



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



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

Ecole Nationale Polytechnique
Département Génie Minier

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes pour l'obtention
Du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Minier

**Etude technico-économique de la méthode d'exploitation
du marbre de Fil-Fila**

Présenté par :

Mr. BELGHOUL Ahmed

Devant le jury :

Dr. Mohamed Aguide BACHAR ASSAD

Dr. BERDOUDI.S

Dr. GASSEM.

Président

Promoteur

Examineur

Promotion juin 2014
Ecole National Polytechnique 10, Avenue Hassan Badi, El-Harrach. Alger.

Remerciements

Je tiens à remercier mon bon dieu, Le tout puissant de m'avoir permis de mener à bien ce modeste travail.

*J'exprime mes sincères remerciements à mon promoteur **Mr.BERDOUDI Said** pour ses précieux conseils et aides, réussissant à me guider tout au long de mon travail.*

*Je remercie tous ceux qui ont contribué à ma formation depuis mon jeune âge et aux enseignants de **l'Ecole Nationale Polytechnique**, de nous avoir fait profiter de leur expérience scientifique et pour les précieux enseignements et conseils qu'ils nous ont prodigués tout au long de notre scolarité, en particulier à tout le personnel du département **Génie Minier**.*

Je remercie tous les membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail, et d'y avoir porté leur juste appréciation.

*J'adresse un remerciement également à tout le personnel de **l'unité carrière de marbre de Fil-Fila SKIKDA**, en particulier, à leur chef d'exploitation **Mr.KAID A.Aziz** pour leurs conseils.*

Mes remerciements s'adressent également à ma famille en particulier à mes chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leur grand soutien, durant toutes ces années d'études.

Enfin, je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité
d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la
patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur
de lever mes mains vers le ciel et de dire*

" AL hamdoulli ALLEH "

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la
vie, le symbole de tendresse et d'amour, qui s'est
sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite,*

à ma mère ...

*A mon père, écolier de mon enfance, qui a été mon ombre
durant
toutes les années des études, et qui a veillé tout au
long de ma vie*

à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que dieu les garde et les protège.

A mes frères Raouf, Haroun, Djahid et Walid.

A ma belle sœur Asma.

*A mes amis Zaki, Salah, Nounou, Hamada, Mohamed, Hani,
Kahlouch, Charif, Hmidou, Yakoub, Loubna et sans oublier ma chère*

Hanane ...

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Je dédie ce travail.

Ahmed

ملخص:

وحدة الشركة الوطنية للرخام الموجودة بسكيكدة تقوم باستخراج الرخام بطريقة الكتل. في هذه الدراسة نهدف اساسا الى تحديد طريقة النشر و من اجل ذلك قمنا بتحديد وقت دورة لكل عملية تحديد كتل معيار الإنتاج السنوي لكل طريقة و في ظل هذه الدراسة قد تم اختيار أفضل التقنيات الاستخراج الأداء و التكلفة

كلمات المفتاحية :

الاحتياطي الاستغلال, الاستخراج, مقطع, الجيولوجيا, الرخام.

Résumé :

L'unité de Fil-Fila (ENAMARBRE) exploite le gisement de marbre selon la méthode d'exploitation par bloc.

Cette présente étude a pour but fondamental qui consiste au choix d'une méthode de sciage.

La détermination des temps de cycle pour chaque processus, a été réalisée. Détermination de du rendement de sciage pour chaque méthode, a été réalisée. Les meilleures techniques d'exploitation (rendement et prix de revient) ont été choisies.

Mots clés : Géologie, marbre, bloc, méthode d'exploitation, extraction, coupes, réserves,

Abstract:

The unity of FILFILA (ENAMARBRE) operates with the marble deposit depending on the block method.

This present study has for fundamental aim the selection of a sawing method.

The determination of the cycle time for each process was performed, the determination of the performances for each method was performed. And the best operating techniques (performances and costs) were chosen.

Keywords: Geology, marble, block, exploitation method, extraction, reserves.

Table Des Matières

Introduction Générale :.....	2
------------------------------	---

Chapitre I : Présentation Générale

I.1-Présentation d'ENAMARBRE:.....	4
I.2-Présentation de la région :	4
I.3-Situation géographique de la carrière :.....	5
I.4-Aperçu sur les marbres :	7
I.4.1-Définition :	7
I.4.2-Origine et caractéristiques des marbres :	8
I.4.3-Utilisation du marbre :.....	10

Chapitre II : Partie Géologique

II.1- Cadre géologique:.....	12
II.2- Historique des études géologique :	12
II.3- Géologie du gisement :.....	13
II.3.1-Lias Ji :	13
II.3.2-Jurassique Moyen-Néocomien (Je-Ki-Me) :	13
II.3.3-Aptien-Albien (Kj-ap-al) :	14
II.3.4-les roches intrusives :	14
II.3.5-Les dépôts quaternaires :	14
II.3.6- Les dépôts alluviaux :	14
II.3.7- Les dépôts d'éluviaux :	14
II.4- Stratigraphie du gisement :	15
II.4.1-Complexe inférieure :	15
II.4.2-Complexe moyen :	16
II.4.3-Complexe supérieure :	17
II.5- Tectonique :	18
II.5.1-L'écaillé inférieure :	18
II.5.2- L'écaillé moyenne :	18
II.5.3- L'écaillé supérieure	18
II.6- Genèse du gisement :	19
II.7- Réserves géologiques :	20
II.7.1-Calcul des réserves :	20
II.7.2-Coupes et sondages :	23

Chapitre III: Partie Minier

III.1-Mode d'ouverture :.....	32
III.1.1-Caractéristique de la piste :	32
III.1.2-Travaux de découverte	32
III.2-Méthode d'exploitation :	34
III.2.1-Historique de l'exploitation de la carrière de Fil-Fila :	34
III.2.2-Notion général sur l'exploitation :	34
III.2.3-Classification des méthodes d'exploitation (C.O) (RJEVSKY) :	35
III.2.4-Les paramètres et les éléments de la méthode d'exploitation :	35
III.2.5-L'état actuel du secteur d'exploitation de la carrière de Fil-Fila :	40
III.2.6-Organisation de l'exploitation à la carrière de Fil-Fila :	43
III.3-Travaux d'extraction des blocs :	43
III.3.1-Sciage au fil diamanté :.....	44
III.3.2-Sciage par haveuse et description de la machine :.....	48
III.4-Culbutage des masses:	53
III.5-Débitage des masses en blocs marchands :.....	54
III.5.1- Débitage des masses par forage et coin :.....	54
III.5.2- Débitage au fil diamanté :	56
III.6-Chargement :	58
III.7-Transport des blocs:	59
III.7.1-Calcul de la durée d'un cycle du camion :.....	60
III.7.2-Nombre de cycle possible d'un camion par poste :	60
III.7.3- Nombre de cycle nécessaire pour assurer la production journalière:.....	60
III.7.4-Nombre de camion nécessaire :.....	60

Chapitre IV: Partie Spéciale

IV.1.- Contenu du Travail :	63
IV.2- Sciage par fil diamanté :	63
IV.2.1- Séparation des masses du massif par machine à fil diaman	63
IV 2.2- Culbutage des masses lors du sciage par fil diamanté :	67
IV 3- Sciage par haveuse :	69
IV.3.1- Séparation des masses du massif par haveuse :	69
IV.3.2- Sciage horizontal de la masse :.....	69
IV.3.3- Sciage vertical suivant la longueur de la masse	70
IV.3.4- Sciage vertical suivant la largeur de la masse :	70
IV.4- Analyse et discussions :	72
IV 5- La méthode combinée :.....	72
IV.5.1- Forage d'un trou vertical de diamètre de 90 (mm) :.....	72
IV.5.2- Sciage horizontal de la masse par haveuse :	73

IV.5.3- Sciage vertical suivant la largeur de la masse au fil diamanté	74
IV.5.4- Sciage vertical suivant la longueur de la masse au fil diamanté	74
IV.6- Culbutage des masses :	75
IV.7- Débitage des masses :	76

Chapitre V: Partie Economique

V.1- Amortissement horaire d'un engin :	79
V.2- Calcul du salaire :	80
V.3- Dépense d'énergie :	81
V.4- Dépense D'après la réparation:	83
V.5- Dépense des matériaux	83
V.5.1- La consommation du FD	83
V.5.2- La consommation de l'eau pendant le sciage	84
V.6- Prix de revient d'un mètre cube pour la méthode de sciage par fil diamanté :	85
V.6.1-Forage d'un trou de 90 (mm) :	86
V.6.2-Forage d'un trou Horizontal de longueur de 1.7 (m):	86
V.6.3-Forage d'un trou vertical :	87
V.6.4-Sciage horizontal de la masse :	87
V.6.5-Sciage vertical suivant la longueur de la masse :	88
V.6.6-Sciage vertical suivant la largeur de la masse :	89
V.6.7-Culbutage des masses :	90
V.6.8-Débitage de la masse en blocs standards :	90
V.7- Prix de revient d'un mètre cube pour la méthode de sciage par haveuse:	92
V.7.1-Sciage horizontal de la masse par haveuse :	92
V.7.2-Sciage vertical suivant la longueur de la masse :	93
V.7.3-Sciage vertical suivant largeur de la masse :	94
V.7.4-Culbutage de la masse :	95

Chapitre VI: Traitement

VI.1- Introduction:	97
VI.2- L'usine de marbre de SKIKDA :	97
VI.2.1- Présentation et fonctionnement :	97
V I2.2- Présentation des différents ateliers :	98

Conclusion Générale

Bibliographie

Liste des Figures

Chapitre I Présentation Générale

Figure. I- 1: Situation géographique de Fil-fila.	5
Figure. I- 2: Situation géographique de la région d'étude :.....	6
Figure. I- 3 : variété de marbre :	7
Figure. I- 4 : utilisation du marbre :.....	10

Chapitre II Partie Géologique

Figure. II- 1 : Carte géologique du massif de Fil-fila d'après Lemoy	19
Figure. II- 2 : Levé topographique de secteur d'étude 1/500eme	20
Figure. II- 3 : Carte géologique de secteur d'étude 1/500eme (D'après ORGM, 2011).....	21
Figure. II- 4 : Coupe géologique BB' (S24.S15) jusqu'au niveau 485m:	23
Figure. II- 5 : Coupe géologique AA' (S21.S24.S22) jusqu'au niveau 440m :	23
Figure. II- 6 : Log lithologique de Sondage N° :15	24
Figure. II- 7 : Log lithologique de Sondage N° :21	25
Figure. II- 8 : Log lithologique de Sondage N° :22	26
Figure. II- 9 : Log lithologique de Sondage N° :24	27

Chapitre III Partie Minier

Figure. III- 1 : Eléments de la plate forme de travail :	38
Figure. III- 2 : Schéma descriptif de la zone de développement Sud :.....	40
Figure. III- 3 : Schéma descriptif de la zone de développement Nord :.....	41
Figure. III- 4 : Les principaux éléments de la machine (FD) :	45
Figure. III- 5 : différent éléments de l'outil (FD) :	46
Figure. III- 6 : Les principaux éléments de la haveuse :.....	49
Figure. III- 7 : Les différentes composantes de la chaine-haveuse.	50
Figure. III- 8 : Culbutage au moyen des hydro-bacs:	51
Figure. III- 9 : L'élargissement préliminaire:	52
Figure. III- 10 : Renversement de la masse a l'aide du trax:	52
Figure. III- 11 : Culbutage de la masse:	53
Figure. III- 12 : Un traçage préliminaire des masses culbutées :	54
Figure. III- 13 : Débitage des masses par forage et coins :	54
Figure. III- 14 : Photo des grues disponible dans la carrière de Fil-Fila :.....	58

Chapitre VI Partie Traitement

Figure. VI - 1 : Description des différentes étapes de transformation des blocs :.....	89
Figure. VI - 2 : Description des différentes étapes de transformation des blocs:.....	90
Figure. VI - 3 : Bibelots et articles décoratifs:.....	91

Liste des Tableaux

Chapitre I Présentation Générale

Tableau. I- 1 : Résultats des analyses chimiques des échantillons prélevés à Fil-Fila:.....	8
Tableau. I- 2 : Caractéristiques physico-mécaniques des marbres de Fil-Fila :.....	9

Chapitre II Partie Géologique

Tableau. II- 1 : les coordonnées des points A, B, C, D :.....	20
Tableau. II- 2 : les réserves géologiques en marbre (fin 2012) jusqu'au niveau 480m :.....	22

Chapitre III Partie Minier

Tableau. III- 1 : Les paramètres et les types d'excavations :	32
Tableau. III- 2 : Les paramètres du bulldozer :.....	33
Tableau. III- 3 : récapitulatif des paramètres de la méthode d'exploitation:	40
Tableau. III- 4 : Les réserves préparées pour l'année 2014 par zones :.....	42
Tableau. III- 5 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	56
Tableau. III- 6 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	57
Tableau. III- 7 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	61

Chapitre IV Partie Spécial

Tableau. IV- 1 : Tableau récapitulatif des calculs du cycle de forage :.....	64
Tableau. IV- 2 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	67
Tableau. IV- 3 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	68
Tableau. IV- 4 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	69
Tableau. IV- 5 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	71
Tableau. IV- 6 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	75
Tableau. IV- 7 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	76
Tableau. IV- 8 : Tableau récapitulatif des calculs :.....	77

Chapitre V Partie Economique

Tableau. V- 1 : Tableau des amortissements horaires :.....	80
Tableau. V- 2 : Tableau de calcul de salaire :	81
Tableau. V- 3 : Tableau des dépenses d'énergie :.....	83
Tableau. V- 4 : Tableau de calcul des réparation :.....	84
Tableau. V- 5 : Tableau récapitulatifs des calcules1:.....	85
Tableau. V- 6 : Tableau récapitulatifs des calcule2:.....	85
Tableau. V- 7 : le forage d'un trou horizontal :.....	86
Tableau. V- 8 : Tableau des dépenses pour le forage :.....	86
Tableau. V- 9 : Forage d'un trou vertical :.....	87
Tableau. V- 10 : Tableau des dépenses pour Sciage horizontal de la masse :.....	87
Tableau. V- 11 : Les dépenses pour Sciage vertical suivant la longueur de la masse :.....	88

Tableau. V- 12 : Tableau des dépenses pour Sciage vertical suivant la largeur de la masse : 89
Tableau. V- 13 : Tableau des dépenses pour le culbutage de la masse :90
Tableau. V- 14 : Tableau des dépenses pour le débitage la masse :90
Tableau. V- 15 : Tableau des dépenses totales de la méthode de sciage par FD :91
Tableau. V- 16 : Tableau des dépenses pour le sciage horizontal de la masse :92
Tableau. V-17 : Les dépenses pour le sciage vertical suivant la longueur de la masse :93
Tableau. V-18 : Les dépenses pour le sciage vertical suivant la largeur de la masse :94
Tableau. V- 19 : Tableau des dépenses pour le culbutage :95
Tableau. V- 20 : Tableau des dépenses totales de la méthode de sciage par haveuse : 96

Introduction

Général

Introduction Générale

De tout temps, les pierres ornementales et les monuments en pierre ont témoigné du niveau culturel des civilisations. Depuis les temps préhistoriques, les pierres ont été utilisées pour les bâtiments et les œuvres d'art [1].

Le marbre est une roche qui par ses propriétés physiques, ses variétés de couleurs et sa splendeur a acquis une très grande importance qui ne date pas d'aujourd'hui. Les romains l'ont découvert et exploité (marbre de Fil-fila) les premiers en utilisant un procédé ingénieux, et des chefs-d'œuvre furent érigés à l'image du Taj Mahal en Inde.

Après la nationalisation des mines le 06 mai 1966, une étape importante du développement de l'industrie minière a commencé en créant les conditions favorables pour une technologie d'extraction, la qualité et l'accélération du rythme du processus de production moderne [2].

Suite à ces attentes, un sujet pour l'étude technico-économique de l'exploitation à ciel ouvert du gisement de marbre de Fil-Fila est proposé dans le cadre de projet de fin d'études, en vue de l'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'état.

Pour bien connaître la situation actuelle du gisement et avoir les données nécessaires à la réalisation de ce projet, j'ai fait un stage de deux mois sur site.

L'ENAMARBRE Skikda se préoccupe de sérieux problèmes qui nécessitent à la fois de prendre un ensemble des décisions techniques, d'organisation et économique dont le but est d'avoir un prix de revient intéressant et qui fera l'objet de notre travail.

Notre mémoire comportera donc six chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation générale.

Le deuxième chapitre sera consacré à la géologie du gisement et au calcul des réserves géologiques.

Le troisième chapitre sera consacré à la description du mode d'ouverture, méthode d'exploitation jusqu'au transport des blocs marchands de marbre.

Le quatrième chapitre sera consacré au calcul de la durée d'un cycle lors du sciage par fil diamanté (FD), sciage par haveuse et le rendement pour chaque méthode.

Le cinquième chapitre sera consacré à la détermination du prix de revient pour chaque méthode de sciage.

Le sixième chapitre sera relatif au traitement du bloc de marbre extrait.

Chapitre 1

Présentation

Général

I. Présentation Générale :**I.1 Présentation d'ENAMARBRE [2]:**

Société Nationale créée le 16 Juillet 1983, suite à la restructuration de la SONAREM en 1983 transformée en E.P.E. / S.p.a. en Mars 1991.

Les activités principales de l'entreprise ENAMARBRE sont :

- ✓ Exploitation des Marbres Bruts.
- ✓ Transformation du Marbre.
- ✓ Concassage de dérivés de Marbre.
- ✓ Commercialisation du marbre.

Les produits comprennent :

- ✓ Blocs bruts marchands de marbre, onyx et travertin.
- ✓ Dalles et carreaux de marbres de différentes dimensions et épaisseurs.
- ✓ Dérivés de marbre : granulats et poudre de marbre.

Nombre d'Unités économiques opérationnelles sont 07 Unités dont les sites de production et de commercialisation sont :

- ✓ Carrière à blocs de marbre de FIL-FILA (SKIKDA).
- ✓ Carrière de dérivés de marbre de CHATT (Fil-Fila - Skikda).
- ✓ Carrière à blocs de marbre de MAHOUNA (Guelma).
- ✓ Carrière d'ONYX d'Ain-Smara (Constantine).
- ✓ Carrière de dérivés de marbre de MEKLA (Tizi ousou).
- ✓ Carrière à blocs et dérivés de marbre de Krystel (Oran).
- ✓ Carrière de dérivés de marbre de Honaine (Tlemcen).
- ✓ Usine de transformation de marbre (Skikda).
- ✓ Usine de transformation de marbre de Boumahra (Guelma).
- ✓ Usine transformation de marbre de SIG (Mascara).

I.2 Présentation de la région de Fil-Fila [3] :

Fil fila est un massif montagneux situé sur la côte Est de l'Algérie, à une vingtaine de kilomètres à l'Est de la ville de Skikda .Il est limité au nord par la mer méditerranée, au Sud par l'Oued Righa, à l'Est par la forêt du Fil fila et à l'Ouest par les Platanes. Voici une carte géographique qui représente la région.



Fig. I-1 : Situation géographique de Fil-fila.

I.3 Situation géographique de la carrière [3]:

La carrière de marbre de fil-fila est située dans le djébel fil-fila, à 25 Km à l'Est de Skikda. La carrière de marbre est située à une altitude de 530 à 550.

Elle est comprise entre les coordonnées Lambert : $X=891.908 - 891.593$; $Y=408.586 - 408.757$.

Le gisement de marbre est localisé dans ce massif de Fil-fila sur un plateau de 530-550m.

Le relief montagneux de cette région présente des vallées profondes et des sommets arrondis, parfois, rocheux. Dans les zones d'affleurement, existe un relief karstique caractérisé par l'apparition des sommets rocheux et des dolines.

La région est couverte de végétation représentée par des broussailles et herbes des zones de végétation de chaine-liège.

Le climat de la région est de type méditerranéen avec une influence de la montagne.

L'alimentation en eau industrielle et potable s'effectue à partir des sources des eaux souterraines située dans les limites et aux environs du gisement.

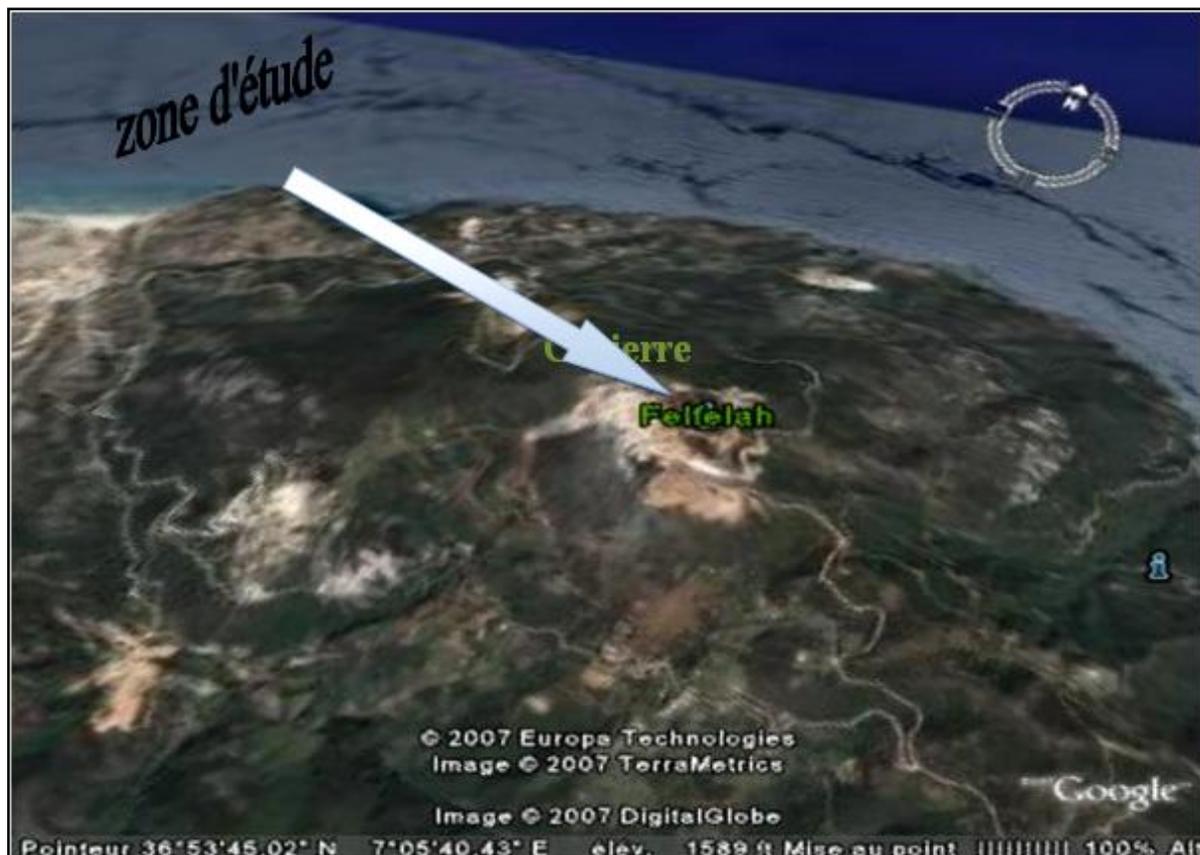


Fig. I-2 : Situation géographique de Fil-fila. [4]

I.4 Aperçu sur les marbres:

I.4.1 Définition :

Le mot « marbre » vient du latin « marmōr ».

Le marbre est une roche métamorphique dérivé du calcaire. Existant dans une grande diversité de coloris, peuvent présenter des veines ou marbrures (les veines et les coloris sont dus à des intercalations d'oxyde métallique, le plus souvent).

Aussi le marbre est une pierre calcaire de haute densité, bien cristallisé, ses couleurs proviennent souvent de la présence d'oxyde métallique, leurs couleurs et leurs duretés sont diverses mais ils se prêtent parfaitement au polissage grâce à leur nature lithologique (calcite ou dolomie).

Certains types de marbre portent des noms particuliers, par exemple : le cipolin ou la griotte.

Ils existent plusieurs variétés du marbre tel que :

- ✓ Marbre gris claire.
- ✓ Marbre blanc.
- ✓ Marbre blanc bleuâtre.
- ✓ Marbre gris foncé.
- ✓ Marbre Saccharoïde.
- ✓ Marbre Réséda (vert et marron).

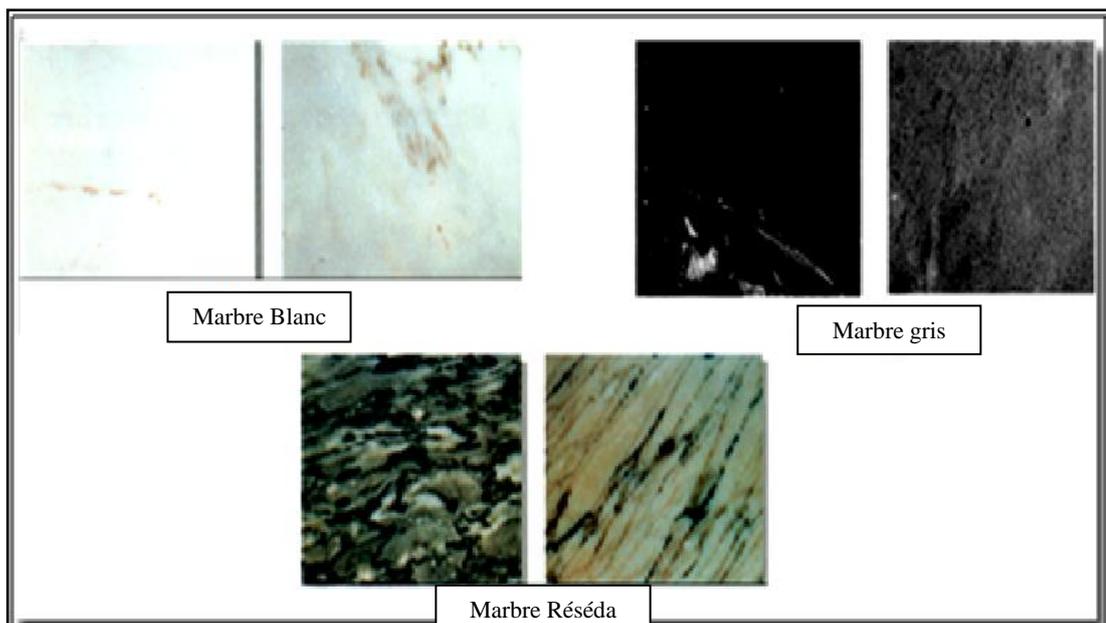


Fig. I-3: variété de marbre

I.4.2 Origine et caractéristique du marbre :

Un marbre est un calcaire ayant subi un faible métamorphisme qui a entraîné une recristallisation plus ou moins complète des minéraux notamment la calcite. Ainsi, ce sont les cristaux de calcite alors visibles après ce métamorphisme qui donnent l'aspect chatoyant à la roche après un polissage. Le métamorphisme est le plus souvent dû à la simple pression des terrains situés au-dessus des niveaux calcaires.

Le degré de pureté du marbre est responsable de sa couleur et de son aspect : il est blanc si la roche dont il provient était uniquement composée de calcite. Il est gris pâle au rouge vif, si cette pierre est parcourue de veines et de veinules de teinte très variable qui leur donnent l'aspect marbré stricto sensu.

Tableau. I- 1 : Résultats des analyses chimiques des échantillons prélevés à Fil-Fila [5]:

Composant	Type de marbre						
	Blanc statuaire	Blanc gris	Blanc saccharroïde	Gris	Noir	Réséda	Gris jaunâtre
CaCO₃	91.05	99.49	97.22	97.33	97.73	99.52	97.70
MgO	1.034	1.527	3.054	1.538	0.99	17.11	1.992
CaO	54.86	54.29	951.05	53.51	54.00	35.63	53.68
Fe₂O₃	0.04	0.06	0.33	0.24	0.22	0.10	0.02
Al₂O₃	0.08	0.17	0.88	0.38	0.56	0.20	0.02
SiO₂	0.15	0.13	1.34	0.79	0.90	0.13	0.07
P₂O₅	44.26	43.76	43.26	43.27	43.65	46.15	44.12

La densité d'un marbre est élevée (en moyenne 2,7). Cette roche est parmi les plus résistantes. Leur charge de rupture est de 1,2 à 1,5 t/cm. En atmosphère sèche, ils sont pratiquement inaltérables, bien que leur dureté soit médiocre. Dans l'air humide ou légèrement acide, ils ont tendance à s'effriter. Les caractéristiques physico-mécaniques des marbres de Fil-Fila sont représentées dans le (Tableau I.2).

Tableau. I- 2 : Caractéristiques physico-mécaniques des marbres de Fil-Fila [5].

Caractéristiques	Type de marbre						
	Blanc statuaire	Blanc gris	Blanc saccharoïde	Gris	Noir	Réséda	Gris jaunâtre
Masse volumique (g/m ³)	2.736	2.742	2.746	2.746	2.829	2.752	2.746
Masse volumique apparente (g/m ³)	2.684	2.707	2.704	2.738	2.789	2.717	2.722
Compacité (%)	98.03	98.20	98.44	98.70	98.50	98.70	98.20
Porosité	1.96	1.32	1.56	0.30	1.50	1.30	0.80
Absorption d'eau (%)	0.39	0.19	0.19	0.11	0.22	0.16	0.12
Coefficient de saturation (%)	0.87	0.76	0.83	0.50	0.81	0.77	0.50
Resistance a la compression état sec (Kg/cm ²)	961	923	900	1376	1480	949	1446
Resistance à l'état sature (Kg/cm ²)	807	974	882	1125	1414	1064	1259
Resistance a l'usure (G/cm ²)	1.820	1.096	0.96	0.719	0.311	0.996	0.645

I.4.3 Utilisation du marbre :

Il se prêt bien à la taille et est très utilisé en construction, en décoration ou en sculpture. On peut s'en servir comme dessus de comptoirs pour la salle de bains, mais n'est pas recommandé comme surface de comptoirs pour la cuisine.

Le marbre est très poreux, ce qui en contact avec certaines substance alimentaires provoquant sa détérioration. L'utilisation du marbre comme matériel décoratif à été vue pour les premières fois dans la construction intérieur des églises.

Le marbre est aussi massivement utilisé pour la fabrication du dentifrice, certaines variétés des marbres sont utilisées dans la construction, là décoration intérieure et la création d'ornement, tel que les pieds de la lampe, les escaliers, les plateaux de table ou les parures de bureaux.



Fig. I-4: utilisation du marbre

Conclusion :

Finalement, On peut dire que le marbre est l'un des substances utiles les plus courantes et les plus utilisables dans plusieurs domaines (architecture, sculpture...).

Chapitre 2

Partie

Géologique

II. Partie Géologique :**II.1 Cadre Géographique [6] :**

La carrière de Fil-Fila est située à 25 km à l'Est de Skikda, à laquelle elle est reliée par une route départementale goudronnée.

La carrière est encaissée dans un relief fortement accidenté à proximité de la ligne de partage des eaux de la crête de Fil-fila, à des altitudes variant de 500 à 555 m par rapport au niveau de la mer. La carrière est rattachée administrativement à la commune de Fil-fila.

II.2 Historique des études géologique [7]:

Les premières données géologiques sur le gisement de marbre de fil-fila ont été faites par A.PAPIER, en 1873 qui montre la concordance entre les calcaires métamorphiques, les schistes et grès ainsi que les caractères stratiformes des gîtes de minerai de fer, situé dans les schistes supérieurs.

Après A.PAPIER, les recherches ont été entreprises par P.TERMIER (1902), F.FICHEUR (1903), J.BOLFA (1952), M.L JOLEAUD (1954) et C.LEMOY (1969).

Dans ces études ont été déterminés l'âge mésozoïque du marbre (JURASSIQUE et CRETACE) et les phénomènes de métamorphisme de contact qui ont conduit à la marmorisation des calcaires.

De même, il a été déterminé la structure d'ensemble du para-autochtone dans lequel sont situés les calcaires marmoréens du Djebel FIL-FILA.

L'étude entreprise par C.LENOY (1969) grâce aux nombreux détails pétrographiques, et structuraux pour l'ensemble de la région a permis d'améliorer les connaissances géologiques du gisement de marbre.

Une étude détaillée du gisement de marbre de FIL-FILA a été effectuée par le géologue égyptien M.S AFLA en 1969 à travers son rapport « LE MARBRE DU DJEBEL FIL-FILA » qui renferme 25 annexes et un chapitre concernant le calcul des réserves.

En 1971-1973 une étude géologique détaillée du gisement a été faite par la mission roumaine pour le compte de la SONAREM qui a permis de calculer les réserves géologiques.

En 1989-1991, l'EREM a entrepris une étude géologique avec des sondages plus profonds qui a permis de préciser les réserves géologiques.

En 2011 et à la demande de l'ENAMARBRE, une étude géologique détaillée de la carrière par ORGM était faite pour l'exploration de la partie centrale de la carrière de Fil-fila.

II.3 Géologie du gisement [3]:

Les études géologiques de la région du massif montagneux de Fil-fila ont été entamées à la deuxième moitié du 19^{ème} siècle.

La structure géologique de la région est déterminée par la présence de quelques complexes structuraux superposés tectoniquement les uns sur les autres.

La position structurale inférieure est occupée par le complexe autochtone de la terminaison Ouest du massif de L'Edough. Le complexe para - autochtone des zones de Safia et de Fil-fila est constitué par les dépôts Mésozoïques. Leurs coupes stratigraphiques se distinguent les unes des autres.

Le gisement de marbre en bloc de Fil-fila est associé au complexe structural de la zone de Fil-fila.

Dans cette structure géologique de la zone de Fil-fila on note les dépôts de Lias, du Jurassique moyen, du Néocomien, de l'Aptien – Albien.

II.3.1 Lias Ji :

Il est représenté par les calcaires avec les restes des brachiopodes et les intercalations de dolomies avec la présence de certaines argiles. La puissance de ces dépôts est de 180 -200 m.

Le métamorphisme des roches carbonatées est lié à l'action de l'intrusion néogène des granitoïde dans la zone de contact. Suite, à ce métamorphisme dû aux intrusions granitiques dans la zone de contact, certaines parties ont été transformées non seulement en marbre mais aussi en skarns à wollastonite, épidote et pyroxène (Oudina, 2007).

II.3.2 Jurassique moyen - Néocomien (J2_Ki-me) :

Ces dépôts sont développés dans les parties Sud et Sud - Est du massif de Fil-fila, ils sont représentés par une assise facilement variable des argiles avec des intercalations de calcaire à grains fins sous forme de couches ayant une puissance de 20 cm.

Dans la partie terminale de cette coupe, on note l'apparition des intercalations de grès à grains fins à moyens avec une puissance qui atteint 250 -300m.

II.3.3 Aptien-Albien (Kj-ap-al) :

Les dépôts de l'Aptien-Albien constituent la partie Nord du massif de Fil-fila et reposent sur les dépôts du Jurassique moyen-Néocomien. La partie Nord de la coupe et dans la partie Sud du massif (la région de Djebel Seba) est représentée par l'alternance fréquente des grés à grains fins et moyens).

La coupe géologique de Fil-fila est caractérisée par la prédominance de grés à grains moyens et grossiers constituant le flanc de la ligne de partage entre les affleurements de l'Oued Bou-Adjar et ceux de l'Oued Righa.

La puissance des dépôts de l'Aptien-Albien dépasse 300m.

II.3.4 Les roches intrusives :

Parmi les roches intrusives développées dans les limites de la région on distingue :

- ✓ Le massif de granité à tourmaline.
- ✓ les petits corps de pegmatites.
- ✓ les diorites quartziques.

Le complexe de dykes et de filons représenté par les granités à porphyres et les filons des pegmatites et les aplites. Ces roches appartiennent au Mésozoïque inférieur.

II.3.5 Les dépôts Quaternaires :

Sont représentés par les formations contemporaines éluviales - d'éluviales, les éboulies en grands blocs, les graviers et les argiles.

II.3.6 Les dépôts alluviaux :

Ne sont observés que dans la vallée de l'oued Righa et sont représentés par des sables et galets.

II.3.7 Les dépôts d'éluviaux :

Sont représentés par des arènes, limons et des cailloutis rarement par des blocs formés par altération.

II.4 Stratigraphie du Gisement :

Le gisement de marbre de Fil-fila se divise en trois unités tectoniques superposées du nord-ouest au sud-est :

- ✓ Unité inférieure (secteur nord-est).
- ✓ Unité moyenne (secteur centrale).
- ✓ Unité supérieure (secteur sud).

Ces trois complexes (ou unités) sont partagés par de grands contacts tectoniques représentés par les brèches et les zones de micro brèches.

II.4.1 Complexe inférieur :

Les affleurements de ce complexe s'observent sur la pente ouest du mont Fil-fila au dessous de la côte + 450m, ainsi que sur la plaine de la partie nord de la carrière. Ici il a été mis en évidence la succession lithologique suivante :

Les marbres microcristallins à puissance atteignant 40 m reposant sur les schistes marna-argileuse noires à filon de quartz, d'hématite et de sidérite. Dans la partie supérieure ces marbres ont la teinte rosâtre.

Plus loin on note les conglomérats à puissance de 0,5 m qui sont constitués par les marbres blancs, à gros grains, fissurés. Les fissures sont remplies par l'argile verdâtre.

Au dessus des conglomérats on note les marbres dolomitisés, gris clair avec les fissures remplies par la calcite. Leur puissance est de 5 à 7 m.

Plus haut suivant la coupe on note la succession des marbres noirs bitumineux et gris foncé finement cristallins. Leur puissance fait 2,0 à 4,5 m.

Plus haut les marbres sont blancs, saccharoïdes et massifs.

Les variétés blanches se substituent par celles de couleur gris-clair. Habituellement ce sont des roches à structure finement cristalline avec la teneur en calcite de 95 à 98%.

Dans la partie nord de la carrière on note les affleurements des marbres blancs homogranulaires dont la composition minéralogique est quasi-monominérale avec la teneur en calcite atteignent 99%.

Du point de vue structural ce complexe représente un monoclin à direction nord-est et sud-ouest. La structure détaillée est assez complexe, elle est composée des écaillés chevauchant du sud-est au nord-ouest.

Sur le flanc ouest de la carrière de Fil-fila on note les plis charriés à pendage du sud-est au nord-ouest qui reproduisent les faisceaux lithologiques le long des fissures.

Les accidents ayant la direction nord-est et sud-ouest ont eu lieu lors de la formation des plis et ils ont été fixés par les fissures tectoniques, les filons de calcite et les zones de Skarns à actinote.

Les accidents tectoniques récents sont représentés par les fissures remplies de calcite ou d'argile résiduelle. Les calcaires cristallins de cette unité sont représentés par les marbres blancs, gris clair, gris foncé et rosâtres.

II.4.2 Complexe moyen :

Ce complexe est situé dans la partie nord-ouest de la carrière et englobe les faisceaux lithologiques suivants :

- ✓ Skarns à actinolite à la base
- ✓ Marbres cristallins blancs dans la partie moyenne
- ✓ Argiles marneuses avec les lentilles de calcaires verts dans la partie supérieure.

II.4.2.1 Skarns à actinolite à la base :

Ils affleurent en bandes de 0,5 à 10 m de large. Du point de vue lithologique les roches sont constituées par les marbres blancs et gris clair. Les marbres sont fortement accidentés dans les noyaux des plis et ils passent aux Skarns à actinolite suivant les plans de schistosités. Dans les zones de fissuration on note les veinules de quartz, de pyrite et de quartzite. Les Skarns représentent une brèche tectonique qui est notée au contact tectonique entre les unités moyennes et inférieure, orienté du nord-est au sud-ouest avec le pendage sud-ouest sous l'angle de 20 à 30°. Leur puissance varie de 0,5 à 35 m. dans les Skarns on note les zones de la calcite gris-bleu. Les Skarns sont généralement massifs, parfois schisteuse avec la composition lithologique instable.

II.4.2.2 Marbres cristallins :

Il ya deux catégories de roches :

- ✓ Marbres gris clair
- ✓ Marbres blancs

❖ Marbres gris clair :

Les roches sont constituées par les marbres cristallins à taches gris foncé. La puissance de ces couches est de 1 à 2 m. le litage se présente par les bancs dolomitiques à puissance de 0,2 à

0,7 m. dans les marbres on note les imprégnations de pyrite et de mica qui s'observent le long des fissures et suivant la stratification. La teinture grisâtre est due à cette imprégnation.

Ces marbres ont été formés à la suite du dynamo métamorphisme des roches sédimentaires primaires dans notre cas des calcaires. Leur puissance atteint 40 m.

❖ **Marbres blancs :**

Ces marbres sont représentés par les roches de même type suivant toute l'épaisseur. Ce sont les marbres blancs micro cristallins. On rencontre parfois les lentilles des dolomies. La roche est massive, légèrement litée. La puissance des couches est de 0,5 à 1,5m. Le faisceau des marbres a un pendage sud où il est recouvert par les roches de l'unité supérieure et vers l'est par les argiles marneuses.

II.4.2.3 Argiles marneuses :

L'affleurement de ces roches est noté dans la partie est. Il est représenté par l'alternance des schistes marno-argileuse séricitisés partiellement par les calcaires marneuse et grès. Dans les limites de cette alternance on note le développement des lentilles de calcaires cristallins partiellement silicifiés, de couleur vert claire. La couleur verte est due à la présence des imprégnations de mica dans les calcaires.

II.4.3 Complexe supérieur :

Dans ce complexe on note les faisceaux suivants :

- ✓ Marbres microcristallins gris-bleu à la base.
- ✓ Marbres microcristallins blancs dans la partie moyenne.
- ✓ Marbres gris blanchâtre dans la partie supérieure.

Le contact entre les complexes supérieur et moyen se trouve le long de la faille inverse, celui du complexe inférieur est situé sur le plan de chevauchement à pendage est sous l'angle de 40° à 60°.

II.4.3.1 Dépôts du quaternaire :

Dans la région en question ces dépôts sont représentés par les colluvions et les argiles résiduelles.

Les colluvions sont notées à l'est, sur les limites des marbres avec les argiles marneuses. Ce sont les calcaires marneux et les marbres cristallins cimentés par l'argile.

Les argiles résiduelles sont de couleur brun rougeâtre. Ces argiles remplissent fréquemment les fissures des calcaires.

II.5 Tectonique [3]:

Le gisement de marbre de Fil-Fila appartient à l'unité para-autochtone qui surmonte plusieurs unités en nappes de charriages. Cette structure est vérifiée autant par les levés géologiques que par les forages et les travaux miniers effectués à proximité de ce gisement dans la mine de fer d'El Alia et dans la mine de zinc de oued Mecadjet.

La structure apparente de ce gisement est monoclinale d'une direction NE-SW, avec les pendages vers l'extrémité Nord. Les structures tectoniques principales sont d'orientation : NE à WSW - ENE (N. 80°.E) ; NW-SE (N.140°.E).

La structure détaillée de ce gisement est établie par les levés géologiques et les forages d'exploitation correspondant à plusieurs compartiments qui reflètent la tectonique de la région.

Ces compartiments du para-autochtone, formés exclusivement dans les formations mésozoïques. Sont représentés par plis écailles.

Dans le cadre du gisement de marbre de Fil-Fila, on peut distinguer trois plis écailles superposés tectoniquement.

II.5.1 L'écaillé inférieure :

Cette structure est représentée par un synclinal asymétrique développé sur la direction NE-SO couché vers le flanc Ouest, dont le flanc est laminé parfois jusqu'à 2-3 fois.

II.5.2 L'écaillé moyenne :

Cette structure est représentée par un synclinal asymétrique au flanc inversé complètement laminé et chevauché sur l'écaillé inférieur. Le flanc normal du pli est d'une direction 20°-40° vers le SE. À la base de ce pli il existe une forte zone de brèche.

II.5.3 L'écaillé supérieure :

Cette structure est représentée par un pli laminé tectoniquement le flanc resté dans le gisement a une direction NE-SW avec les pendages des couches 20°-30° vers le Sud-est et l'Est

Le contact de cette structure avec les autres écailles plonge vers le Nord. Le côté Est et Sud de ce contact est couvert de déchets de carrière.

Des alignements de dolomies correspondant probablement à des fractures parallèles aux plans de chevauchements existent le long de ce contact.

II.6 Genèse du gisement :

La genèse du gisement du marbre est liée à la mise en place des deux masses granitiques qui ont métamorphisé d'une façon dynamique les lentilles calcaires se trouvant entre ces deux massifs.

L'étude minéralogique réalisée sur des échantillons de marbre de différentes couleurs a montré que :

Les calcaires cristallins qui donnent actuellement le marbre en exploitation proviennent de la transformation des calcaires initiaux sédimentaires (stratification) fossilifères dans lesquelles toute trace d'organisme a disparu.

Les variations de couleurs dans le marbre sont fonction des proportions de substances organiques présentes dans les calcaires initiaux.

Les nuances bleuâtres sont dues par endroit à la présence de calcite largement cristallisée.

Elle est liée à la mise en place des deux masses granitiques. Qui ont métamorphisé d'une façon dynamique les lentilles calcaires se trouvant entre ces deux massifs.

Ce sont ces lentilles calcaires métamorphisées que représente notre gisement.

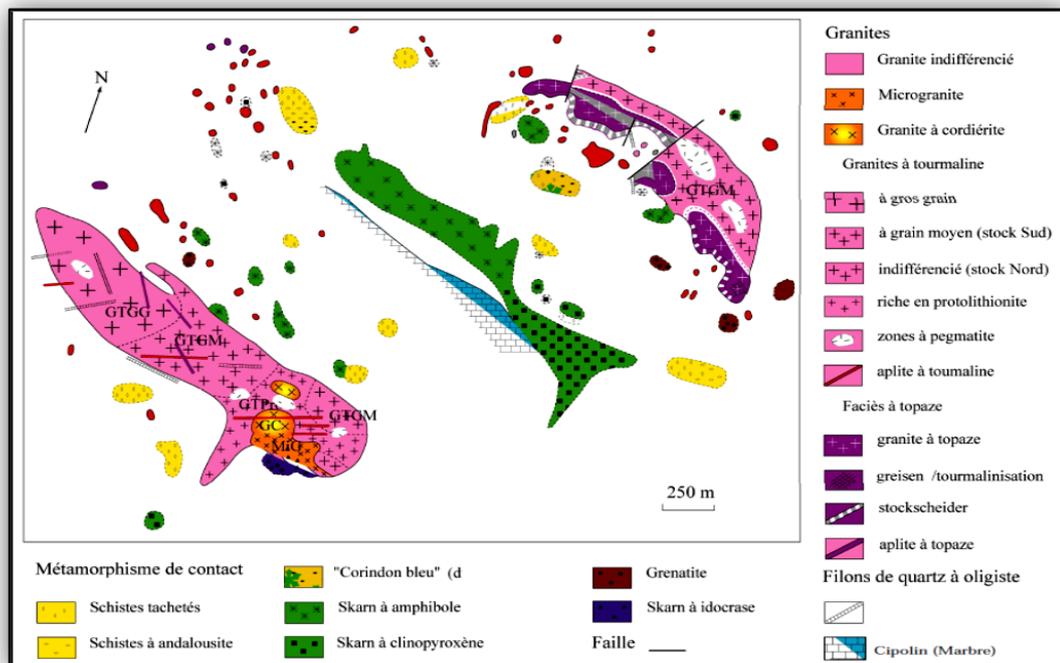


Fig. II- 1: Carte géologique du massif de Fil-fila d'après Lemoy, 1969. Modifiée (Bouabsa et al.2005) [8].

II.7 Réserves géologiques :

II.7.1 Calcul des réserves [3]:

Les réserves géologiques ont été calculées sur un périmètre de 6 hectares encadrés par les points : A, B, C, D.

Tableau II-1: les coordonnées des points A, B, C, D

Point	Cordonnée WGS 84		
	X(m)	Y(m)	Z (m)
A	330439	4085075	512
B	330275	4085348	554
C	330160	4085152	513
D	330335	4084899	534

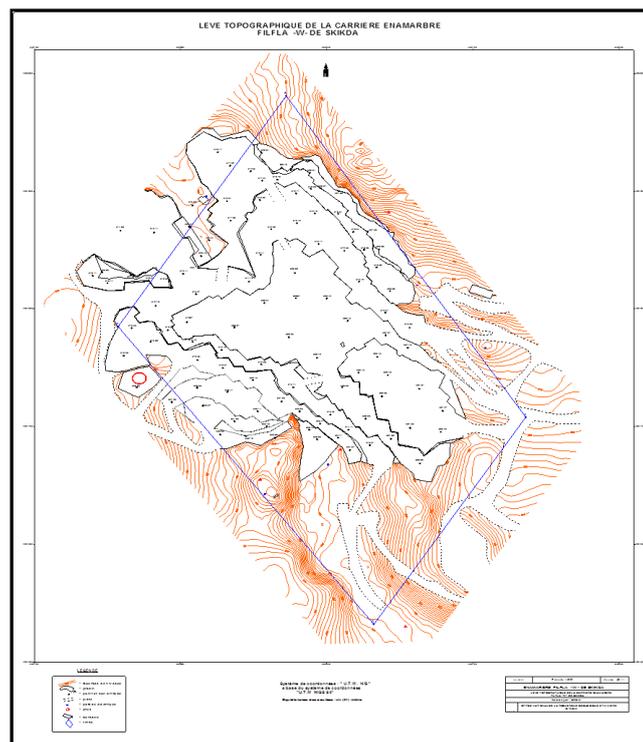


Fig II-2 : Levé topographique de secteur d'étude.

Ou :

$S(n)$: surface de la coupe (n) , m^2 .

D : distance entre les coupes (n) et (n+1).

Les réserves géologiques du gisement de marbre de la carrière de Fil-Fila sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau. II- 2: représente les réserves géologiques en marbre calculées (fin 2012) jusqu'au niveau 480 m [3].

Catégories	Réserves calculé fin 2012 (m^3)
<i>Catégorie B</i>	373.830
Catégorie C1	1857.600
Catégorie B+C₁	2.231.430

L'actualisation des réserves pour l'année 2014 est :

- ✓ Production annuelle (brute) : 37.500 (m^3).
- ✓ Production annuelle (nette): 15.000 (m^3).
- ✓ Taux de récupération prévisionnelle : 40 (%).
- ✓ Réserves exploitables préparées : 96300 (m^3).

II.7.2 Coupes et sondages [3]:

II.7.2.1 Les coupes :

✓ Coupe A-A' :

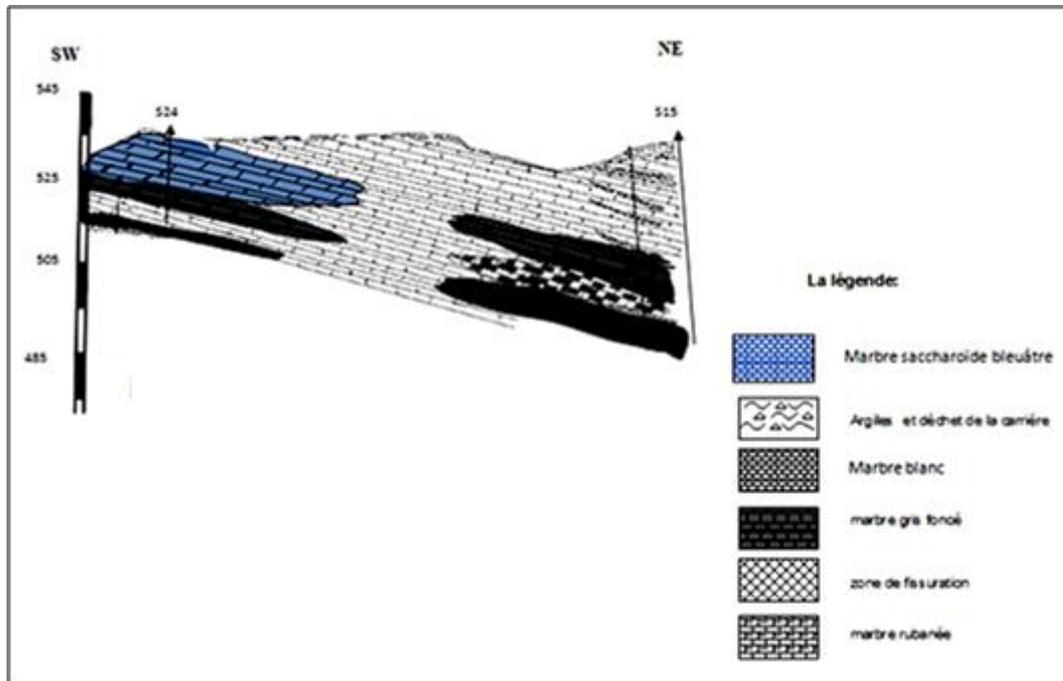


Fig. II-4 : Coupe géologique suivant la ligne BB' passant Par les sondages (S24.S15) jusqu'au niveau 485m.

✓ Coupe B-B' :

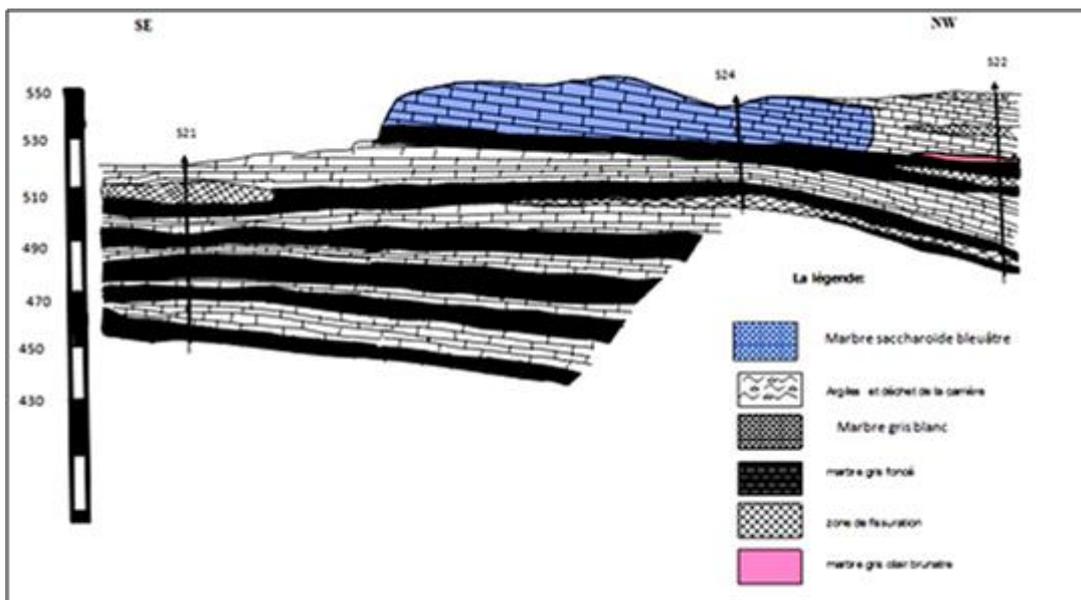


Fig. II- 5 : Coupe géologique suivant la ligne AA' passant par les sondages (S21.S24.S22) jusqu'au niveau 440m.

II.7.2.2 Description des coupes :

Les deux coupes qui nous avons levées dans le gisement en exploitation montrent bien la structure du gisement qui est une structure monoclinale de direction NE-SW avec des pendages de 20 à 40° vers le NE. Dans l'extrémité Nord, cette structure monoclinale présente une faible allure de synclinal (brachy-anticlinale).

La réalisation de ces deux coupes s'est effectuée grâce à la description lithologique des logs des sondages.

II.7.2.3 Les sondages :

✓ Sondage 15 :

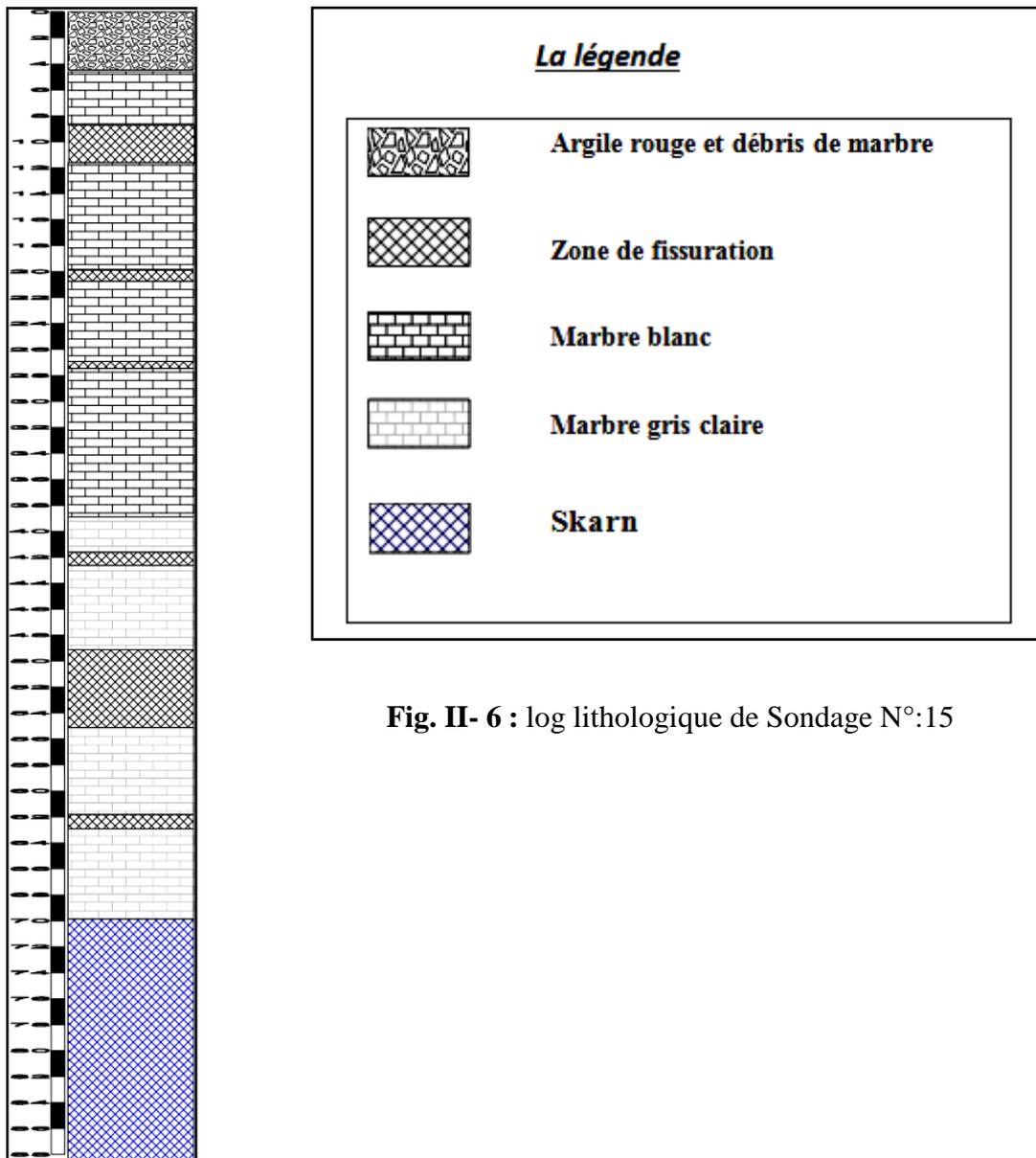


Fig. II- 6 : log lithologique de Sondage N°:15

✓ Sondage S21 :

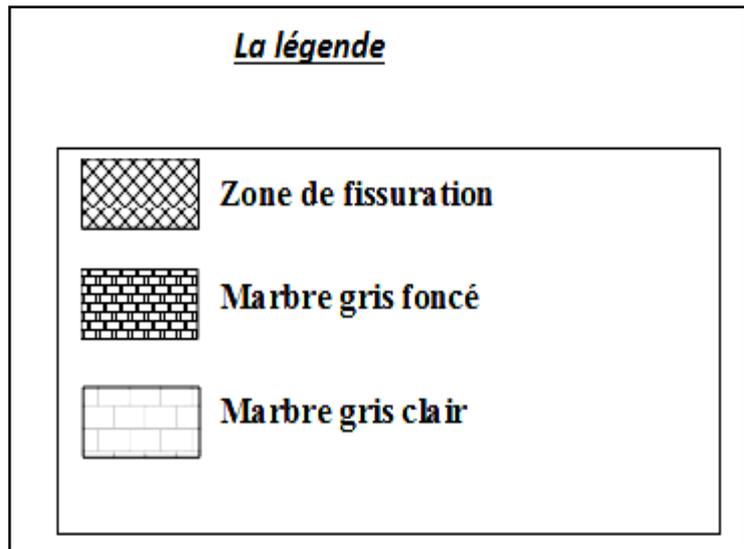
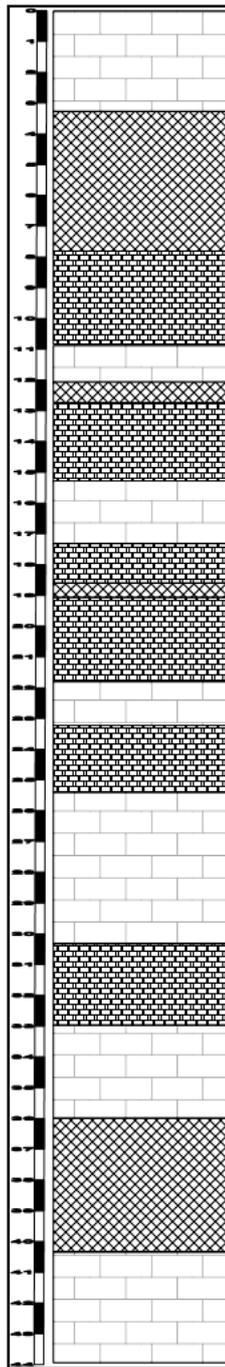


Fig. II- 7 : Log lithologique de Sondage N ° 21

✓ Sondage S24 :

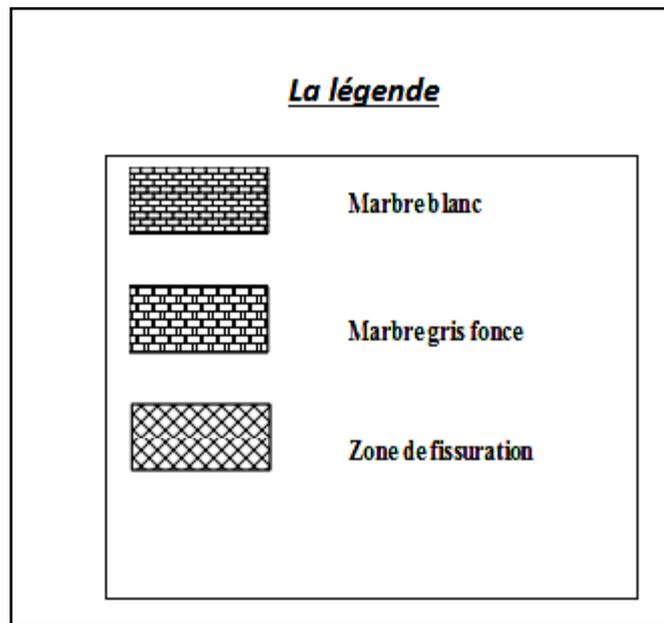
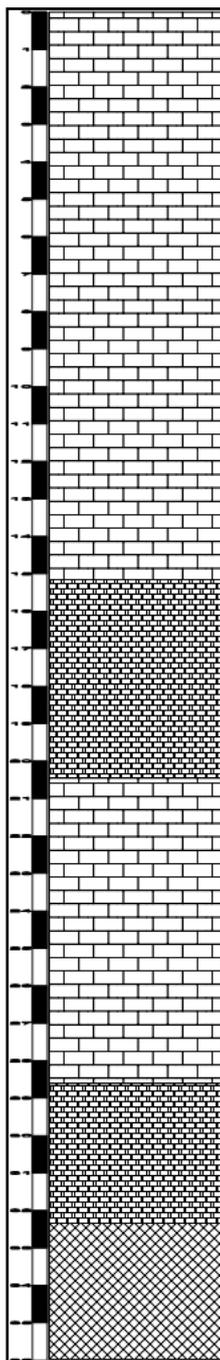


Fig. II- 9 : log lithologique de Sondage N°.24

II.7.2.4 Descriptions des sondages :✓ **Description de sondage S15 :**

Coordonnées et altitude : X=891.808.84, Y=408.441.11.

Côte 531.48m- Profondeur : 90m Echelle : 1/200^{ème}

- à 5m : Argile rouge brune aux débris de marbre.
- 5.00 à 9.00m : marbre blanc moyennement cristallin .
- 9.00 à 11.5m : zone de fissuration.
- 11.5 à 20.0m : marbre blanc finement cristallin.
- 20.00 à 21.0m : zone de fissuration.
- 21.00 à 27.0m : marbre blanc finement cristallin.
- 27.00 à 27.5m : zone de fissuration.
- 27.50 à 42.0m : marbre blanc jusqu'à gris clair.
- 42.00 à 43.0m : zone de fissuration.
- 43.00 à 49.0 m : marbre gris clair finement cristallin.
- 49.00 à 55.5m : zone de fissuration.
- 55.5 à 62.0m : marbre gris clair rubane.
- 62.00 à 63.0m : zone de fissuration.
- 63.00 à 70.0m : marbre gris clair moyennement cristallin.
- 70.00 a 90.0m : roche skarnoïde avec la texture rubané.

✓ **Description de sondage S21 :**

-coordonnées et altitude : X=891.635.44 , Y=408.414.58.

Cote 530 .12m-profondeur : 110m Echelle : 1/200 .

- à 6.00m : marbre blanc finement cristallin faiblement fissuré.
- 6.00 à 14.0m : zone de fissuration.
- 14.00 à 20.0m : marbre gris foncé.
- 20.00 à 23.0m : marbre gris clair a cristaux moyen.
- 23.50 à 28.0m : marbre gris foncé.
- 28.00 à 32.0m : marbre gris clair a cristaux moyens.
- 32.00 à 40.0m : marbre gris foncé.
- 40.00 à 42.0m : marbre gris clair à grain moyen.

- 42.00 à 47.0m : marbre gris foncé à grain fin.
- 47.00 à 55.5m : marbre gris clair grain fin.
- 55.50 à 61.0m : marbre gris foncé.
- 61.00 à 66.0m : marbre gris clair.
- 66.00 à 74.0m : zone de fissuration.
- 74.00 à 96.0m : marbre gris clair.
- 96.00 à 99.0m : zone de fissuration.
- 99.00 à 102 m : marbre gris clair.
- 102 à 108 m : zone de fissuration.
- 108 a 110 m : marbre gris clair.

✓ **Description de Sondage S22 :**

Coordonnées et altitude : X=891.794.90, Y=408.183.82.

Côte 536 .01m- Profondeur : 65m Echelle : 1/100^{eme}

- à 1.00m : argile rouge et débris de marbre.
- 1.00 à 10.0m : marbre gris clair à grain fin.
- 10.0 à 15.0m : zone de fissuration.
- 15.0 à 20.5m : marbre gris clair à grain fin.
- 20.5 à 22.5m : zone de fissuration.
- 22.5 à 23.5m : marbre gris foncé.
- 23.5 à 24.5m : marbre gris clair rosâtre.
- 24.5 à 29.5m : marbre gris foncé à grains fins.
- 29.5 à 32.5m : zone de fissuration.
- 32.5 à 36.5m : marbre gris foncé à grains fins.
- 36.5 à 56.5m : marbre blanc finement cristallin.
- 56.5 à 60.0m : marbre gris foncé à grains fins.
- 60.0 à 62.0m : zone de fissuration.
- 62.0 à 65.0m : marbre gris foncé à grains fins fissuré.

✓ Description de sondage 24 :

Coordonnées et altitude : X=891.758.43, Y=408. 272.37.

Côte 536.71m- Profondeur : 36m Echelle : 1/100^{ème}

- 0.00 à 15.0m : marbre blanc bleuâtre finement cristallin.
- 15.0 à 20.5m : marbre gris foncé finement cristallin.
- 20.5 à 28.5m : marbre blanc finement cristallin.
- 28.5 à 32.5m : marbre gris foncé à grains fins.
- 32.5 à 36.0m : zone de fissure.

Chapitre 3

Partie Minier

III. Partie Minier :

III.1 Mode d'ouverture [7]:

La carrière étant déjà en exploitation, les excavations d'ouvertures (accès et découpage) existants ont les caractéristiques suivantes (d'après le tableau suivant).

Tableau. III-1 : Les paramètres et les types d'excavations.

Types d'excavations	Paramètre des excavations				
	Long (m).	Larg (m).	Haut (m).	Pente (%).	Volum e (m ³).
Accès extérieure entre le niveau 535 et 530	75	10	5	7.5	1917
Accès intérieure entre le niveau 530 et 525	70	10	5	71.0	1760.6
Tranchée de découpage entre le 535 et 530	80	10	5	/	4000
Demi-tranchée de découpage entre le 530 et 525	165	10	5	/	5775

Puisque comme nous l'avons souligné précédemment, la carrière étant construite, il n'est pas logique de procéder aux calculs des excavations.

III.1.1 Caractéristiques de piste :

- ✓ La piste principale reliant la carrière à la route communale a une largeur de 8 (m) et une pente maximale de 75%.
- ✓ La route communale reliant la carrière à l'usine de traitement et a deux voix sa pente maximale et de 75%. La distance de transport est de 25 (km), sa largeur est de 5 à 6 mètres.

Remarque :

- La largeur de la route communale est inférieure à la largeur minimale d'une route à double voies.
- La largeur minimale d'une route à double voies est déterminée par la formule suivante :

$$B = 2 * (a + c) + x \text{ (m)} \quad (3.1)$$

Avec :

a : Largeur de la benne du camion , a = 2.5 (m)

c : Largeur de la bande de sécurité , c = 0.5 + 0.005*v.

v : vitesse de circulation des camions , v = 45 (km/h).

x : la distance entre les bennes des camions , x = 2*c.

III.1.2 Travaux de découverte :

Les roches de découverte du gisement de Fil-Fila sont constituées de deux (02) couches différentes :

- ✓ La première couche varie de 0.3 à 3 mètres est constituée de terrains morts du marbre très altéré.
- ✓ La deuxième couche qui a une épaisseur de 2 à 3 mètre avec dureté moyenne et généralement elle est constituée du marbre peu ou moyennement fissuré.

Pour le dégagement de couche on applique l'émottage mécanique, utilisant un bulldozer de type « KOMATSU » dont les caractéristiques sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau. III- 2 : Les paramètres du bulldozer :

Paramètres	Valeurs
- longueur de la lame (m).	4.16
- Hauteur de la lame (m).	1.96
- Épaisseur de la lame (mm).	32
- Nombre de dents	03
- Angle d'inclinaison (°)	45
- Longueur de la dent (cm).	62
- largeur de la dent (cm).	10
- Epaisseur de la dent (cm).	32

III.2 Méthode d'exploitation :**III.2.1 Historique de l'exploitation de la carrière de Fil-Fila [7] :**

La première exploitation du marbre de Fil-Fila remonte à l'époque romaine. Cette civilisation a laissé comme vestiges plusieurs monuments et statues réalisés dans le marbre blanc de Fil-Fila notamment au niveau des RUSSICADA (SKIKDA) et THAMUGADI (TIMGAD).

En 1875, Durant la période coloniale, la première concession pour l'exploitation de marbre a été obtenu par la société « HERNANDEZ FILS ET CIE », suivie en 1920 de la société « GEORGE LESIEUR » et « MARMORA » à partir de 1927 jusqu'à 1946.

La production annuelle de blocs était estimée à 3000 (m³) avant de régresser à 1600 (m³) en 1960.

De 1962 à 1965, la production annuelle a été en moyenne de l'ordre de 470 m³.

Entre 1970-1980, la SONAREM a entrepris l'exploitation du gisement de Fil-Fila de manière plus intensive.

Fin 1980, la capacité d'extraction est passée à 10 000 m³, l'exploitation durant cette période était faite uniquement au fil hélicoïdal.

En juillet 1980 la création de l'ENA MARBRE a permis d'apporter un nouveau souffle à l'exploitation de la carrière de Fil-Fila par l'introduction en 1984 d'une nouvelle technologie de sciage, celle du fil diamanté.

En 1993, En du le sciage au fil diamanté, une nouvelle technique d'exploitation vient d'être introduite : c'est le havage.

III.2.2 Notion générales sur l'exploitation [1] :

Une méthode d'exploitation est une succession de réalisation des travaux de creusement et d'extraction du minerai dans un ordre bien déterminé, à partir de là et en tenant compte des conditions géologique des gisements, les principaux paramètres et indices d'exploitation sont :

III.2.2.1 Les principaux paramètres de l'exploitation :

- ✓ La hauteur et l'angle du talus des gradins en activités.
- ✓ La largeur d'enlevure et de plate-forme du travail.
- ✓ L'angle des bords exploitables et non exploitables.
- ✓ La longueur du front de travail.
- ✓ Le nombre des gradins en activité.
- ✓ Les dimensions des terrils intérieures.

III.2.2.2 Les principaux indices de l'exploitation :

- ✓ La vitesse d'avancement des chantiers et des gradins en activités « front de travail ».
- ✓ La vitesse d'approfondissement de la carrière.
- ✓ La productivité annuelle.
- ✓ Les coefficients en degrés de perte et de dilution du minerai.

III.2.3 Classification des méthodes d'exploitations a ciel ouvert d'après l'académicien (RJEVSKY) :

L'académicien RJEVSKY a proposé une classification qui tient compte de plusieurs indices dont :

- ✓ La disposition du front de travail dans le plan.
- ✓ Le nombre de bords exploitables de la carrière.
- ✓ La direction de progression des travaux.
- ✓ La disposition des terrils par rapport au contour du champ de la carrière.
- ✓ L'angle d'inclinaison des gites.

Selon RJEVSKY et suivant ces derniers indices, on divise tous les systèmes d'exploitation en deux (2) groupes :

- Méthode d'exploitation continue : pour les gisements horizontaux et peu inclinés.
- Méthode d'exploitation de fonçage : pour les gisements semi dressant et dressant.

La méthode d'exploitation du marbre à la carrière de Fil-Fila est très spécifique par rapport aux autres méthodes, elle s'effectue par couches horizontales et le front de travail disposé longitudinalement sur deux (2) bords (zones) donc la méthode d'exploitation est dite : continue, longitudinale à deux (2) bords exploitables [9].

III.2.4 Les paramètres et les éléments de la méthode d'exploitation :**III.2.4.1 Hauteur du gradin :**

Lors de la détermination de la hauteur des gradins, il faut tenir compte de plusieurs facteurs dont :

❖ **La stabilité des roches du massif :**

La hauteur maximale du gradin pour la carrière de marbre est calculé parla formule de « FESSENKO » :

$$H(g) = \frac{2k}{\rho} \cotg \left(45^\circ - \frac{\delta}{2} \right), (m) \quad (3.2)$$

Avec :

k : force de cohésion pour le marbre : $k = 8 \text{ (t/m}^3\text{)}$

ρ : masse volumique du marbre : $\rho = 2.75 \text{ (t/m}^3\text{)}$

δ : angle de frottement interne pour le marbre : $\delta = 45^\circ$

Donc d'après le calcul la hauteur du gradin selon la stabilité du massif est de :

$H_g = 14.046 \text{ (m)}$

❖ **D'après la conservation de la masse (monolithe) durant le culbutage :**

La hauteur de sécurité assure la conservation des masses pendant l'opération de culbutage donc la hauteur du gradin dépend des propriétés physico-mécaniques des roches pour la déterminé on utilise la formule suivante :

$$H(g) = \frac{p_c^2}{2 * E * \rho} (m) \quad (3.3)$$

Avec :

p_c : Limite d'élasticité du marbre , $p_c = 50 \text{ (kg.N/ cm}^3\text{)}$

E : module de YOUNG du marbre , $E = 5.10^4 \text{ (kg.N/ cm}^3\text{)}$

ρ : masse volumique du marbre , $\rho = 2.75 * 10^{-3} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$

Donc d'après le calcul la hauteur du gradin selon la conservation de la masse est de :

$H_g = 9 \text{ (m)}$

❖ D'après les fissures horizontales du massif :

D'après les fissures horizontales du massif de Fil-Fila la hauteur du gradin varie de 5 à 10 (m) selon les conditions géologiques du massif de Fil-Fila, qu'elle est de l'ordre de :

$$H_g = 10 \text{ (m)}$$

III.2.4.2 La largeur de la plate-forme de travail :

C'est la plate-forme sur laquelle sont disposés les engins principaux et secondaires d'exécution des travaux miniers. Dans la carrière de Fil-Fila existe deux (2) types de plate-forme de travail, leurs largeurs se calculent de manière différente selon la position du front de travail (longitudinal et transversal) en tenant compte des dimensions des engins de chargement et de transport :

❖ Longitudinal :

La largeur de la plate-forme est calculée par la formule suivante :

$$L_{p1} = 2.Z + T + L_m \text{ (m)} \quad (3.4)$$

Avec :

Z : distance de sécurité : $Z = 3 \text{ (m)}$

T : largeur de la voie de transport : $T = 5 \text{ (m)}$

L_m : longueur de la masse : $L_m = 10 \text{ (m)}$

Donc :

$$L_{p1} = 21 \text{ (m)}$$

❖ Transversale :

Suivant la formule suivante :

$$L_{p2} = 2.Z + T + C + A \text{ (m)} \quad (3.5)$$

Avec :

$C = 0.2 * H_g \text{ (m)}$

L_m : la longueur de la masse , $L_m = H_g = 10 \text{ (m)}$

A : largeur d'enlèvement , $A = 1.5 \text{ (m)}$

Donc :

$$L_{p2} = 14.5 \text{ (m)}$$

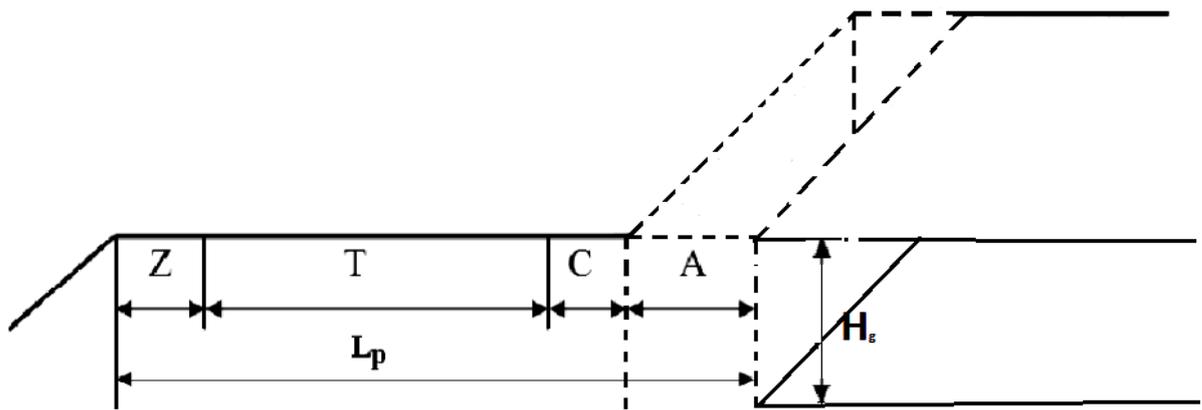


Fig. III- 1 : Eléments de la plate forme de travail.

III.2.4.3 La longueur du front de travail :

La longueur du front de travail dans les conditions de la carrière de Fil-Fila s'étend jusqu'à la limite de la carrière c-à-d a peu près 300 (m).

III.2.4.4 Nombre de masse dans un niveau :

❖ Pour la disposition longitudinale :

On utilise la formule suivante :

$$M = \frac{L(f)}{L(m)} , (\text{masses}) \quad (3.6)$$

Avec :

L_f : largeur du front de travail de , $L_f = 300$ (m)

L_m : longueur de la masse , $L_m = 10$ (m)

Donc on obtient le nombre de masse pour cette disposition de :

$$M = 30 \text{ masses}$$

❖ Pour la disposition transversale :

On utilise la formule suivante :

$$M = \frac{L(f)}{L(m)}, \text{ (masses)}$$

Avec :

L_f : la longueur du front de travail , $L_f = 1100$ (m)

Donc le nombre de masse pour cette disposition de :

$M = 110$ (masses)

III.2.4.5 L'avancement annuel :

Pour calculé ce dernier on doit tenir compte des donnée de la carrière de Fil-Fila qui a opté a utilisé la formule suivante :

$$V(an) = \frac{Q(an)}{L(f) * H(gr) * \beta} \text{ (m/an)} \quad (3.7)$$

$Q(an)$: production annule de la carrière en bloc marchands , $Q(an) = 37500$ (m³/an)

L_f : largeur du front de travail de , $L_f = 300$ (m)

L_m : longueur de la masse , $L_m = 10$ (m)

β : Coefficient d'extraction , $\beta = 0.40$

Donc :

$A(an) = 31.25$ (m/an)

Finalement voici un tableau récapitulatif des paramètres de la méthode d'exploitation de la carrière de Fil-Fila:

Tableau. III- 3 : tableau récapitulatif des paramètres de la méthode d'exploitation de la carrière de Fil-Fila.

Paramètres	Indices	Valeurs
Hauteur du gradin (m)	H_{gr}	10.00
Longueur de la masse (m)	L_m	10.00
Largeur de la masse (m)	b_m	6.00
Largeur d'enlevure (m)	A	1.50
Largeur de plate-forme de travail (m)	L_{p1}, L_{p2}	21.00 , 14.50
Longueur du front de travail (m)	L_f	1100.00
Largeur du front de travail (m)	L_f	300.00
Avancement annuel du front de travail (m/an)	V(an)	31.25

III.2.5 L'état actuel du secteur d'exploitation de la carrière de Fil-Fila [3] :

Les travaux d'exploitation au niveau de la carrière sont basés principalement dans deux zones ; une zone sud et une autre nord.

- ✓ La zone Nord : constitue une expansion de cinq niveaux (500 ,506 coté nord, 512, 518 et 524).
- ✓ La zone Sud : comporte quatre niveaux d'exploitation (506 coté nord, 512, 518 et 524).

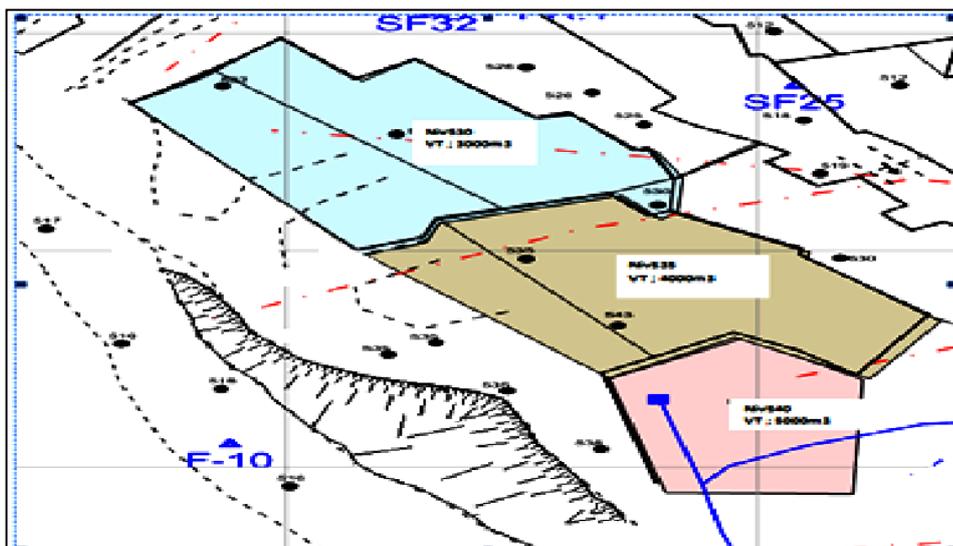


Fig. III- 2: Schéma descriptif de la zone de développement Sud.

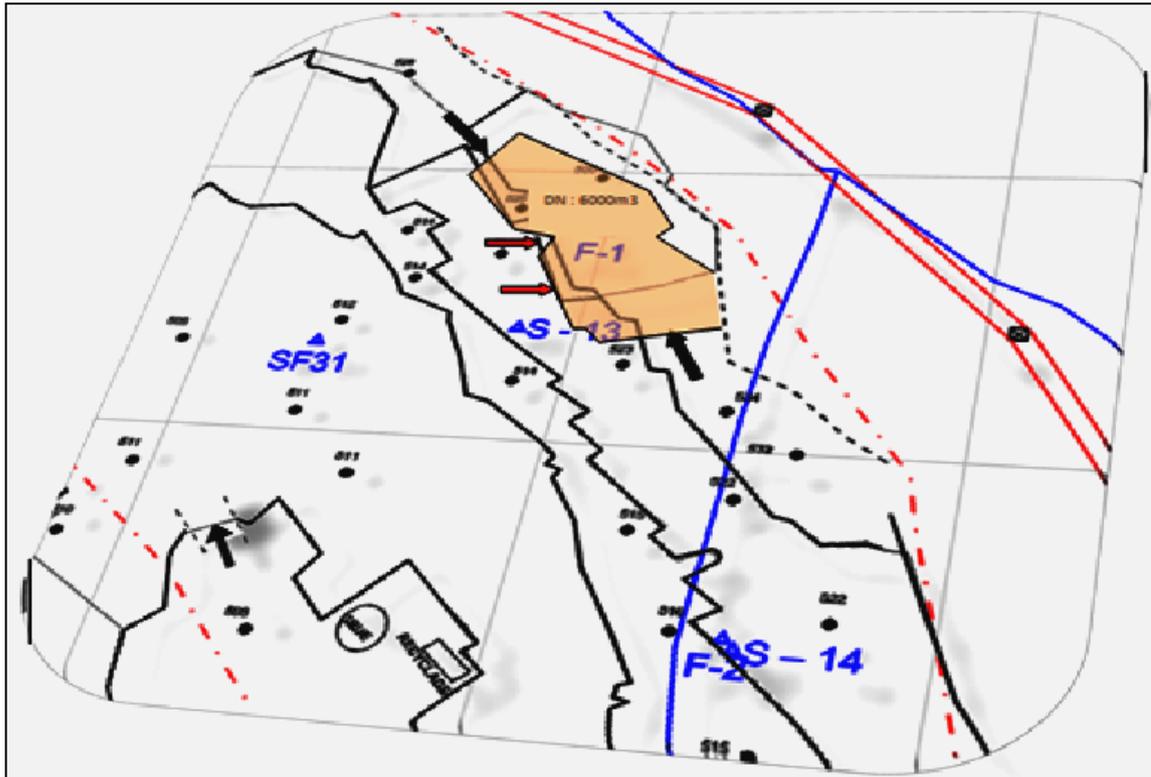


Fig. III- 3: Schéma descriptif de la zone de développement Nord.

La progression des travaux se fait selon un programme d'abattage préalablement défini pour chaque carrière, tout en tenant compte des critères géologiques et techniques d'exploitation (sens de fissuration, taux de récupération, failles...).

L'abattage se fait selon des masses de dimension (10 x 6 x 1.6).

Les prévisions de 2014 en volume brut est de 37.500 (m³) de masses abattues, pour un volume net de 15.000 (m³) de production en blocs marchands.

Le taux global prévisionnel de récupération est estimé à 40%.

Les travaux de développement assurent le remplacement des fronts en phase d'épuisement et pour permettre d'en créer d'autres.

- ✓ Production annuelle (brute) : 37.000 (m³)
- ✓ Production annuelle (nette): 15.000 (m³)
- ✓ Taux de récupération prévisionnelle : 40 (%)
- ✓ Réserves exploitables préparées : 96300 (m³)

Voici un tableau qui résume les réserves préparées pour l'exploitation de l'année 2014 par zones sont:

Tableau. III- 4 : Les réserves préparées pour l'année 2014 par zones :

Carrière	Niveau (m)	Réserves préparées (m3)	OBS
Carrière nord	500	60000	
	506	4000	
	514	4500	
	518-A	3000	réserves en voie d'épuisement
	Couleur	2500	
	Total	74 000 M3	
Carrière sud	506	6300	
	512	6500	
	518	6000	
	524	3500	mauvaise qualité
	Total	22300M3	
Total		96300 M3	

III.2.6 Organisation de L'exploitation à la carrière d'ENAMARBRE [6]:

La carrière est divisée en deux zones ; zone Nord et zone Sud, chaque carrière devra avoir ses propres objectifs physiques et ses propres moyens matériels et humains.

Le régime de travail se fait en deux (2) postes par jour, à raison de huit (08) heures par poste ; (06h00 à 13h30) et (13h00 à 19h00) cinq jours par semaine.

Les sept heures et demi manquant durant le deuxième poste sont automatiquement récupérées le samedi (de 06h à 13h 30).

Taux moyen d'utilisation du temps de travail entre 70 et 80%.

Les heures supplémentaires sont programmées exceptionnellement les week-ends dans la mesure où des retards sont enregistrés dans certaines zones.

Le chef d'exploitation est responsable du déroulement de l'exploitation conformément aux objectifs qui lui sont assignés, il est également secondé par des chefs de carrière, des ingénieurs de quart et chefs de poste.

Le chef d'exploitation est responsable de toutes les structures y compris la station de concassage et la maintenance.

III.3 Travaux d'extraction des blocs :

Le but fondamental de toutes les opérations d'extraction de pierres ornementales (calcaire, granit, marbre..) est d'optimiser la production de blocs ou de modules de pierre dimensionnés pour la vente directe ou le façonnage.

En analysant les techniques utilisées dans ces carrières on constate une réelle évolution, actuellement les méthodes les plus réponsus sont :

- Le sciage au fil diamanté.
- Le sciage par haveuse (havage).
- La méthode combinée (haveuse et fil diamanté).

III.3.1 Sciage au fil diamanté :

Depuis les années soixante-dix, les scies à fil diamanté ont progressivement remplacé les scies à fil hélicoïdal et sont actuellement l'outil le plus commun pour couper le marbre [1].

La machine (FD) sert à réaliser facilement toutes les coupes primaires « au front de taille » et les travaux successifs de sectionnement et d'équarrissage en carrière.

La condition principale d'utilisation de cette méthode est que la forme du front de taille doit être en échiquier pour avoir un grand espace pour l'installation de ces machines de sciage [1].

Au début cette méthode sciage est utilisée seulement pour le sciage vertical et le débitage des blocs marchands mais actuellement au niveau de la carrière de Fil-Fila tous les types de sciage sont effectués au moyen du fil diamanté.

Le sciage vertical d'une masse par fil diamanté nécessite une foration de deux (02) trous l'un horizontal d'un diamètre de 90 (mm) et l'autre de 60 (mm) de diamètre. C'est ce qu'on appelle les travaux préparatoire.

Cette forassions a pour but d'introduire le fil diamanté, ce dernier est introduit par le trou horizontal et on le fait sortir par le trou vertical.

Ce mode de sciage se distingue des autres modes par :

- ✓ La simplicité de l'installation.
- ✓ Le rendement élevé qui atteint 7 à 9 (m²/h).
- ✓ L'abrasif qui n'est pas libre.

III.3.1.1 Description de la machine a fil diamanté (FD) [9]:

La machine est constituée d'une structure robuste en acier reconstitué qui se déplace au moyen de quatre roues sur un ou plusieurs rails installés sur le sol de la carrière.

Tous les éléments nécessaires à la coupe sont montés sur la structure portante, sauf les commandes électriques.

La poulie motrice est installée directement sur l'arbre du moteur électrique principal, elle est dotée d'une protection externe.

La machine est dotée d'un système de révolution et de translation poulie motrice motorisée.

Le rail de roulement a trois ou plusieurs éléments de deux mètres ayant une crémaillère centrale et une partie sans crémaillère pour l'opération de rotation de la tête d'usinage supportant la poulie motrice.

Le réglage de la tension du fil diamanté est automatique en fonction de la puissance fournie par le moteur de la poulie motrice.

La machine est dotée d'un dispositif d'irréversibilité du mouvement (réducteur irréversible)

Pour la translation du chariot.

La machine est dotée d'un "carter protection fil" afin d'empêcher ou de limiter les dommages à des choses ou à des personnes au cas où le fil diamanté se casserait durant la coupe.

Le groupe de commande est mobile et sur chariot, il est constitué d'une caisse électrique étanche qui contient l'installation électrique de puissance et d'un tableau de commande, réglage et de contrôle de la machine.

Voici une illustration des principaux éléments de la machine (FD)

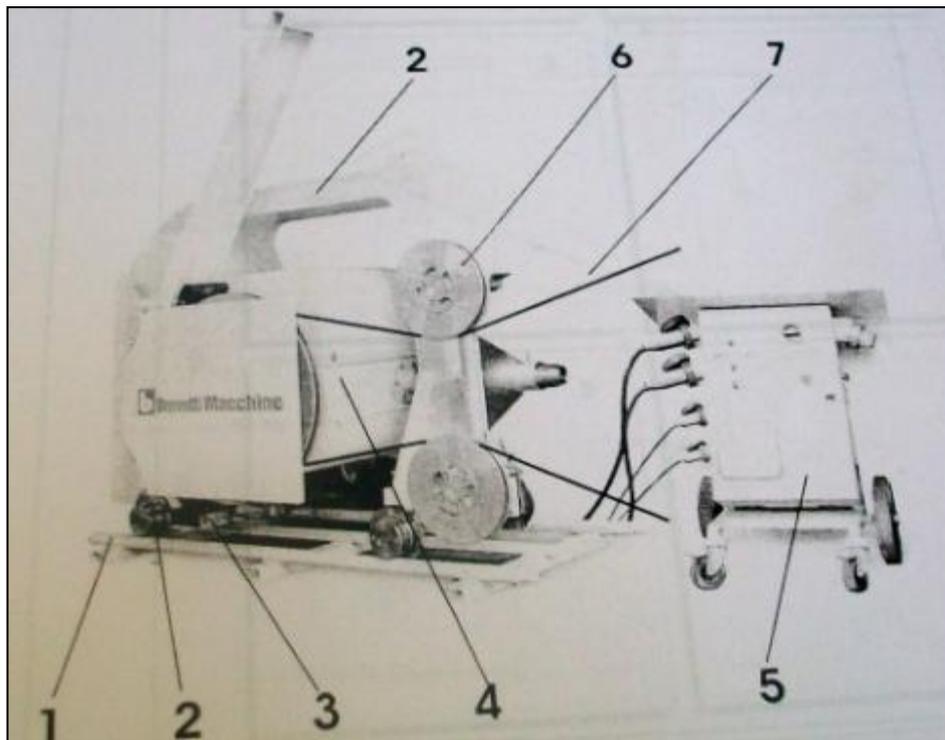


Fig. III- 4 : Les principaux éléments de la machine (FD).

Avec :

1 : Rail /rails de roulement.

2 : Structure portante avec roues de roulement.

3 : Groupe translation machine.

4 : Tête d'usinage.

5 : Armoire électrique de puissance et tableau de commande mobile sur chariot.

6 : Groupe petits volants guide-fil et e renvoi.

7 : Outil « fil diamanté ».

III.3.1.2 Machine de sciage au fil diamanté utilisé à la carrière de Fil-Fila et ces performances :

- ✓ Type : Mod.Beta à 870/ M.
- ✓ Puissance d'installation : 30 (KW).
- ✓ Vitesse de rotation du volant : 180 (tr/min).
- ✓ Diamètre du volant : 800 (mm).
- ✓ Tension du fil est automatiquement assurée par le groupe de traction sur une crémaillère.

III.3.1.3 Le fil diamanté (FD) :

En ce qui concerne l'outil nommé « Fil diamanté » a une importance fondamentale car les parois qui porte ce fil est l'élément abrasif de la roche.

Voici les différents éléments de l'outil (FD) sont représentés sur l'illustration et décrit ci-après.

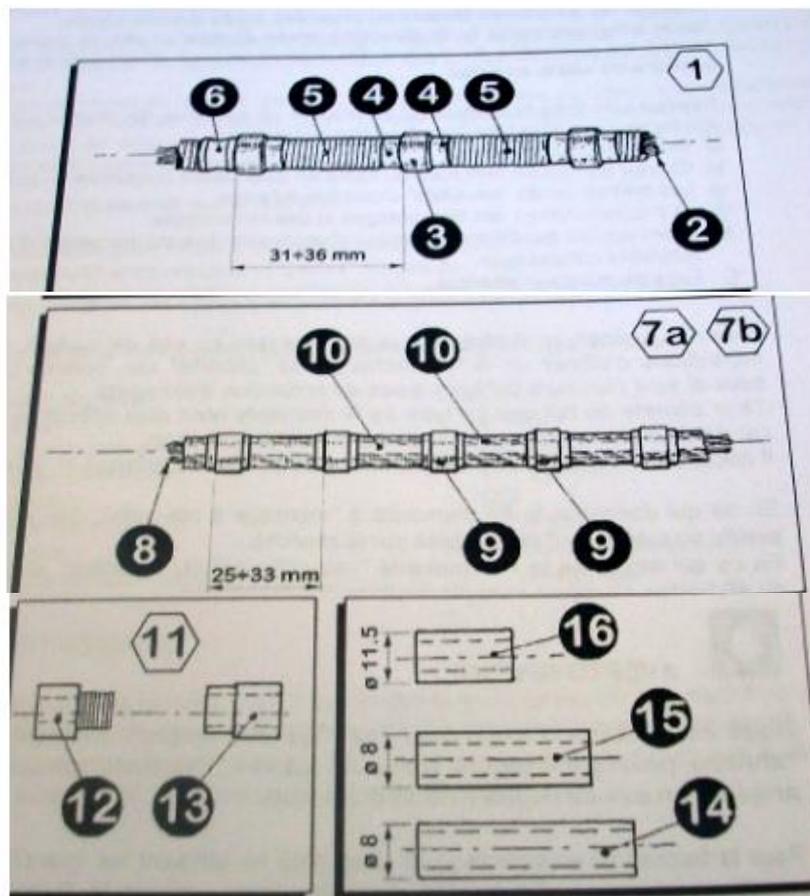


Fig. III- 5 : différents éléments de l'outil (FD).

- 1 : Fil diamanté avec montage à ressorts et longueur standard de 10, 15 et 20 mètres, avec 28, 30 ou 32 perles, diamètre 10(mm) au mètre.
- 2 : Câble portant en acier zingué diamètre 4,90 mm 61 fils, croisé à droite, préformé, classe de résistance 177 daN/mm², charge de rupture 1940 daN.
- 3 : Perle diamantée électrolytique ou frittée.
- 4 : Anneau écarteur D. 8x3 mm.
- 5 : Ressort acier L - 12 à monter avec l'anneau presseur Réf. 6.
- 6 : Anneau presseur 9x6 mm en acier recuit. Pour former le fil diamanté, il est conseillé d'insérer et de presser (bloquer) un anneau presseur toutes les trois perles.
- 7a : Fil diamanté "caoutchouté" ou "plastifié" de longueur standard de 10, 15 et 20 mètres, avec 30, 32, 34 ou 40 perles, diamètre 10mm au mètre.
- 7b : Fil diamanté "caoutchouté" ou "plastifié" de longueur standard de 10, 15 et 20 mètres, avec 34 ou 38 perles frittées, diamètre 10.5/11(mm) au mètre pour granit.
- 8 : Câble portant en acier zingué diamètre 4,90 mm 61 fils, croisé droit, préformé. Classe de résistance 177 daN/mm, charge de rupture 1940 daN.
- 9 : Perle diamantée électrolytique ou frittée.
- 10 : « Engommage » effectué par le producteur du fil diamanté par la méthode de l'injection à pression à chaud de caoutchouc ou plastiques particuliers.
- 11 : Jonction complète en deux parties male/femelle à presser en acier allié UNI 39NiCrMo3 bonifié, diamètre externe 9 mm. Filetée M7 à gauche.
- 12 : Partie male.
- 13 : Partie femelle.
- 14 : Manchon de jonction à presser en cuivre recuit diamètre extrême 8 (mm), longueur 30 (mm), diamètre interne 5.1 (mm).
- 15 : Manchon de jonction à presser en cuivre allié UNI 39NiCrMo3.bonifié, diamètre externe 8 (mm), longueur 25 (mm), diamètre interne 5.1 (mm).
- Les grains de diamants fixés sur les perles du fil représentent l'élément abrasif.

III.3.1.4 Le régime de travail du fil diamanté :

Les principaux facteurs déterminant le régime de travail de fil diamanté sont les suivants :

- ✓ La vitesse de déplacement du fil est de 40 (m/s).
- ✓ La pression normale du fil sur le massif peut atteindre 250 à 300 kg.t/cm².
- ✓ La consommation horaire en eau est évaluée à environ de 180 l/h.
- ✓ La consommation du fil est de 0.04 (m/m²).

III.3.2 Sciage par haveuse et description de la machine [10]:

La haveuse à pierre est le développement conséquent des types de machines déjà connus. Les avantages reconnus de la pratique ont été compris dans le nouveau concept. Une hydraulique robuste étant employée à l'industrie mécanique lourde garantit un emploi sûr en carrière rugueuse.

Le bâti de la machine élargi augmente essentiellement la sécurité de stationnement. Les manipulateurs et les boutons pour servir la machine sont placés bien disposés et ainsi permettent un confort le plus grand que possible pour les servants.

Le système total se distingue par une grande sûreté et rentabilité avec un bras de havage qui a été souvent testé. Les bandes de roulement du bras de havage sont pauvres en usures et échangeable en pièces séparées. La chaîne-haveuse est formée de cette façon que le manche de ciseau, les membres intermédiaires et les boulons de raccordement peuvent être tournés plusieurs fois à cause de leur forme symétrique.

De plus la chaîne-haveuse est continuellement enduite d'une graisse spéciale hydrofuge et biodégradable par une pompe de graissage électriquement excitée pendant le havage. Une vitesse de chaîne de 0,8 (m/sec) peut être atteinte à une vitesse d'avancement réglable de 0,25 (m/min).

La condition principale d'utilisation de cette méthode est que la forme du front de taille doit être en échiquier pour avoir un grand espace pour l'installation de ces machines de sciage.

III.3.2.1 Caractéristiques principales de la haveuse utilisée à la carrière de Fil-Fila :

A la carrière de Fil-Fila on utilise deux (02) modèles de haveuse leurs caractéristiques principales sont :

- ❖ La haveuse de type KORFMAN ST 50 VH.
 - ✓ Puissance installée : 52.7 (KW)
 - ✓ Vitesse d'avancement : 1.8 ÷ 2.5 (cm/min)
 - ✓ Production horaire : 6 (m²/h)
 - ✓ Consommation spécifique de graisse : 4 ÷ 5 (kg/jours)
 - ✓ La largeur de la coupe : 42 (mm)
 - ✓ Profondeur de la coupe maximale : 3.4 (m)
 - ✓ Longueur du bras de havage : 2.5 (m).

- ❖ La haveuse type BENETTI SUPER JET-BELT 950
 - ✓ Puissance installé : 50 (KW)
 - ✓ Vitesse d'avancement : $1.2 \div 2$ (cm/min)
 - ✓ Production horaire : $4 \div 5$ (m^2/h)
 - ✓ La quantité nécessaire d'eau : 70 (l/min)
 - ✓ La largeur de la coupe : 38 (mm)
 - ✓ Profondeur de la coupe maximale : 3.35 (m)

Voici un dessin qui illustre les principaux éléments de la haveuse :

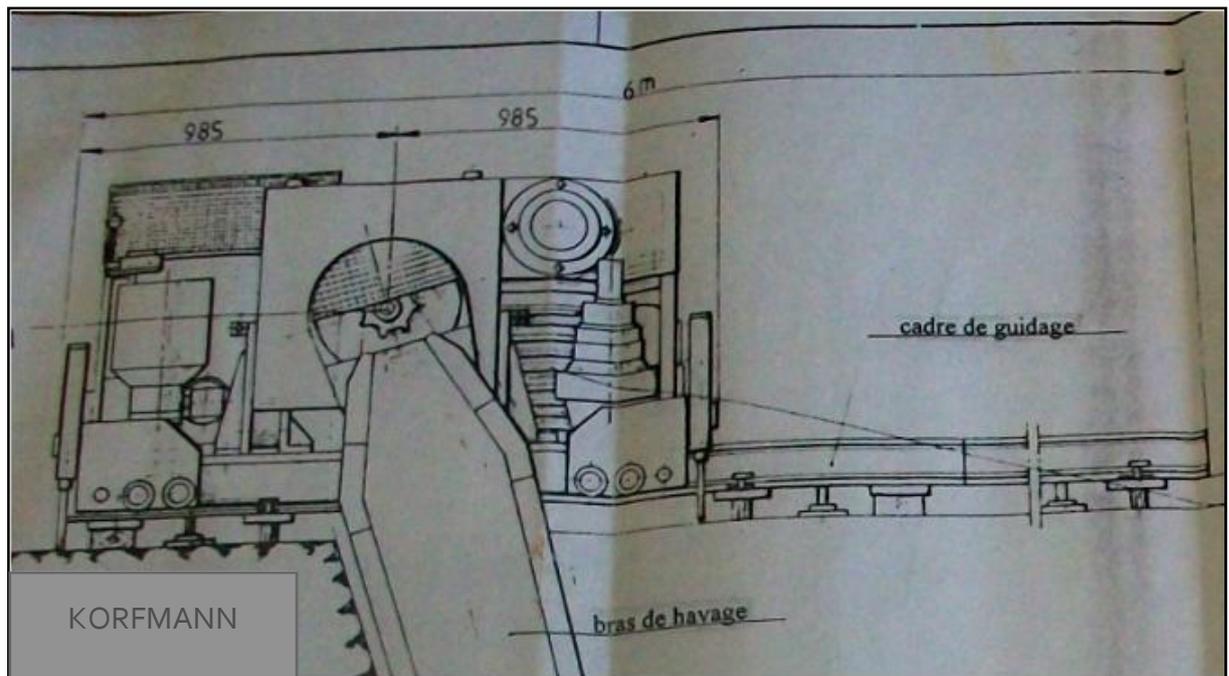


Fig. III- 6 : Les principaux éléments de la haveuse.

L'élément abrasif de cette machine et la chaîne-haveuse elle est portée par le bras de havage cette dernière est montée des porte-outils symétriques, des membres intermédiaires et des boulons ou elle peut être mise à la direction quelconque sur le guidage du bras haveur.

Après le montage du porte-outil et le membre intermédiaire le boulon de la chaîne qui connecte le porte-outil et le membre intermédiaire peut être employé en état graissé. Le boulon est tenu par un crampon qui est introduit dans les boulons et dans la fraisure du porte-outil et qui est enfoncé dans la fraisure d'en face après l'arrêt d'un contre-appui ou d'un soutien. Il est nécessaire d'utiliser un crampon neuf à chaque montage. Les porte-outils, les membres intermédiaires et les boulons sont construits d'un matériau à haute teneur cependant une usure en havage n'est pas à éviter. Les membres intermédiaires qui comme les porte outils doivent prendre la pression du bras haveur peuvent être tournés sur le deuxième lardon après

l'usure du premier lardon, naturellement après le démontage de la chaîne. L'usure doit être contrôlée et elle peut être 3 mm à chaque côté, cela correspond à une distance de 7 mm entre le forage du boulon et la surface de roulement. Cette distance doit être observée parce que en cas d'une autre usure la coupe transversale matérielle entre le forage et la surface de roulement est trop petit pour quelle raison la chaîne haveuse peut casser prématurément (OS-4-1370).

Les porte-outils servent à tenir les outils de coupe qui sont installés dans l'évidage. Supérieur et qui sont tenus par l'enfoncement d'un ou de deux goupilles de serrage. Après quelques montages la force de tension des goupilles se fatigue tellement qu'elles doivent être remplacées par des goupilles neuves.

La chaîne haveuse doit toujours être serrée soigneusement à l'aide de la vis de serrage. La tension est correcte quand les porte-outils glissent au côté inférieur du bras haveur, max. 5 mm sur les lardons d'usure.

Le bras haveur est équipé des conduits de graissage pour la chaîne haveuse tellement que l'usure est réduit considérablement grâce au graissage rationnel.

Voici une illustration sur les différentes composantes de la chaîne-haveuse :

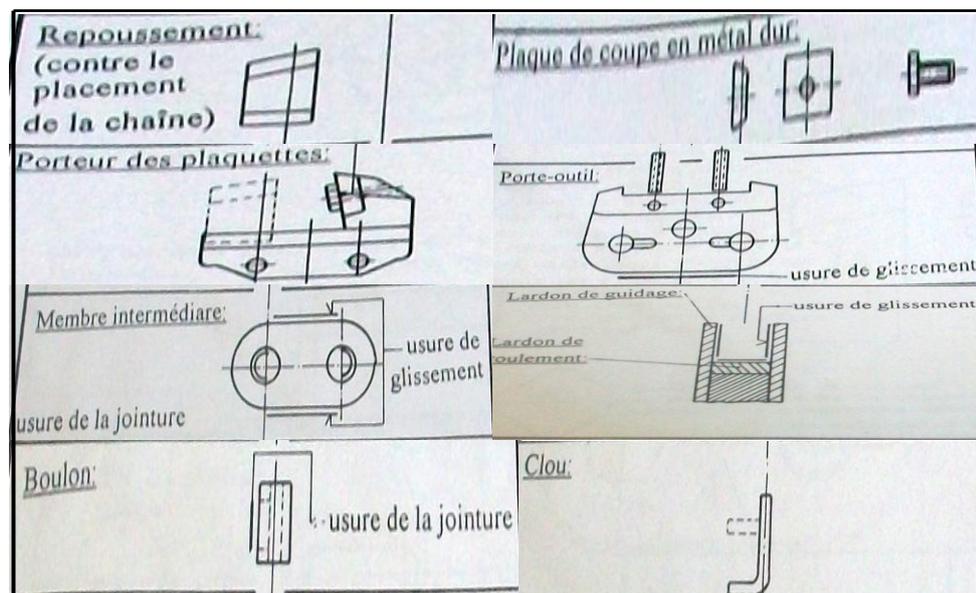


Fig. III- 7 : les différentes composantes de la chaîne-haveuse.

III.3.2.2 Régime de travail de la haveuse :

L'ensemble de la haveuse se déplace sur des rails de guidage dont la longueur est déterminée en fonction des conditions de la carrière.

Ce matériel permet le sciage sur les faces d'un bloc ce qui lui rend commercialisable c'est-à-dire l'obtention des blocs des dimensions voulus.

Les principaux facteurs qui déterminent le régime de travail de la haveuse sont :

- ✓ Vitesse de la chaîne.
- ✓ Vitesse de rotation de la chaîne sur guidage.
- ✓ Nombre et disposition des plaquettes diamantées synthétiques sur la chaîne.
- ✓ Distance entre la machine et la masse.

III.4 Culbutage des masses :

Après avoir complètement détaché la masse du massif, on procède au culbutage dans le but de faciliter les travaux de débitage.

Voici une illustration sur le culbutage au moyen des hydro-bacs :

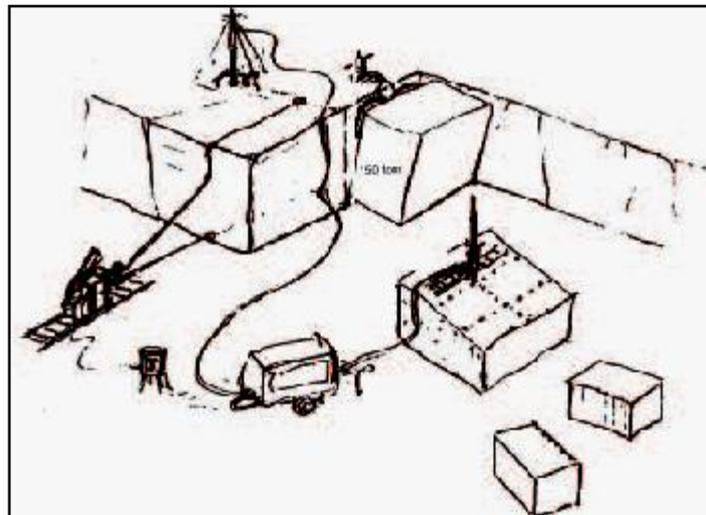


Fig. III- 8 : Culbutage au moyen des hydro-bacs

Le culbutage s'effectue en deux (02) étapes et nécessite la préparation d'un matelas à partir des déchets de marbre ou des pneus usés du bulldozer servant à amortir le choc de la masse lors de sa chute :

❖ 1^{ère} étape :

Elle comporte l'élargissement préliminaire de la fente qui se fait au début par les coins.



Fig. III- 9 : L'élargissement préliminaire.

❖ 2^{ème} étape

La masse est écartée puis culbutée par le bras d'abattage de la pelle chargeuse (ou par un vérin ou un trax) au dessus d'un matelas de terrains meubles, au même temps on introduit dans la fonte des morceaux de marbre et l'opération continue jusqu'au renversement total de la masse.



Fig. III- 10 : Renversement de la masse a l'aide du trax.



Fig. III- 11 : Culbutage de la masse.

Dimension des Masses :

Dans les deux (02) cas d'exploitation les masses abattues devront avoir les dimensions minimales suivantes :

- ✓ Longueur : plus de 10 (m)
- ✓ Largeur : plus de 5 (m)
- ✓ Hauteur : de 1,2 à 1,8 (m)

Volume optimal brut : 80 (m³)

III.5 Débitages des masses en blocs marchands :

La masse ainsi abattue est débitée au moyen du Fil diamanté ou par forage et coin en plusieurs blocs en forme de parallépipède dont les dimensions sont :

- ✓ Longueur : 1,5 à 2,80 (m)
- ✓ Largeur : 1,5 à 1,80 (m)
- ✓ Hauteur : 1,2 à 1,60 (m)

Les volumes des blocs devront être de 1,5 (m³) au minimum et de 7 (m³) au maximum.

Et pour cela on procède à un traçage préliminaire des masses culbutées au moyen d'un marqueur, ensuite on procède au débitage.



Fig. III- 12 : Un traçage préliminaire des masses culbutées.

III.5.1 Débitage des masses par forage et coins :

Dans ce cas on fore des trous suivant la ligne du traçage à l'aide de perforateur.

La distance entre les trous dépend de la fissuration de la masse, elle varie de 15 à 20 (cm) si la masse n'est pas fissurée et de 25 à 50 (cm) si elle représente des fissurations.



Fig. III- 13 : Débitage des masses par forage et coins.

Après la forassions des trous on introduit les coins et on donnant des coups au moyen des masses de 10 (kg) ce qui crée l'éclatement de la masse.

III.5.1.1 Calcul de la durée de débitage d'une masse :

La durée de forassions d'une masse pour cette méthode et calculé par la formule suivante :

$$T(f) = \frac{n(tr) * (t(f) + t(aux))}{n}, \text{ (heurs)} \quad (3.8)$$

Avec :

t(f) : temps de forage d'un trou , t(f) = 9 (min) = 0.15 (h)

t(aux) : temps auxiliaire , t(aux) = 28.8 (sec) = 0.008(h)

n : nombre de marteaux perforateurs utilisés pour la forassions des trous , n = 3

n(tr) : nombre de trous à forer ce calcul par la formule suivante :

$$n(tr) = \frac{b(m) * \left(\frac{n(b)}{2} - 1\right) + L(m)}{d(tr)}, \text{ (Trous)} \quad (3.9)$$

Avec :

L(m) : longueur de la masse , L(m) = 10 (m)

b(m) : largeur de la masse , b(m) = 6 (m)

d(tr) : distance entre les trous , d(tr) = 20 (cm)

n(b) : nombre de blocs dans une masse ce calcul par la formule suivante :

$$n(b) = \frac{b(m)}{L(b)} * \frac{L(m)}{l(b)}, \text{ (Blocs)} \quad (3.10)$$

L(b) : longueur de bloc , L(b) = 2.5 (m)

l(b) : largeur de bloc , l(b) = 1.5 (m)

Finalement, on procède au calcul de débitage d'une masse, qui est calculé a partir de la formule suivante :

$$T(d) = T(f) + T(t), \text{ (heurs)} \quad (3.11)$$

Avec :

T(t) : durée de tranchage d'une masse par les coins et les massettes estimé à 3 (heurs).

Voici un tableau récapitulatif des calculs :

Tableau. III- 5 : tableau récapitulatif des calculs.

Paramètres et unités	Indices	Valeurs
Nombre des blocs dans une masse (blocs)	n(b)	16.00
Nombre de trou a foré dans une masse (trous)	n(tr)	260.00
Durée de forassions d'une masse (h)	T(f)	13.70
Temps de débitage d'une masse (h)	T(d)	16.70

III.5.1.2 Calcul de rendement de la méthode forage et coin :

On utilise la formule suivante :

$$Q = \frac{V(m)}{T(d)}, (m^3/h) \quad (3.12)$$

Avec :

V(m) : Volume de la masse , $V(m) = 80 (m^3)$

Donc le rendement de la méthode de forage et coin égale à :

$Q = 4.79 (m^3/h)$

III.5.2 Débitage au fil diamanté :

Dans ce cas le débitage et réalisé au moyen de machine a fil diamanté, elle se distingue de débitage par forage et coins :

- ✓ Simplicité de travail.
- ✓ Diminution des travaux manuels.
- ✓ Perfection de la forme des surfaces des blocs.

III.5.2.1 Calcule de la durée de débitage de la masse au fil diamanté :

La durée de débitage de la masse au fil diamanté et calculé comme suit :

$$T(d) = T(m) + t(d), \text{ (heures)} \quad (3.13)$$

$T(m)$: temps de manœuvre de la machine, (heures) :

$$T(m) = t(m) * N(m), \text{ (heures)} \quad (3.14)$$

✓ $t(m)$: temps de chaque manœuvre de la machine , $t(m) = 24 \text{ (min)} = 0.4 \text{ (h)}$

✓ $N(m)$: nombre de manœuvre de la machine , $N(m) = 12$

$t(d)$: temps de débitage, (heures) :

$$t(d) = \frac{S}{V(s.v)}, \text{ (h)} \quad (3.15)$$

✓ $V(s.v)$: rendement de sciage vertical au fil diamanté , $V(s.v) = 3.95 \text{ (m}^2/\text{h)}$

✓ S : surface à scier pour débitage d'une masse, (m^2), par la formule suivante :

$$S = (H(b) * b(m) * n(b) + (L(m) * H(b))), \text{ (m}^2\text{)} \quad (3.16)$$

- $H(b)$: hauteur du bloc , $H(b) = 1.6 \text{ (m)}$
- $b(m)$: largeur de la masse , $b(m) = 6 \text{ (m)}$
- $n(b)$: nombre de blocs suivant la largeur de la masse ,
 $n(b) = 8 \text{ (blocs)}$
- $L(m)$: longueur de la masse , $L(m) = 10 \text{ (m)}$

Voici un tableau récapitulatif des calculs :

Tableau. III- 6 : tableau récapitulatif des calculs.

Paramètres et unités	Indices	Valeurs
Temps de manœuvre de la machine (h)	T(m)	4.8
Surface à scier pour débitage d'une masse (m^2)	S	92.8
Temps de débitage (h)	t(d)	23.49
Durée de débitage d'une masse (h)	T(d)	28.29

III.5.2.2 Calcul du rendement de débitage a fil diamanté :

On utilise la formule suivante :

$$Q = \frac{V(m)}{T(d)}, (m^3/h) \quad (3.17)$$

Avec :

V(m) : Volume de la masse , $V(m) = 80 (m^3)$

Donc le rendement de la méthode de débitage à fil diamanté égale à :

$$Q = 2.83 (m^3/h)$$

III.6 Chargement :

Le chargement des blocs est assuré par deux (02) types de grues [11]:



Fig III- 14 : Photo des grues disponible dans la carrière de Fil-Fila.

❖ Grue fixe du type D 30T/40 PELLEGRINI :

Grâce à ces paramètres de travail ce type de grue peut être appliqué à des niveaux exploités sans tranché d'accès. Les caractéristiques de la grue fixe sont :

- ✓ Longueur de la flèche : 40 (m).
- ✓ Elévation maximal du bloc : 35 (m).

- ✓ Puissance installée : 50 (KW).
- ✓ Angle de rotation : (120° ÷ 140°).
- ✓ Charge maximal : 25 (T).

❖ Grue mobile de type 38-RB :

La grue mobile utilisée dans la carrière de Fil-Fila se déplace sur roue ces caractéristique sont les suivant:

- ✓ Elévation maximale de bloc : 7.5 (m).
- ✓ Vitesse de déplacement : 1.4 (km/h).
- ✓ Charge maximale : 60 (T).
- ✓ Longueur de la flèche : 10 (m).
- ✓ Angle de rotation : 360°.
- ✓ Puissance nominal : 90 (KW).
- ✓ Poids : 50 (T).

Le rendement de chargement de blocs par une grue mobile peu être déterminé par la formule suivante :

$$R = \frac{60 * V(b) * K(u) * T(p)}{T(ch)}, (m^3/poste) \quad (3.18)$$

Avec :

V(b) : volume d'un bloc , $V(b) = 7 (m^3)$

K(u) : coefficient d'utilisation de la grue pour les conditions de Fil-Fila , $K(u) = 0.2$

T(p) : durée d'une poste de travail , $T(p) = 8 (h)$

T(ch) : durée de chargement d'un bloc , $T(ch) = 12.5 (min) = 0.2 (h)$

Donc :

$R = 53.76 (m^3/poste)$

III.7 Transport des blocs :

Le transport des blocs marchands de la carrière à l'usine de traitement est assuré par des camions plateaux.

III.7.1 Calcul de la durée d'un cycle du camion :

La durée d'un cycle du camion est déterminée comme suit :

$$T_{cy} = T_{ch} + T_{déch} + T_{dép.ch} + T_{dép.vid} + T_{att} , (\text{min}) \quad (3.19)$$

Avec :

$T_{(ch)}$: temps de chargement par la grue , $T_{ch} = 12.5$ (min)

$T_{(déch)}$: temps de déchargement , $T_{déch} = 8$ (min)

$T_{(dép.ch)}$: temps de déplacement à charge , $T_{dép.ch} = 60$ (min)

$T_{(dép.vid)}$: temps de déplacement à vide , $T_{dép.vid} = 35$ (min)

$T_{(att)}$: temps d'attente , $T_{att} = 5$ (min)

III.7.2 Nombre de cycle possible d'un camion par poste :

Le nombre de cycle possible est calculé comme suit :

$$N_{\text{poste}}^{cy} = \frac{T(p)}{T(ch)} , (\text{cycles/poste}) \quad (3.20)$$

$T(p)$: durée d'un poste , $T(p) = 8$ (h)

III.7.3 Nombre de cycle nécessaire pour assurer la production journalière :

Le nombre de cycle journalier est calculé par la formule suivante :

$$N_{cy}^{nec} = N(bj) * K(rés), \left(\frac{\text{cycle}}{\text{jour}} \right) \quad (3.21)$$

$N(bj)$: nombre de bloc transporté par jour , $N(bj) = 20$ (blocs)

$K(rés)$: coefficient de réserve , $K(rés) = 1.2$

III.7.4 Nombre nécessaire de camion :

Le nombre nécessaire des camions est calculé comme suit :

$$N_{cam}^{nec} = \frac{N_{cy}^{nec}}{N_{\text{poste}}^{cy}} , (\text{camions}) \quad (3.22)$$

Voici un tableau récapitulatif des calculs :

Tableau. III- 7 : Tableau récapitulatif des calculs :

Paramètres et unités	Indices	Valeurs
Durée d'un cycle du camion (min)	T_{cy}	120.5
Nombre de cycle possible d'un camion par poste (cycles/poste).	N_{poste}^{cy}	4
Nombre de cycle nécessaire pour assurer la production journalière (cycles/jour).	N_{cy}^{nec}	24
Nombre de camion nécessaire (camion).	N_{cam}^{nec}	6

Chapitre 4

Partie

Spéciale

IV. Partie Spéciale :**IV.1 Contenu du Travail :**

Dans le cadre de ce travail, notre étude se limite sur le choix d'une méthode de sciage.

A cet effet notre travail a été consacré à l'étude des schémas techniques et la comparaison technico-économique des méthodes de sciage par (FD et haveuse), et à l'élaboration d'un plan d'exploitation basé sur la méthode de sciage combinée des deux méthodes.

Pour cette comparaison nous nous sommes basés sur deux critères, sont :

- ✓ Le rendement.
- ✓ Le prix de revient.

Bien entendu, le rendement sera déterminé sur la base de l'organisation des travaux miniers avec l'intensification possible des moyens de mécanisation.

Finalement, on souligne que certaines données utilisées pour le calcul sont obtenues par le moyen de chronométrage ou bien sur la base de la documentation qui a été offerte.

IV.2 Sciage par fil diamanté :**IV.2.1 Séparation des masses du massif et l'ordre de la réalisation des opérations par machine à fil diamanté :**

La séparation des masses du massif au moyen de la machine à fil diamanté s'effectue selon les étapes suivantes :

- ✓ Travaux préparatoires.
 - nettoyage des fronts d'attaque.
 - Forage de deux trous horizontaux d'un diamètre de 90 (mm)
 - Forage d'un trou vertical d'un diamètre de 60 (mm)
- ✓ Sciage horizontal de la masse.
- ✓ Sciage vertical suivant la largeur de la masse.
- ✓ Sciage vertical suivant la longueur de la masse.
- ✓ Culbutage des masses.
- ✓ Débitage des masses en blocs marchands.

IV.2.1.1 Forage des trous :

❖ Forage des trous horizontaux de diamètre 90 (mm) :

Le temps de forage est calculé par la formule suivante :

$$T_{1,2}(90) = \frac{L_{1,2}(\text{tr.h})}{V(f)} + T(\text{fix}) + T(\text{aux}), (h) \quad (4.1)$$

Avec :

$L(\text{tr.h})$: Longueur du trou horizontal , $L_1(\text{tr.h}) = 3$ (m) , $L_2(\text{tr.h}) = 6$ (m)

$T(\text{fix})$: Temps de fixation de la machine , $T(\text{fix}) = 55$ (min) = 0.92 (h)

$T(\text{aux})$: Temps auxiliaire , $T(\text{aux}) = 30$ (min) = 0.5 (h)

$V(f)$: vitesse de forage , $V(f) = 4.5$ (cm/min) = 2.7 (m/h)

❖ Forage du trou vertical de diamètre 60 (mm) :

Selon la formule suivante :

$$T(60) = \frac{L(\text{tr.v})}{V(f)} + T(\text{fix}) + T(\text{aux}), (h) \quad (4.2)$$

$L(\text{tr.v})$: Longueur du trou vertical , $L(\text{tr.v}) = 10$ (m)

$V(f)$: vitesse de forage , $V(f) = 6.5$ (cm/min) = 3.9 (m/h)

La durée du cycle de forage et donc :

$$T_f = T(60) + T_1(90) + T_2(90), (h) \quad (4.3)$$

Voici un tableau récapitulatif des calculs :

Tab. IV-1 : Tableau récapitulatif des calculs du cycle de forage

Paramètres et unités.	Indices	Valeurs
Temps de forage du trou horizontal de diamètre 90 (mm), (heures)	$T_1(90)$	2.53
	$T_2(90)$	3.64
Temps de forage du trou horizontal de diamètre 60 (mm), (heures)	$T(60)$	3.98
Durée du cycle de forage, (heures)	T_f	10.15

IV.2.1.2 Sciage horizontal de la masse :

Une fois la forassions des trous est achevé on procède au sciage horizontal par le biais de la machine à fil diamanté.

Le processus de sciage s'effectue suivant les étapes suivantes :

- ✓ Démontage du fil diamanté et déplacement de la machine : $T(\text{dép}) = 0.5$ (h).
- ✓ Pose des rails de la machine à fil diamanté qui prend un temps de 20 (min) :
 $T(\text{rail}) = 0.33$ (h).
- ✓ La pose de la machine sur les rails : $T(\text{mach}) = 0.17$ (h).
- ✓ Emplacement du fil diamanté (l'introduction du fil dans les trous et le raccordement).
 - T_1 : temps d'introduction du fil dans les trous : $T_1 = 0.33$ (h).
 - T_2 : temps de raccordement : $T_2 = 0.17$ (h).
- ✓ Sciage proprement dit.

Le temps de sciage horizontal se calcule par la formule suivante :

$$T(\text{sh}) = \frac{H(m) * b(m)}{R(\text{sh})}, (h) \quad (4.4)$$

Avec :

$H(m)$: hauteur de la masse , $H(m) = 3$ (m)

$b(m)$: largeur de la masse , $b(m) = 6$ (m)

$R(\text{sh})$: rendement du sciage horizontal , $R(\text{sh}) = 2.92$ (m²/h)

La durée d'un cycle pour le sciage horizontal de la masse est donc :

$$T(h) = T(\text{dép}) + T(\text{rail}) + T(\text{mach}) + T_1 + T_2 + T(\text{sh}), (h) \quad (4.5)$$

IV.2.1.3 Sciage vertical suivant la largeur de la masse :

Le temps de sciage vertical suivant la largeur (latérale) de la masse est calculé par la formule suivante :

$$T(\text{sv1}) = \frac{L(m) * b(m)}{R(\text{sv})}, (h) \quad (4.6)$$

$L(m)$: longueur de la masse , $L(m) = 10$ (m)

$R(\text{sv})$: rendement du sciage vertical , $R(\text{sv}) = 3.95$ (m²/h)

Donc la durée d'un cycle pour le sciage vertical se calcule par la formule suivante :

$$T(v1) = T(\text{dép}) + T(\text{rail}) + T(\text{mach}) + T_1 + T_2 + T(\text{sv1}), (h) \quad (4.7)$$

IV.2.1.4 Sciage vertical suivant la longueur de la masse :

Le temps de sciage vertical suivant la longueur de la masse est calculé par la formule suivante :

$$T(\text{sh2}) = \frac{L(m)*H(m)}{R(sv)} \quad (\text{h}) \quad (4.8)$$

La durée d'un cycle pour le sciage vertical suivant la longueur de la masse est donc :

$$T(v2) = T(\text{dép}) + T(\text{rail}) + T(\text{mach}) + T_1 + T_2 + T(\text{sv2}) \quad (\text{h}) \quad (4.9)$$

Le rendement de sciage en fil diamanté est donc :

$$R(\text{f. d}) = \frac{S(1)+S(2)+S(3)}{T(\text{sfd})} \quad (\text{m}^2/\text{h}) \quad (4.10)$$

Avec:

S(1) : surface horizontal à scier , S(1) = 18 (m²)

S(2) : Surface vertical à scier suivant la largeur de la masse , S(2) = 60 (m²)

S(3) : Surface vertical à scier suivant la longueur de la masse , S(3) = 30 (m²)

T(sfd) : Durée totale de sciage de la masse par fil diamanté :

$$T(\text{sfd}) = T_f + T(\text{sh}) + T(\text{sv1}) + T(\text{sv2}) \quad (\text{h}) \quad (4.11)$$

Voici tableau récapitulatif des résultats :

Tab. IV-2 : Tableau récapitulatif des calculs

Paramètres	Indices	Valeurs (heures)
Temps de sciage horizontal.	T(s,h)	2.16
durée d'un cycle pour sciage horizontal de la masse.	T(h)	7.66
Temps de sciage vertical suivant la largeur de la masse.	T(sv1)	15.19
durée d'un cycle pour sciage vertical suivant la largeur.	T(v1)	16.69
Temps de sciage vertical suivant la longueur de la masse.	T(sv2)	7.59
durée d'un cycle pour sciage vertical suivant la longueur.	T(v2)	9.09
Durée total de sciage de la masse par fil diamanté.	T(sfd)	27.5
Rendement du sciage par fil diamanté.	R(f.d)	3.93

IV.2.2 Culbutage des masses lors du sciage par fil diamanté :

Le culbutage des masses ce fait par un trax et la durée du cycle technologique des opération de culbutage d'une masse se compose des quatre temps suivants :

T1 : la préparation du matelas par un trax , T1 = 0.5 (h)

T2 : l'élargissement préliminaire de la fonte , T2 = 0.25 (h)

T3 : l'écartement de la masse par trax , T3 = 0.13 (h)

T4 : déversement de la masse par le godet de trax :

$$T4 = T_{d.T} + n * T_m \quad , \quad (h) \quad (4.12)$$

Avec :

$T_{d.T}$: durée de déplacement du trax , $T_{d.t} = 0.25$ (h)

N : nombre d'écartement par le trax , $n = 7$ (fois)

T_c : durée de la chute , $T_c = 0.12$ (h)

La durée d'cycle de culbutage de la masse est donc :

$$T_{c.m} = T1 + T2 + T3 + T4 , \text{ (h)} \quad (4.13)$$

Les résultats des calculs sont sur le tableau suivant :

Tab. IV-3 : Tableau récapitulatif des calculs

Paramètres	Indices	Valeurs (h)
La durée de culbutage de la mass	T4	1.09
La duré d'un cycle de culbutage	$T_{c.m}$	1.97

IV.2.3 Débitage des masses au moyen du fil diamanté :

La durée de débitage d'une masse par le biais du sciage au fil diamanté est calculé par la formule suivante :

$$T_{dép} = T_m + t_d , \text{ (h)} \quad (4.14)$$

Avec :

T_m : temps de manœuvre de la machine, (h)

Il ce calcule par la formule suivante :

$$T_m = t_m * n_m , \text{ (h)} \quad (4.15)$$

Avec :

t_m : temps de chaque manœuvre de la machine , $T_m = 0.4$ (h)

n_m : nombre de manœuvre , $n_m = 12$

t_d : temps de débitage , $t_d = S/V_s$, (h)

Ou :

S : la surface à scié pour le débitage d'une masse ce calcul comme suit

$$S = (hb * bm * nb) + (L_m * hb) , \text{ (h)} \quad (4.16)$$

On a:

h_b : la hauteur du bloc , $h_b = 1.6$ (m)

b_m : la largeur de la masse , $b_m = 1.5$ (m)

n_b : nombre de bloc suivant largeur de la masse , $n_b = 14$

L_m : longueur de la masse , $L_m = 10$ (m)

V_s : rendement de sciage d'une masse au fil diamante , $V_s = (8.5 \text{ m}^2/\text{h})$

Et voici le tableau des résultats :

Tab. IV-4 : Tableau récapitulatif des calculs

Paramètres	Indices	Valeurs
Temps de manœuvre de la machine	T_m (h)	4.8
Surface à scier pour le débitage d'une masse	S (m ²)	49.6
Temps de débitage	t_d (h)	5.8
Durée de débitage d'une masse au fil diamanté	$T_{dép}$ (h)	10.6

IV.3 Sciage par haveuse :

IV.3.1 Séparation des masses du massif par haveuse :

Après le nettoyage du front d'attaque la séparation des masses du massif par le biais du sciage par la haveuse s'effectue au suivant de trois opérations de sciage suivante :

- ✓ Sciage horizontal de la masse.
- ✓ Sciage vertical de la masse suivant la longueur.
- ✓ Sciage vertical de la masse suivant la largeur de la masse.

IV.3.2 Sciage horizontal de la masse :

Le processus ce compose des opérations suivante :

- ✓ Pose des rails : $T_{rails} = 0.5$ (h)
- ✓ Emplacement de la machine : $T_{emp} = 0.3$ (h)

- ✓ Déplacement de la machine : $T_{dép} = 0.7$ (h)
- ✓ Sciage proprement dit, qui se calcule suivant la formule suivante :

$$t(sh) = \frac{L(m)*b(m)}{R(s.h)} , (h) \quad (4.17)$$

Avec :

$b(m)$: Largeur de la masse , $b(m) = 2.5$ (m)

$R(s.h)$: rendement de sciage horizontal , $R = 4$ (m²/h)

La durée d'un cycle du sciage horizontal est :

$$T(s.h) = Trails + Temp + T_{dép} + t(sh) , (h) \quad (4.18)$$

IV.3.3 Sciage vertical suivant la longueur de la masse :

Le temps de sciage vertical suivant la longueur de la masse est calculé par la formule suivante :

$$t(sv1) = \frac{H(m)*L(m)}{R(sv)} , (h) \quad (4.19)$$

Avec :

$H(m)$: hauteur de la masse , $H(m) = 1.5$ (m)

$L(m)$: longueur de la masse , $L(m) = 10$ (m)

$R(sv)$: rendement de sciage vertical , $R(sv) = 4.5$ (m²/h)

La durée du cycle est donc :

$$T_{sv1} = Trails + T_{emp} + T_{dép} + t(sv1) , (h) \quad (4.20)$$

IV.3.4 Sciage vertical suivant la largeur de la masse :

Le temps de sciage vertical suivant la largeur de la masse est calculé par la formule suivante :

$$t(sv2) = \frac{H(m)*b(m)}{R(sv)} , (h) \quad (4.21)$$

Avec :

$b(m)$: largeur de la masse , $b(m) = 2.5$ (h)

La durée du cycle est donc :

$$T_{sv2} = Trails + T_{emp} + T_{dép} + t(sv2) , (h) \quad (4.22)$$

❖ **Durée total du sciage de la masse par la haveuse :**

La durée totale du sciage est la somme de toutes les opérations de sciage précédentes déjà citées, suivant la formule suivante :

$$T(s.hav) = T(s.h) + T_{sv1} + T_{sv2} \text{ , (h)} \quad (4. 23)$$

❖ **Le rendement du cycle de sciage par haveuse :**

Le rendement du cycle de sciage par haveuse est calculé selon la formule suivante :

$$R(s. hav) = \frac{S1+S2+S3}{T(s.hav)} \text{ , (m}^2\text{/h)} \quad (4. 24)$$

Et voici un tableau récapitulatif des résultats:

Tab. IV-5 : Tableau récapitulatif des calculs

Paramètres	Indices	Valeurs
Temps de sciage horizontal	t(sh) (h)	6.25
Durée d'un cycle du sciage horizontal	T(s.h) (h)	7.75
Temps de sciage vertical suivant la longueur de la masse	t(sv1) (h)	3.33
Durée d'un cycle du sciage vertical suivant la longueur de la masse	T _{sv1} (h)	4.83
Temps de sciage vertical suivant la largeur de la masse	t(sv2) (h)	0.83
Durée d'un cycle du sciage vertical suivant la largeur de la masse	Tsv1(h)	2.33
Durée total du sciage par la haveuse	T(s.hav) (h)	13.41
Rendement de sciage par haveuse (m ² /h)	R(s.hav)	2.33

IV.4 Analyse et discussions :

D'après l'analyse des résultats et comparaisons entre le rendement de chaque méthode de sciage et aussi la durée du cycle de chaque méthode nous avons tiré la remarque suivante :

- ✓ Le rendement de sciage par le biais de la haveuse est inférieure au sciage par le FD et ce résultat est dû au manque de machine haveuse et diamantée dans la carrière de Fil-Fila et par fois à la mauvaise organisation du personnel.
- ✓ La durée de cycle de sciage par fil diamanté dure pendant quatre postes de travail par contre elle tient que 2 postes de travail pour la haveuse.
- ✓ L'augmentation du nombre de gradins devient un inconvénient vu la mauvaise organisation du personnel de la carrière de Fil-Fila qui implique l'augmentation de la durée du cycle et par conséquent la diminution du rendement.

Conclusion :

L'analyse et les discussions des résultats nous ont conduit à l'élaboration d'une nouvelle méthode basée sur un choix judicieux du mode de sciage, qui consiste à combiner les deux méthodes de sciage (par FD et par haveuse) et une meilleure organisation du travail basée sur la possibilité de mener deux ou plusieurs opérations simultanément ce qui permet de réduire le temps du cycle préparatoire.

IV.5 La méthode combinée :

Dans cette méthode on procède au sciage par la combinaison entre la haveuse et la machine à FD selon les opérations suivantes:

- ✓ Préparation et nettoyage du front d'attaque (forage d'un trou vertical de 90 (mm)).
- ✓ Sciage horizontal de la base de la masse par haveuse.
- ✓ Sciage vertical et latéral de la masse par la machine à FD.
- ✓ Culbutage de la masse.
- ✓ Débitage des masses.

IV.5.1 Forage d'un trou vertical de diamètre de 90 (mm) :

Le temps de forage est calculé par la formule suivante :

$$T_{f(90)} = L_{tr} / V_f + T_{fix} + T_{aux} , (h) \quad (4. 25)$$

L_{tr} : longueur du trou , $L_{tr} = 10$ (m)

V_f : vitesse de forage du trou , $V_f = 4.5$ (m²/h)

T_{fix} : temps de fixation de la machine , $T_{fix} = 0.8$ (h)

T_{aux} : temps auxiliaire , $T_{aux} = 0.5$ (h)

IV.5.2 Sciage horizontal de la masse par haveuse :

Le processus de sciage ce compose des opérations suivantes :

- ✓ Pose des rails : $T_{rail} = 0.5$ (h)
- ✓ Emplacement de la machine : $T_{emp} = 0.3$ (h)
- ✓ Déplacement de la machine : $T_{dép} = 0.6$ (h)

Le temps de sciage horizontal de la masse par haveuse ce calcul par la formule suivante :

$$t(shc) = \frac{H(m) * b(m)}{R(s.h)} , (h) \quad (4. 26)$$

Avec :

$H(m)$: la hauteur de la masse , $H(m) = 1.8$ (m)

$b(m)$: largeur de la masse , $b(m) = 6$ (m)

$R(s.h)$: rendement du sciage horizontal , $R(s.h) = 4$ (m²/h)

La durée du cycle de sciage horizontal est :

$$T_{shc} = T_{rail} + T_{emp} + T_{dép} + T(shc), (h) \quad (4. 27)$$

IV.5.3 Sciage vertical suivant la largeur de la masse au fil diamanté :

Le processus de cette étape s'effectue selon les opérations suivantes :

- ✓ Pose des rails : $T_{rail} = 0.33$ (h)
- ✓ Emplacement de la machine : $T_{emp} = 0.17$ (h)
- ✓ Déplacement de la machine et démontage du FD : $T_{dép} = 0.5$ (h)
- ✓ Emplacement du FD : $T_d = 0.5$ (h)
- ✓ Sciage proprement dit.

Le temps de sciage vertical suivant la largeur de la masse au FD et calculé par la formule suivante :

$$t(s.ver1) = \frac{H(m) * L(m)}{R(s.ver)} , (h) \quad (4. 28)$$

Avec :

$L(m)$: Longueur de la masse , $L(m) = 10$ (m)

$R(s.ver)$: rendement du sciage vertical , $R(s.ver) = (3.95$ m²/h)

La durée du cycle et donc :

$$T_{sv1} = T_{rail} + T_{emp} + T_{dép} + T_d + t(s.ver1), (h) \quad (4. 29)$$

IV.5.4 Sciage vertical suivant la longueur de la masse au fil diamanté :

Pour cette étape le temps de sciage et calculé selon la formule suivante :

$$t(s.ver2) = \frac{H(m)*b(m)}{R(s.ver)}, (h) \quad (4. 30)$$

Et la durée du cycle et donc :

$$T_{sv2} = T_{rail} + T_{emp} + T_{dép} + t(s.ver2), (h) \quad (4. 31)$$

❖ La durée totale du sciage de la masse par la méthode combiné:

Elle est calculée selon la formule suivante :

$$T(sc) = T_{f(90)} + T_{sh} + T_{sv1} + T_{sv2}, (h) \quad (4. 32)$$

❖ Rendement de la méthode combinée:

Le rendement est calculé par la formule suivante :

$$R(s.c) = \frac{S1+S2+S3}{T(sc)}, \left(\frac{m^2}{h}\right) \quad (4. 33)$$

Avec :

S1 : surface horizontal à scier , S1 = 18 (m²/h)

S2 : surface vertical à scier suivant la largeur de la masse , S2 = 60 (m²/h)

S3 : surface vertical à scier suivant la longueur de la masse , S3 = 10.8 (m²/h)

Et voici un tableau récapitulatif des calculs :

Tab. IV-6 : Tableau récapitulatif des calculs

Paramètres	Indice	Valeurs
Temps du forage d'un trou vertical	$T_{f(90)}$ (h)	3.52
Temps de sciage horizontal de la masse	$T_{(shc)}$ (h)	2.7
Durée de cycle du forage d'un trou vertical	$T_{shc}(h)$	4.1
Temps de sciage vertical suivant la largeur de la masse	$T_{(sv1)}$ (h)	4.56
Durée d'un cycle du sciage suivant la largeur de la masse	$T_{sv1}(h)$	6.06
Temps de sciage vertical suivant la longueur de la masse	$t_{(sv2)}$ (h)	2.73
Durée d'un cycle du sciage suivant la longueur de la masse	$T_{sv2}(h)$	4.23
Durée totale du sciage de la masse par la méthode combinée	$T_{(s.c)}$ (h)	17.91
Rendement de la méthode combinée	$R_{(s.c)}$	4.96

IV.6 Culbutage des masses :

Le culbutage des masses se fait par un trax et la durée du cycle technologique des opérations de culbutage d'une masse se compose des quatre temps suivants :

T1 : la préparation du matelas par un trax , $T1 = 0.5$ (h)

T2 : l'élargissement préliminaire de la fonte , $T2 = 0.25$ (h)

T3 : l'écartement de la masse par trax , $T3 = 0.13$ (h)

T4 : déversement de la masse par le godet de trax :

$$T4 = T_{d.T} + n * T_m, (h) \tag{4.34}$$

Avec :

T_{d.T} : durée de déplacement du trax , T_{d.t} = 0.25 (h)

n : nombre d'écartement par le trax , n = 7 (fois)

T_c : durée de la chute , T_c = 0.12 (h)

La durée d'un cycle de culbutage de la masse est donc :

$$T_{c.m} = T1 + T2 + T3 + T4, (h) \tag{4.35}$$

Voici un tableau récapitulatif des résultats :

Tab. IV-7 : Tableau récapitulatif des calculs

Paramètres	Indices	Valeurs (h)
La durée de culbutage de la mass	T4	1.09
La duré d'un cycle de culbutage	T _{c.m}	1.97

IV.7 Débitage des masses :

La durée de débitage d'une masse par le biais du sciage au fil diamanté est calculée par la formule suivante :

$$T_{dép} = T_m + t_d, (h) \tag{4.36}$$

Avec :

T_m : temps de manœuvre de la machine, (h)

Il ce calcule par la formule suivante :

$$T_m = t_m * n_m, (h) \tag{4.37}$$

Avec :

t_m : temps de chaque manœuvre de la machine , t_m = 0.4 (h)

n_m : nombre de manœuvre , n_m = 12

t_d : temps de débitage , t_d = S/V_s, (h)

Ou :

S : la surface à scié pour le débitage d'une masse ce calcul comme suit

$$S = (hb * bm * nb) + (L_m * hb), (h) \tag{4.38}$$

On a:

h_b : la hauteur du bloc , $h_b = 1.5$ (m)

b_m : la largeur de la masse , $b_m = 2.5$ (m)

n_b : nombre de bloc suivant largeur de la masse , $n_b = 10$

L_m : longueur de la masse , $L_m = 10$ (m)

V_s : rendement de sciage d'une masse au fil diamante , $V_s = (8.5 \text{ m}^2/\text{h})$

Et voici le tableau des résultats :

Tab. IV-8 : Tableau récapitulatif des calculs

Paramètres	Indices	Valeurs
Temps de manœuvre de la machine	$T_m(\text{h})$	4.8
Surface à scier pour le débitage d'une masse	$S (\text{m}^2/\text{h})$	49.0
Temps de débitage	$t_d (\text{h})$	5.76
Durée de débitage d'une masse au fil diamanté	$T_{\text{dép}} (\text{h})$	10.56

Et voici un tableau comparatif des résultats :

Tab. IV-8 Tableau de comparaison entre les méthodes de sciage

Opération	Rendement M^2/h	Durée de Cycle heures
Sciage au FD	3.93	27.5
Sciage Par Haveuse	2.33	13.41
Méthode Combinée	4.96	17.91

Ce dernier tableau nous montre que la méthode combinée est la meilleure de tous les côtés (Durée de cycle et rendement).

Chapitre 5

Partie

Economique

V. Partie Economique :

A fin de finalisée notre comparaison technico-économique on procède à calculer le prix de revient d'un (01) mètre cube (m^3) pour chaque méthode de sciage, se qu'on appelle les études économiques.

Et pour réalisé cette étude qui se représente de calculer le prix de revient d'un (1) mètre cube (m^3) pour chaque méthode de sciage selon les calcules suivants :

- ✓ L'amortissement.
- ✓ La consommation de l'énergie.
- ✓ Les salaires.
- ✓ La consommation du carburant.
- ✓ Les matériaux utilisée « FD et l'eau ».
- ✓ La réparation et l'entretien.

V.1 Amortissement horaire d'un engin :

$$A(h) = \frac{P(a)*N}{100*N(j)*N(p)*T(p)*K(u)}, \quad (DA/h) \quad (5.1)$$

Avec :

$P(a)$: prix d'acquisition de l'engin (DA).

N : norme d'amortissement annuelle de l'engin , $N = 20$ (%)

$N(j)$: nombre de jours ouvrables , $N(j) = 250$ (jours)

$N(p)$: nombre de poste de travail , $N(p) = 2$ (postes)

$T(p)$: durée d'un poste, $T(p) = 7$ (h)

$K(u)$: coefficient d'utilisation de l'engin.

Et le calcul ce résume sur le tableau suivant :

Tab. V-1 : Tableau des amortissements horaires

Equipement	Grue	Haveuse	Compresseur	Perforation	Marteau perforateur	Machine FD	Chargeuse /pneu	Verin hydraulique	Pompe hydro-b
Prix d'acquisition (DA)	575435034.45	8000000.00	5940000.00	1043250.00	104840.30	6176001.40	4358404.80	71350.00	25100.20
Norme (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Coef d'utilisation K(u)	0.5	0.75	0.5	0.5	0.5	0.75	0.5	0.2	0.2
Amortissement annuel (DA/an)	1150900.69	1600000.00	1188000.00	2086500.00	20960.86	1235200.28	871680.96	14270.00	5020.04
Dépenses horaire (DA/h)	57.54	53.33	5.94	10.43	1.04	4.11	1.78	1.50	1.78
Amortissement horaire (DA/an)	657.64	6.09	6.79	1.92	0.12	4.70	4.98	0.20	0.07

V.2 Calcul du salaire :

$$A(h) = \frac{S(m) \cdot 12}{N(p) \cdot N(j) \cdot T(p)}, \quad (\text{DA/h}) \quad (5.2)$$

Avec :

S(m) : salaire mensuel , (DA)

Cotisation de la sécurité sociale est de 17 (%) du salaire de base.

Autre charge 30 (%) de salaire de base.

Tous les résultats sont représenté dans le tableau suivant :

Tab. V-2 : Tableau de calcul de salaire :

Profession	Salaire De base (DA)	Sécurité social (DA)	Autre charge (DA)	Calcul des salaires (DA/h)
Grutier	21000.00	3570.00	6300.00	72.00
Mineur	21760.00	3699.20	7398.40	74.61
Conducteur	21520.00	3658.40	6456.00	73.78
Filiste Conducteur	20080.00	3413.60	6024.00	68.85
Conducteur Haveuse	21520.00	3658.40	6456.00	73.78
Débiteur Diamanté	21520.00	3658.40	6456.00	73.78

V.3 Dépense d'énergie :

Les dépenses sont calculées par la formule suivante :

$$D(E. \acute{e}l) = \frac{L(m) * K(u) * K(p) * P(\acute{e}l)}{N(m)}, \left(\frac{DA}{h} \right) \quad (5.3)$$

Avec :

L(m) : longueur de la masse , L(m) = 10 (m)

K(u) : coefficient d'utilisation de l'engin.

K(p) : coefficient de perte, pour simplifier le calculé on prend K(p) = 1.15

P(él) : prix d'un (01) (KW) de la consommation électrique , P(él) = 4.179 (DA/KW*h)

N(m) : rendement du moteur.

Dépense du carburant se calcule selon la formule suivante :

$$D_c = P * Q * F * P_1, (DA/h) \quad (5.4)$$

Avec :

P : puissance du moteur.

Q : la consommation du moteur.

P1 : prix d'un litre du carburant , P1 = 13.70 , (DA/l)

F : constante , F = 0.6

D₁ : Les dépenses pour le lubrifiant qui se calcule selon la formule suivante:

$$D_1 = P * Q * F * P2, (DA/h) \tag{5.5}$$

Ou :

Q : la consommation du moteur.

P 2: prix d'un litre de lubrifiant , P2 = 350 , (DA/l)

Et les résultats des calculs sont sur le tableau suivant :

Tab. V-3 : Tableau de calcul des dépenses de l'énergie

Equipement	Haveuse	Machine FD	Verin hydraulique	Perforation	Chargeuse /pneu	Pompe hydro- b	Grue	
Puissances (KW)	52.67	36	5.5	7.5	55	1.5	90	
Rendement du moteur « N _M »	0.85	0.75	0.70	0.70	0.75	0.85	0.75	
Coefficient d'utilisation «KU»	1	0.75	0.2	0.5	0.9	0.2	0.75	
Coefficient de perte « KP »	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	
Consommation	Carburant (L/Kw)	-	-	-	-	0.19	-	-
	Lubrifiant (L/h)	0.04	0.004	0.001	0.019	0.1	-	0.004
D _{ELEC} (DA/h)	56.54	40.06	13.73	34.33	-	11.31	40.06	
D _C (DA/h)	-	-	-	-	85.90	-	-	
D _L (DA)	442.43	30.24	1.15	29.92	1155.00	-	75.6	
TOTAL	498.97	70.30	14.88	64.25	1240.90	11.31	115.66	

V.4 Dépense D'après la réparation:

- ✓ Les dépenses pour les réparations sont calculées par la formule suivante :

$$D(\text{répar}) = \frac{P(a)*K(r1)}{H}, \quad (\text{DA/h}) \quad (5.6)$$

On :

P(a) : prix d'acquisition de l'engin.

K(r1) : coefficient , K(r1) = 0.6

H : nombre d'heure de travail de l'engin , H = 5500 (h)

- ✓ Les dépenses des entretiens et réparation courante sont calculées par la formule suivante :

$$D(\text{entre}) = \frac{P(a)*K(r2)}{H}, \quad (\text{DA/h}) \quad (5.7)$$

K(r2) : coefficient , K(r2) = 0.2

Tab. V-4 : dépense d'après la réparation

Equipement	Grue	Haveuse	Compresseur	Perforatrice	Marteau perforateur	Machine FD	Chargeuse /pneu	Verin hydraulique
Dépense de réparation DA/H	62774.73	872.73	648.00	113.81	114.37	673.75	475.46	7.78
Réparation courantes DA/h	104.62	145.45	10.8	20.86	19.06	11.23	79.24	1.30
Total DA/h	418.49	581.81	43.2	77.77	76.24	44.92	316.93	5.19

V.5 Dépense des matériaux :

V.5.1 La consommation du FD :

- ✓ La consommation du FD pour le sciage horizontal :

Ce calcul par la formule suivante :

$$q(f.h) = A_d * V_{s.h} , \quad (\text{m/h}) \quad (5.8)$$

Avec :

A_d : La consommation du fil , A_d = 0.04 (m/m²)

V_{s.h} : Vitesse de sciage horizontal , V_{s.h} = 2.92 (m²/h)

Le cout horaire est donc :

$$C_{f.h} = q(f.h) * P_u \text{ , (DA/h)} \quad (5.9)$$

Ou :

P_u : prix unitaire d'un mètre de FD , $P_u = 800$ (DA/m)

✓ La consommation du FD pour le sciage vertical :

$$q(f.v) = A_d * V_{s.v} \text{ , (m/h)} \quad (5.10)$$

Avec:

$V_{s.v}$: vitesse de sciage vertical , $V_{s.v} = 3.95$ (m²/h)

Le cout horaire est donc :

$$C_{f.v} = q(f.v) * P_u \text{ , (DA/h)} \quad (5.11)$$

V.5.2 La consommation de l'eau pendant le sciage :

✓ Le cout horaire de la consommation d'eau pour le FD :

Est calculé selon la formule suivante :

$$C(\text{eau. FD}) = \frac{q(\text{eau}) * p(\text{eau})}{1000} \text{ , (DA/h)} \quad (5.12)$$

Avec :

$q(\text{eau})$: la consommation d'eau pour la machine à FD , $q(\text{eau}) = 1100$ (l/h)

$p(\text{eau})$: prix d'un mètre cube d'eau , $p(\text{eau}) = 1.25$ (DA/m³)

✓ Le cout horaire de la consommation d'eau pour la haveuse :

La formule est :

$$C(\text{eau. H}) = \frac{q(\text{eau.h}) * p(\text{eau})}{1000} \text{ , (DA/h)} \quad (5.13)$$

Avec :

$q(\text{eau.h})$: la consommation d'eau pour la haveuse , $q(\text{eau.h}) = 1400$ (l/h)

Tab. V-5 : Tableau récapitulatifs des calculs1

	Consommation du FD	
	Sciage H	Sciage V
Consommation horaire (m/h)	0.12	0.16
Cout horaire du fil (DA/h)	96	128

Tab. V-6 : Tableau récapitulatifs des calculs2

	Dépense de l'eau
Le cout horaire de la consommation d'eau par FD (DA/h)	1.37
Le cout horaire de la consommation d'eau par Haveuse (DA/h)	1.75

Pour finalisé le travail on calcule le prix de revient d'un (01) mètre cube (m^3) pour chaque méthode de sciage.

V.6 Prix de revient d'un mètre cube pour la méthode de sciage par fil diamanté :

Les opérations faites pour cette méthode sont déjà citées et valorisé dans le précédent chapitre.

V.6.1 Forage d'un trou de 90 (mm) :

Tab. V-7 : le forage d'un trou horizontal

Opération	Durée (h)	Machine	Amortissement (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Cout horaire (DA/h)	Cout opération (DA)
						Salaire (DA/h)			
Fixation Machine	0.75	Marteau perforateur	0.12	76.24	64.25	Foreur et aide F	73.18 70.17	283.96	212.97
Forage	21.05	Perforatrice	11.92	77.77	64.25	Foreur et Aide F	73.18 70.17	214.50	4515.22
Temps auxiliaire	0.25	/	/	/	/	Aide Foreur	70.17	70.17	17.54
Total	22.05	/	251.01	1694.24	1400.65	2	3142.57	568.63	4745.73

V.6.2 Forage d'un trou Horizontal de longueur de 1.7 (m):

Tab. V-8: tableau des dépenses pour le forage

Opération	Durée (H)	Machine	Amort (D/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Cout Horaire (DA/h)	Cout Opération (DA/h)
						Salaire (DA/h)			
Fixation Machine	0.75	Marteau perforateur	0.12	76.24	64.25	Foreur et aide F	73.18 70.17	283.96	212.97
Forage	2.98	Perforatrice	11.92	77.77	64.25	Foreur et aide F	73.18 70.17	214.50	639.21
Temps auxiliaire	0.25	/	/	/	/	Aide foreur	70.17	70.17	17.54
Total	3.98	/	35.61	288.93	143.60	3	552.24	568.63	869.72

V.6.3 Forage d'un trou vertical :

Tab. V-9 : forage d'un trou vertical

Opération	Durée (DA)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Cout horaire (DA/h)	Cout opération (DA)
						Salaire (DA/h)			
Fixation Machine	0.75	Marteau perforateur	0.12	76.24	64.25	Foreur et aide F	73.18 70.17	283.96	212.97
Forage	3.98	perforatrice	11.92	77.77	64.25	Foreur et aide F	73.18 70.17	214.50	853.71
Temps auxiliaire	0.25	/	/	/	/	Aide foreur	70.17	70.17	17.54
Total	4.39	/	47.53	366.73	303.90	3	695.59	568.63	1084.22

V.6.4 Sciage horizontal de la masse :

Tab. V-10 : tableau des dépenses pour Sciage horizontal de la masse

Opération	Durée (H)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Couts Matériaux (DA/h)	Cout horaire (DA/h)	Cout opération (DA/h)
						Salaire (DA/h)				
Pose rails	0.33	/	/	/	/	Conducteur et Aide C	73.78 68.85	/	142.63	47.07
Emplacement de la machine	0.17	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	214.84
Emplacement du FD	0.43	/	/	/	/	Filiste	68.85	/	68.85	29.60
Sciage Propre	2.16	Machine FD	4.7	44.92	70.30	Conduc FD et Aide C	73.78 68.85	Fil =92.64 eau=1.125	356.31	769.64
Démontage du FD et déplacement	0.5	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	631.89
Total	3.59	/	450.77	280.39	229.34	4	432.99	202.53	3095.37	1693.04

V.6.5 Sciage vertical suivant la longueur de la masse :

Tab. V-11 : tableau des dépenses pour Sciage vertical suivant la longueur de la masse

Opération	Durée (H)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Coûts Matériaux (DA/h)	Cout horaire (DA/h)	Cout opération (DA/h)
						Salaire (DA/h)				
Pose rails	0.33	/	/	/	/	Conducteur et Aide C	73.78 68.85	/	142.63	47.07
Emplacement de la machine	0.17	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	214.84
Emplacement du FD	0.43	/	/	/	/	Filiste	68.85	/	68.85	29.60
Sciage Propre	7.59	Machine FD	4.70	44.92	70.30	Conduc FD et Aide C	73.78 68.85	Fil =92.64 eau=1.125	213.68	1621.87
Démontage du FD et déplacement	0.5	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	631.89
Total	9.02	/	476.29	621.33	611.07	4	1207.47	711.68	2952.74	2545.27

V.6.6 Sciage vertical suivant la largeur de la masse :

Tab. V-12 : tableau des dépenses pour Sciage vertical suivant la largeur de la masse

Opération	Durée (H)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Coûts Matériaux (DA/h)	Cout horaire (DA/h)	Cout opération (DA/h)
						Salaire (DA/h)				
Pose rails	0.33	/	/	/	/	Conducteur et Aide C	73.78 68.85	/	142.63	47.07
Emplacement de la machine	0.17	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	214.84
Emplacement du FD	0.43	/	/	/	/	Filiste	68.85	/	68.85	29.60
Sciage Propre	15.19	Machine FD	4.70	44.92	70.30	Conduc FD et Aide C	73.78 68.85	Fil =92.64 eau=1.125	213.68	3245.80
Démontage du FD et déplacement	0.5	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	631.89
Total	16.62	/	1122.95	962.72	1145.35	4	2291.46	1424.29	2952.74	4169.20

V.6.7 Culbutage des masses :

Tab. V-13 : tableau des dépenses pour le culbutage de la masse

Opération	Durée (DA)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Cout horaire (DA/h)	Cout opération
						Salaire (DA/h)			
Préparation du Matelas	0.5	Chargeur/pneu	4.98	316.93	1240.90	Conducteur	73.78	1636.59	818.29
Elargissement Préliminaire	0.25	/	/	/	/	3 débardeurs	3*68.85	206.55	51.64
Ecartement	0.13	Pompe hydro-bacs	0.07	5.19	11.31	3débarders	3*68.85	223.12	29.01
Déversement	1.09	Vérin hydraulique	0.2	5.19	11.31	3 débardeurs	3*68.85	223.25	243.34
Total	1.97	/	2.71	164.80	634.25	4	340.52	2289.51	1142.28

V.6.8 Débitage de la masse en blocs standards :

Tab. V-14 : tableau des dépenses pour le débitage la masse

Opération	Durée (DA)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Cout matériaux (DA/h)	Cout horaire (DA/h)	Cout opération
						Salaire (DA/h)				
Temps de manœuvre	4.8	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	6066.19
Temps de débitage	10.56	Machine FD	4.70	44.92	70.30	Condu FD et Filiste	73.78 68.85	Fil =92.64 eau=1.125	356.31	3762.67
Total	15.56	/	3206.30	2008.75	1297.54	3	1854.77	104.52	1620.10	9828.86

Les dépenses totales pour la préparation des blocs standards selon la méthode de sciage par FD sont représenté dans le tableau suivant.

Tab. V-15 : tableau des dépenses totales de la méthode de sciage par FD

Opération	Amortissement (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Salaires (DA/h)	Matériaux	Cout de l'opération
Forage horizontal (12m)	251.01	1694.24	1400.65	3142.57	/	4745.73
Forage horizontal (1.7m)	35.61	288.93	143.60	552.24	/	869.72
Forage vertical	47.53	366.73	303.90	695.59	/	1084.22
Sciage horizontal	450.77	280.39	229.34	432.99	202.53	1693.04
Sciage vert longueur	476.29	621.33	611.07	1207.47	711.68	2545.27
Sciage vert largeur	1122.95	962.72	1145.35	2291.46	1424.29	4169.20
Culbutage	2.71	164.80	634.25	340.52	/	1142.28
Débitage	3206.30	2008.75	1297.54	1854.77	104.52	9828.86
Total	5593.17	6387.89	5765.70	10517.61	2443.02	26078.32

V.7 Prix de revient d'un mètre cube pour la méthode de sciage par haveuse:

V.7.1 Sciage horizontal de la masse par haveuse :

Tab. V-16 : tableau des dépenses pour le sciage horizontal de la masse

Opération	Durée (H)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Coûts Matériaux (DA/h)	Coût horaire (DA/h)	Coût opération (DA/h)
						Salaire (DA/h)				
Pose rails	0.5	/	/	/	/	Conducteur et Aide C	73.78 68.85	/	142.63	71.31
Emplacement de la machine	0.3	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	379.14
Sciage Propre	6.25	haveuse	6.09	581.81	498.97	Conduc HV et Aide C	73.78 68.85	eau=5.25	1234.75	7717.19
Démontage du FD et déplacement	0.7	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	884.65
Total	7.75	/	695.70	4054.80	3234.22	4	1034.75	32.81	3904.96	9052.29

V.7.2 Sciage vertical suivant la longueur de la masse :

Tab. V-17 : tableau des dépenses pour le sciage vertical suivant la longueur de la masse

Opération	Durée (H)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Coûts Matériaux (DA/h)	Coût horaire (DA/h)	Coût opération (DA/h)
						Salaire (DA/h)				
Pose rails	0.5	/	/	/	/	Conducteur et Aide C	73.78 68.85	/	142.63	71.31
Emplacement de la machine	0.3	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	379.43
Sciage Propre	3.33	haveuse	6.09	581.81	498.97	Conduc HV et Aide C	73.78 68.85	eau=5.25	1234.75	411.72
Démontage du FD et déplacement	0.7	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	884.65
Total	4.83	/	677.92	2355.52	1777.23	4	618.27	17.48	3904.96	1747.11

V.7.3 Sciage vertical suivant largeur de la masse :

Tab. V-18 : tableau des dépenses pour le sciage vertical suivant la largeur de la masse

Opération	Durée (H)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Coûts Matériaux (DA/h)	Cout horaire (DA/h)	Cout opération (DA/h)
						Salaire (DA/h)				
Pose rails	0.5	/	/	/	/	Conducteur et Aide C	73.78 68.85	/	142.63	71.31
Emplacement de la machine	0.3	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	379.43
Sciage Propre	0.83	haveuse	6.09	581.81	498.97	Conduc HV et Aide C	73.78 68.85	eau=5.25	1234.75	1024.84
Démontage du FD et déplacement	0.7	Grue	657.64	418.49	115.66	Grutier	72.00	/	1263.79	884.65
Total	2.33	/	662.69	901.39	529.74	4	216.70	4.36	3905.00	2360.23

V.7.4 Culbutage de la masse :

Tab. V-19 : tableau des dépenses pour le culbutage

Opération	Durée (DA)	Machine	Amort (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Ouvriers		Cout horaire (DA/h)	Cout opération
						Salaire (DA/h)			
Préparation du Matelas	0.5	Chargeur/pneu	4.98	319.93	1240.90	Conducteur	73.78	1639.59	819.79
Elargissement Préliminaire	0.25	/	/	/	/	3 débardeurs	3*68.85	206.55	51.64
Ecartement	0.13	Pompe hydro-bacs	0.07	5.19	11.31	3débarders	3*68.85	223.12	29.01
Déversement	1.09	Vérin hydraulique	0.2	5.19	11.31	3 débardeurs	3*68.85	223.25	243.34
Total	1.97	/	2.72	166.26	173.76	4	340.52	2293.51	1143.78

Les dépenses totales pour la préparation des blocs standards selon la méthode de sciage par haveuse sont représenté dans le tableau suivant.

Tab. V-20 : tableau des dépenses totales de la méthode de sciage par haveuse

Opération	Amortissement (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Salaires (DA/h)	Matériaux	Cout de l'opération
Sciage horizontal	695.70	4054.80	3234.22	1034.75	32.81	9052.29
Sciage vert longueur	677.92	2355.52	1777.23	618.27	17.48	1747.11
Sciage vert largeur	662.69	901.39	529.74	216.70	4.36	2360.23
Culbutage	2.72	166.26	173.76	304.52	/	1143.78
Total	1639.03	6576.58	5714.95	2174.24	54.65	14303.41

Voici un tableau comparatif entre les deux (02) méthodes :

Tab. V-21 : tableau de comparaison entre les deux méthodes

Opération	Amortissement (DA/h)	Réparation (DA/h)	Energie (DA/h)	Salaires (DA/h)	Matériaux	Cout de l'opération
Sciage par FD	5593.17	6387.89	5765.70	1034.75	2443.02	26078.32
Sciage Par Haveuse	1639.03	6576.58	5714.95	2174.24	54.65	14303.41

La comparaison nous montre que la méthode de sciage par haveuse est la meilleur du coté économique.

Chapitre 6

Partie

Traitement

VI. Partie Traitement :**VI.1 Introduction :**

L'activité industrielle engendre inévitablement des effets sur l'environnement naturel. Dans le but de réduire les effets néfastes sur l'environnement, plusieurs secteurs industriels intègrent maintenant un volet environnemental à leurs activités.

Partout à travers le monde l'industrie minière se fait actuellement dans un contexte de protection environnementale auquel l'Algérie souscrit.

VI.2 L'usine de marbre de SKIKDA :**VI.2.1 Présentation et fonctionnement [5]:**

Avant 1967, l'activité marbrière en Algérie se limitait à un travail d'artisanat (façonnage et pose). Le projet marbre de SKIKDA a constitué le point de départ de l'activité de transformation de marbre à l'échelle industrielle.

L'usine de marbre de SKIKDA est une descendante de la filiale SOMASK « Société de marbre SKIKDA » du groupe général ENAMARBRE.

Il est situé à une distance de 25 km de la carrière de Fil-Fila et à 3 Km de l'Est de la ville, occupant une superficie de 53446 m².

Elle est conçue pour la transformation des blocs de marbre transférés de la carrière à blocs Fil-fila en produits finis :

- ✓ Les tranches brutes
- ✓ Les carreaux.
- ✓ Les plaques.
- ✓ Les chutes de marbre.
- ✓ La production des bibelots et articles décoratifs.

Il se compose de 4 ateliers :

- L'atelier de châssis.
- La chaîne automatique de traitement des tranches brutes.
- L'atelier de marbrerie.
- L' atelier de bibeloterie.

VI.2.2 Présentation des différents ateliers [12]:**VI.2.2.1 L'atelier de châssis :**

Le châssis est composé d'une partie inférieure qu'on appelle table sur la quelle repose le bloc ce qu'on appelle le banc de châssis et une partie supérieure constituée d'un groupe de lames diamantées disposées. Parallèlement, les unes aux autres et espacées d'une distance réglable suivant l'épaisseur des dalles à obtenir.

Cette partie supérieure est animée d'un mouvement de va et vient horizontal sous l'effet d'un système bielle manivelle.

La rotation de la roue motrice est assurée par un moteur électrique de 15 (KW).

La vitesse de rotation de la roue est de 180 (tr/min).

La vitesse de déplacement des lames est de 9 (m/s).

On distingue deux types de châssis :

- ✓ Pour le premier type : la partie supérieure descend sur le bloc du marbre.
- ✓ Pour le deuxième type : la table portant le bloc du marbre monte périodiquement sous l'effet d'un vérin hydraulique.

Les dimensions du châssis sont :

- ✓ Longueur : 3.5 (m).
- ✓ Largeur : 2 (m).
- ✓ Hauteur : 2 (m).

L'usine dispose de 06 châssis utilisant des lames diamantées.

VI.2.2.2 La chaîne automatique de traitement des tranches brutes :

Les dalles produites subissent une coupe longitudinale, en bandes de dimensions voulues à l'aide des débiteuses automatiques. Ensuite, à l'aide des polisseuses automatiques à tapis, ces bandes subissent l'opération de calibrage et polissage. Une fois le polissage terminé, on introduit les bandes sous les disques pour la réduction en carreaux et plaques de revêtement de dimensions voulues.

Voici un schéma qui présente les étapes de transformation des blocs dans le châssis et la chaîne de traitement des tranches brutes.

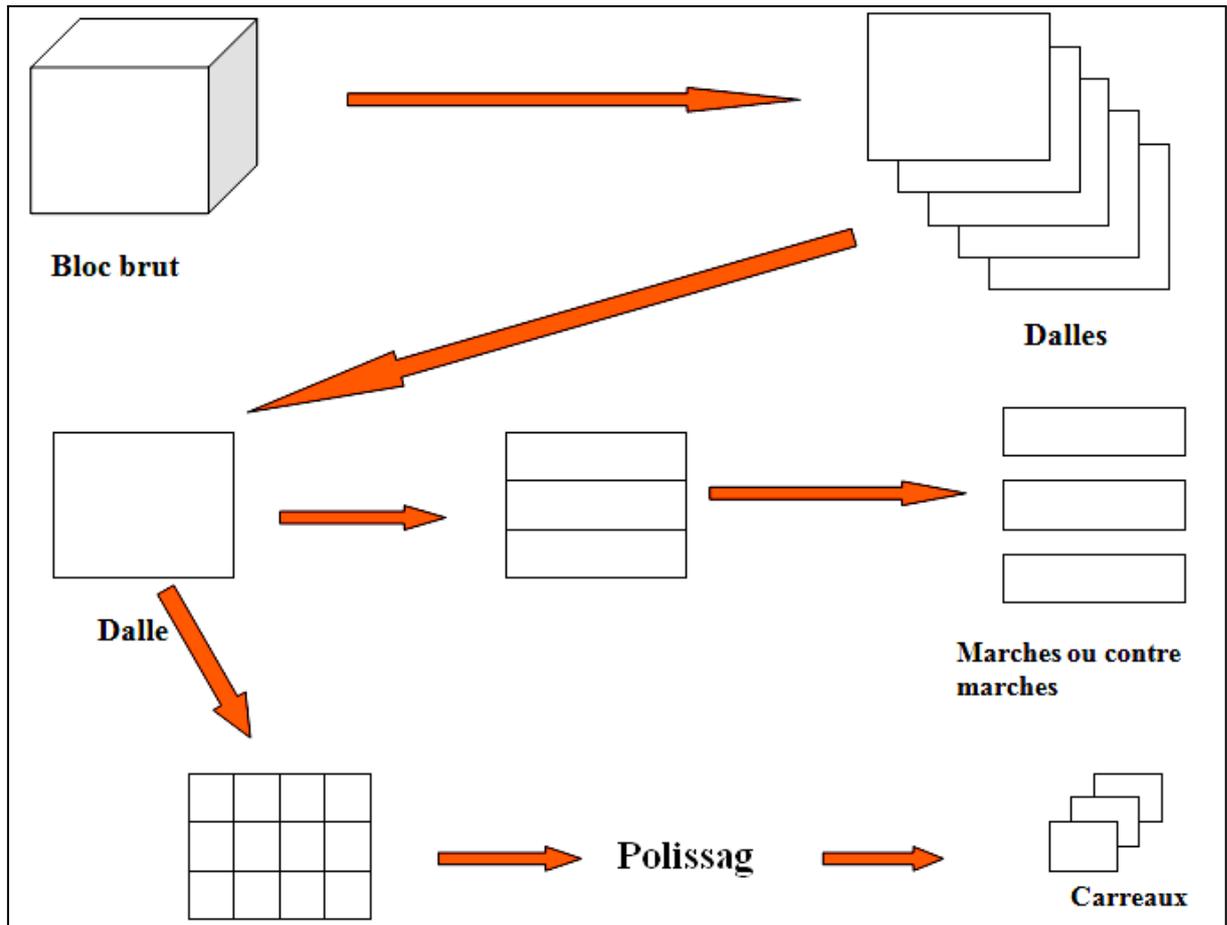


Fig. VI- 1 : Description des différentes étapes de transformation des blocs de marbre en : plaques, marches, contre marches et carreaux... dans l'atelier de châssis et la chaîne automatique de traitement des tranches brutes.

VI.2.2.3 L'atelier de marbrerie :

Composé d'un ensemble d'équipements où les blocs sont coupés à l'aide des tailles blocs à grands disques en carreaux. Ensuite, ils subissent le polissage à l'aide d'une polisseuse automatique. Ce pendant, pour la récupération des chutes de marbre, cette dernière est dotée des abouteuses.

Voici un schéma descriptif des différentes étapes de transformation :

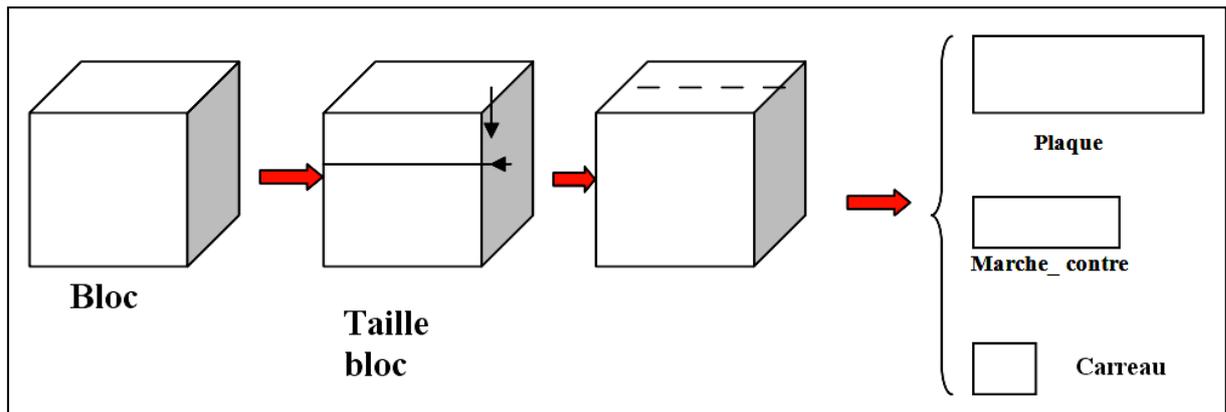


Fig. VI-2 : Description des différentes étapes de transformation des blocs en : plaques, marches, contre marches et carreaux dans l'atelier de marbrerie.

L'usine dispose de cinq (05) tailles blocs de marque TE-MA utilisant deux types de disques selon la coupe utilisée.

Concernant la coupe verticale, et en fonction de l'épaisseur voulue, on peut monter un disque de 1200mm de diamètre.

Pour la coupe horizontale, on utilise un disque fixe de diamètre maximum de 600mm.

Ainsi, dans cet atelier, on trouve :

- ✓ une débiteuse automatique et d'autres manuels mono disques.
- ✓ des abouteuses automatiques et une polisseuse de marque BARZANTI.

VI.2.2.4 L' atelier de bibeloterie:

Cet atelier a pour but la réalisation des bibelots et articles décoratifs.

Il dispose de plusieurs machines, utilisant l'eau pour le refroidissement :

- ✓ Un polissoir à genouillère actionné par un moteur de 5/7 CV.
- ✓ Deux débiteuses manuelles (NF) mono disque FRUGOLI.
- ✓ Des tours pour marbre.
- ✓ Des tours à étoffes.
- ✓ Des machines à graver pour stèles.
- ✓ Des perceuses verticales.

Voici quelque exemple de production de cet atelier :



Fig. VI-3 : Bibelots et articles décoratifs.

Conclusion

Générale

Interprétation

Méthode	rendement	Prix de revient (DA/M³)
Fil diamanté	3.93	26.078 ,32
Haveuse	2.33	14.303,41

L'analyse des méthodes de sciage existant au niveau de la mine nous a permis de constater que la première méthode est loin d'être idéale par son faible rendement et un prix de revient très élevé.

Conclusion Générale :

Le marbre est une roche qui par ses propriétés physiques, ses variétés de couleurs et sa splendeur a acquis une très grande importance qui ne date pas d'aujourd'hui. Une étape importante du développement de l'industrie minière a commencé en créant les conditions favorables pour une technologie d'extraction, méthode de sciage et l'accélération du rythme du processus de production moderne.

Le sujet intitulé «Etude technico-économique de la méthode d'exploitation du marbre de Fil-Fila» a tenté de prendre en charge les méthodes de sciage et la détermination du prix de revient pour chaque méthode de sciage.

L'étude technique nous a permis de déceler un rapport de l'ordre 0.58 Entre le rendement de la haveuse et celle du fil diamanté, ce rapport se traduit par la perte de temps dans l'enchaînement des opérations d'extraction et la lenteur des travaux préparatoires lors du sciage par fil diamanté

Pour l'étude économique, un prix de revient d'extraction d'un M³ de marbre par fil diamanté presque 02 fois plus que celle par haveuse (1,8) ce qui rend la méthode par fil diamanté loin d'être idéale par son coût immense.

Finalement les effets de la plus part des facteurs négatifs pourront être réduits avec une gestion rigoureuse de la production. L'optimisation des processus de sciage réside dans la nécessité de faire une combinaison entre les deux processus de sciage existants est qui fera l'objet de notre future étude.

Bibliographie :

- [1] Giulio Milazzo et Paola Blasi.L'extraction des pierres ornementales dans les pays ACP
Bruxelles, 2003.
- [2] Présentation d'ENAMARBRE.
([Http://www.ENAMARBRE.dz/carriere.php](http://www.ENAMARBRE.dz/carriere.php)).
- [3] ORGM (Office national de la recherche géologique et minière). SKIKDA, 2012.
- [4] Google earth. Situation géographique de Fil-Fila, SKIKDA.
- [5] Propriété physico-mécanique et chimique.
([Http:// www. ENAMARBRE.dz/nos_produits.php](http://www.ENAMARBRE.dz/nos_produits.php)).
- [6] Présentation de la carrière de Fil-Fila, SKIKDA.
([Http:// www. ENAMARBRE.dz/entreprise.php](http://www.ENAMARBRE.dz/entreprise.php)).
- [7] ENAMARBRE. Archive.
- [8] Lemoy 1962, carte géologique du massif de Fil-Fila, modifié par Dr Bouabsa 2005.
- [9] ENAMARBRE. Catalogue de la machine à FD type (mode.Beta à 870/m).
- [10] ENAMARBRE. Catalogue de la haveuse de type :
(KORFMAN ST 50 VH et BENETTI SUPER JET-BELT 950).
- [11] ENAMARBRE. Caractéristiques de la grue de type:
(D 30T/40 PELLEGRINI et 38-RB).
- [12] ENAMARBRE. L'usine de LILOU, SKIKDA.