficile ;

$2 m^2 < \omega < 4 m^2$: la mine (l'aérage) est moyenne ;

$\omega > 4 m^2$: la mine (l'aérage) est facile.

4.4.3 Débits d'air nécessaire pour aérer la mine souterraine de BouCaid :

Pour déterminer la quantité d'air nécessaire fournie à la mine, on doit tenir compte des facteurs suivants :

4.4.3.1 Suivant le plus grand nombre de personnes susceptible qui se trouve en même temps dans le fond de la mine :

$$Q_{NP} = k \times n ; \text{ m}^3/\text{minutes}$$

Où :

k : la norme minimale de la quantité d'air nécessaire pour un travailleur ($k = 3 \text{ m}^3/\text{minute} = 3 \text{ m}^3 / 60 = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$) (voir article 5 de l'annexe) ;

n : le plus grand nombre de personnes qui se trouve en même temps dans les ouvrages miniers souterrains.

- Pour le quartier Lakhdar niveau 1330m :

$$Q_{NP1} = k \times n = 23 \times 3 = 69 \text{ m}^3 / \text{mn} = \mathbf{1, 15 \text{ m}^3 / \text{s}}$$

- Pour le quartier Lakhdar niveau 1550m :

$$Q_{NP2} = k \times n = 21 \times 3 = 63 \text{ m}^3 / \text{mn} = \mathbf{1, 05 \text{ m}^3 / \text{s}}$$

Donc,

$$Q_{NP \text{ total}} = 1, 15 + 1, 05 = \mathbf{2, 2 \text{ m}^3 / \text{s}}$$

4.4.3.2 Les engins diesel : (par rapport à la puissance des moteurs) :

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

$$Q_e = q_e \times N_e \times P_e \text{ en } \text{m}^3/\text{mn} \quad \text{Avec,}$$

q_e = Consommation par Kilo watt = $3 \text{ m}^3/\text{mn}/\text{Kw}$;

P_e = Puissance en Kw (17, 7 kw pour le locotracteur) ;

N_e = Nombre d'équipements (1 locotracteur).

Il y a que le niveau de la galerie 1550m qui contient des engins diesel, alors :

$$Q_e = q_e \times N_e \times P_e = 3 \times 1 \times 17, 7 = 53, 1 \text{ m}^3/\text{mn} = 0, 885 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc,

$$Q_{\text{total}} = \underline{0,9 \text{ m}^3/\text{s}}$$

4.4.3.3. D'après l'extraction annuelle du minerai de baryte:

D'une manière générale, la formule retenue pour l'aéragé est donnée par :

$$Q_a = a \times t + b ; \text{ avec}$$

Q_a : débit d'aéragé lors de l'extraction du minerai ;

a : facteur directement lié à la production et à la méthode d'exploitation;

t : production annuelle en MT (Million de Tonnes)

b : le débit constant requis pour l'aéragé d'une infrastructure telle que l'installation du traitement du minerai (puisque l'usine de traitement de BouCaid est loin de la mine, alors, la valeur de b peut être négligée)

Le tableau IV-5 ci-dessous fournit quelques valeurs type du facteur **a** :

Tableau IV.5: quelques valeurs type du facteur a lié à la méthode d'exploitation (Mager Stellman).

Méthode d'exploitation	a (coefficient du débit en m ³ /s/Mt _{ma})	
Foudroyage par blocs	50	
Chambres et piliers	75	
Foudroyage par sous-niveau	120	
Chambres vides	Grande > 0,5MT/an	160
	Petite < 0,5MT/an	240
Exploitation remblayée	320	
Exploitation non mécanisée	400	

-Pour le niveau 1330m :

a=120 (car, la méthode d'exploitation est sous niveaux abattu : voir tableau ci-dessus)

$$b=0$$

$$t = 22\ 000 \text{ t} = 22\ 000 \times 10^{-6} \text{ MT}$$

$$Q_{a1} = a \times t + b = 120 \times 22\ 000 \times 10^{-6} = 2,64 \text{ m}^3/\text{s}$$

-Pour le niveau 1550m :

a= 75 (la méthode d'exploitation à ce niveau est par chambres magasin, mais vu la présence des piliers de sécurité, les ingénieurs de cette mines considèrent que la méthode d'exploitation est par chambres et piliers)

b= 0

t= 40 000 tonnes = 40 000 ×10⁻⁶ MT

Q_{a2} = a × t + b = 75×40 000 ×10⁻⁶ = 3 m³/s

Donc,

Q_{atotal} = 2, 64 + 3 = 5, 64 m³/s

4.4.3.4 D'après la consommation de l'explosif : [4]

$$Q_E = \frac{12,25 \times A \times b}{t} \quad \text{m}^3/\text{minutes}$$

Où :

A : consommation de l'explosifs en kg ;

b : volume de CO théorique qui se forme au cours de l'explosion de 1 kg, en litre ;

t : temps d'aération (ne dépasse pas 30 mn) en minutes.

Utilisation de la Gélanite II : volume de gaz dégagé 808 L/kg = 0, 0808 m³/kg

- Niveau de galerie 1330m :

Nombre de trous de mine par volée= 15 trous (max pour chaque trou)

Nombre de front=3 (selon le nombre de mineurs)

Quantité d'explosif dans un trou = 0,5 kg,

Alors,

La quantité d'explosif dans un volée sera = 15×0,5×4 = 30 kg

Et comme le volume de gaz dégagé par la Gélanite II est 808 l /kg donc,

Le volume de gaz dégagé sera = 30× 800 = 24240 L = 24, 240m³

Pour le temps d'aération, on prend le maximum pour avoir un débit d'air nécessaire minimal. C'est-à-dire, on prend :

t = 30mn

Alors,

$$Q_{E1} = \frac{12,25 \times A \times b}{t} = \frac{12,25 \times 30 \times 0,808}{30} = 9,90 \text{ m}^3/\text{minutes} = \underline{0,165 \text{ m}^3/\text{s}}$$

- **Niveau de galerie 1550m :**

Utilisation de la Gélanite II : volume de gaz dégagé 808 L /kg,

Nombre de trous de mine par volée = 15 trous, au max pour chaque mineur

Nombre de front=3 (selon le nombre de mineurs)

Quantité d'explosif dans un trou = 0,5 kg,

Alors,

La quantité d'explosif dans un volée sera = $15 \times 0,5 \times 3 = 22,5 \text{ kg}$

Et comme le volume de gaz dégagé par la Gélanite II est 808 l /kg donc,

Le volume de gaz dégagé sera = $18180 \text{ l} = \underline{18,180 \text{ m}^3}$

Pour le temps d'aération, on prend le maximum pour avoir un débit d'air nécessaire minimal.
C'est-à-dire, on prend :

$t = 30 \text{ mn}$

Alors,

$$Q_{E2} = \frac{12,25 \times A \times b}{t} = \frac{12,25 \times 22,5 \times 0,808}{30} = 7,42 \text{ m}^3/\text{minutes} = \underline{0,12 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_{E\text{total}} = 0,16 + 0,12 = \underline{0,28 \text{ m}^3/\text{s}}$$

4.4.3.5. Débit totale :

$$Q_{\text{tot}} = \sum_1^n Q_n$$

Q_{tot} : débit total ;

Q_n : tous les débits calculés.

Pour une raison de sécurité il faut ajouter une quantité dû aux portes qu'on estime à **20% de Q_{tot}**

- **Pour le 1^{er} circuit :**

Entrée d'air pur par la galerie niveau 1330 m puis passage par cheminée de 80m, ensuite descenderie en *bleue*, puis descenderie existante en *noir*, passage de 7m en *violet*, puis niveau 1459, puis bure de 90m, enfin sortie niveau 1550.

$$Q_{C1} = Q_{NPtotal} + Q_{etotal} + Q_{atotal} + Q_{Etotal} + Q_{perte} = 2,25 + 0,885 + 5,64 + 0,28 + 0,2 \times 9,055$$

$$Q_{C1} = \underline{\underline{10,87 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

- **Pour le 2^{ème} circuit :**

Entrée d'air pur par la galerie niveau 1330 puis cheminée de 120m et sortie par la galerie niveau 1452m.

$$Q_{C2} = Q_{NP1} + Q_{a1} + Q_{E1} + Q_{perte} = 1,15 + 2,64 + 0,16 + 0,2 \times 3,95 = \underline{\underline{4,74 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

$$Q_{C2} = \underline{\underline{4,74 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

4.4.4 Calcul de la résistance des plans inclinés et galeries des deux circuits :

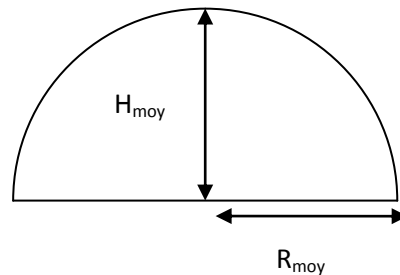


Figure IV.7 : Schéma montrant les dimensions de la galerie au jour 1330m et 1550m.

- La galerie du niveau 1330m, est en forme de cloche(voir figure IV.7) on a :

Le diamètre : $D_{moy} = 2,15\text{m}$ et $R_{moy} = 1,075\text{m}$

La hauteur moyenne : $H_{moy} = 2,48\text{m}$

La longueur de la galerie au jour niveau 1330m : $L = 800\text{m}$

Le périmètre P : $P = \Pi \times \sqrt{\frac{(H_{moy})^2 + (R_{moy})^2}{2}} = \Pi \times \sqrt{\frac{(2,48)^2 + (1,075)^2}{2}} = 6 \text{ m}$

La section S : $S = \Pi \times D_{moy} \times H_{moy} / 4 = 4,19 \text{ m}^2$

$$R_{g1} = K \times P \times l / S^3 \text{ (voir page sous-titre 4.4)}$$

$$R_{g1} = ((1,5/1000) \times 6 \times 800) / (4,19)^3 = 98 \text{ murgues.}$$

$$R_{g1} = 98 \text{ murgues.}$$



Figure IV.7 : photo numérique de la galerie niveau 1330 m du quartier Lakhdar

- La galerie du niveau 1550m, est en forme de cloche (voir figure IV.8) on a :

Le diamètre : $D_{moy} = 2,50\text{m}$ et $R_{moy} = 1,25\text{ m}$

La hauteur moyenne : $H_{moy} = 2,38\text{m}$

La longueur de la galerie : $L = 400\text{m}$

$$\text{Le périmètre de la galerie : } P = \Pi \times \sqrt{\frac{(H_{moy})^2 + (R_{moy})^2}{2}} = \Pi \times \sqrt{\frac{(2,38)^2 + (1,25)^2}{2}} = 5,97\text{m}$$

$$\text{La section de la galerie : } S = 4,67 \text{ m}^2$$

$$R_{g2} = K \times P \times l / S^3$$

$$R_{g2} = ((1,5/1000) \times 5,97 \times 400) / (4,67)^3 = 0,035 \text{ murgues.}$$

$$R_{g2} = 33 \text{ murgues}$$

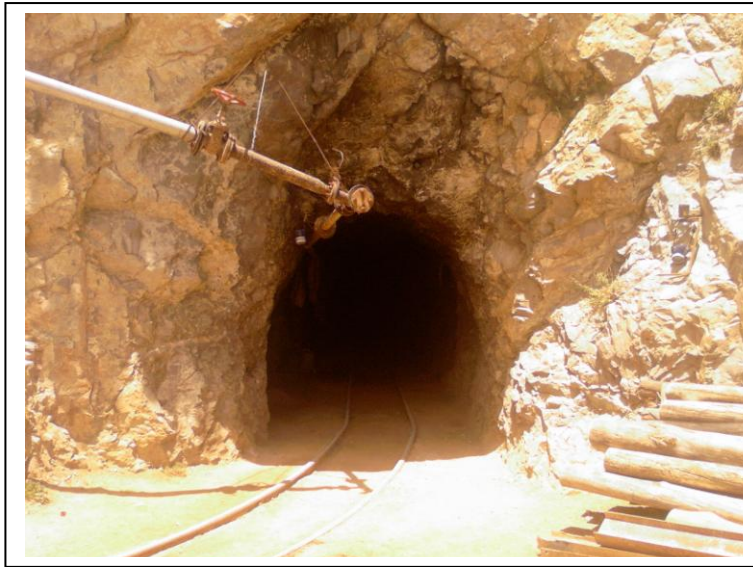


Figure IV.8: photo numérique de La galerie du quartier Lakhdar niveau 1550 m

- La galerie du niveau 1452m, est en forme rectangulaire (voir figure IV.9) on a :

La largeur : $L_{\text{moy}} = 1,50\text{m}$;

La hauteur moyenne : $H_{\text{moy}} = 2,50\text{m}$

La longueur de la galerie : $L = 350\text{m}$

Le périmètre de la galerie : $P = 2 \times (H_{\text{moy}} + L_{\text{moy}}) = 2 \times (1,50 + 2,50) = 8\text{m}$

La section de la galerie : $S = H_{\text{moy}} \times L_{\text{moy}} = 1,50 \times 2,50 = 3,75\text{m}^2$

$$Rg_3 = K \times P \times l / S^3$$

$$Rg_3 = ((1,5/1000) \times 8 \times 350) / (3,75)^3 = 0,080 \text{murgues.}$$

$$\underline{Rg_3 = 80 \text{murgues}}$$



Figure IV.9: photo numérique de La galerie du quartier Lakhdar niveau 1452 m

Tableau IV.6: caractéristique des ouvrages miniers

Ouvrages	Longueur de l'ouvrage en m	Périmètre de l'ouvrage en m	Section de l'ouvrage en m ²
Cheminée de passage existante	80	6	2, 25
Descenderie	76	8	4
Descenderie existante	26	12	9
Passage existant	7	8	2
Bure	91	8	4
Cheminée de passage	120	6	2, 25

$$R_1 = K \times P \times l / S^3 = ((0, 5/1000) \times 6 \times 80) / (2, 25^3) = 21 \text{ murgues};$$

$$R_2 = K \times P \times l / S^3 = ((0, 5/1000) \times 8 \times 76) / (4^3) = 47 \text{ murgues};$$

$$R_3 = K \times P \times l / S^3 = ((0, 5/1000) \times 12 \times 26) / (9^3) = 21 \text{ murgues};$$

$$R_4 = K \times P \times l / S^3 = ((0, 5/1000) \times 8 \times 7) / (2^3) = 3, 5 \text{ murgues};$$

$$R_5 = K \times P \times l / S^3 = ((0, 5/1000) \times 8 \times 91) / (4^3) = 5, 70 \text{ murgues};$$

$$R_6 = K \times P \times l / S^3 = ((0, 5/1000) \times 6 \times 120) / (2, 25^3) = 31, 6 \text{ murgues}.$$

- Pour le 1^{er} circuit :

$$R_{C1} = R_{g1} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 91 + 21 + 4,7 + 2,1 + 3,5 + 5,7$$

$$R_{C1} = \underline{128 \text{ murgues.}}$$

- Pour le 2^{ème} circuit :

$$R_{C2} = R_{g1} + R_6 + R_{g3} = 91 + 31,6 + 80 = 202,6 \text{ murgues.}$$

$$R_{C2} = \underline{202,6 \text{ murgues.}}$$

4.4.5 Calcul de la dépression des deux circuits :

$$H = R \times Q^2$$

H : dépression exprimée en mètre ;

Q : débit d'air exprimé en m³/s ;

R : est la résistance du circuit.

- La dépression du 1^{er} circuit :

$$H_{C1} = R_{C1} \times Q_{C1}^2$$

H_{C1} : dépression exprimée en mètre;

Q_{C1} : débit d'air exprimé en m³/s = 10,87 m³/s ;

R_{C1} : est la résistance du 1^{er} circuit = 128 murgues.

Donc,

$$H_{C1} = R_{C1} \times Q_{C1}^2 = 128 \times (10,87^2) = \underline{15124 \text{ m d'eau.}}$$

- La dépression du 2^{ème} circuit :

$$H_{C2} = R_{C2} \times Q_{C2}^2$$

H_{C2} : dépression exprimée en mètre;

Q_{C2} : débit d'air exprimé en m³/s = 4,74 m³/s

R_{C2} : est la résistance du 1^{er} circuit = 202,6 murgues.

Donc,

$$H_{C2} = R_{C2} \times Q_{C2}^2 = 202,6 \times (4,74^2) = \underline{4552 \text{ m d'eau}}$$

En définitive, la dépression nécessaire après la réalisation du projet d'aérage doit être de **15124 m d'eau**. Pour le 1^{er} circuit et de **4552 m d'eau** pour le 2^{ème} circuit.

4.4.6 Choix de ventilateur :

La question qui est généralement posée c'est la détermination d'une dépression H est d'un débit Q à l'entrée de la colonne de longueur et de diamètre connus pour obtenir de l'autre extrémité le débit nécessaire. On a recours à des abaques, mais aujourd'hui les programmes informatiques ont remplacé ces abaques.

Le choix d'un ventilateur doit être :

- ✓ Economique à l'exploitation, car en un an la consommation d'un ventilateur peut avoir un coût équivalent à son prix d'achat ;
 - ✓ Doit être hygiénique, en remplaçant une consommation de combustibles par une consommation électrique ;
 - ✓ Le dimensionnement du système définit le débit à fournir par le ventilateur et la perte de charge du réseau que celui-ci doit vaincre. Au point de fonctionnement, on repère le ventilateur avec le meilleur rendement ;
 - ✓ L'aube recourbée vers l'avant ou vers l'arrière définit le type de ventilateur aspirant ou refoulant ;
 - ✓ Le rendement du ventilateur est une chose, il faut cependant aussi être attentif au rendement de l'ensemble formée par le ventilateur et son système d'entraînement (moteur et transmission) ;
 - ✓ Intégration du ventilateur dans le réseau joue un rôle non négligeable sur le rendement global de l'installation. Les éléments perturbateurs comme les coudes, les inadaptations des sections des gaines... à proximité du ventilateur ne favorisent pas la stabilité de son fonctionnement ;
 - ✓ Les sources sonores sont diverses dans un réseau de distribution d'air. Les principales nuisances sont liées aux choix du ventilateur (un ventilateur à haut rendement et faible débit est moins bruyant), à la hauteur manométrique du réseau et du débit (un réseau à haute vitesse et haute pression est plus bruyant) ;
 - ✓ Un manque de place impose le choix d'équipement de plus faible taille (cas de la mine de BouCaïd). Ce choix va à l'encontre des critères de choix précédents car il est nécessaire d'augmenter la vitesse du ventilateur.
-
- Le ventilateur aspirant à l'entrée de la galerie au jour niveau 1550m contribue de façon à maintenir le débit d'air minimal et la dépression à sa sortie comme suit :
 - Le débit d'air : 10, 87 m³/s
 - La dépression de l'air à sa sortie : 15124 m d'eau
 - Le ventilateur aspirant à l'entrée de la galerie au jour niveau 1452m contribue de façon à maintenir le débit d'air minimal et la dépression à sa sortie comme suit :
 - Le débit d'air : 4, 74 m³/s
 - La dépression de l'air à sa sortie: 4552 m d'eau

5- Conclusion :

La ventilation de la mine souterraine de BouCaid est une opération indispensable pour maintenir de bonnes conditions de travail pour la sécurité de la mine en général et les mineurs en particulier.

Pour cela, on a envisagé un ensemble de solutions pour une bonne ventilation du quartier Lakhdar qui présente un aérage naturelle, assez moyen et aléatoire surtout au niveau des chantiers d'abattage, ceci par la réalisation d'un circuit permettant de connecter tous les niveaux du quartier et ajouter des ventilateurs auxiliaires pour créer une dépression suffisante et appropriée.

Il faut savoir que la canalisation n'est jamais étanche, il y a toujours des fuites qui vont en décroissant au fur et à mesure que l'on s'éloigne du ventilateur. Ce qui veut dire que le débit d'air à sa sortie soit toujours inférieur.

Il convient de souligner que les travaux prioritaires sont la réalisation des boucles d'aérage (circuit d'aérage entre tout le quartier) en organisant le retour d'air par les anciens travaux ;

Par ailleurs la mise en service de quatre portes au niveau des chantiers en cul de sac pour que les poussières ne se condensent pas dans ces derniers et pour minimiser les pertes d'air.

CONCLUSION GENERALE

Suite à l'étude des documents qui ont été mis à ma disposition par la direction et le personnel de la mine de BouCaid suite aux discussions que j'ai eu avec eux, ceci m'a permis de rédiger ce mémoire et de finir par proposer un circuit d'aérage plus commode et surtout réalisable.

Je suis parvenu à certaines conclusions sur la réalisation de ce projet assez complexe et difficile à imaginer à la fois la disposition des galeries au jour dans tout le quartier, les chambres d'abattage et le positionnement du filon ou du corps du minerai de baryte même à l'aide des plans topographiques.

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.

J'ai pu simplifier les plans topographiques en dessinant, que les galeries aux jours pour pouvoir les projetés en 3D et faciliter le positionnement de chaque point.

Le calcul du débit d'air naturel des deux galeries aux jours qui sont actuellement en production concernant le quartier Lakhdar seulement, et le comparer au débit d'air nécessaire pour aérer la mine m'a permis de conclure que:

-La ventilation naturelle bien que suffisante pour la galerie au jour du niveau 1550m est faible au niveau de la galerie au jour 1330m, doit être motivée par l'emplacement de ventilateurs auxiliaires ;

-La connexion entre la mine pas des plans inclinés me paraît indispensable pour réaliser un bon circuit d'aérage et créer surtout une dépression suffisante ;

-L'emplacement de portes dans les chantiers fermés pour diminuer les pertes d'air issus des ventilateurs auxiliaires ;

-Le contrôle journalier du débit d'air et la maintenance des ventilateurs par des techniciens spécialisés ;

-La lutte contre la poussière au cours de la foration ou de l'abattage (foration par voie humide) ;

- Le calcul de la dépression totales de la mine et du tirage naturel permettra de choisir un ventilateur, dont les caractéristiques obéissent aux besoins d'air de la mine, tout en tenant compte des dépenses d'investissement et du coût de l'aérage par tonne de minerai extrait, qui doit être minimal ;

- La surveillance et le contrôle de l'aérage doivent être effectués continuellement, et il est parfois nécessaire de faire subir aux installations de la ventilation des modifications pour pouvoir s'adapter aux nouvelles contraintes et exigences de la mine en matière d'aérage ;

- Révision et maintenance des installations de ventilation (les conduites, les ventilateurs....) ;

- 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 ;
- Vérifier les exploitations sur sites si la ventilation naturelle est suffisante, il va falloir mettre un ventilateur d'appoint ;
- Combler les vides dues à la méthode d'exploitation (chambres et piliers abandonnés) qui se situent sur le circuit d'aéragé principal, par l'installation de portes en caoutchouc afin d'éviter les pertes d'air ;
- Si après la réalisation des infrastructures proposées, on voit que l'aéragé naturel (la dépression) sera suffisant, alors, la mise des ventilateurs sera inutile.

Bibliographie

- [1] **BOKY, B** ; « Exploitation des mines » ; 1968. Edition Mir Moscou.
- [2] **VIDAL, V** ; « Exploitation des mines, Tome II, transport, aérage et services généraux du font » ; 1962.
- [3] **MCPHERSON, M.J** ; « Exploitation des mines ».
- [4] **REZIGAT, N ; IMCHAL, K** ; « contribution à l'étude des problèmes environnementaux et de sécurité sur l'exemple de la mine souterraine de Chaabet El-Hamra (Ain Azel, Wilaya de Sétif) ; 2008.
- [5] **CASTELAIN, M** ; « Technologie minière, cours pratique d'exploitation des mines et des carrières ».
- [6] **BECHARI, A** ; « les pollutions accidentelles liées aux activités industrielles, séminaire du 5 juin 1999 : célébration de la journée mondiale de l'environnement ».
- [7] **OMRACI, K** ; « cours d'exploitation minière souterraine, chapitre aérage ».
- [8] **HASBELLAOUI, M** ; « cours d'exploitation minière souterraine, chapitre aérage ».
- [9] **INRS** ; « Institut National de Recherche et de Sécurité, Principes généraux de ventilation, guide pratique de ventilation N° 0- ED 695».
- [10] **FLORSCH, N ; ASEPAM**, « étude quantitative du problème de l'aérage d'une galerie de mine du XVIème Vallé de Sainte Marie-Aux-Mines, Haut Rhin » ; 1995.
- [11] **BELAKEHAL, A** ; « confort et maîtrise des ambiances, ventilation naturelle, département d'architecture, Université Mohamed Khider ».
- [12] **VAN HYFTE, J** ; « ventilation des souterrains fluviaux » ; 1997.
- [13] **GAGNON, C ; FYTAS, H** ; « développement d'une banque de données de facteurs de friction de ventilation pour les mines québécoises » ; 2005.
- [14] **Edition I.N.R.S R 352** ; « Travaux de creusement en souterrain de galeries, de puits ou de grandes excavations, Mise en œuvre de disposition de ventilation mécanique, tiré à part de l'article publié dans la revue mensuelle, travail et sécurité » ; 1991.
- [15] **FYTAS, H** ; « développement d'un modèle intégré informatique pour la planification de la ventilation dans les mines souterraines » ; 2002.
- [16] **POULARD, F ; MARTINET, V** ; « contribution au développement d'outil d'aide à l'évaluation des aléas dans le cadre des PPRM, mouvement de terrain, pour les gisements pentés et filoniens » ; 2005.
- [17] **MESSE, J** ; « dimensionnement des réseaux aérauliques, présentation du programme Aeroduct » ; 2013.

- [18] **DINDIWE, C ; SASAKI, K** ; « Mine ventilation proceedings of the North American/ Ninth US Mine ventilation Symposium, Kingston, Canada ; Chapitre 35. An integrated mine ventilationsimulator MIVENA VER.6 with applications » ; 2002.
- [19] **HUET DU ROTOIS, C** ; « Conception d'un projet de mine Puits 4, option sol et sous-sol » ; 2010.
- [20] **SOMIBAR**, « Rapports géologiques et les Rapports d'exploitations » ; 2011 et 2012.
- [21] **SOMIBAR**, « Plans topographiques des gisements de la mine souterraine de Bou-Caid ».
- [22] **BESSA, A** ; « Etude de ventilation d'une mine souterraine » ; 1995.
- [23] **SOUALMIA, M.L** ; « Amélioration de l'aéragé de la mine d'El Abed » ; 1991.
- [24] **AIT CHALAL, A** ; « Evaluation de la température de l'air dans une mine de haute Silésie » ; 1990.
- [25] **BOULANOUAR, A** ; « mine d'EL Abed stage pratique université de Annaba TS » ; 1978.
- [25] **CARLER, M** ; « hydraulique générale et appliquée Ed. Eyrolles » ; 1980.
- [26] **CHAINFAUX, L** ; « Atmosphère des mines : revue de l'industrie minière » ; 1962.
- [27] **LOISON, R** ; « loi de ventilation : revue de l'industrie minérale » ; 1962.
- [28] **MULLER, A** ; « aide-mémoire, mines, tome 2 Dunod ».
- [29] Site web: www.geopedia.fr; <http://www.energieplus-lesite.be>
- [30] **HOWES, M.J** ; «L'aéragé et le refroidissement dans les mines souterraines ».
- [31] **Hamrin, H** ; « Méthodes d'exploitation des mines souterraines »

Annexe 1 : Arrêté relatif à l'aérage

Arrêté du 17 Rabie Ethanie 1425 correspondant au 6 juin 2004 relatif à l'aérage fait par le ministre de l'énergie et des mines :

Article 1 :

En application des dispositions du décret exécutif n° 04-95 du 11 Safar 1425 correspondant au 1^{er} Avril 2004, susvisé, le présent arrêté fixe les règles applicables à l'aérage dans les travaux souterrains.

Article 2 :

Pour l'exercice de leurs activités minières, les titulaires des titres miniers, sont tenus de mener leurs travaux conformément aux règles édictées par le présent arrêté.

Article 3 :

Pour les ouvrages souterrains accessibles au personnel doivent être parcouru par un courant d'air frais régulier, capable d'en assainir l'atmosphère spécialement à l'égard des gaz nuisibles et des fumées, et d'y éviter toute élévation exagérée de la température. L'air introduit dans les travaux souterrains doit être exempt de gaz, vapeur ou poussière nocifs ou inflammables.

La qualité de l'air circulant dans les ouvrages souterrains est déterminée et contrôlée régulièrement au moyen d'appareil appropriés.

Article 4 :

Les voies et travaux insuffisamment aérés doivent être rendus inaccessibles au personnel.

Article 5 :

Le schéma d'aérage ainsi que le débit global d'air circulant dans la mine doivent être déterminés, de telle sorte à assurer 50 litres/seconde (internationale $6\text{m}^3/\text{mn} = 0,1\text{ m}^3/\text{s}$) au moins d'air frais, à chaque homme présent au poste le plus chargé.

Le courant d'air établi ne doit être obstrué ni par du matériel ni par une accumulation de produit ou de matériaux.

Article 6 :

Le circuit d'aérage établi dans les travaux souterrains devra éviter de créer les conditions favorables à la naissance d'un feu et/ou à son aggravation.

Article 7 :

L'exploitant prend les mesures nécessaires pour que les chantiers miniers souterrains qui se prolongent à plus de 50 mètres d'une source d'air frais soient équipés d'un système d'aérage auxiliaire efficace et approprié.

Article 8 :

Un système d'amenée d'air frais doit être installé par l'employeur et utilisé par les travailleurs dans :

- Les montagnes ;
- Les galeries qui s'éloignent de plus de 10 mètres d'une montagne ;
- Les chambres d'exploitation dépourvues d'aérage direct ;
- Les travaux en cul-de-sac.

Article 9 :

Le système d'amenée d'air frais mentionné à l'article 7 ci-dessus, doit être :

- Indépendant de la source d'air alimentant les machines et les foreuses utilisées dans le lieu de travail ;
- Commander à partir d'un endroit situé à l'extérieur de l'entrée du front d'avancement ;
- Mise en marche après chaque tir au lieu de travail.

Article 10 :

Il est interdit d'entrer ou de demeurer dans un lieu de travail pollué par un tir de mine jusqu'à ce que le système d'aérage ait éliminé les impuretés de l'air ou les ait rendues inoffensives.

Article 11 :

Après chaque tir de mine, il doit être observé, avant de pénétrer dans le lieu de travail, un temps d'attente de :

- 30 minutes minimum, lorsqu'il s'agit d'un tir de mine à la mèche ;
- Cinq (5) minutes minimum, lorsqu'il s'agit d'un tir de mine électrique.

Article 12 :

Quand il est nécessaire d'installer un système de chauffage de l'air d'aérage de la mine, l'exploitant soumet pour approbation à l'Agence Nationale de la Géologie et du Contrôle Minier le projet renfermant les dessins, les devis et toutes autres informations demandées par cette dernière.

Article 13 :

Tout ventilateur principal installé au jour ou au fond doit être muni d'un appareil à lecture directe indiquant les dépressions ou surpressions ainsi que d'un dispositif avertisseur des arrêts intempestifs.

Article 14 :

Les constructions abritant les ventilateurs qui alimentent en air une partie des chantiers souterrains sont fait de matériaux incombustibles. Les tuyaux et les conduits d'amenée de l'air frais doivent être fabriqués d'un matériau qui cesse de brûler au retrait de la source de chaleur.

Article 15 :

Dans les galeries très fréquentées, dans les galeries établissant une communication entre voies principales d'entrée et de retour d'air, ainsi qu'en tout point où l'ouverture d'une porte risquera de provoquer une perturbation notable dans l'aérage, on ne doit employer que des portes d'aérage multiples, convenablement espacées. Les portes devenues sans objet, du fait d'une nouvelle répartition de l'aérage doivent être enlevées de leurs gonds.

Article 16 :

Toute porte d'aérage doit se refermer d'elle-même. Il est interdit de caler une porte d'aérage sauf pour le passage d'un convoi de berlines.

Article 17 :

Le projet d'aérage ainsi que toute modification de l'aérage doivent être portés à la connaissance de l'Agence Nationale de la Géologie et du Contrôle Minier qui pourrait y apporter toutes les corrections qu'elle jugerait utiles et nécessaires pour une meilleure efficacité du plan d'aérage et une meilleure protection de l'hygiène et de la santé des travailleurs.

Article 18 :

Tous les trois mois et / ou à chaque modification du régime de l'aérage, l'exploitant est tenu de jauger le courant d'air principal ainsi que les courants d'air assujettis à un minimum de débit. Les constatations relatives à l'aérage sont inscrites sur un registre ouvert à cet effet.

Article 19:

L'exploitant tient à jour le plan d'aérage indiquant notamment le sens des courants d'air, la situation des ventilateurs, des portes d'aérage, et des stations de jaugeage avec les débits mesurés à ces station.

