

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recharge Scientifique



Ecole Nationale Polytechnique
Département Génie Minier
Mémoire de projet de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie minier

**Elaboration du système Cost Control pour la mise en valeur des gisements
de granite, cas de gisement de granite Tesnou1, projet Cosider carrière**

Présenté et soutenu publiquement le 10/11/2020 par :

Mr. BENALI Ryad et Mr. KERDJIDJ Hamza

Sous la direction de:

Mr. Pr. BACHAR ASSED Mohamed Aguid

Composition du Jury :

Président : Mr. OULD HAMOU

MCA, ENP Alger

Promoteur : Mr. BACHAR ASSED Mohamed Aguid

Professeur, ENP Alger

Co-promoteur : Mr. BOUKHARI Abdelhakim

PDG, Cosider Carrière

Examineur : Mr BENKACI Djamel

MAA, ENP Alger

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recharge Scientifique



Ecole Nationale Polytechnique
Département Génie Minier
Mémoire de projet de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie minier

Elaboration du système Cost Control pour la mise en valeur des gisements de granite, cas de gisement de granite Tesnou1, projet Cosider carrière

Présenté et soutenu publiquement le 10/11/2020 par :

Mr. BENALI Ryad et Mr. KERDJIDJ Hamza

Sous la direction de:

Mr. Pr. BACHAR ASSED Mohamed Aguid

Mr. BOUKHARI Abdelhakim

Composition du Jury :

Président : Mr. OULD HAMOU

MCA, ENP Alger

Promoteur : Mr. BACHAR ASSED Mohamed Aguid

Professeur, ENP Alger

Co-promoteur : Mr. BOUKHARI Abdelhakim

PDG, Cosider Carrière

Examineur : Mr BENKACI Djamel

MAA, ENP Alger

ENP 2020

ملخص

كجزء من مشروع نهاية الدراسة، نحن مطالبون بتطوير نظام مراقبة التكاليف لرصد وتحسين التكاليف التشغيلية لعمليات استخراج ومعالجة جرانيت مشروع كوسيدار.

يتمثل النهج في مراقبة النفقات عن طريق إدخال التكاليف المختلفة يوميًا على مستوى كل عملية باستخدام أداة صممناها في Microsoft Excel.

الكلمات المفتاحية: مراقبة التكاليف، التكاليف التشغيلية، الجرانيت، التحكم، المحجر.

Abstract :

As part of the end-of-study project, we are required to develop a Cost Control system to monitor and optimize the operational costs of the extraction and treatment processes of the Cosider project granite

The approach is to monitor expenses by entering the various costs daily at the level of each operation using a tool that we designed in Microsoft Excel.

Keywords : Cost Control, operational costs, granite, Control, Career.

Résumé

Dans le cadre de projet de fin d'étude, nous sommes amenés à élaborer un système Cost Control pour suivre et optimiser les couts opérationnels des processus d'extraction et de traitement du granite de projet Cosider.

En effet l'approche consiste à surveiller les dépenses en saisissant les différents coûts quotidiennement au niveau de chaque opération à l'aide d'un outil que nous avons conçu sous Microsoft Excel.

Mots clé : Cost Control, couts opérationnels, granite, Contrôler, carrière.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à :

Ceux qui ont donné le meilleur d'eux, à mes chers parents, qui m'ont soutenue et cru en moi tout au long de mon parcours.

Mes sœurs et mon frère.

Mon binôme de toujours Hamza.

Mon cher ami Oussama

A mes frères et sœurs de Génie Minier pour les moments inoubliables qu'on a passés, et à qui je souhaite plus de succès.

Et très spécialement à la personne que j'aime le plus après ma famille.

Ryad

Dédicaces

*À mes très chers parents pour leur compréhension, sacrifice, patience
leur soutien et encouragements pendant cette mission.*

À mon frère Colombo,

À mes chères sœurs,

*À mon cher binôme El Hadj avec qui j` ai passé des moments
incubliables.*

À moi-même N.E.O.

Hamza

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier notre promoteur le Professeur monsieur BACHAR ASSED Mohamed Aguid, pour son soutien et ses conseils, pour la qualité de son encadrement ; ses efforts fournis et pour sa grande contribution dans la réalisation de notre mémoire.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à notre encadreur Mr le PDG de Cosider Carrière BOUKHARI Abdelhakim pour sa proposition du présent sujet de fin d'études, pour son aide apportée ; pour tous ses conseils donnés, et pour toute l'attention qu'il a portée à notre travail.

Nous remercions Mr Abdelhamid CHAIBLAINE, Chef de projet pour son aide et d'avoir mis à nous disposition les moyens nécessaires pour l'accomplissement de ce travail, de même nous remercions Mme HADJI pour les conseils et le soutien qu'elle nous a portés.

Nous exprimons également toute notre gratitude à Mr YOUNCI Chabane et Mr Bilel.

Nous tenons aussi à remercier Monsieur Malek OULD HAMOU d'avoir accepté de présider notre jury, et Monsieur BENKACI Djamel qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nous tenons également à remercier l'ensemble du personnel de Cosider Carrière pour leur accueil et gentillesse, et plus particulièrement Mr RAFAA, pour son soutien et précieuses aides qu'il nous a apporté.

Nous remercions tous les enseignants et le personnel de l'Ecole Nationale Polytechnique et en particulier ceux du Génie Minier qui nous ont accompagnés tout au long de notre formation.

Nous ne terminerions pas sans remercier du fond du cœur, nos familles qui nous ont soutenu, encouragé et motivé toute au long de ce travail.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale	12
I. Présentation du projet	14
1. Introduction	14
2. Le marché des granites [1].....	14
2.1 Domaine d'utilisation	14
2.2 Besoin du marché.....	15
3. Présentation du projet	16
4. Localisation [2].....	16
5. Objectif du projet	18
6. Organisation et fonctionnement de l'entreprise	19
6.1 Régime de fonctionnement :	19
6.2 Moyens humains et matériels [1].....	19
6.1.1 Humains	19
6.1.2 Moyen matériel	20
6.2 Capacité de production.....	21
6.3 Analyse SWOT du projet	21
II. Géologie du gisement.....	24
1. Introduction	24
2. Cadre géologique régional [2].....	24
2.1 Le Hoggar Occidental.....	24
2.2 Le Hoggar Central	24
2.3 Le Hoggar Oriental.....	24
3. Cadre géologique local " RÉGION DE TESNOU"[2].....	25
4. Travaux réalisés sur le site de Tesnou1 [2].....	27
4.1 Travaux géologiques.....	27
4.2 Echantillonnage.....	28
4.3 Travaux de laboratoire.....	28
4.4 Composition pétrographique.....	32
5 Estimation des réserves géologique.....	33
CONCLUSION	34
III. Méthodologie d'extraction et de découpage des blocs granitiques.	36
1. Introduction	36
2. Eléments de la méthode d'exploitation à ciel ouvert	36

.....	37
3. Opérations d'extraction des blocs granitiques	38
3.1 Ouverture et création des pistes.....	38
3.2 Découpage et sciage des blocs massifs	38
3.3 Versement des masses [4]	40
3.4 Transformation en blocs marchands [4].....	40
3.5 Déplacement et stockage des blocs retaillés.....	41
4. Opération d'acheminement des blocs vers l'usine [5].....	41
5. Opérations de traitement des blocs granitiques [6] [7]	42
6. Recommandations	52
7. Autres Opérations nécessaires	53
IV. COST CONTROL.....	57
1. Introduction	57
2 La comptabilité générale et la comptabilité analytique [11].....	57
2.1 Rôles et objectifs de la comptabilité générale ou financière.....	57
2.2 Rôles et objectifs de la comptabilité analytique ou comptabilité de gestion.....	57
2.3 Les objectifs de la comptabilité de gestion.....	57
3 Définition et classification des charges et des coûts [12].....	57
3.1 Définition des charges	57
3.2 Typologie des charges.....	58
3.3 Typologie des coûts	58
4. Définition du Cost Control	59
5. Principe du système et le tableau de bord	59
6. Rôle du système.....	59
7. La mise en œuvre du système de contrôle des coûts [20]	60
8. Différentes étapes du contrôle des coûts [21]	60
9. Conditions d'efficacité du Cost Control [21].....	61
10. Les étapes de la mise en place du système	62
11. Le processus de fonctionnement du système.....	63
12. Les dépenses de l'entreprise.....	66
13 Les coûts directs de l'unité.....	67
13.1 Amortissement.....	67
13.2 Frais personnel (Coût de la main-d'œuvre)	67
13.3 Consommables.....	67
13.4 Entretien et pièce de rechange	70
14 Recommandation pour l'optimisation des coûts	71

14.1	Les couts de la main d'œuvre	71
14.2	Les frais de pièce de rechange	71
V.	Description de la conception et le fonctionnement de l'outil de contrôle	73
1.	Introduction	73
2.	L'outil de contrôle	73
3.	Objectif de l'outil.....	73
4.	Conception de l'outil	74
	Conclusion générale.....	80
	BIBLIOGRAPHIE.....	81
	Annexe : outil du contrôle.....	84

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées du site UTM Nord Sahara (zone 31)	16
Tableau 2 : Coordonnées du périmètre de la base de la vie et de l'usine (UTM Nord Sahara « zone 31 »)	17
Tableau 3 : Régime de fonctionnement de la carrière et de l'usine	19
Tableau 4 : Moyens humains.....	19
Tableau 5 : Moyens matériel	20
Tableau 6 : Matériel d'extraction	21
Tableau 7 : Capacité de production.....	21
Tableau 8 : Résultats de l'analyse des éléments majeurs des saignées	29
Tableau 9 intervalle de variation en éléments majeurs	30
Tableau 10 normes BN-63/9015-01.....	30
Tableau 11 : Résultats de la résistance à la compression des échantillons de carotte.	30
Tableau 12 : Résultats de porosité et bleu de méthylène (MB) des échantillons de carotte. ...	31
Tableau 13 : Exemples des différentes de charges	58

Liste des figures

Figure 1 Utilisation du Granite en Algérie	14
Figure 2 Utilisation du granite et produits comparables en Algérie	15
Figure 3 Importation de granite en m ² (Source : Statistiques des Douanes)	15
Figure 4 Variation du prix moyen d'1m ² de granite.....	16
Figure 5 Situation géographique du gisement et de l'usine dans l'image satellitaire Google Earth.....	17
Figure 6 Carte des principaux domaines structuraux du bouclier touareg	25
Figure 7 : levé géologique du gisement de granite Tesnou 1	27
Figure 8 échantillons des saignées de surface et des monolithes	28
Figure 9 Plaque polie de l'échantillon n°02	32
Figure 10 Plaque polie de l'échantillon n°01	32
Figure 11 Secteur d'exploration en 3D.....	33
Figure 12 Carte des iso altitudes du secteur d'exploration.....	33
Figure 13 : schéma type des éléments d'une exploitation de granite à ciel ouvert.....	37
Figure 14 Câble diamanté.....	38
Figure 15 : Principe de découpe au fil diamanté, coupes verticales au fil	39
Figure 16 étapes de sciage des blocs granitiques.....	39
Figure 17 Les étapes de versement des blocs avec les coussins.....	40
Figure 18 Equipement de retaille et déplacement des blocs vers l'aire de stockage.....	41
Figure 19 étapes de manutention et transport des blocs	42
Figure 20 unité de découpage à multi-disques diamantés [10]	44
Figure 21 : machine de découpage horizontal mono-disque.....	44
Figure 22 : machine de découpage de têtes irrégulières.....	45
Figure 23 : machine de calibrage	45
Figure 24 polisseuse à multi-têtes.....	46
Figure 25 Ligne de dimensionnement à disques diamantés	47
Figure 26 Unité de sciage à fils diamantés	47
Figure 27 Ligne de dimensionnement à deux machines (deux sens).....	48
Figure 28 Formes uniques découpées par la machine CNC.....	49
Figure 29 : machine découpeuse programmable.....	49
Figure 30 Stockage et manutention des dalles finies sur des chevalets à l'aide du pont roulant	50
Figure 31 étapes d'emballage et chargement des grandes dalles	51
Figure 32 étapes d'emballage et chargement des carreaux finis	51
Figure 33 : schéma de structure d'un tableau de bord	64
Figure 34 Schéma de synthèse de Cost Control	66
Figure 35 Les surface de sciage du bloc massif.....	68
Figure 36 Les surfaces du sciage dans la phase de retaille bloc	69
Figure 37 Schéma des entrés et des sortis de l'outil	73

Introduction générale

Introduction générale

Le granite est le cadeau ; mère nature a béni l'humanité, qui a toujours trouvé divers moyens d'utiliser ces trésors. Roche solide et compact, le granit a trouvé une multitude d'utilisations, notamment dans la construction de bâtiments et autres structures. Une autre utilisation populaire de la pierre est la pierre architecturale dans l'extérieur, la décoration intérieure, l'aménagement paysager et les monuments.

Le projet de COSIDER Carrières consiste à extraire le granite à travers l'exploitation d'un gisement et construire une usine pour le traitement de ce dernier. Ce projet s'insère dans un véritable souci de développement de secteur des pierres ornementales dans le pays.

Le développement de tout organisme repose le plus souvent sur son aptitude à gérer ses ressources humaines, matérielles et financières ainsi que l'atmosphère actuelle qui règne au sein du secteur des technologies de l'information poussent les organismes privées et publiques, qui se base sur les technologies et les systèmes d'informations, à diminuer les coûts de leurs solutions.

Les organismes conscients de l'importance des solutions informatiques d'un côté et les formations d'un autre, comme étant un pilier de toute stratégie de gestion des couts d'une part, et un enjeu clé pour accompagner les changements émanant des évolutions d'autre part, ces organismes ont développés leurs politiques de formations qui leurs permettent de diagnostiquer et par conséquent enrichir leurs référentiels de compétences.

Cet enrichissement permet d'avoir un rendement important et de palier aux dysfonctionnements du processus de production de l'entreprise à court, moyen et long terme.

Dans ce sens, nous avons conçu un outil de suivi et de contrôle quotidien des dépenses au niveau de chaque opération du processus d'extraction et de traitement des blocs granitiques, pour le nouveau projet de COSIDER Carrières. Cet outil est basé sur le calcul des écarts journaliers entre les couts normaux (de références) et les couts réels, dont le but est d'optimiser ces couts à partir des résultats d'analyse des dysfonctionnements constatés au niveau de chaque opération.

Pour faciliter la compréhension du thème et donner de la probité, nous avons structuré notre travail en cinq chapitres :

- Chapitre 1 : Présentation générale du projet.
- Chapitre 2 : Caractéristiques géologiques du gisement.
- Chapitre 3 : Méthodologie d'extraction des blocs, de découpage et de façonnage.
- Chapitre 4 : Cost Control.
- Chapitre 5 : Description de la conception et le fonctionnement de l'outil.

Chapitre 1

Présentation du projet

I. Présentation du projet

1. Introduction

Compte tenu de la ressource de granite abondamment disponible dans l'Algérie, et en raison des tendances changeantes de l'industrie de la construction, de l'accessibilité accrue de la population de la classe moyenne commune et de la demande accrue pour les immeubles résidentiels et commerciaux à travers le pays, l'utilisation du granite a accéléré à un rythme soutenu depuis les dernières années.

L'objectif de ce chapitre est de donner une présentation générale sur le projet de Cosider granite (son localisation, objectif, ...). Nous allons aussi parler sur quelque statistique sur la consommation et l'utilisation du granite en Algérie.

2. Le marché des granites [1]

2.1 Domaine d'utilisation

Le granite est utilisé dans les bâtiments, les ponts, le pavage, les monuments et de nombreux autres projets extérieurs.

À l'intérieur, des dalles et des carreaux de granite poli sont utilisés dans les comptoirs, les plans de travail, les planchers de tuiles, les marches et les contremarches d'escalier, et de nombreux autres éléments de conception.

Le granit est un matériau de prestige, utilisé dans les projets pour produire des impressions d'élégance et de qualité.

Une enquête interne a été faite par l'équipe du projet qui a conclu que les proportions d'utilisation du granite sont comme suit :

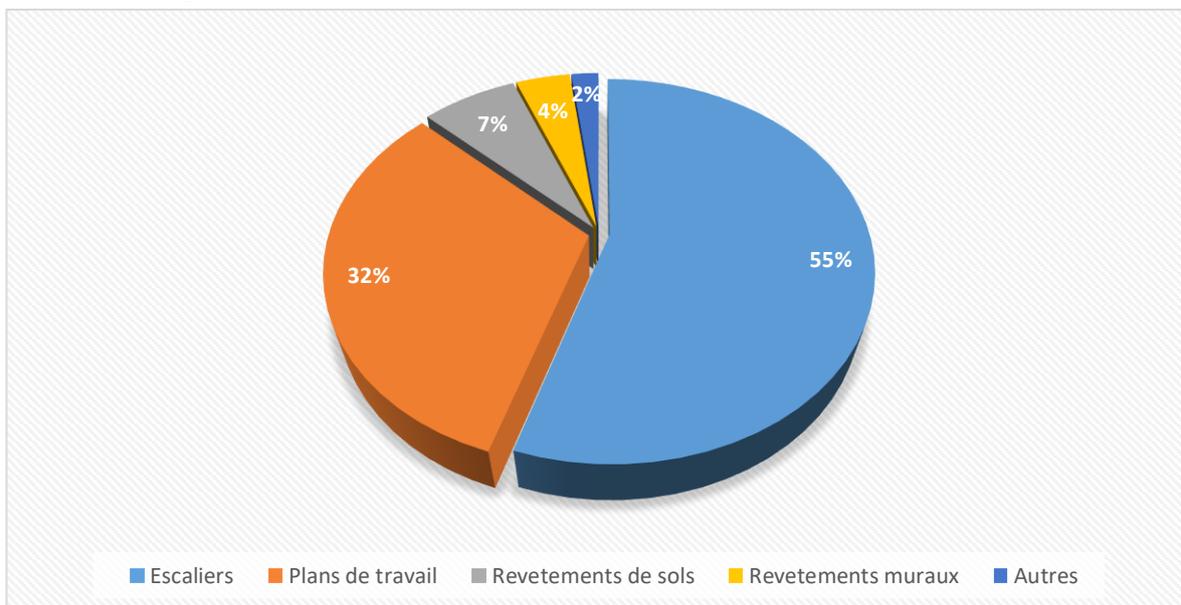


Figure 1 Utilisation du Granite en Algérie

Le pourcentage d'utilisation du granite et produits comparables se présente comme suit :

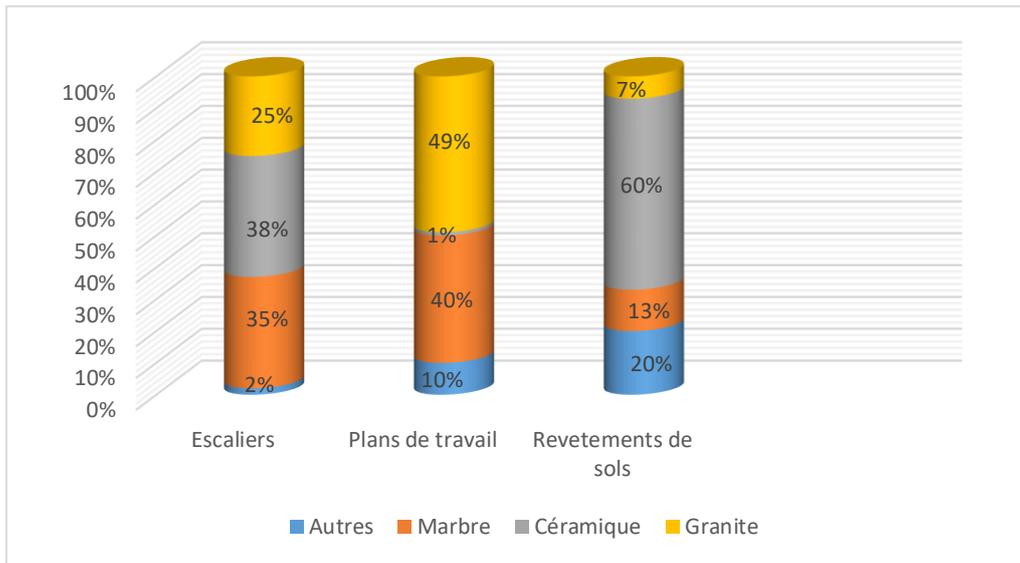


Figure 2 Utilisation du granite et produits comparables en Algérie

2.2 Besoin du marché

Le marché du granite a connu une grande évolution passant de 35 478 m² en 2014 à 808 293 m² en 2018, soit un taux dépassant 2000 %.

Entre 2018 et 2019, le marché a subi une baisse de consommation de 5 %, dû à la conjoncture qu'a connue le pays.

Le pic des importations a été atteint en 2018 avec une facture d'importation de 5 720 758 KDA.

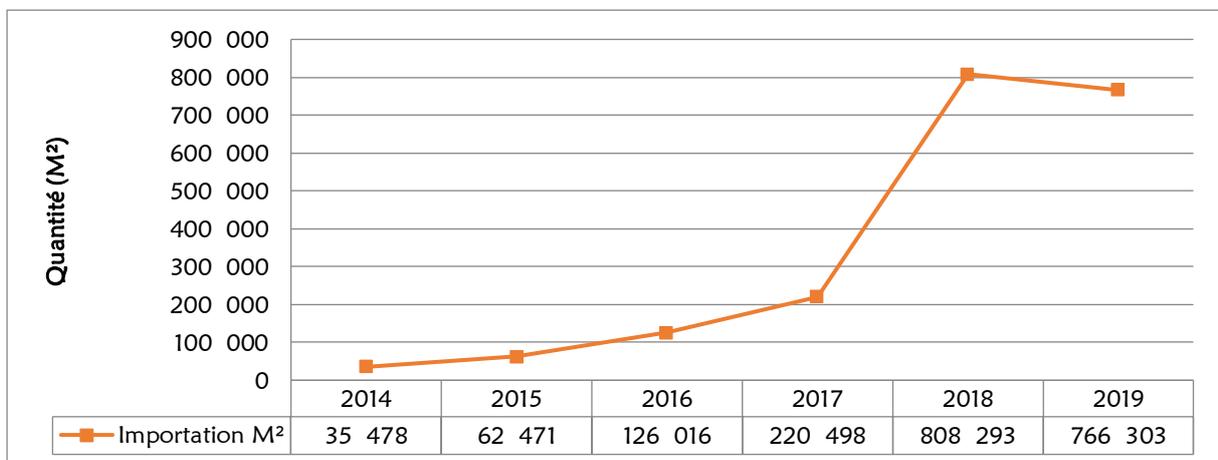


Figure 3 Importation de granite en m² (Source : Statistiques des Douanes)

❖ Le prix moyen du mètre carré des importations de l'Algérie en Granite (DZD)

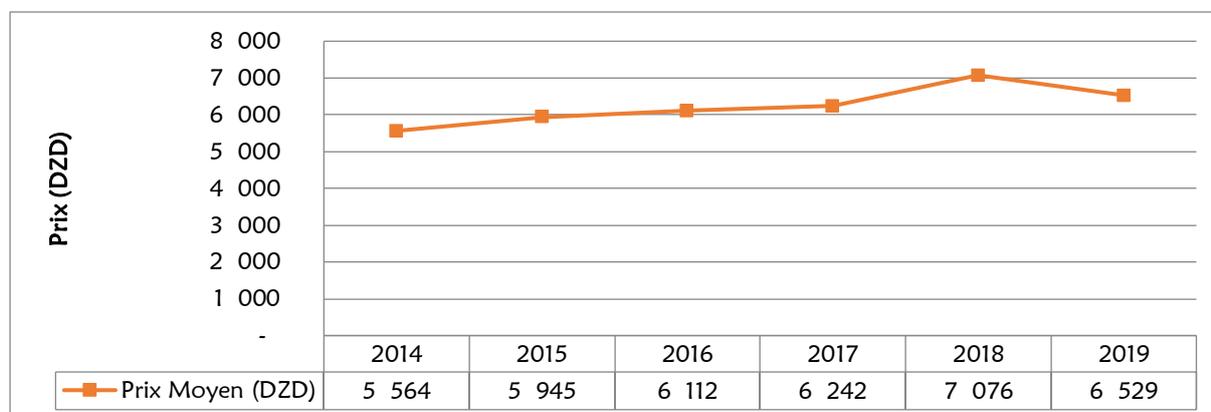


Figure 4 Variation du prix moyen d'1m² de granite

Les gammes de produits mises en vente sur le marché sont de différentes couleurs à savoir ; rose, verte, grise gris-rosâtre et noire.

Elles se commercialisent également sous les formes suivantes :

- Les blocs Bruts retaillés ;
- Les dalles semi finies de différentes épaisseurs ;
- Les dalles finies (épaisseurs 2cm et 3 cm selon la commande) ;
- Les produits finis (marche et contre marche, carreaux...).

3. Présentation du projet

Le présent projet consiste à extraire le granite à travers l'exploitation d'un gisement et la construction d'une usine pour le traitement et la finition du granite. Ce projet s'insère dans un véritable souci de développement de secteur des pierres ornementales du granite en Algérie.

4. Localisation [2]

Le périmètre d'étude est situé à 235 Km au Nord-Ouest de la Wilaya de Tamanrasset, et à 6 Km au Sud-Ouest de la Route nationale 01 (RN°01). Sa superficie totale égale à 153 Ha.

L'usine de transformation se localise à 7.8 Km du gisement.

Tableau 1 : Coordonnées du site UTM Nord Sahara (zone 31)

POINTS	X	Y
1	658100	2733100
2	659800	2733100
3	659800	2732200
4	658100	2732200

Tableau 2 : Coordonnées du périmètre de la base de la vie et de l'usine (UTM Nord Sahara « zone 31 »)

Points	X	Y
1	667461.000	2736241.000
2	667136.997	2736006.432
3	666843.787	2736411.435
4	667167.789	2736646.003

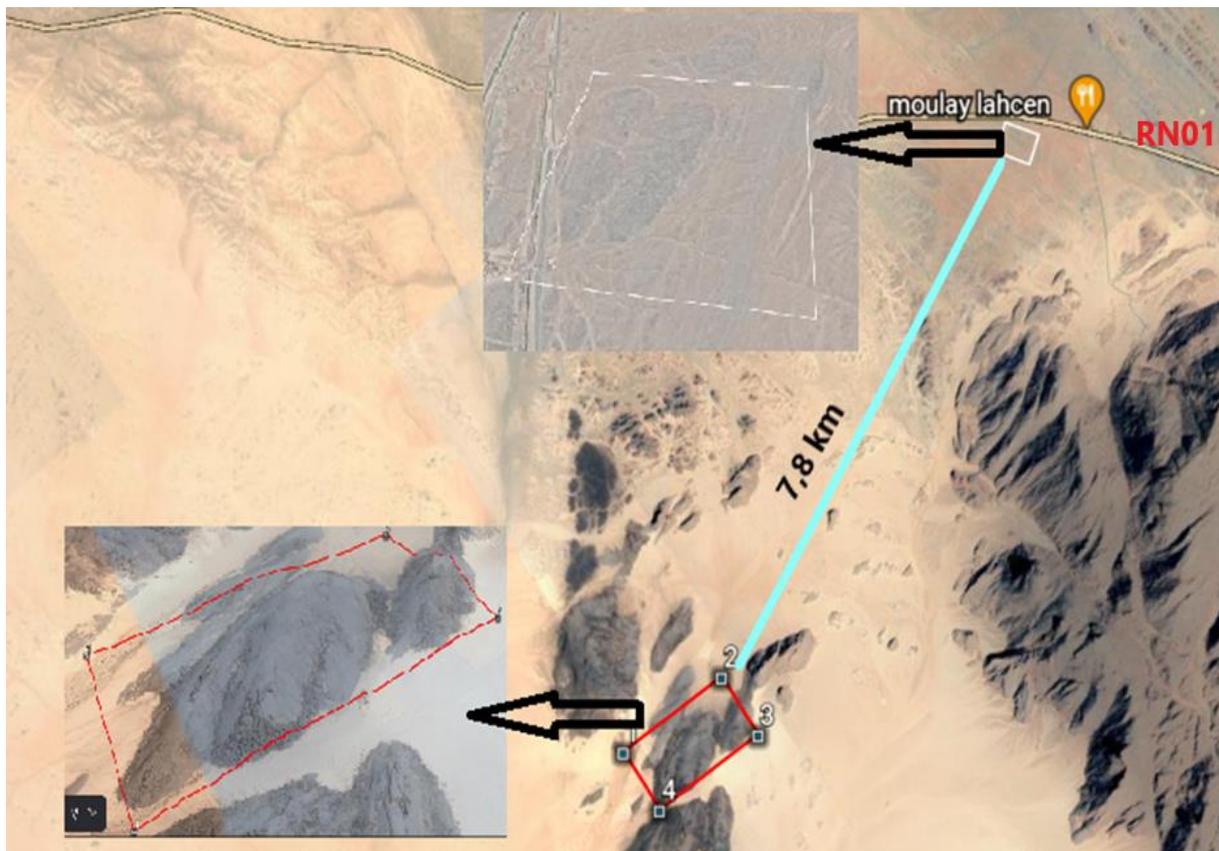


Figure 5 Situation géographique du gisement et de l'usine dans l'image satellitaire Google Earth.

5. Objectif du projet

Le but de ce projet est l'ouverture d'une carrière de granite et mettre en place une unité de fabrication des dalles de cette matière. L'objectif à terme est de remplacer les importations de granite par la production locale.

L'objectif du projet est de produire **500 000 m²** par an.

- **Calcul de la production au niveau de la carrière**

Pour une épaisseur des plaques de **3 cm**.

Le taux théorique des pertes est de **30%**.

La dimension des blocs retaillés est de 3.2m*2.2m*2m ce qui donne un volume de 14.08 m³.

Pour 1m³ on peut réaliser au maximum 33 plaques de 3 cm d'épaisseur, avec la prise en considération du taux de pertes on prend **23 plaques**.

- **Calcul du volume à extraire par an**

500 000 m² / 23 = 21 700 m³ en tenant compte les 30% des pertes on doit extraire.

V= 30 000 m³

- **Calcul du volume à extraire par jour**

$$V_j = \frac{V_a}{N_j}$$

V_a : Volume annuel issue de la carrière.

N_j : Nombre des jours ouvrables par an. N_j= 312 j

Donc : V_j= 96.15 m³

- **Calcul du nombre de bloc par an**

$$N_{ba} = \frac{V_a}{V(\text{bloc})}$$

V_a : Volume annuel issue de la carrière.

V (bloc) : Volume d'un bloc.

30 000 m³ / 12m³ = 2500 blocs

- **Calcul du nombre de bloc par jour**

$$N_{bj} = \frac{V_j}{V(\text{bloc})}$$

V_j : Volume journalier issue de la carrière.

V (bloc) : Volume d'un bloc. N_{bj}= 8 blocs

N_{bj}= 8 blocs

6. Organisation et fonctionnement de l'entreprise

6.1 Régime de fonctionnement :

La carrière et l'usine de transformation fonctionnent selon le régime suivant :

Tableau 3 : Régime de fonctionnement de la carrière et de l'usine

Données	Extraction des blocs	Traitement des blocs
Jours ouvrables /an	312	312
Nombre d'équipe	01	03
Heures de travail par équipe	10	08

6.2 Moyens humains et matériels [1]

6.1.1 Humains

L'effectif global de l'unité est de 200 agents répartis comme suit :

Tableau 4 : Moyens humains

Administration	Carrière	Usine de transformation
01 Directeur	03 Responsables d'exploitation	01 Responsable de production
01 Responsable RH	03 Ingénieurs des mines	03 Ingénieurs électrotechnique
01 Responsable Finances et comptabilité	03 Ingénieurs géologues	03 Ingénieurs électromécanique
01 Responsable commercial	03 gestionnaires des stocks	03 gestionnaires des stocks
01 Responsable Matériels	03 Mécaniciens	03 Mécaniciens
01 Chargé des moyens généraux	03 Acheteurs démarcheurs	03 Acheteurs démarcheurs
01 Agent comptable	03 Agents d'entretien	03 Agents d'entretien
01 Agent Commerciale	03 Soudeurs	03 Soudeurs
01 Magasinier	06 Chefs d'équipes	08 Chefs d'équipes
01 Secrétaire de bureau	06 Foreurs	36 Opérateurs
03 Chauffeurs léger	10 Conducteurs d'engins	12 Conducteurs d'engins
02 Femmes de ménage	20 Manœuvres	28 Manœuvres
	06 Chauffeurs léger	06 Chauffeurs léger
		01 Chef de parc

6.1.2 Moyen matériel

Tableau 5 : Moyens matériel

	Matériel	Quantité
<i>Usine</i>	Système de recyclage d'eau	1
	Système de refroidissement eau	1
	Groupe électrogène 500 KVA	10
	Pont roulant	1
	VTT	5
<i>Moyens logistiques</i>	Voiture ambulance	1
	Mini bus	2
	Clark 12 tonnes	2
	Clark 05 tonnes	2
	Chargeur à fourches 50 Tonnes	2
<i>Moyens matériels de transformation</i>	Unité de découpage en 30 disques	5
	Unité de découpage à fils diamantés	1
	Unité de polissage de 26 têtes	2
	Unité de polissage à grand tête	1
	Machine à souder segments disque	4

➤ **Extraction des blocs**

Tableau 6 : Matériel d'extraction

Désignation	Qté	Désignation	Qté
Création des pistes d'accès		Une pelle excavatrice de 50T	4
Machine à fil diamanté type pont	12	Camion avec citerne à eau 18 000 l	3
Machine à fil diamanté type rail	3	Citerne d'eau fixe 50.000 L	3
Chariot de foration hydraulique	4	Camion-citerne à gasoil 18 000 l	2
Chariot de foration mécanique	3	Citerne à gasoil fixe 50.000 L	3
Scie pour la taille des blocs	30	VTT 4x4	5
Camion Porte char 80T	6	Mini bus	3
Chargeur à fourche 50 T	3	Camion station de graissage	2
Groupe électrogène 500 kva	5		

6.2 Capacité de production

L'extraction d'un volume de 30 000m³/an de blocs est nécessaire pour assurer la production de 500 000 m²/an au niveau de l'usine de transformation.

Tableau 7 : Capacité de production

Production	Carrière (m ³)	Usine (m ²)
Production annuelle	30 000	500 000
Production mensuelle	2500	41 666.66
Production journalière	96.15	1 602.56

6.3 Analyse SWOT du projet

L'analyse SWOT est un outil de stratégie permettant de déterminer les options envisageables au niveau d'un projet : pertinence et cohérence en prenant en compte tous les facteurs (interne et externe).

C'est un acronyme issu de l'anglais : Strengths (forces), Weaknesses (faiblesses), Opportunities (opportunités), Threats (menaces).

<p>Forces</p> <p>Une marque compétitive à l'échelle nationale. Employés hautement qualifiés. Réserve exploitable importante. Portefeuille gisement permet de produire une gamme de produits variés.</p>	<p>Faiblesses</p> <p>Absence d'expérience dans le domaine d'exploitation de Granite. Eloignement des sites d'exploitation par rapport au marché. Moyens de financement non disponible en interne. Le circuit de vente n'est pas connu.</p>
<p>Opportunités</p> <p>Cosider Carrières de par son appartenance au Groupe Cosider bénéficie d'un traitement préférentiel que ce soit à l'interne ou à l'externe. Le granite en produit fini est frappé par la restriction d'importation. Le marché du granite est en pleine croissance. Avantages fiscaux et parafiscaux. Les marges bénéficiaires sont importantes. La situation géographique des gites est de nature à pénétrer le marché africain.</p>	<p>Menaces</p> <p>Contraintes liées au changement législatif. Difficultés liées aux conditions économiques. Une stratégie offensive concurrentielle.</p>

Chapitre II

Géologie du gisement

II. Géologie du gisement

1. Introduction

Ce chapitre vise à donner les caractéristiques géologiques, les propriétés chimiques et physicomécaniques du gisement de granite Tesnou01 à partir des échantillons prélevés du site.

2. Cadre géologique régional [2]

Le massif du Hoggar est subdivisé par les failles 4°50 et 8°30 en trois blocs : **Occidental, Central et Oriental.**

2.1 Le Hoggar Occidental

Il est subdivisé en deux rameaux par le môle In Ouzzal. Il est représenté par un compartiment rigide de 400 Km de long et de 10 à 80 km de large. Le môle In Ouzzal est constitué par les ensembles archéens suivants :

- L'ensemble des formations supracrustales avec des granulites alumino-magnésiennes, les cipolins à olivine, les quartzites, les quartzites à magnétite et les leptynites.
- Les formations orthodérivées subdivisées en granites anté-plissement, avec des granulites basiques et des granites syn à post-plissement.

Le môle In Ouzzal est drainé par plusieurs oueds dont les plus importants sont les oueds de Tirhart, Regla et Takhamalt au Nord et In Allarene, Amded, Tekouyet, Tamanrasset et In Ouzzal au Sud.

2.2 Le Hoggar Central

Dans le Hoggar central, trois séries ont été définies parmi les associations lithologiques de haut degré de métamorphisme : La série de l'Arechchoum et celle de l'Aleksod:

- **La série de l'Arechchoum** comprend essentiellement des gneiss quartzo-feldspathiques et quelques formations métasédimentaires. Elle montre les formations suivantes :

- 1/ gneiss, granodiorites, tonalites et rares lentilles d'amphibolites.
- 2/ marbres, pyroxénites, quartzites et gneiss plagioclasiques,
- 3/ gneiss ocellés souvent amygdalaires.

- **La série de l'Aleksod** comprend essentiellement des métasédiments. Elle montre (de bas en haut) des amphibolites massives, des gneiss parfois veinés plagioclasiques. Localement cette formation débute par des quartzites à muscovite.

- **La série d'Arefessaest** volcazo-sédimentaire caractérisée par des schistes épi-métamorphiques. Les granites se sont mis en place au cours du cycle orogénique pharusien (ou panafricain) qui affecte intensément le Hoggar central. Il est caractérisé par les granites taourirts.

2.3 Le Hoggar Oriental

Ce domaine se caractérise par deux ensembles structuraux : la chaîne linéaire de Tiririne et le bloc Tafassasset-Djanet.

- La première s'est développée sur un socle panafricain précoce, le long de l'accident majeur du 8°30'. Elle est constituée de dépôts détritiques épais de plus de 6000m. La

sédimentation combine des caractères molassiques (arkoses et conglomérats) et des caractères plus nettement orogéniques (faciès flychoïdes).

- Le bloc Tafassasset-Djanet est caractérisé par des séries volcano-sédimentaires intrudées par des batholites de granites calco-alcalins syn à tardi-tectonique panafricaine. Ces granites sont en intrusion dans une séquence métasédimentaire de faible métamorphisme et d'âge encore inconnu.

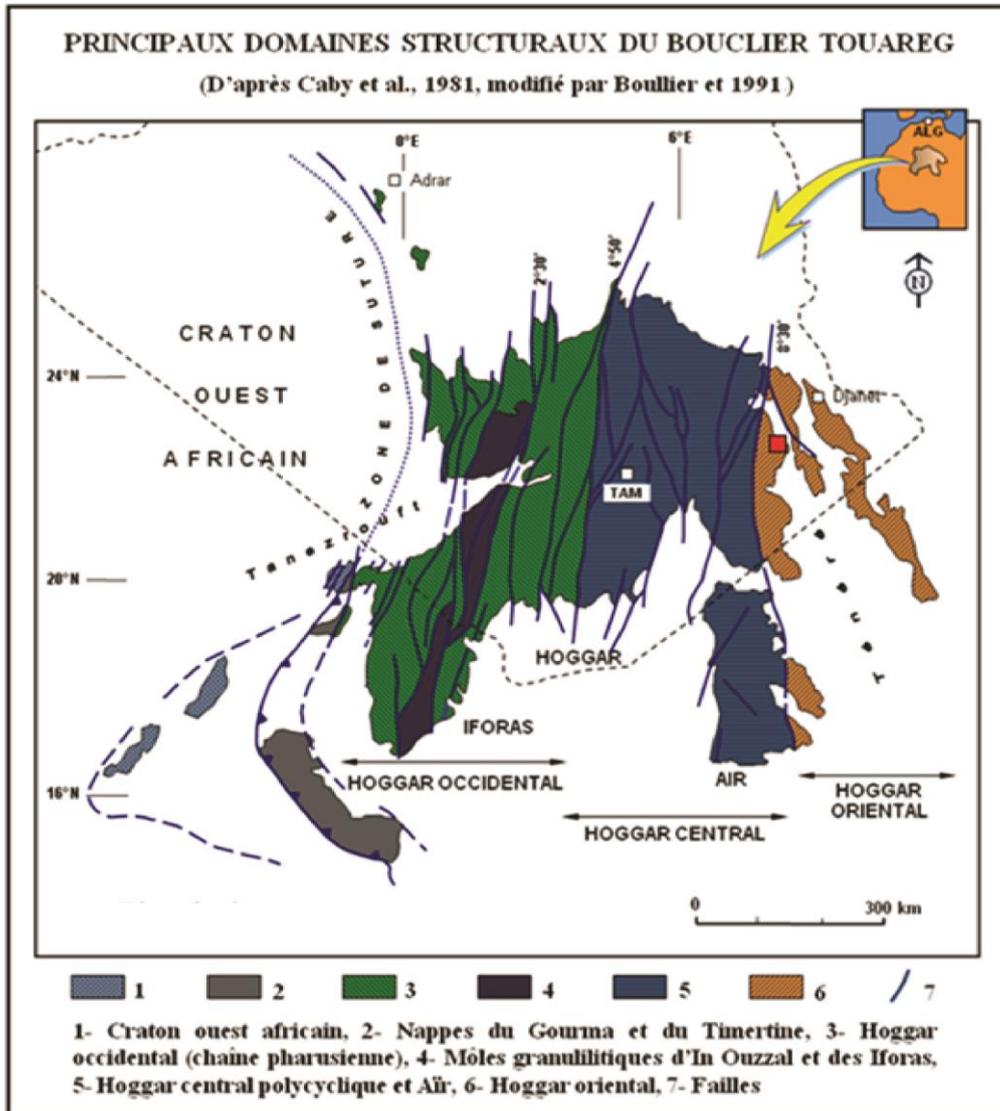


Figure 6 Carte des principaux domaines structuraux du bouclier touareg

3. Cadre géologique local " RÉGION DE TESNOU"[2]

Le secteur d'étude est situé dans la feuille de Tesnou à l'échelle 1/200 000 dans la partie orientale du Hoggar occidental, au Nord de la feuille de Tin Felki.

➤ Stratigraphie

❖ Série volcano-sédimentaire

Elle affleure sous forme de lambeaux pseudo linéaires, limitée à l'Est par le linéament 4°50' et à l'Ouest par celui du 4°30' à l'Ouest. Elle est composée essentiellement de métasédiments métapélites, métagrés, métaquartzites, marbres, métagravellites,

microconglomérats intraformationnels et brèches ayant subi un métamorphisme de bas degré : type faciès schistes vert.

1) **Protérozoïque Inferieur (PR1)** : se forme à la basse par des assises essentiellement d'Amphibole et des Gneiss, ces derniers sont composés par des Gneiss à Biotite, à Biotite-amphibole, Plagiogneiss et des Amphibolites et la partie supérieure de cet étage formé essentiellement par des gneiss, des marbres et des amphibolites.

2) **Protérozoïque supérieur (PR3)**

Le protérozoïque supérieur est représenté dans la région par un complexe magmatique type Taourirt, Ces derniers sont remarquables par leurs structures et par leur localisation qui semble être contrôlée par la mise en place du grand accident décrochant subméridien 4°50' (Blinikov *et al.* 1991). Ce Protérozoïque Supérieur est formé essentiellement par la série volcano-sédimentaire.

Ce dernier est composé par 3 associations lithologiquement différentes.

- 1- **La partie basale** : est une assise volcano-sédimentaire formé par des marbres, calcaire marmorisé parfois dolomitique, avec souvent de passage de faciès métamorphisé tel que les méta-grès, méta-pélites et les méta-basaltes.
- 2- **La partie médiane** : de nature terrigène formée par des méta-grès tuffacés, de schistes carbonés et de lentilles de conglomérats.
- 3- **La partie supérieure** : est typiquement volcanogène, se compose par des Rhyolites, Dacites et des Andésites.

En effet, à la fin du Protérozoïque Supérieur, une série terminale qui marque la fin de cet étage dite : Série Terrigène essentiellement conglomératique parfois tuffacés et polygénique et aussi une forme de grès tuffacés (pseudo-mollasse).

3) **Ordovicien**

Il est composé de trois séries qui sont :

- **Série des Ajjer**, d'Age ordovicien inferieur caractérisé par des grès quartzeux, conglomérats et des graviers consolidés.
- **Série d'In tahouite**, d'Age Ordovicien moyen c'est un complexe de grès quartzeux feldspatée .
- **Série de Tamdjert** d'Age Ordovicien spérieure se compose par des grès quartzeux hétérogrenues et graneleux, et intercalations de conglomérats.

4) **Silurien**

Est moins spectaculaire que l'ordovicien tant de qu'ils apparaissent dans la zone Est de Tesnou comme des grès argileux ou parfois marne et calcaire argileux.

5) **Dévonien**

Il est bien développé dans la région et donne les affleurements grés-argilitique alourelits.

6) **Quaternaire**

Ce sont des dépôts alluvionnaires, limons, arènes et galets.

➤ Tectonique

La tectonique ayant affecté la région de Tesnou est caractérisée par deux phases majeures (Blinikov et al. 1991) :

- 1- Une tectonique ductile correspondant à un épisode compressif affectant toutes les formations du Hoggar, il en résulte :
 - Une mise en place des plis isoclinaux droits à déversés à axes subhorizontaux,
 - Une mise en place des intrusions granitiques près à syntectonique (Afedaféda - Tintekadiouite Taklet) contrôlé par les décrochements dextres N30° (NNW SSE).
- 2- Un métamorphisme de contact à grenat-disthène-sillimanite.

Une déformation ultime qui correspond à un coulissement, le long des couloirs mylonitiques subméridiens. Elle est accompagnée par la mise en place (Blinikov *et al.* 1991) :

- Des plis droits très serrés Nord-Sud.
- La mise en place des décrochements dextres (NNE-SSW).
- Le rejeu tardif des accidents subméridiens accompagnés par la mise en place des plis d'entraînement à axes sub verticaux.
- Mise en place des granites tardi à post orogéniques de type "Taourirt".

La tectonique post panafricaine est caractérisée par des accidents NE-SW et EW recouper nettement tous les accidents et structures panafricaines.

4. Travaux réalisés sur le site de Tesnou1 [2]

4.1 Travaux géologiques

▪ Levé géologique au 1/5000

Ces travaux ont été réalisés essentiellement dans la partie centrale du secteur d'étude où affleurent les granites de couleur grise légèrement rosâtre et gris rosâtre, avec phénocristaux de quartz, orthose et microcline, ainsi que de la biotite, durs, compacts et massifs, non altérés, présentant de rares fissures. Un volume de **153** ha a été réalisé.

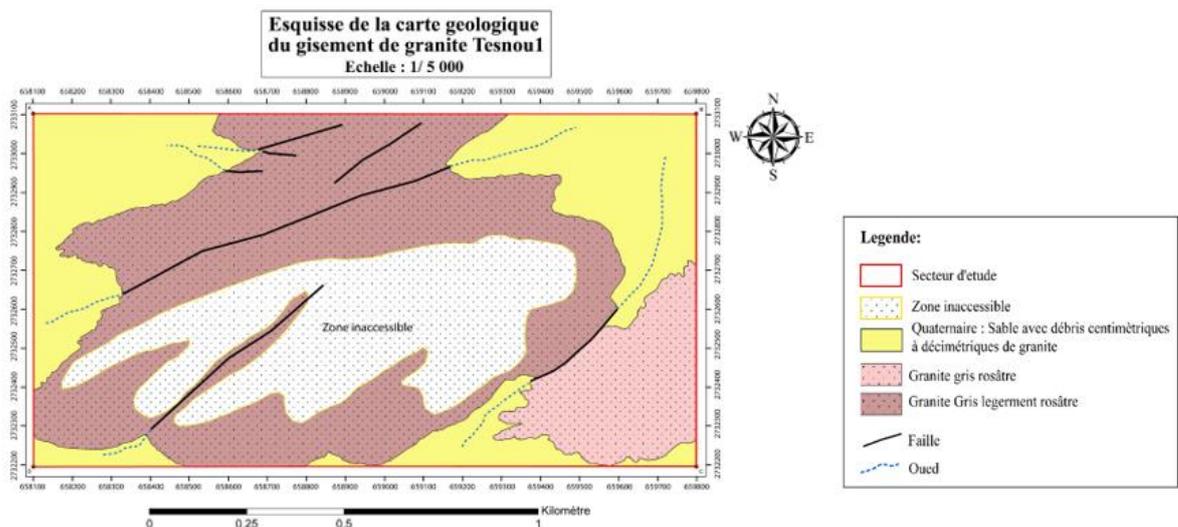


Figure 7 : levé géologique du gisement de granite Tesnou 1

4.2 Echantillonnage

i) Echantillonnage de saignée de surface

Ces échantillons ont été prélevés suivant les lignes de coupe, sur une longueur de 10 m chacun. Un volume de **10** échantillons a été réalisé.

ii) Échantillonnage de monolithes

Ces échantillons ont été prélevés lors de la réalisation des itinéraires pour le levé géologique pour déterminer les caractéristiques chimiques des granites, et les propriétés physico-mécaniques.

iii) Échantillonnage de carotte

15 échantillons ont été prélevés sur les carottes des premiers sondages réalisés, pour déterminer les caractéristiques chimiques des granites et les propriétés physico-mécaniques.



Figure 8 échantillons des saignées de surface et des monolithes

4.3 Travaux de laboratoire

Les travaux réalisés sur les échantillons sont :

- Analyse chimique des éléments majeurs (11 éléments) sur les 10 saignées de surface et les 09 échantillons de carotte (total **19**). SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , P_2O_5 et Cr_2O_3 .
- Essais physico-mécaniques sur **06** échantillons de carotte (02 échantillons de chaque sondage), ont consisté en la résistance à la compression, la porosité, essais de polissage et essais au bleu de méthylène.

Résultats obtenus

i. Saignées de surface

Tableau 8 : Résultats de l'analyse des éléments majeurs des saignées

N°	Ech	« Analyse par Absorption Atomique »											Analyse gravimétrique Teneur en %
		Teneurs en %											
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	Cr ₂ O ₃	PAF
01	SS-01	70.71	10.48	2.79	1,44	0,32	4.08	0.31	<0,05	<0,05	0,19	<0,05	0.39
02	SS-02	71.82	10.42	2.15	1,69	0,29	4.01	0.23	<0,05	<0,05	0,18	<0,05	0.40
03	SS-03	70.60	10.94	2.79	2,29	0,39	4.35	0.32	0.07	<0,05	0,25	<0,05	0.73
04	SS-04	72.97	10.34	2.13	1,26	0,29	4.03	0.28	<0,05	<0,05	0,21	<0,05	0.36
05	SS-05	71.75	10.98	2.43	1,39	0,29	4.31	0.29	<0,05	<0,05	0,35	<0,05	0.63
06	SS-06	71.24	11.36	2.67	1,51	0,15	4.37	0.28	<0,05	<0,05	0,22	<0,05	0.57
07	SS-07	72.58	11.27	2.74	1,29	0,32	4.12	0.29	0.05	0.05	0,26	<0,05	0.43
08	SS-08	72.92	10.21	2.31	1,46	0,27	3.60	0.25	<0,05	<0,05	0,18	<0,05	0.82
09	SS-09	72.30	10.86	2.53	1,48	0,27	4.06	0.22	<0,05	<0,05	0,17	<0,05	0.58
10	SS-10	71.65	10.53	2.65	2,60	0,30	3.86	0.27	<0,05	<0,05	0,23	<0,05	1.00

Tableau 9 intervalle de variation en éléments majeurs

Teneur	Min	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	Cr ₂ O ₃	PAF
		70.60	10.21	2.13	1.26	0.15	3.60	0.22	<0,05	<0,05	0.17	<0,05	0.36
Teneur	Max	72.92	11.36	2.79	2.60	0.32	4.37	0.32	0.07	0.05	0.35	<0,05	1.00
Teneur	Moy	71.85	10.74	2.52	1.64	0.29	4.07	0.27	0.05	<0,05	0.22	<0,05	0.59

Interprétation des résultats : d'après la composition chimique, les granites de Tesnou1 sont très saturés en SiO₂, **71.85%** comme teneur moyenne en surface, et en profondeur la teneur moyenne en est de **77.80%** et présentent des teneurs relativement faibles en oxydes de (Fe, Mn, Mg et Ca) de près de **4.01%**, pour les échantillons de carotte prélevés des sondages qui y ont été réalisés.

ii. Essais physico-mécaniques

Norme française BN-63/9015-01 pour le granite utilisé dans le domaine de la pierre décorative.

Tableau 10 normes BN-63/9015-01

Résistance à la comprissions (Kgf/cm ²)	Abrasion sur disque Bohème (cm)	Absorption d'eau (%)
>600	<0.75	05

Résistance à la compression

Tableau 11 : Résultats de la résistance à la compression des échantillons de carotte.

N°	N° Monolithe	Valeur moyenne de la résistance à la compression x (kgf/cm ²)	Observation
01	Ech-01	873.56	Conforme
02	Ech-02	951.73	Conforme
03	Ech-03	978.92	Conforme
04	Ech-04	921.14	Conforme
05	Ech-05	819.17	Conforme
06	Ech-06	972.12	Conforme

Interprétation des résultats : Les résultats des essais de résistance à la compression, réalisés sur les échantillons de carotte prélevés des sondages ST1/4, ST1/5 et ST1/6, ont donnés des valeurs supérieures à 600 kgf/cm² et qui varient de **819.17 kgf/cm²** à **978.92 kgf/cm²**. Tous les échantillons de carotte sont conformes à la norme Française (BN-63/9015-01), les granites de Tesnou1 peuvent donc être utilisés dans le domaine de la pierre décorative.

iii. Porosité et bleu de méthylène

Tableau 12 : Résultats de porosité et bleu de méthylène (MB) des échantillons de carotte.

Ordre	Echantillon	Lieu de prélèvement	Porosité (%)	valeur de bleu(MB)
01	EC-1	ST1/4	1.13	0.03
02	EC-2		0.39	0.04
03	EC-3	ST1/5	0.39	0.03
04	EC-4		0.38	0.03
05	EC-5	ST1/6	0.38	0.03
06	EC-6		0.38	0.03
Min			0.38	0.03
Max			1.13	0.04
Moy			0.50	0.03

Interprétation des résultats

Porosité

La valeur de la porosité des échantillons de carotte des sondages ST1/4, ST1/5 et ST1/6 des granites de Tesnou1 varie de **0.38% à 1.13%**.

Un seul échantillon de carotte l'EC-1, prélevé du sondage ST1/4, a donné une valeur de la porosité de **1.13%**, supérieure à 1% (norme Française, INSA Toulouse).

Les valeurs de la porosité de la masse générale des échantillons de granite de Tesnou1, témoignent de leurs structures assez compactes et homogènes.

Essais d'adsorption au bleu de méthylène (propreté)

Pour caractériser la propreté ou au contraire la pollution des sables issus des granites par des fines actives (se comportant comme des colloïdes), l'essai d'adsorption au bleu de méthylène (MB) a été réalisé. Une seule catégorie de sable issu des granites de Tesnou1, peut être distinguée : Les sables propres ou à fines non actives, avec MB < 0.1g de bleu pour 100g de sable. La valeur de l'adsorption au bleu de méthylène (MB) des sables issus des échantillons

de carotte prélevés des sondages ST1/4, ST1/5 et ST1/6, réalisés sur les granites de Tesnou1, varie de **0.03 à 0.04** et de **0.2 à 0.4** pour les monolithes, et ce sont donc des sables propres non pollués.

iv. Essai de polissage



Figure 10 Plaque polie de l'échantillon n°01



Figure 9 Plaque polie de l'échantillon n°02

Les plaques polies des échantillons de carotte prélevés des sondages, réalisés sur le site de granite de Tesnou1 présentent un très bon polissage avec de très belles couleurs.

4.4 Composition pétrographique

Macroscopiquement les granites de Tesnou 01 sont de couleur gris rosâtre à gris légèrement rosâtre, ils sont composés essentiellement de quartz, orthose, microcline et biotite avec parfois de rares petites traces d'hydroxydes de fer. Ils sont de texture massive et de structure moyennement à grossièrement grenue.

Le quartz occupe 40 à 46% du volume total de la roche, il se présente en cristaux de forme xénomorphe (très craquelés), la taille des grains équi-granulaires dépasse 03mm.

L'orthose représente 20 à 25% du volume total de la roche. Elle est observée sous forme de grandes plages avec une dimension atteignant les 05mm.

Les plagioclases composent 15 à 20% de la roche et se présentent en sections lamellaires, sous forme de cristaux rectangulaires de grandes tailles (pouvant atteindre 05mm).

La biotite représente 5 à 10% du volume total de la roche et se présente sous forme de lamelles de dimension comprise entre 0.1 et 0.5mm.

La tourmaline compose 2 à 3% du volume total de la roche et se présente en petites lamelles de 0.1 à 0.2mm de taille, associée à de la biotite.

Les hydroxydes de fer composent 1 à 2% du volume de la roche et se présentent sous la forme d'un enduit qui donne une légère pigmentation jaunâtre à rougeâtre à la roche.

5 Estimation des réserves géologique

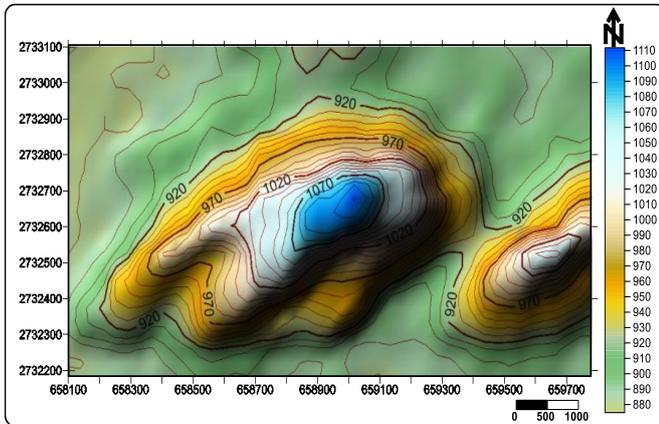


Figure 12 Carte des iso altitudes du secteur d'exploration.

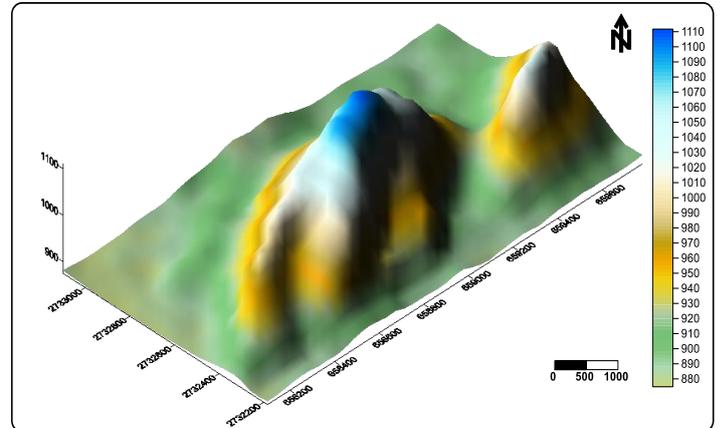


Figure 11 Secteur d'exploration en 3D

- D'après les données des deux limites inférieure et supérieure on calcule le volume :

X Minimum: 658100
 X Maximum: 659781.61462227
 X Spacing: 38.218514142587

Y Minimum : 2732182.7556606
 Y Maximum : 2733100
 Y Spacing : 38.218514142597

Z Minimum : 874.78
 Z Maximum : **1111.72**

Surface de base

Level Surface defined by **Z = 834.78**

Total Volumes by:

Trapez-oidal Rule: 154 978 933

Simpson's Rule: 155 001 893

Simpson's 3/8 Rule: 154 983 448

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 154978716

Negative Volume [Fill]: 0

Net Volume [Cut-Fill]: 154978716

Donc **V = 154 978 716.96 m³**

CONCLUSION

Les résultats des différents travaux et essais réalisés sur le gisement ont permis de

- Mettre en évidence deux variétés de granites. La première, est représentée par des granites de couleur grise légèrement rosâtre et la deuxième est caractérisée par des granites gris-rosâtres.
- Les deux variétés sont dures, compacts et massifs et présentent des phénocristaux de quartz et d'orthose, avec une structure moyennement à grossièrement grenue.
- Le résultat donné par la carotte des sondages réalisés sur le site, montre que les granites recoupés en profondeur ne sont pas altérés et ne présentent pratiquement pas de fissures.
- Les essais physico mécaniques montrent que ces granites présentent une grande résistance à la compression, qui dépasse les normes Françaises, une porosité très faible, un très bon polissage avec de belles couleurs et les sables issus des échantillons de carotte des sondages sont propres non pollués.

D'après ces caractéristiques et les réserves calculés, les granites de Tesnou1 sont aptes à être utilisés comme pierres décoratives.

Chapitre III

Méthodologie d'extraction et de découpage des blocs granitiques.

III. Méthodologie d'extraction et de découpage des blocs granitiques.

1. Introduction

Les méthodes d'exploitation à ciel ouvert peuvent être définies comme étant l'ordre d'exécution dans le temps et dans l'espace d'un ensemble de travaux d'enlèvement des stériles et du minerai, établi pour des conditions déterminées. Cet ordre dépend de la variété du nombre de mécanisme, d'engins utilisés à cet effet et de l'organisation de ces derniers.

Dans ce chapitre, nous allons parler sur la méthode d'extraction et de traitement des blocs granitique jusqu'à la commercialisation.

2. Eléments de la méthode d'exploitation à ciel ouvert

L'extraction des pierres naturelles pour usage ornemental nécessite des techniques et des équipements spéciaux.

L'exploitation du granite se fait généralement à ciel ouvert en respectant les éléments fondamentaux suivants :

- **Gradins** : C'est un élément fondamental technologique de l'exploitation à ciel ouvert représentant une partie des morts terrains ou du gisement enlevée de manière autonome et qui est desservi par des moyens de transport qui lui sont propres.
 - **Toit du gradin** : c'est la surface horizontale limitant le gradin à sa partie supérieure où la machine à fil diamanté est placée pour le sciage transversal.
 - **Talus** : la surface latérale inclinée limitant le gradin du côté vide de l'exploitation
 - **Front d'attaque** : c'est l'emplacement où le chariot de forage et la machine à fil diamanté sont placés.
 - **Arrête supérieure** : c'est la ligne d'intersection entre le toit et le talus
 - **Arrête inférieure** : c'est la ligne d'intersection entre le mur et le talus
 - **Angle du gradin** : c'est l'angle formé entre le mur et le talus après le sciage des blocs qui un angle sub-verticale égale à 90°.
 - **Plateforme de travail** : La largeur de la plateforme de travail est habituellement de 10 m afin de faciliter les manœuvres du transport.
 - **Dimensions des blocs** : le gradin est divisé en blocs qui sont par la suite sciés par la machine à fil diamanté. Les dimensions des blocs sont en fonction de la production et les dimensions des plaques qu'on veut obtenir en tenant compte du taux de perte.
- Le schéma ci-après montre les éléments d'une carrière de granite à ciel ouvert avec les différentes opérations :

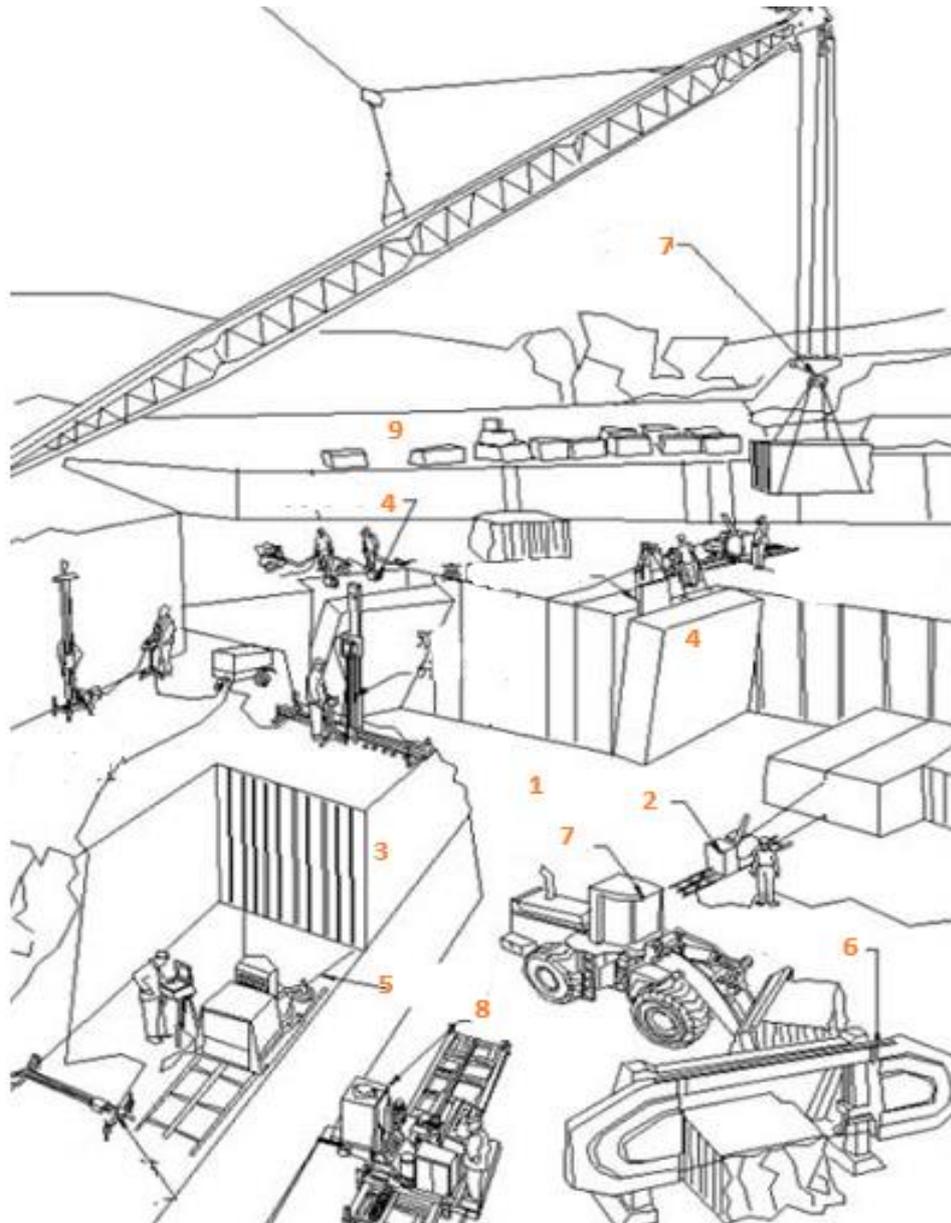


Figure 13 : schéma type des éléments d'une exploitation de granite à ciel ouvert.

1. Le carreau ou plateforme de travail
2. Machine à fil diamanté
3. Front d'attaque
4. Basculement des blocs
5. Découpage horizontal par fil diamanté
6. Retaille des blocs découpés
7. Déplacement des blocs vers l'aire de stockage
8. Découpage vertical par fil diamanté
9. Aire de stockage

3. Opérations d'extraction des blocs granitiques

L'exploitation du granite se fait généralement à ciel ouvert à l'aide de plusieurs équipements en suivant les étapes principales suivantes :

3.1 Ouverture et création des pistes

Cette étape est planifiée en tenant compte de la topographie du gisement, les dimensions techniques des engins de transport, la production et la durée de vie de la carrière ou mine à ciel ouvert.

La piste principale démarre de la station de traitement où le relief est pratiquement plat jusqu'au point supérieur au premier point à ouvrir si cette piste présente un virage, celui-ci va avoir un rayon de courbure supérieur au rayon de braquage du camion.

Au cours du projet d'ouverture de la piste d'accès, nous sommes exposés à plusieurs difficultés telles que les quantités de remblayage qui sont importantes et difficiles en raison de la nature de la roche (granite) et de sa dureté, ce qui inclut l'utilisation des méthodes coûteuses telles que les explosifs et les marteaux piqueurs.

Ainsi que la pente de gisement qui est grande (85%).

3.2 Découpage et sciage des blocs massifs

L'extraction des blocs granitiques ne doit pas faire intervenir de moyens drastiques car le matériau doit conserver son intégrité. L'abattage se fait par le sciage au fil diamant ou à la haveuse. Elle consiste à retirer la masse des blocs les plus réguliers et les plus grands possibles.

Dans le but d'extraire les blocs granitiques de gisement Tesnou1, on va utiliser la méthode de sciage au câble diamanté.

➤ Unité de sciage à fil diamanté [3]

L'installation d'une unité de 4 machines à fil diamanté type pont et 01 type rail dont la capacité est supérieure à 5 m²/jour pour chacune va permettre de dégager de grandes masses. La masse rocheuse est sciée par la rotation d'un câble en acier sur lequel sont enfilées des perles à concrétion diamantée. Ces perles sont séparées par des ressorts permettant une certaine souplesse et de faibles rayons de courbure (fig. 16). Ce câble entraîné par une scie montée sur rails permet, avec une puissance installée de 15 à 20 kW, une grande vitesse de travail (8 m² à l'heure en moyenne), la coupe se fait automatiquement par le recul de la scie qui analyse en permanence la tension du câble de coupe. La mise en œuvre de ce système dans la carrière est infiniment plus simple et rapide que d'autres méthodes, cet ensemble scie et rails étant très facilement déplaçable avec les moyens de manutention actuels.



Figure 14 Câble diamanté

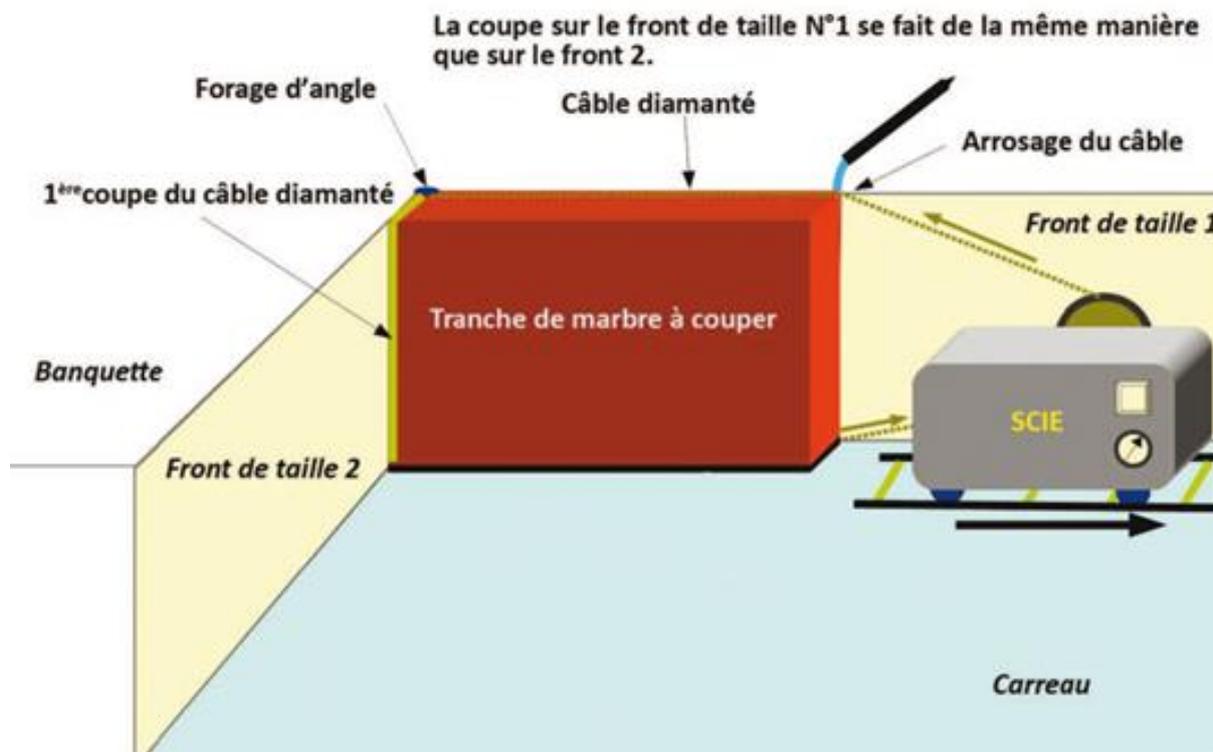


Figure 15 : Principe de découpe au fil diamanté, coupes verticales au fil

Mais avant tout, la masse doit être forée pour le passage du fil. Pour cela, on utilise un chariot de foration vertical afin d'effectuer un trou vertical et d'aplomb au-dessus de la masse.

L'opération suivante consiste à forer un second trou, horizontal cette fois, et venant à la rencontre du trou vertical. Pour garantir le résultat, des moyens de repère précis doivent être utilisés (tracé au niveau laser ou repérage au théodolite). Pour passer le câble de sciage, un carrier laisse descendre une corde par la foration verticale jusqu'au fond du trou tandis qu'un autre carrier engage une longue tige d'acier dans la foration horizontale. Elle est munie de son côté d'une manivelle et de l'autre d'un crochet. Lorsqu'il fait tourner la tige à l'aide de la manivelle la corde s'entortille autour du crochet et le carrier n'a plus qu'à extirper la tige d'acier pour attraper la corde. Le câble de sciage est ensuite attaché à cette corde pour être passé dans les forations. La machine à fil peut être installée. [4]

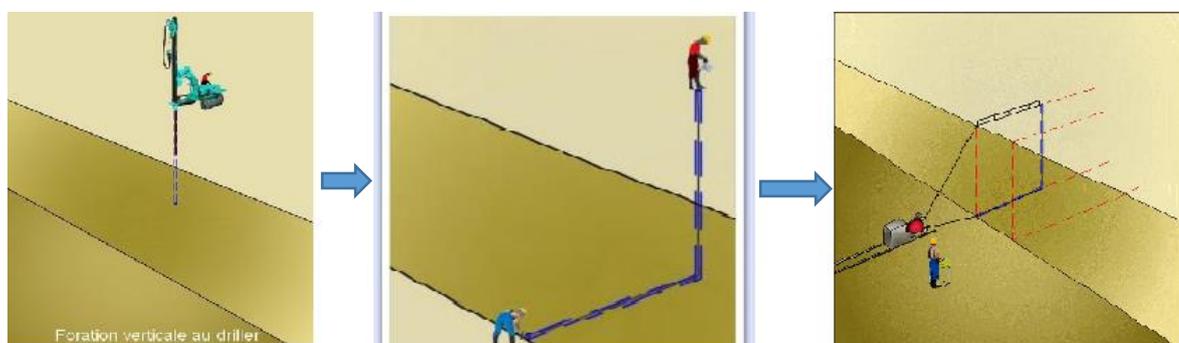


Figure 16 étapes de sciage des blocs granitiques.

3.3 Versement des masses [4]

Tout d'abord, les carriers amoncellent au pied de la masse à verser un "lit" constitué de déchets inertes de carrière. En s'écrasant au sol, la masse doit se fendre là où se trouvent les fissures naturelles existantes tout en préservant, autant que possible, les parties saines. Le tapis a donc pour but d'amortir les vibrations engendrées par le choc. Pour verser la masse, on utilise un ou plusieurs grands coussins en tissu polyester enduit de PVC et soudés. De faible épaisseur (~ 9mm), ils sont glissés dans le trait de sciage et maintenus au niveau voulu par les carriers. Un autre opérateur est chargé du gonflage des coussins. Il utilise pour cela un compresseur relié à des vannes de commande. L'opération est délicate et souvent longue car, pour atteindre le point de basculement de la masse, il est nécessaire de procéder par étapes progressives : Gonflage des coussins - Calage de la masse - Dégonflage des coussins - Descente des coussins - Gonflage des coussins - Calage de la masse – Dégonflage des coussins - Descente des coussins - Gonflage des coussins... , et ainsi de suite jusqu'au basculement tant attendu.



Figure 17 Les étapes de versement des blocs avec les coussins.

Les corps rocheux qui sont essentiellement compacts, homogènes et dont les joints sont largement espacés présentent des possibilités d'optimisation similaires. Cela ne se produit que lorsque quelques discontinuités telles que des veines de couleur distincte ou des structures irrégulières similaires sont présentes. Si ces éléments ne sont pas conformes à l'ornementation caractéristique de la roche, il peut en résulter une perte de matière importante, qui peut continuer jusqu'à la découpe du bloc brut.

3.4 Transformation en blocs marchands [4]

Les blocs massifs et sans forme sont dégagés à la chargeuse et transportés sur une aire sécurisée pour être transformés en blocs marchands. Le carrier souhaite tirer de ces éléments le meilleur parti. C'est à dire garder de grandes dimensions de blocs (3.2m*2.2m*2m), tout en écartant, autant que possible, les défauts présents (fils, crapauds, terrasses,). Son autre mission consiste à "équarrir" ces éléments sans forme car toutes les faces des blocs doivent être relativement planes et d'équerre.

L'équarrissage au fil diamanté : Il existe des machines à fil diamanté adaptées pour la préparation des blocs(les machine de retaille bloc). Installés en fixe sur une aire de sciage et alimentés en eau.

3.5 Déplacement et stockage des bloc retaillés

Après avoir subit l'opération d'équarrissage, les blocs sont transporter vers une aire de stockage par l'intermédiaire d'une chargeuse à fourche, une grue ou un derrick.

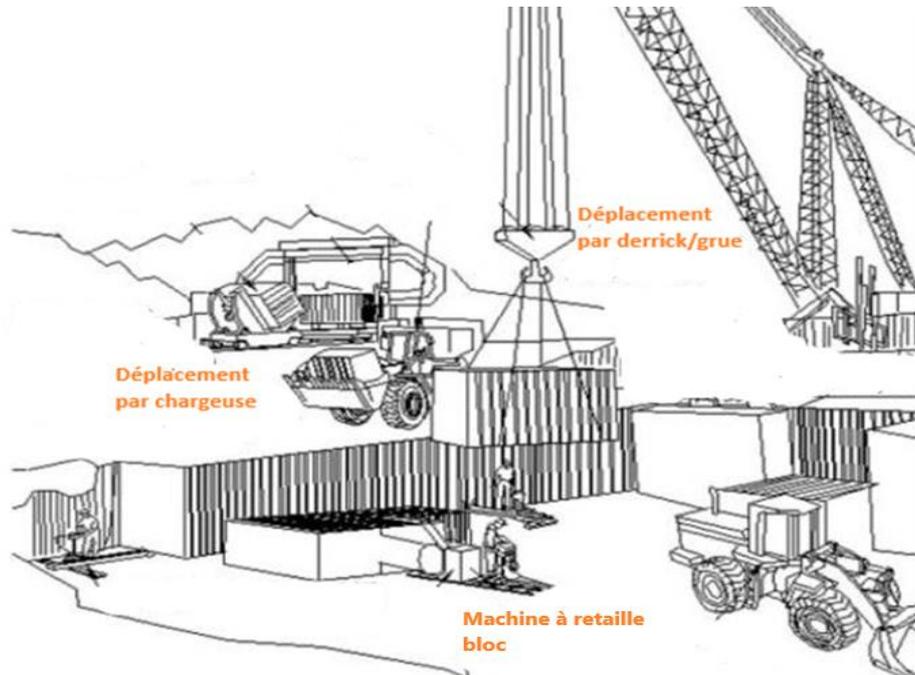


Figure 18 Equipement de retaille et déplacement des blocs vers l'aire de stockage.

4. Opération d'acheminement des blocs vers l'usine [5]

La manutention des blocs des pierres qui peuvent peser jusqu'à 30 -50 tonnes se fait généralement par des chargeuses à fourches, grues, ou derricks (Fig. 19) qui vont être par la suite chargés sur des semi-remorques ou de longs plateaux recouverts par des rails en bois (Fig. 19). Les engins déposent délicatement les blocs sur le camion préalablement positionné. Ils sont souvent à deux à s'affairer autour du camion pour que le bloc soit parfaitement calé. Des hommes aident à la manœuvre en gesticulant jusqu'à ce que la pierre soit parfaitement posée sans déséquilibrer le camion. Les engins, pelleteuses ou munis de fourche chargent les blocs (jusqu'à 50 tonnes) et aident même le conducteur à placer le câble d'arrimage.

Enfin, les blocs sont transportés jusqu'à l'usine de transformation, déchargés à l'aide d'un pont roulant et stockés dans une aire de stockage selon leurs dimensions et la variété des couleurs en utilisant des chariots à fourches.



Figure 19 étapes de manutention et transport des blocs

5. Opérations de traitement des blocs granitiques [6] [7]

Le bloc extrait de la carrière subit plusieurs opérations successives de façonnage jusqu'au produit fini destiné à la vente. Elles sont généralement mécanisées ; cependant, pour certains travaux, le façonnage manuel est irremplaçable.

Les opérations de façonnage sont effectuées totalement ou partiellement, dans un ordre dépendant du type de produit à fabriquer.

Le schéma ci-dessous montre les principales étapes de la transformation d'un bloc :

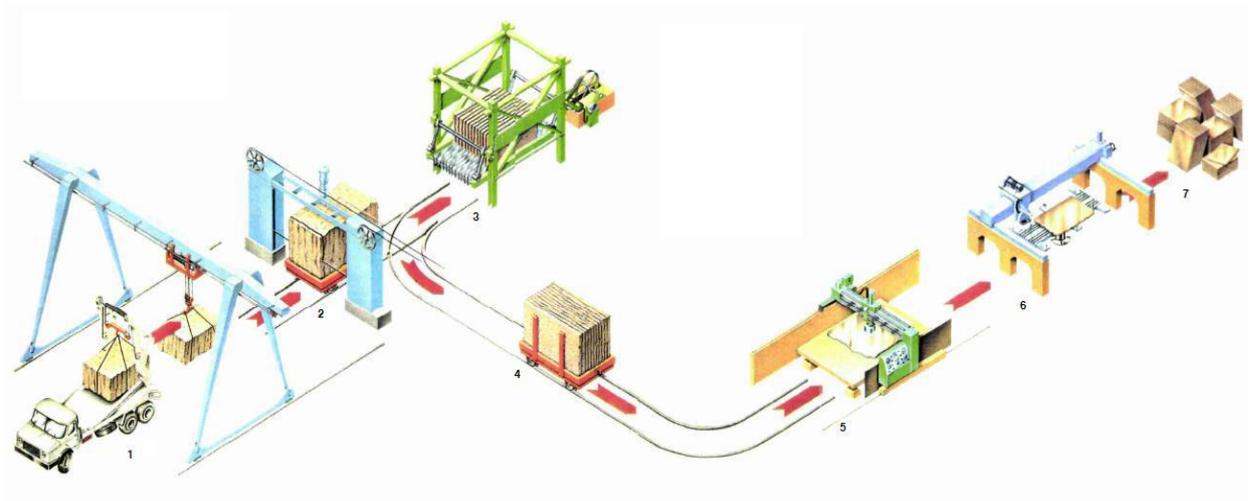


Figure 1 Schéma des principales étapes de transformation des blocs granitiques

- 1 : Transport depuis la carrière par camions. Les blocs sont ensuite soulevés par un portique et positionnés sur un charriot porte bloc pivotant sur rails.
- 2 : les blocs irréguliers sont équarris par une scie mono-lame à pont (cette opération peut être réalisée en carrière), laquelle sert aussi à débiter des tranches épaisses.
- 3 : Une scie à châssis multi-lames découpe le bloc en plaques fines.
- 4 : les plaques sont reprises sur des systèmes de manutention automatisés et dirigées vers les polisseuses.
- 5 : la polisseuse à têtes rotatives donne un poli parfait à l'une des faces de la plaque.
- 6 : Une scie à disque diamanté découpe les plaques polies aux dimensions souhaitées.
- 7 : polies et découpées, les plaques sont conditionnées pour expédition.

5.1 La transformation des blocs en plaques

La première opération est le découpage des blocs équarris en plusieurs plaques. Pour atteindre une production de 1603 m²/j, on doit utiliser des machines de découpage dont la capacité totale est supérieure à 850 m²/pose en faisant deux postes de travail.

Pour y parvenir, on utilise deux unités de découpage suivies par deux lignes de traitement des surfaces et de dimensionnement pour avoir deux variétés de produits finis.

5.1.1 Unité de découpage à multi-disques diamantés

Dans l'atelier de fabrication, les blocs sont chargés sur une plate-forme avec des chariots élévateurs en dessous. Au-dessus de cette plate-forme se trouve la « scie collective », une rangée de dizaines de disques diamantés en acier reliées à un vilebrequin via des pistons (figure 20). Un moteur géant fait tourner le volant, qui fait tourner le vilebrequin et déplace les disques diamantés d'avant en arrière horizontalement à une vitesse incroyable. Chaque disque est espacé en fonction de l'épaisseur souhaitée des dalles résultantes, généralement 3 cm (bien que 2 cm soit également assez courant). Au fur et à mesure que les lames sciaient, les élévateurs hydrauliques poussent le bloc vers le haut, coupant les dalles. Cette unité est composée de 5 machines de découpage à multi-disques diamantés dont la capacité de chaque machine est de 12 m²/h. La vitesse de coupe est fonction du nombre de disques, de la dureté du granite et de la grosseur de la grenaille. C'est un procédé utilisé pour la production de plaques de dimensions 3x0.7 m. (Fig. 20)



Figure 20 unité de découpage à multi-disques diamantés [10]

Les plaques sortantes de cette unité de découpage seront mises dans une ligne de traitement et dimensionnement pour avoir des surfaces polies et des dimensions déterminées. Le processus est comme suite :

5.1.2 Unité de découpage horizontal des plaques sciées par les disques

- Les blocs découpés par les machines à multi-disques diamantés seront par la suite acheminés vers 3 machines de découpage horizontal mono-disque pour la découpe des plaques de 3m*0,7m.



Figure 21 : machine de découpage horizontal mono-disque

5.1.3 Unité de découpage des têtes

Les plaques sortantes de la machine de découpage horizontal (3m*0.7m) seront mises dans un tapis rouleaux vers deux machines de découpage de têtes pour découper les bordures irrégulières en gardant toujours leurs longueurs minimales.



Figure 22 : machine de découpage de têtes irrégulières.

5.1.4 Unité de calibrage et d'étalonnage des surfaces

Le plus souvent, la surface sciée du granit subit un traitement qui vise à donner aux faces vues du produit l'aspect de surface prescrit. Pour un même granit, l'aspect, notamment le rendu de couleur, sera légèrement différent selon le traitement de surface. Il faut veiller à la compatibilité des traitements de surface avec le type de granite, le type de produits et leur usage.

La plupart des opérations de traitement de surface et de finition sont mécanisées du fait du poids des matériaux et de l'ingratitude des tâches.

La finition manuelle est cependant irremplaçable pour certaines opérations (taille de pierre, polissage, gravure notamment) pour donner une âme au produit fini.

Pour le calibrage il s'agit d'une U=unité composée de deux machines de calibrage à multi-têtes -équipées d'un système de lecture de profil de la dalle et control de son épaisseur vont permettre de d'avoir une épaisseur identique et précise des plaques de 3m*0,7m de dimensions.

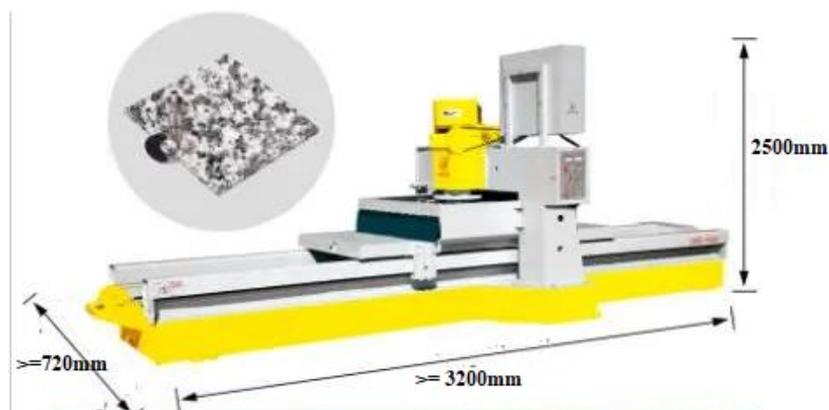


Figure 23 : machine de calibrage

5.1.5 Unité de polissage « petites dimensions »

Après avoir subi des opérations de calibrage, les plaques sont acheminées vers les machines de polissage par l'intermédiaire d'un dispositif adéquat (convoyeur à rouleaux automatisés). Le passage successif de meules abrasives de différentes granulométries tournant à grande vitesse généralement automatisées supprime les rugosités et les irrégularités de la surface qui ne présente plus aucune rayure visible à l'œil nu, jusqu'à l'obtention d'une surface brillante réfléchissante. Le polissage se sera fait à l'aide de 2 machines de petites dimensions à têtes multiples, dont la capacité de chacune est de 30 m²/heure.

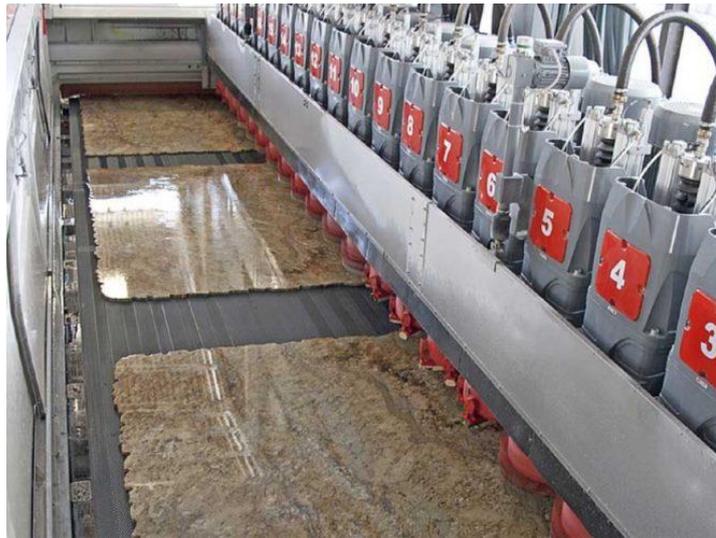


Figure 24 polisseuse à multi-têtes

Les processus de finition de surface modifient la surface d'un article manufacturé pour obtenir une certaine propriété. Les caractéristiques esthétiques sont très importantes lorsque les roches sont utilisées comme matériaux de construction ou d'ornement, et par conséquent, les processus de finition de surface sont considérés comme essentiels par l'industrie de la transformation de la pierre.

5.1.6 Unité de trimming

Après avoir subis un polissage des surfaces, les plaques sont acheminées vers deux machines de trimming (à 3 têtes de coupe) pour la coupe longitudinale des bandes.

5.1.7 Unité de dimensionnement

Finalement les plaques vont subir une opération de dimensionnement à l'aide d'une machine de coupe transversale des bandes.



Figure 25 Ligne de dimensionnement à disques diamantés

Les valeurs de dimensionnement sont saisies à l'écran. La tête se déplace automatiquement vers le bas, la scie commence à couper la plaque. Lorsque la scie se détache, le canon se soulève automatiquement et la scie arrive à la tête lorsque les mesures et les pièces données sont terminées.

5.1.8 Unité de sciage au multi-fils diamanté

La deuxième unité s'agit d'une machine munie de plusieurs câbles flexibles munis de perles diamantées constituées de liants métalliques et de diamants synthétiques. Elle scie le bloc granitique en plusieurs plaques d'épaisseur contrôlable qui varie de 20 à 70 mm et de dimensions de 3000x2000 mm dont le rendement est de 50 m²/h.

Lorsqu'il s'agit de gérer une entreprise, les deux éléments les plus importants sont sans doute le temps et l'argent, et le plus souvent, ils sont directement liés l'un à l'autre. En ce qui concerne les scies multifils, le plus grand avantage qu'elles ont par rapport aux scies à ruban est le temps, l'argent et la précision de la coupe.



Figure 26 Unité de sciage à fils diamantés

Chaque bloc de granit a des consistances différentes partout, donc une scie capable de détecter ces changements et duretés peut faire de légers ajustements pour donner plus de tension au fil pendant la coupe.

Cette machine est équipée d'un système de tension électrohydraulique qui calcule la valeur de tension de chaque fil, qui est automatiquement maintenue par la machine dans une plage de valeurs correcte, en l'ajustant en fonction de la présence de parties plus dures ou plus molles de la pierre pendant la coupe. L'huile du système hydraulique est un fluide incompressible, et elle assure une réponse immédiate et fiable lors de la mise en tension de chaque fil, évitant ainsi l'effet continu de « desserrage-tension » sur les fils. Cette solution garantit une longue durée de vie d'un fil ainsi qu'une précision de coupe.

5.1.9 Unité de polissage « grandes dimensions »

Les grandes plaques sortantes de la machine de sciage par multifils diamantés seront acheminées directement vers l'opération de polissage sur une machine à multi têtes avec un rendement de 40 m²/h.

Les éléments abrasifs installés au niveau de chaque tête de polissage, en contact avec la dalle de granit, effectuent le polissage selon des paramètres de fonctionnement bien établis (comme la vitesse de la bande transporteuse, la tête transversale ou la vitesse transversale, vitesse de rotation de la tête, débit d'eau et pression de la tête de polissage). Les abrasifs ont, progressivement, un grain inférieur (entre les têtes de polissage), assurant un traitement progressif à travers la bande.

5.1.10 Unité de dimensionnement

Dès que les plaques sont polies, elles seront acheminées vers une ligne de dimensionnement composée de plusieurs disques à têtes diamantées qui coupent les plaques dans les deux sens (transversal et longitudinal), avec un rendement de coupe égale à 4 plaques/min pour une plaque référence (600mm*600mm).



Figure 27 Ligne de dimensionnement à deux machines (deux sens)

5.1.11 Unité de découpage programmable C.N.C

Une machine mono-disque programmable qui sert à découper les grandes plaques en plusieurs formes qui sont tout d'abord dessinés sur un logiciel puis transférés leurs données vers la machine. (Fig. 29)

Cette machine est idéale pour la production de pièces uniques.

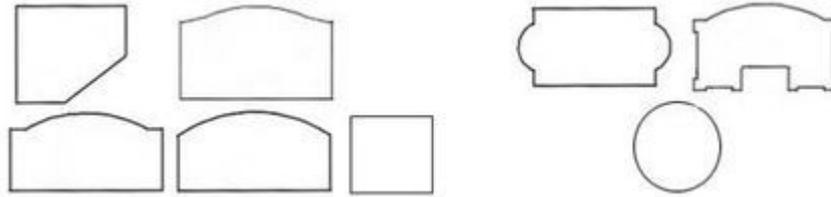


Figure 28 Formes uniques découpées par la machine CNC



Figure 29 : machine découpeuse programmable

5.2 Le conditionnement des produits et le transport

Pour la manutention manuelle et la pose suivante des dalles, afin de garantir la sécurité des opérateurs et l'intégrité de celles-ci, il est fortement recommandé d'utiliser un châssis de manutention doté de ventouses de sécurité, équipé de chariot pour le transport.

5.2.1 Outils nécessaires pour la manutention et le levage [8]

Les outils de levage et de manutention des dalles doivent être choisis en fonction de la dimension de la dalle et des activités à exercer au chantier, en particulier :

- Chariot élévateur avec fourches longues de 1,5 mt.
- Châssis de manutention doté de ventouses de sécurité, équipé de chariot à roues pour le transport
- Biventouses pour la manutention de dalles de format jusqu'à 3000x2000 mm.

- Des chevalets pour le placement des dalles dans l'aire de stockage.
- Un pont roulant pour le déplacement des dalles en toute sécurité.
- Des palettes en bois.



Figure 30 Stockage et manutention des dalles finies sur des chevalets à l'aide du pont roulant

5.2.2 Emballage et transport [9]

Il doit être sérieusement considérable que la qualité de l'emballage est aussi importante que la qualité du produit et c'est en effet un fait dur dans l'entreprise qu'elle dépense plus de charge sur le bois ou d'autres matériaux d'emballage afin que les produits parviennent sans aucun problème, casse ou rayures. Le nœud du problème est de prendre toutes les mesures possibles pour garantir à 100% que les dalles de granit polies atteignent les destinations en toute sécurité.

- **Emballage de dalles :** Les grandes dalles de granit sont emballées dans des paquets / caisses en bois de bonne qualité fumigés à l'aide d'une pince en C. Les dalles dans les faisceaux sont étroitement comprimées. On met une feuille de plastique entre chaque dalle pour éviter les frottements pendant le transit. Puis, on va solidement et correctement attacher / caler tous les paquets de bois entre eux et clouer au sol du conteneur afin que les paquets ne puissent pas se déplacer pendant le transport.
- **Emballage de plaques de taille standard :** selon les normes internationales, on emballe les carreaux de granit directement dans des caisses en bois fumigées, chaque carreau doit être séparé par des bandes de papier doux qui éviteront les frottements pendant le transit. On met une feuille de polyéthylène

comme couverture sur chaque caisse en bois / palette en bois, puis on serre chaque caisse en bois avec une bande de fer / plastique. À l'intérieur du conteneur, les caisses en bois sont étroitement calées / fixées les unes aux autres afin que les boîtes ne puissent pas se déplacer.



Figure 31 étapes d'emballage et chargement des grandes dalles



Figure 32 étapes d'emballage et chargement des carreaux finis

6. Recommandations

6.1 Recommandations générales au niveau de la carrière

- Les kits de sécurité doivent être placés dans un endroit facilement accessible avec les principaux matériels de premiers soins.
- L'entrée de toute personne non autorisée dans les zones de la carrière est totalement interdite.
- Dispositions relatives à la lutte contre les incendies dans le complexe de bureaux de la carrière.
- La mise à disposition de tous les équipements de sécurité tels que bottes de sécurité, casques, lunettes, bouchons d'oreille, etc. doit être mise à la disposition des employés.
- L'exploitation minière sera entreprise en coexistence avec les exigences du plan minier qui sera mis à jour de temps à autre.
- Tous les équipements miniers doivent être entretenus selon les directives du fabricant.
- Tous les équipements miniers doivent être respecté les normes de sécurité et de protection surtout les machine à fil diamanté.

6.2 Recommandations générales au niveau de l'usine

Les employeurs qui s'occupent de la manutention et du stockage des dalles doivent éviter les risques de piégeage, de heurt et / ou d'écrasement sur leur lieu de travail. Voici des recommandations générales :

- Planifiez à l'avance les travaux pour identifier les dangers, les pratiques de travail sécuritaires et l'équipement qui sera utilisé pour effectuer le travail en toute sécurité.
- Élaborer et mettre en œuvre des procédures sécuritaires de manutention des dalles de pierre pour le transport, le chargement et le déchargement des dalles des conteneurs et des zones de stockage.
- Fournir un équipement de manutention mécanique adapté à la tâche.
- Inspectez l'équipement de manutention avant de l'utiliser pour vous assurer qu'il est en bon état. L'équipement défectueux doit être immédiatement signalé et réparé ou remplacé avant utilisation.
- Instruire et former les employés sur les procédures de manutention appropriées.
- Assurez-vous que les employés suivent les procédures sécuritaires de remise des dalles de pierre.

6.3 Recommandations pour le stockage des dalles

Les recommandations suivantes minimiseront les risques potentiels associés aux « supports de pierre » et autres supports de stockage pour le stockage des dalles de pierre :

- Concevoir des racks de stockage pour résister aux charges et aux forces qui leur sont imposées.
- Concevez un système de support de stockage pour empêcher les dalles de se déplacer, de glisser et de s'effondrer, ou fournissez un contreventement secondaire ou un système de retenue pour empêcher les dalles de se déplacer, de glisser et de s'effondrer.
- Assurez-vous que les « racks de dalles » sont correctement installés. Inspectez chaque composant pour vous assurer que les poteaux peuvent être insérés dans les trous.
- Entretenez la crémaillère en vous assurant qu'aucun débris ou autre objet n'interfère avec l'insertion des poteaux utilisés avec les « racks à dalles ».
- Développer et mettre en œuvre des procédures pour le placement et le retrait des dalles des racks, en gardant les employés hors des zones de danger
- Ne laissez pas les employés utiliser des supports de stockage endommagés.

- Inspectez les racks de stockage avant le chargement. Assurez-vous que les racks sont correctement installés. Chercher :
 - ✓ Soudures fissurées ;
 - ✓ Éléments de structure fissurés ;
 - ✓ Éléments structurels déformés ou pliés ;
 - ✓ Fentes dans les supports en bois ;
 - ✓ Zones indiquant que le rack a été endommagé ou surchargé ; et
 - ✓ Les poteaux ou autres montants ne sont pas correctement installés dans les douilles ou les trous.

7. Autres Opérations nécessaires

Lors de l'extraction et transformation des blocs granitiques, on aura besoin de plusieurs opérations secondaires et des installations importantes.

a) Elaboration du plan d'exploitation

A partir des résultats obtenus des travaux d'accès et de préparation de plateforme on établit un plan d'exploitation provisoire qui permet d'accéder à la roche saine.

b) Installation d'une station de recyclage d'eau usée

La consommation d'eau au niveau de l'usine est très élevée et nécessite l'installation d'un système de recyclage d'eau pour la minimisation des consommations d'eau.

Le principe du système de recyclage est basé sur le principe de fonctionnement des décanteurs. Les décanteurs sont des procédés simples de séparation physique permettant l'extraction des matières en suspension plus denses que l'eau (particules de granite issues de découpage de chaque machine) ; ils utilisent la gravitation pour séparer les éléments de densité plus élevée que l'eau.

c) Installation d'une centrale électrique

Il s'agit d'une station à énergie électrique triphasé et des groupes électrogènes de haut voltage.

d) Unité de maintenance

Il s'agit de deux stations de maintenance : l'une au niveau de la carrière pour la réparation des engins utilisés pour l'extraction des blocs, et la deuxième au niveau de l'usine de transformation pour la soudure des segments des disques diamantés.

e) Construction du bâtiment de l'usine avec l'aire de stockage

Le terrain choisi doit être sain : sec, non inondable. Si le bâtiment est situé dans une zone sismique, cette considération doit être prise en compte dès la conception du bâtiment.

Il doit être si possible éloigné :

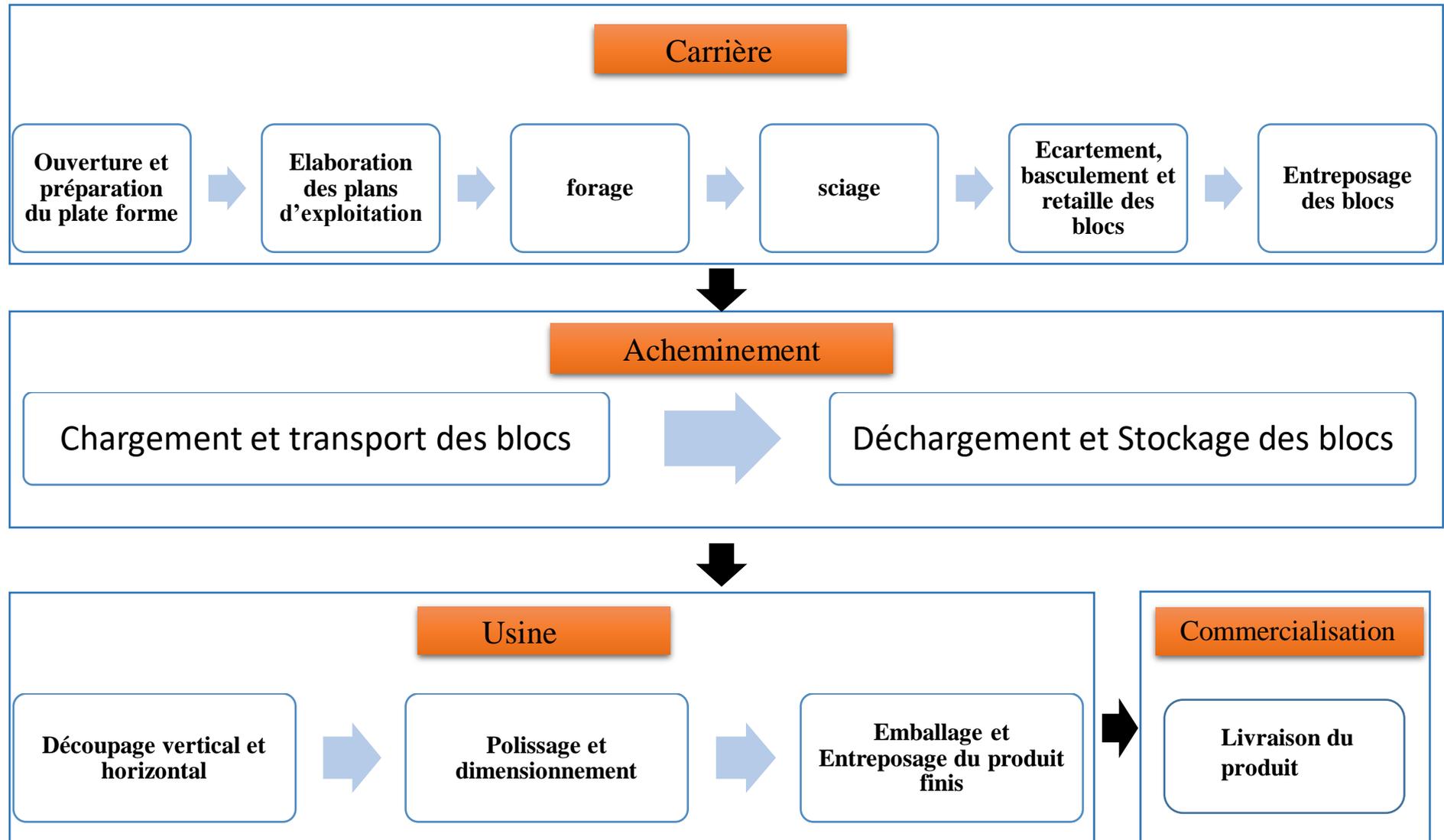
- De tout voisinage dangereux présentant des risques d'incendie ou d'explosion ou susceptible de devenir un objectif stratégique en cas de conflit
- D'installations émettant des gaz, de la fumée, des polluants.

Il doit être aisément accessible par les camions, par les voitures particulières et par les transports en commun. L'architecture intérieure doit prendre en considération :

- Les zones de stockage de matériaux facilite les manœuvres des machines et évitent de recourir à la manutention des ouvriers.
- L'aménagement intérieur du dépôt épargne des déplacements avec des charges, facilite l'accès à des zones de stockage du petit outillage et des fournitures.

Sa conception se fait par des étapes en étudiant tous les besoins intérieurs : structure du bâtiment, assainissement d'eau, consignes d'hygiène et sécurité...etc.

L'organigramme de production : cet organigramme résume toutes les opérations d'extraction jusqu'à la commercialisation.



Chapitre 4
COST CONTROL

IV. COST CONTROL

1. Introduction

Ce chapitre a pour objectif de donner d'abord la définition du Cost Control et de décrire les principales formules pour estimer les différents Coûts de processus de production.

2 La comptabilité générale et la comptabilité analytique [11]

2.1 Rôles et objectifs de la comptabilité générale ou financière

La comptabilité financière est une source d'informations utiles pour la gestion de toute entité (entreprise, association, organisme public, ...);

- est conçue dans une optique juridique ou patrimoniale ;
- permet d'établir la situation financière de l'entité à la fin d'une période ou exercice ;
- normalisée selon les règles du PCG elle doit respecter certains principes ;
- est obligatoire pour des impératifs de gestion et pour des raisons fiscales (évaluation du résultat de l'exercice).

2.2 Rôles et objectifs de la comptabilité analytique ou comptabilité de gestion

La comptabilité de gestion :

- est adaptée aux spécificités de chaque entité,
- est conçue dans une optique économique,
- permet d'évaluer des prévisions de coûts par fonction, produit, activité, ...
- sert aux calculs de marges et de résultats et à leur analyse,
- permet la comparaison des prévisions aux réalisations et fait apparaître des écarts,
- est facultative.

2.3 Les objectifs de la comptabilité de gestion

- Calculer des coûts ;
- Evaluer les stocks (méthode du Coût Moyen Pondéré) ;
- Expliquer les résultats ;
- Etablir des prévisions ;
- Analyser les écarts entre prévisions et réalisations.

3 Définition et classification des charges et des coûts [12]

3.1 Définition des charges

Une charge est une consommation de ressources. C'est une diminution de la valeur du patrimoine de l'entreprise, donc de son résultat.

3.2 Typologie des charges

Il existe différents types de charges selon leur destination et leur variabilité.

3.2.1 Selon leur destination

On distingue deux destinations des charges : charges directes et charges indirectes

- **Charges directes** : sont celles qui ne concernent en totalité qu'un seul produit. Elles sont affectées directement à ce produit.
- **Charges indirectes** : sont celles qui concernent plusieurs produits. L'imputation des charges indirectes est plus délicate et peut se faire selon plusieurs méthodes.

3.2.2 Selon leur variabilité

L'autre critère, également déterminant, est celui de la variabilité. On distingue les charges variables et les charges fixes.

- **Charges variables** : sont celles qui varient proportionnellement avec le volume d'activité.
- **Charges fixes** : sont des charges qui ne sont pas liées directement au volume d'activité.

Tableau 13 : Exemples des différentes de charges

	Charges directes	Charges indirectes
Charges variables	« Charges opérationnelles » Exemple : carburant des Engins d'exploitation.	Exemple : carburant des véhicule de service.
Charges fixes	« Charges spécifique » Exemple : amortissement d'une machine	« Charges de structure » Exemple : Frais généraux Administratifs.

3.3 Typologie des coûts

On peut classer les coûts selon plusieurs typologies :

- Selon le stade d'élaboration du produit (coût d'achat / de production / de revient)
- Selon le moment de calcul du coût (coût constaté / préétabli)
- Selon la nature des charges prises en compte dans le coût (coût complet / partiel)

➤ **Les coûts de production [13]**

Ils représentent l'ensemble des couts engendrés par la fabrication des produits semi-ouvrés ou finis, ou par les services créés par l'entreprise, c'est-à-dire le coût des matières, fournitures et services consommés et des autres coûts engagés par l'entreprise au cours des opérations de production, jusqu'au stade qui précède immédiatement leur stockage éventuel et/ou leur vente.

➤ **Les coûts de revient**

Des produits vendus qui, outre le coût des produits pris en stocks, incluent une quote-part appropriée de charges "hors production", soit généralement des charges financières et des charges de recherche et développement, d'administration et de distribution.

4. Définition du Cost Control

Le Cost Control est le moyen qui permet l'entreprise de détecter les dysfonctionnements que nous devons comprendre comme écarts par rapport aux normes qui régissent l'activité.

Le Cost control est la fonction qui permet à l'entreprise de s'assurer à travers le tableau de bord de la qualité de son pilotage et voire de sa compétitivité sur le marché.

Chaque projet est unique et nécessite un système de contrôle des coûts personnalisé.

5. Principe du système et le tableau de bord

Pour le système de Cost contrôle, il est nécessaire d'utiliser l'outil d'information susceptible d'orienter l'action et la prise des décisions, c'est le tableau de bord.

Le tableau de bord est l'outil du système Cost Control utilisé de façon régulière pour fournir au responsable les renseignements utiles au pilotage d'une opération ou entité.

Il permet de connaître en permanence et rapidement l'évolution des charges de l'entreprise.

Le but du tableau de bord est de :

- collecter et stocker des informations de gestion,
- comparer sur certains aspects les prévisions et les réalisations (achats, ventes, production),
- d'analyser les écarts et leurs origines (différences sur prix, sur quantité, sur coût,...),
- de mesurer les performances et les résultats de l'entreprise (taux de marge, rentabilité, ratios, délais, variation des résultats, ...),
- d'aider à la correction des écarts constatés par rapport aux objectifs

6. Rôle du système

Le Cost Control est un système de surveillance qui permet :

- D'analyser les causes des écarts entre les résultats et les objectifs,
- D'identifier les responsabilités réelles lorsqu'un centre n'a pas atteint ses objectifs
- Le Cost Control est une partie de la direction, plutôt une partie d'échange d'information qu'opérationnelle.

7. La mise en œuvre du système de contrôle des coûts [20]

Les questions suivantes concernant chaque étape de la mise en œuvre du système de contrôle des coûts doivent être abordées :

1. Chart of cost accounts. Quelle sera la base adoptée pour l'établissement des dépenses estimatives du projet et comment cette base sera-t-elle liée aux charges généralles et aux fonctions comptables de l'entreprise?

2. Project cost plan/budget. Comment les charges seront-ils utilisés pour permettre des comparaisons entre l'estimation et le budget du projet avec les coûts réels enregistrés sur le terrain?

3. Cost data collection. Comment les données sur les coûts seront-elles collectées et intégrées dans le système de déclaration des coûts?

4. Project cost reporting. Quels rapports sur les coûts du projet sont pertinents et requis par la direction de projet dans sa gestion des coûts du projet?

5. Cost engineering. Quelles procédures d'ingénierie des coûts la direction de projet doit-elle mettre en œuvre dans ses efforts pour minimiser les coûts?

8. Différentes étapes du contrôle des couts [21]

D'une manière générale, on distingue trois étapes de contrôle :

- contrôle avant l'action ou contrôle a priori ;
- contrôle pendant l'action ou contrôle concomitant ;
- contrôle après l'action ou contrôle à posteriori.

a. Le contrôle avant l'action ou contrôle à priori

Ce contrôle est assuré principalement dans la phase d'élaboration des budgets. Ce contrôle permet :

- aux cadres opérationnel, de stimuler les conséquences de leurs décisions avant même de s'engager dans l'action.
- aux supérieur hiérarchiques, de limiter les frontières de leurs délégations de pouvoir en simulant le fonctionnement de leur propre domaine de responsabilité constitué de

plusieurs unités auxquelles ils ont délégués une partie de leur propre pouvoir de décision.

Donc cette fonction de contrôle à priori est très étroitement liée à la fonction de simulation, qui constitue aujourd'hui l'une des fonctions essentielles de la budgétisation.

b. Le contrôle pendant l'action ou contrôle concomitant

Il s'agit d'un contrôle opérationnel qui consiste à fournir les informations nécessaires de manière quasi permanente pour conduire les actions jusqu'à leur terme. S'appuyant sur les réalisations concrètes, ce type de contrôle doit être placé au niveau même des opérations c'est-à-dire :

- proche du terrain ;
- limité à l'action en court ;
- continu.

c. Contrôle après action ou contrôle à posteriori

Ce contrôle intervient à la fin de l'exécution budgétaire, il consiste essentiellement en une mesure des résultats et donc en une évaluation des performances en s'appuyant sur deux types d'informations :

- des informations systématiques : qui permettent de comparer la situation finale (réalisation) à celle qui était attendue (prévisions) ;
- des informations potentielles ou conjoncturelles : qui font ressortir des événements imprévus, leurs causes et leurs conséquences dans les écarts constatés.

Ce contrôle est tout aussi essentiel que les précédents dans la mesure où il constitue une phase d'analyse et de réflexion qui permet notamment de :

- fournir, aux responsables des unités de gestions, les éléments du compte rendu de gestion qu'ils doivent établir à l'intention de l'autorité dont ils ont reçu délégation ;
- mettre à jour les normes techniques et économiques ;
- d'améliorer la fiabilité supérieure de corriger les grandes orientations de gestion.

9. Conditions d'efficacité du Cost Control [21]

Trois conditions s'imposent :

a) La continuité du contrôle :

La fonction de contrôle s'exerce de manière continue, il est donc important que le système de contrôle soit constamment en alerte.

b) La rapidité d'obtention des résultats

Le contrôle permet :

- la recherche de la cause de l'écart ;
- l'action corrective.

c) La saisie des informations au niveau des centres de responsabilités

Cette condition implique que les consommations soient localisées et valorisées aux niveaux des différents centres de responsabilités.

Ceci implique le rapprochement entre les valeurs budgétaires et les réalisations. De façon pratique il faut que le nombre des rubriques budgétaires soit plus réduit et limité aux facteurs de gestion essentiels, pour mesurer leurs performances et conduire l'action, que celui des rubriques comptables de la comptabilité analytique d'exploitation.

10. Les étapes de la mise en place du système

10.1 Planification

Le point de départ du contrôle est une planification au cours de laquelle définir les objectifs, à traduire ensuite en actes opérationnels à travers les politiques de commercialisation, d'investissement, de gestion des ressources humaines et de gestion financière. Dans cette phase il faut définir opérationnellement une stratégie concernant : les couples produit/marchés ; les investissements ; l'organisation et la gestion des RH, l'adaptation de l'outil de production de cas échéant ; le financement.

10.2 Etablissement des normes

Les normes sont des couts standards et le choix et l'obtention de ces normes pose une difficulté pour l'entreprise, pour cela, nous avons proposé comment les choisir :

- Cout calculé pour une utilisation optimale des moyens en fonction des objectifs.
- Des couts réels de la période précédente : le choix se fonde sur la certitude d'avoir obtenu à la période précédente des coûts qui peuvent servir de norme pour la période suivante.
- Des couts ajustés améliorent le coût standard constaté par le toilettage des différences d'activité et par une actualisation.
- Le cout est constitué par le produit d'une quantité par un coût unitaire, la quantité consommée sera celle de la norme, mais le prix sera celui constaté afin de s'approcher le plus possible de la réalité.

Une fois les normes sont établies, elles sont saisies dans un tableau de bord.

10.3 Collection des données

La collection et la surveillance semblent être les fonctions les plus difficiles à accomplir. Les données sur les coûts primaires sur le terrain doivent être surveillées par le personnel de chaque atelier qui est réellement confronté aux opérations dynamiques au jour le jour. Traditionnellement, ces personnes perçoivent le suivi comme une paperasserie supplémentaire et ne sont donc pas disposées à participer. Cependant, le concept de surveillance est simple :

- Les dépenses réelles de chaque élément de travail doivent être surveillées en correspondance avec le code de coût en utilisant la carte de temps des ressources et la carte de distribution des ressources.
- En outre, l'avancement des travaux ou la valeur acquise de chaque élément de travail doivent être surveillés afin de permettre l'identification de l'état des coûts à un progrès donné.

- Étant donné que le processus de surveillance implique une énorme quantité de données provenant de nombreuses sources ou parties différentes, des procédures standard bien établies peuvent aider à faciliter le processus et garantir l'exhaustivité des données tels que des rapports journaliers sur chaque équipement (consommation, maintenance...); des rapports sur la main d'œuvre, ...

Une fois les données sont collectées, elles sont transformées en cout puis saisies dans un tableau de bord pour le calcul des écarts et les estimations futures.

11. Le processus de fonctionnement du système

Le processus de fonctionnement du système est composé de 3 phases :

Phase 1 : Elaboration du tableau de bord (outil de suivi) [22] : la finalité principale d'un Tableau de bord est de piloter une activité, c'est-à-dire prendre des décisions pour agir à partir de résultats constatés (calcul des écarts). Il peut toutefois également être utilisé pour analyser une situation : comprendre les raisons d'un échec de réaliser les objectifs (ou même d'un succès), anticiper des menaces, etc. Un tableau de bord accepté et compris est forcément simple et pertinent.

Pour la construction d'un tableau de bord on doit suivre les étapes suivantes :

- **Détermination des buts du tableau de bord** : pour qu'il soit utile et utilisé, il convient de cerner qui en fera usage et comment (suivi d'action, analyse de données...). Menez une étude du besoin pour fixer le cadre général de construction de l'outil de mesure.
- **Identification des objectifs et choisissez les indicateurs clés** : il existe globalement 2 types d'indicateurs de performance :
 - Les indicateurs d'activité (ou de processus) : ils mesurent des volumétries en lien avec des objectifs de suivi de productivité (quantités vendues, quantités achetées, nombre de références en stocks, ...).
 - Les indicateurs de résultats : financiers, qualité, rentabilité, coûts... ils évaluent une performance. En termes d'efficacité, pour l'atteinte d'un objectif fixé - efficacité : pour l'utilisation optimum de moyens.

Pour piloter une opération, les indicateurs doivent être reliés à un ou plusieurs inducteur(s) de performance. Pour un objectif donné, il s'agit des causes qui ont un effet majeur sur la performance de l'activité. On parle aussi de variables d'action.

- **Organisez la hiérarchie du pilotage** : la construction d'un ensemble d'outils pour le pilotage des opérations doit être vigilante à respecter la cohérence entre les TB de chaque niveau.
- **Définissez les fréquences de mise à jour** : Pour savoir quelle périodicité de rafraîchissement des indicateurs retenir (journalière, hebdomadaire, mensuelle...), il convient de s'interroger sur plusieurs points : Suivant quelle fréquence les changements sont-ils notables ? Suivant quelle périodicité l'interprétation est-elle pertinente et permet-elle d'agir ?

Un opérateur qui suit la productivité de sa machine a besoin de réagir très rapidement à toute dérive. À l'inverse pour un pilotage stratégique, prendre des décisions sur une évolution hebdomadaire du chiffre d'affaires n'a aucun sens.

- **Sélection du support** : l'important est la simplicité et l'efficacité du support. Une interface conviviale, des graphiques agréables à consulter... jouent un rôle non négligeable dans l'appropriation de l'outil.
- **Identification des sources de données** : dans cette étape on identifie les sources de données qui vont alimenter le tableau de bord : les rapports journaliers des équipements, de maintenance, de consommations de matière première...et comment sont reliés au tableau de bord principal.
- **La structure du tableau de bord** : plusieurs options sont possibles pour présenter les informations.
 - **Par groupe d'indicateurs** : assembler les indicateurs par objectif en créant des sections.
 - **Par niveau de détail** : du plus synthétique au plus détaillé. Représentez une hiérarchie entre les indicateurs.
 - **Par lien de causalité** : en reliant ensemble les indicateurs qui ont un effet l'un sur l'autre comme le montre le schéma ci-dessous.

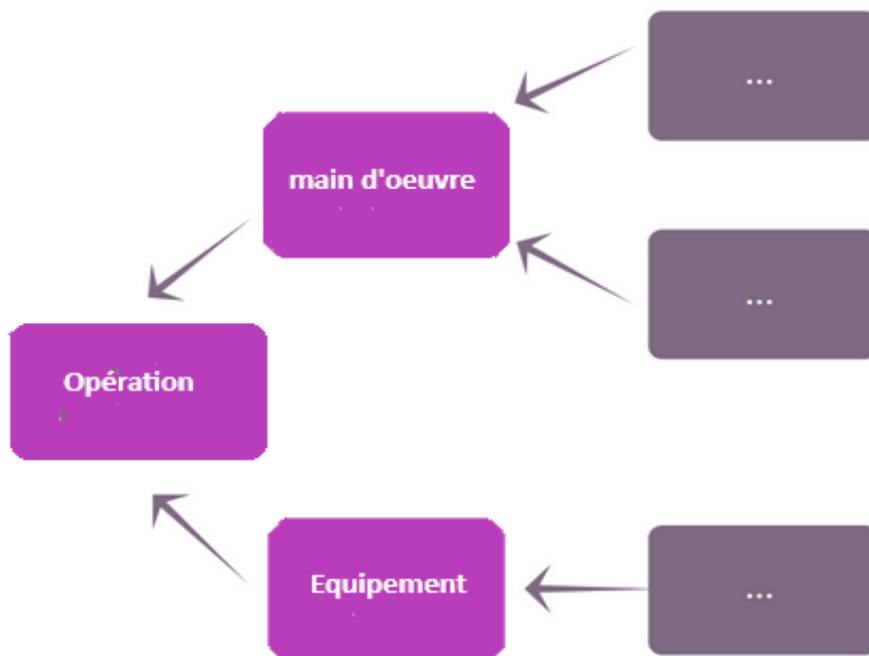
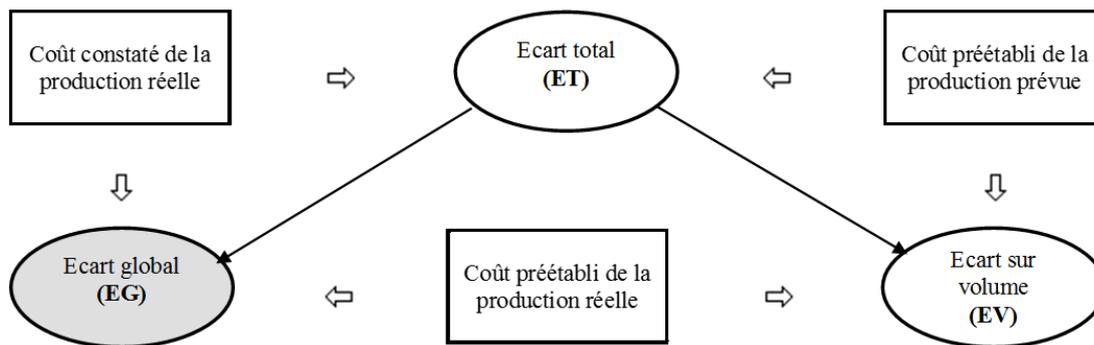


Figure 33 : schéma de structure d'un tableau de bord

Phase 2 : Analyse des écarts

L'écart global est un élément constitutif de l'écart total au même titre que l'écart sur volume. Il résulte de la confrontation du coût constaté de la production réelle au coût préétabli de la production réelle comme le décrit le schéma suivant :



L'écart sur volume n'est mis en évidence que lorsque l'entreprise a fixé un objectif de production. Précisons que cet écart ne peut donner lieu à interprétation. Il suffit que la production réelle soit supérieure à la production prévue pour que les coûts constatés soient plus élevés que les coûts préétablis, ce qui n'est porteur d'aucune autre signification par ailleurs.

D'une manière générale, l'analyse des écarts s'articule autour des trois étapes importantes ci-après :

- Constatation des écarts ;
 - Ventilation des écarts ;
 - Exploitation des écarts.
- a) **Constatation des écarts** : qui permet de contrôler la gestion en ce qu'elle :
- Joue un rôle d'alerte ;
 - Déclenche l'analyse corrective de manière à replacer l'entreprise sur la trajectoire conduisant aux objectifs.

L'écart peut mettre en évidence :

- L'amélioration des performances :
 - lorsque les produits réels sont supérieurs aux produits budgétisés ou,
 - lorsque les dépenses réelles sont inférieures à dépenses budgétisées
 - La détérioration des performances :
 - lorsque les produits réels sont inférieurs aux produits budgétisés ;
 - lorsque les dépenses réelles dépassent les dépenses budgétisées.
- b) **Ventilation des écarts** : les écarts ont pour objectifs de fournir aux responsables, une information exploitable, donc sélective et significative.
- c) **exploitation des écarts** : détermination des causes des écarts.

D'où la nécessité de calculer les écarts de deux manières :

- En valeur absolue $\text{écart} = \text{prévision} - \text{réalisation}$

- En valeur relative ou en pourcentage $\frac{\text{écart}}{\text{prévision}} \times 100$

Phase 3 : Prise de décision : Le système Cost Control fournit l'information nécessaire à l'analyse qualitative et quantitative des décisions stratégiques. De plus, l'analyse de rentabilité par opération peut donner l'information additionnelle pour faciliter la prise de

décisions stratégiques. Donc il s'agit des actions correctives qui vont être appliquées sur le site au niveau de chaque atelier pour augmenter la rentabilité et diminuer les coûts.

Le schéma suivant résume le fonctionnement du système Cost Control :

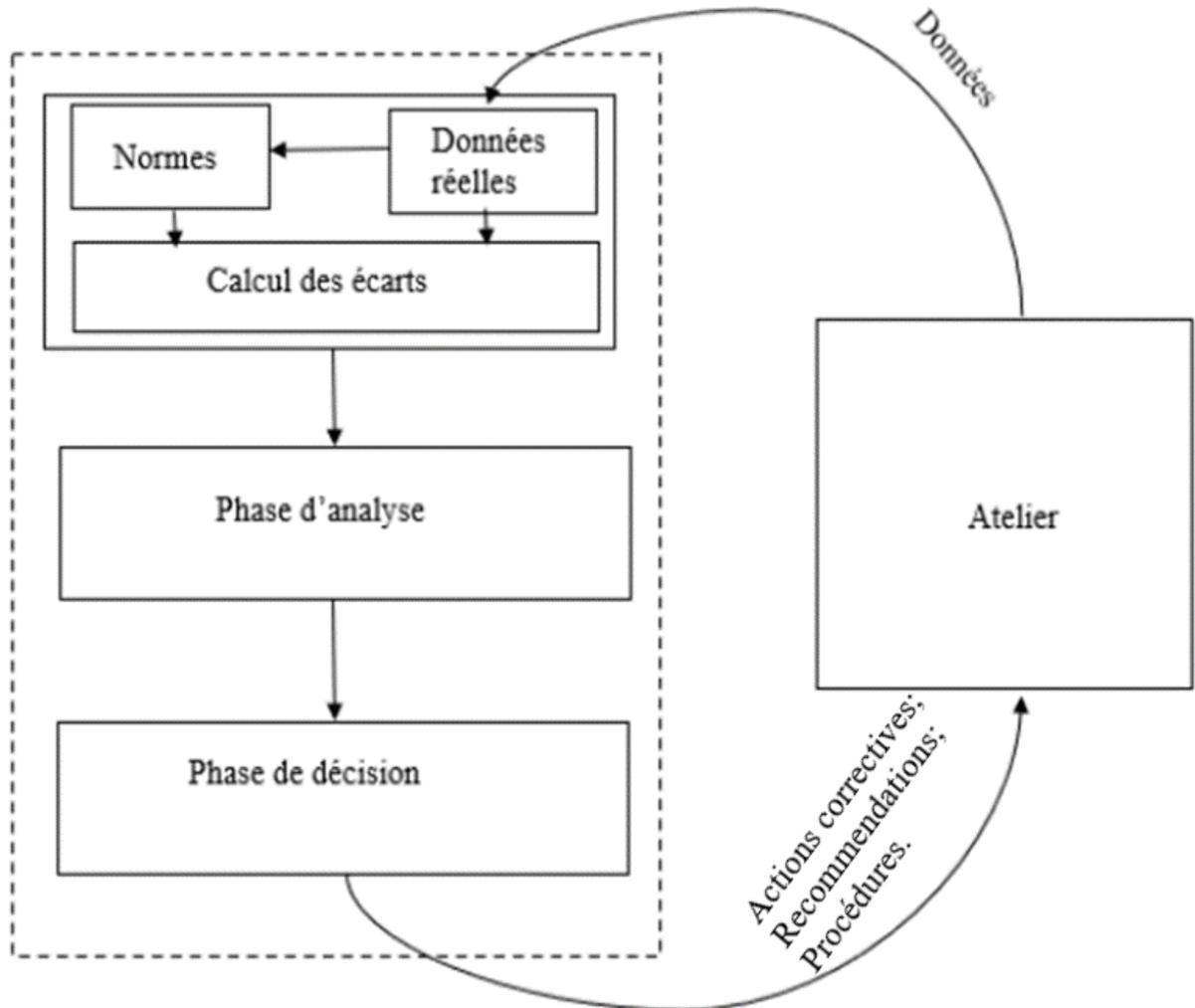


Figure 34 Schéma de synthèse de Cost Control

12. Les dépenses de l'entreprise

Les dépenses d'une entreprise quelconque peuvent être divisées dans le cas général comme suit :

- les charges du capital
- les frais généraux
- les frais d'exploitation

Les deux premiers volets sont communs pour toute l'activité de l'entreprise avec ces différents services, et ces dépenses ont comme caractéristique essentielle leurs indépendances du volume de production, et quel que soit la production ses dépenses restent pratiquement inchangeables.

Tandis que le troisième type concernant les frais d'exploitation ils sont liés directement à la production et c'est là généralement que l'on peut intervenir pour régler l'écart entre un cout de référence et celui de notre production.

13 Les coûts directs de l'unité

Au niveau de l'unité, les coûts directs sont composés de :

- ✓ Les coûts liés à l'utilisation du matériel (amortissements, prix de location, charges financières).
- ✓ Les frais du personnel qui englobent la masse salariale et les charges employeur.
- ✓ Les couts des consommables.

13.1 Amortissement

Ce sont les coûts des différents engins annuels que paye l'entreprise au cours du remboursement des prêts pour chaque engin.

$$A = \frac{Fa}{N}$$

Fa : frais d'acquisition.

N : durée d'utilisation.

Pour l'amortissement journalier :

$$A(j) = \frac{A}{N(j)}$$

N(j) : nombre de jour ouvrable par an ; N(j)=312

13.2 Frais personnel (Coût de la main-d'œuvre)

C'est le total des rémunérations versées à l'ensemble des employés : les salaires de base, les primes, etc.

L'entreprise a estimé les masses salariales prévisionnelles.

Le personnel de l'unité se divise en deux groupes : productif et administratif, le premier groupe englobe les frais des personnels de service carrière, et usine, il est directement lié aux opérations de production et le deuxième pour compléter le premier et assure principalement des fonctions de coordination et d'organisation interne à l'entreprise.

$$CS(j) = \frac{\text{Masse salariale mensuelle}}{\text{nbr de jours ouverable par mois}}$$

CS (j) = charge salariale par jour de la main d'œuvre.

13.3 Consommables

Ce sont :

- **Fil diamanté**

Pour la consommation du fil diamanté, on doit tout d'abord estimer la surface de sciage pour la première opération de découpage et la surface pour la deuxième opération de retaille des blocs.

La consommation du FD pour le sciage est calculée par la formule suivante :

$$Q = Q_s \times S_s \text{ [m]}$$

Avec :

Q_s : la consommation spécifique du fil diamanté, Q_s pour granite dure= $0,1 \left[\frac{m}{m^2} \right]$

S_s : la surface de sciage.

Les dimensions du bloc abattu de front de taille sont de $8m \times 4m \times 3m$, ce qui donne un volume de 96 m^3 et une surface de sciage de 68 m^2 (S_1) (trois surfaces de sciage dont les dimensions sont respectivement $8m \times 4m$; $8m \times 3m$; $3m \times 4m$).

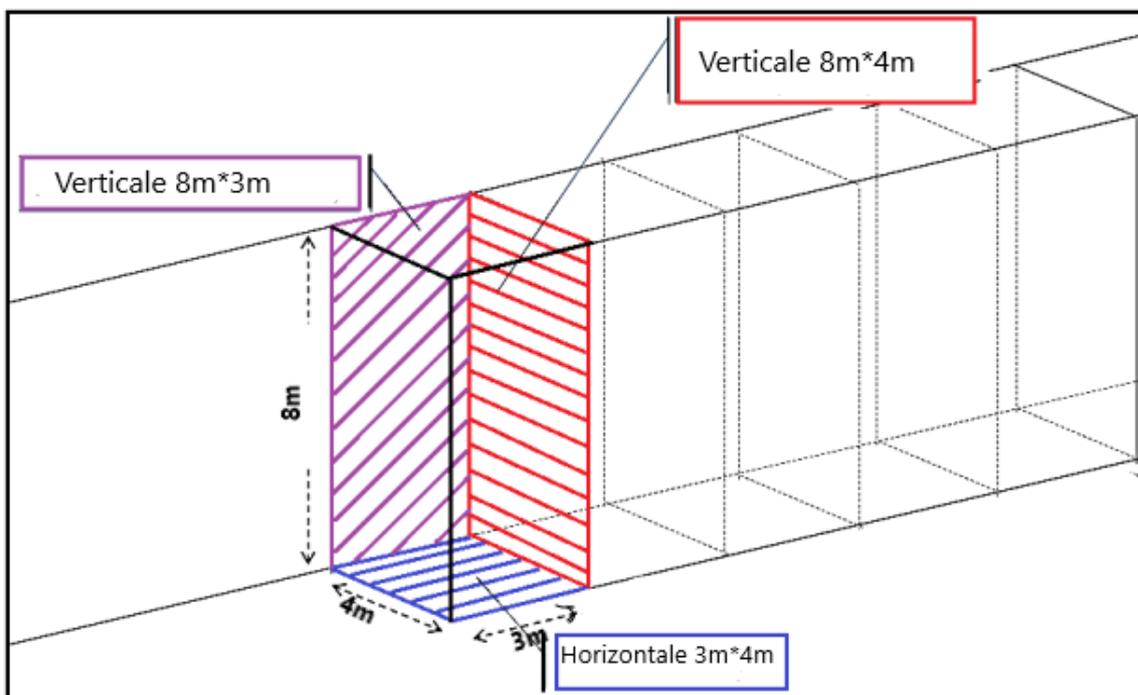


Figure 35 Les surface de sciage du bloc massif.

Pour retailer le bloc massif en blocs de $3m \times 2m \times 2m$, il suffit de découper le bloc massif en huit blocs.

La surface du sciage pour le retaille blocs est :

$$S_{s2} = 60 \text{ m}^2$$

Donc

$$Q_1 = 6.8 \text{ m/bloc/jour} \text{ (Car un bloc suffit la production journalière de l'entreprise).}$$

$$Q_2 = 6 \text{ m/jour}$$

Q_1 : consommation du fil diamanté pour le découpage du bloc massif.

Q_2 : consommation du fil diamanté pour retailler le bloc massif en petits blocs.

Le cout du fil diamanté :

$$C(FD) = Pu(FD) * Q$$

Pu (FD) : prix unitaire du fil diamanté, 4000DA/m

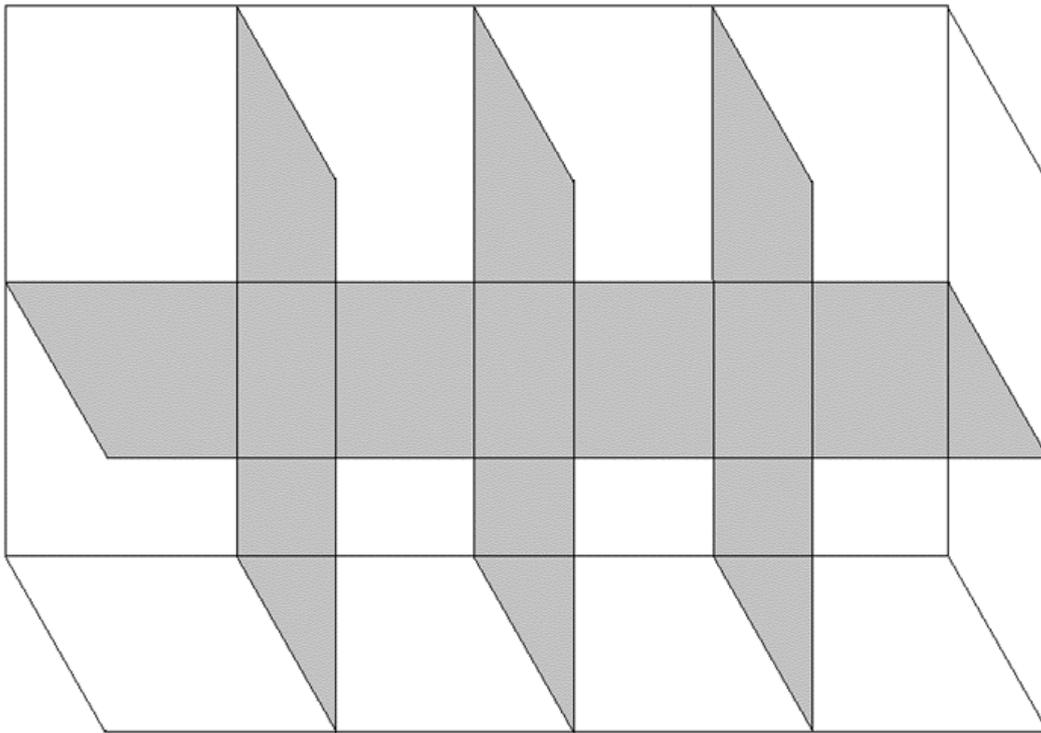


Figure 36 Les surfaces du sciage dans la phase de retaile bloc

- **Consommation d'eau**

$$C(eau) = D \times H \times PUeau$$

C (eau) : cout de consommation d'eau.

D : débit horaire de l'eau sur la machine.

H : nombre d'heure de marche.

Pu (eau) : prix unitaire d'1m³ d'eau.

$$Pu (eau) = 40.95 \text{ DA/m}^3$$

- **Les carburants et l'énergie électrique.**

Pour les engins qui utilisent le gasoil, nous avons estimé la consommation horaire du carburant en la multipliant par le nombre d'heures travaillées et par le prix unitaire de gasoil. Et pour les machines électriques nous avons la formule suivante :

$$C.c = Q \times H \times PUC$$

$$C.e = P \times H \times PUE$$

Avec :

C.c : cout de la consommation du carburant.

C.e : cout de consommation de l'énergie électrique.

Q : consommation horaire du carburant [l/H].

P : Puissance du moteur de la machine [kW].

H : nombre d'heures travaillées avec l'engin ou de la machine électrique

PUE / PUC : prix unitaire d'un kWh d'énergie électrique et d'un litre de carburant successivement.

13.4 Entretien et pièce de rechange

Pour faciliter le calcul, nous avons pris le cout de l'entretien et la pièce de rechange 20% (d'après l'expérience de plusieurs carrières minières) de l'amortissement journalier de chaque matériel utilisé.

$$C.p = \frac{A(j) \times 20}{100}$$

C.p = cout de la pièce de rechange et d'entretien journalier.

A(j) : Amortissement journalier.

Nj : nombre de jour ouvrable par an.

➤ Calcul du nombre de machine suffisante du sciage

Pour découper une surface de 68 m² il nous suffit :

$$N = \frac{S}{D \times Tp}$$

N : Nombre de machines suffisantes.

D : Le débit des machines à fil diamanté, **D = 5m²/h.**

Tp : le temps de poste de travail journalier (carrière), Tp = 10h.

S : Surface de sciage totale journalière, S= 68 m².

Donc : N = 1,36. Nous prenons N = 2 machines.

14 Recommandation pour l'optimisation des couts

14.1 Les couts de la main d'œuvre

Méthode du repos compensateur équivalent (RCE)

L'unité peut utiliser la méthode du repos compensateur équivalent (RCE) au lieu de payer des heures supplémentaires, à condition d'avoir préalablement conclu un accord collectif, l'employeur peut remplacer le paiement des heures supplémentaires par un repos équivalent qui convertit en temps ce qui aurait normalement été payé en argent. Ce temps pourra être récupéré dans des périodes de basse activité. En plus de faire économiser de grosses sommes à l'employeur, cette technique permettra au salarié de prendre un repos bien mérité.

Sensibilisation des effectifs

Pour tirer le meilleur parti des personnes qui travaillent pour elle, l'unité doit savoir à quoi s'attendre de la part de la main-d'œuvre et utiliser le réservoir de talents existant pour tirer le meilleur parti de ce qui est disponible. Pour optimiser les effectifs actuels, l'entreprise peut :

- Former l'effectifs à d'importantes tâches.
- Aidez les équipes à comprendre les modèles commerciaux qui fonctionnent autour des mines, des usines, des infrastructures et de la durabilité. Cela les incitera à se sentir plus investi dans l'entreprise et les aidera à être plus performants.
- Créez et entretenez une culture qui encourage l'utilisation judicieuse des ressources de l'entreprise et qui décourage les dépenses généralisées.
- Adoptez des pratiques de travail telles que les groupes de travail et la formation polyvalente pour réduire les coûts et utiliser les ressources à bon escient.

14.2 Les frais de pièce de rechange

Les charges de pièces de rechanges représentent 50% du frais des consommables dans la plupart des entreprises minières. Une optimisation et une maintenance efficaces du matériel protègent l'investissement et améliorent le résultat net en minimisant les temps d'arrêt, prolongeant la durée de vie des équipements, réduisant les coûts énergétiques et autres coûts d'exploitation, et en optimisant les performances.

Conclusion

La procédure de gestion de la production des blocs de granite dans la carrière définit les conditions à réunir pour produire des blocs répondant aux normes de qualité en vigueur, avec une utilisation rationnelle des moyens humains et matériels et une application stricte des règles de sécurité.

Chapitre 5

**Description de la conception et le
fonctionnement de l'outil de contrôle.**

V. Description de la conception et le fonctionnement de l'outil de contrôle

1. Introduction

Un système de suivi et de contrôle est nécessaire pour veiller à ce que l'entreprise progresse de manière continue et pour suivre l'impact de ses décisions sur la productivité et la rentabilité.

Pour une meilleure maîtrise et contrôle des coûts, nous allons concevoir un outil sous Excel VBA dans le but de contrôler et structurer les données, pour faciliter le calcul des coûts de chaque opération et optimiser à partir des suivis journaliers.

L'outil a été construit comme un outil de gestion, de façon qu'elle soit convenable à la modélisation de la structure de l'unité, tout au long de la conception, nous veillerons à la facilité d'utilisation et à la simplicité de manipulation de l'outil.

2. L'outil de contrôle

L'outil est un fichier de contrôle des coûts opérationnel, conçu sous Microsoft Excel.

Notre outil s'appuie sur trois feuilles principales, la feuille de données de base (données initiales), la feuille de données journalière et la feuille de résultat.

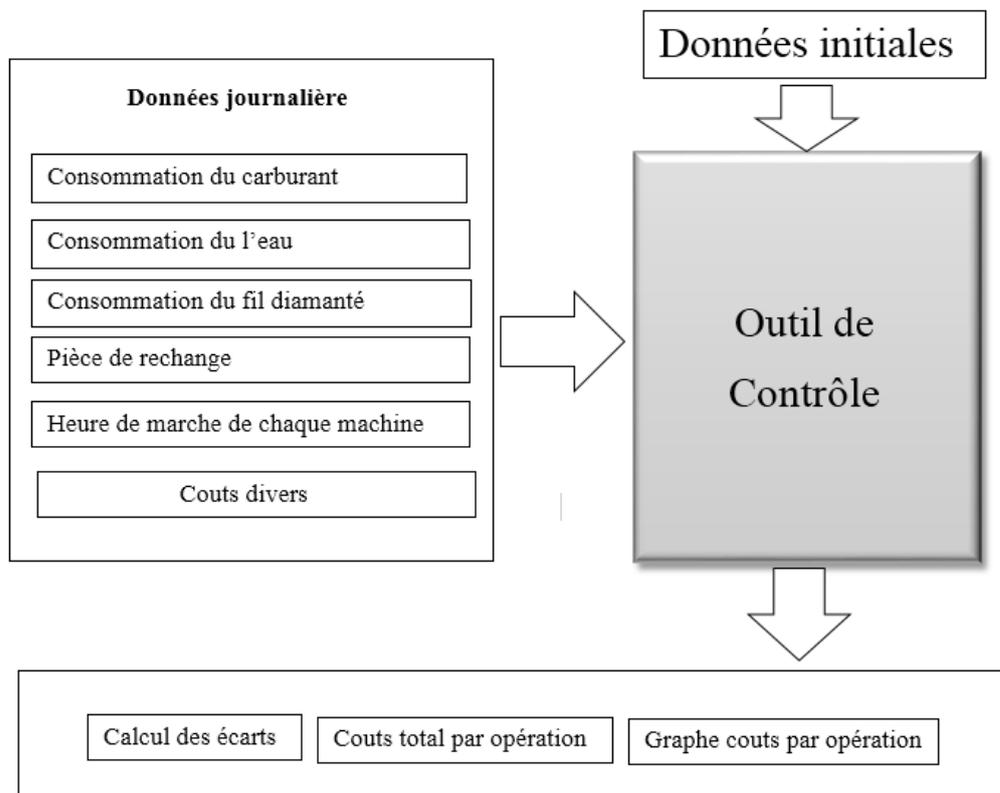


Figure 37 Schéma des entrées et des sorties de l'outil

3. Objectif de l'outil

L'outil proposé a pour objectif principale, le calcul des coûts à partir des suivis journaliers ce qui permettra le contrôle de chaque dépense dans l'unité. La saisie permet d'introduire les

données afin de calculer les coûts directement liés aux opérations journalières (foration, sciage, retaille des blocs, traitement...), donc elle reste limitée aux charges directes.

Le schéma suivant résume les intrants et les sortants de l'outil :

4. Conception de l'outil

L'outil est conçu pour faire en sorte que la procédure de contrôle soit plus automatisée, il est composé de plusieurs feuilles (voir l'annexe) :

4.1 Feuille « Données de base »

Cette feuille rassemblera toutes les données initiales pour l'évaluation et le calcul des coûts opératoires. Ces données porteront sur les moyens humains et matériels, et l'énergie.

Cette feuille se présentera sous plusieurs tableaux :

➤ Tableau moyens matériel

Ce tableau est pour le saisi initial du :

- Matériel
- Type d'acquisition
- Prix d'acquisition
- Durée d'amortissement
- Caractéristiques (type d'énergie, puissance du moteur)

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data table:

Matériels	Location	Type d'énergie	P(Kw)	Prix	D
Machine à fil diamanté type pont avec accessoires	non	Electricité (DA/kWh)	50	354333	15
Machine à fil diamanté type rail avec accessoires	Diesel		60	382733	15
Machine à retaille bloc, châssis mobile sur roue à fixe	Super		25	8571	15
Machine à retaille bloc, châssis mobile	Sans plomb		25	38889	15
Chariot de forage	non	Diesel		2000000	15
Perforateur	non			1500000	15
Armoires électrique type 6*125A+5*63A+1*16A	non	Sans énergie		400000	15
Armoires électrique type 4*125A+10*63A+1*16A		éne		366667	15
Pompe à eau haute pression avec accessoires		ricité		166667	15
Pelle hydraulique sur chenille 52 T		Diesel		4500000	10
Chargeuse sur pneus de 50 à 55 T	non	Diesel		4500000	15
Groupe électrogène 550 KVA	non	Diesel		1000000	15

Callouts in the image point to:

- La puissance des machines électriques**: Points to the 'P(Kw)' column.
- Le type d'acquisition**: Points to the 'Location' column.
- Choix du type d'énergie**: Points to the 'Type d'énergie' column.
- La durée d'amortissement**: Points to the 'D' column.

➤ **Tableau moyens humains**

Dans ce tableau, on saisit le personnel ainsi que le salaire mensuel de chaque personne.

Tableau des moyens humains	
Moyens humains	Masse salariale /mois
Directeur	180000
Responsable d'exploitation	130000
Responsable de production	130000
Responsable RH	120000
Responsable comptabilité	120000
Responsable commerciale	120000
Agent RH	150000
Agent comptable	150000
Agent Commerciale	75000
Acheteur démarcheur	70000
Secrétaire de bureau	70000
Topographe	90000
ingénieur géologue	90000
Ingénieur des mines	100000
Manœuvres	1400000
Electriciens	270000
Mécaniciens	360000
Soudeur	90000
opérateur pont roulant	180000
Conducteur de chariot de forage	180000
Chauffeur lourd	85000

➤ **Tableau prix unitaire des consommables**

On saisit les prix unitaire de l'électricité (Da/kWh) et du chaque consommable, du carburant (Da/l) (Diesel, Super, Sans-plomb, normal), de l'eau (Da/l), ainsi que le prix unitaire du fil diamanté (Da/m).

J	K	L
Les consommables		
	le consommable	Prix unitaire (Da/l)
	Diesel	29,01
	Normal	43,71
	Super	45,97
	Sans plomb	45,62
	Electricité (DA/kWh)	4
	fil diamanté (m)	4 000
	Eau (l)	0,012

4.2 Feuille « Données journalières »

L'utilisateur doit sélectionner les besoins matériels et la main-d'œuvre de chaque opération à partir d'une liste déroulante de ces données que l'utilisateur a déjà les saisi au début, dans la feuille de « données de base ».

1	Ouverture et réparation des plateformes	Matériel	Qtt
		Pelle hydraulique sur chenille 52 T	1
		Pelle hydraulique sur chenille 52 T	1
		Chargeuse sur pneus de 50 à 55 T	1
		Groupe électrogène 550 KVA	1
		Groupe électrogène 1 100 KVA	1
		Chariot élévateur 3 T	1
		Chariot élévateur 5 T	2
		Compresseur à air 7 à 8 Bars	1
		Citerne d'eau fixe 50,000 L	1

Choix du matériel

Personnel		
Montant	Poste	Nombre
	Conducteurs d'engins	3
	Conducteurs d'engins	1
	Manœuvres	1
	Chauffeurs léger	2
	Chef de parc	1
	Soudeurs	1
	Mécaniciens	1

Choix de la main-d'œuvre

Après, l'outil affiche automatiquement le type d'énergie de chaque matériel. L'utilisateur doit saisir la consommation en litre si le matériel marche avec le carburant, sinon il doit saisir l'heure de marche des machines électriques.

Matériel	Qtt	Energie	
		Type d'énergie	Type de saisie
Pelle hydraulique sur chenille 52 T		Diesel	consomation(l/j)
Machine à fil diamanté type pont avec accessoires		Electricité (DA/	Heure de marche

Chaque matériel nécessite des pièces de rechange et du lubrifiant. Ces données doit être saisi avec leur montant.

Il y a des consommables qui sont indispensables pour certaines opérations comme le fil diamanté et du l'eau.

Le tableau « divers » est réservé pour toute autre charge dépensée lors de l'exécution de l'opération.

4.3 Feuille de production

Cette feuille est pour le saisi de la production issu de la carrière et de l'usine.

4.4 Feuille « résultat »

Une fois l'utilisateur a remplis toutes les données nécessaires pour le calcul des couts de chaque opération, il passe à la feuille du résultat par un bouton « voir le résultat ».

Rien ne sera saisi dans cette feuille, tous les résultats souhaités s'afficheront dedans, les couts réels de chaque opération, les couts de référence et les écarts entre eux.

Il y a aussi un histogramme qui illustre les couts réels par rapport aux couts de référence.

Si le cout réel total de chaque opération dépasse le cout de référence, l'écart va être négatif et la cellule correspondante s'affiche en rouge, sinon en vert.

Pour que l'utilisateur consulte plus de détail sur les charges de chaque opération et pour faciliter le procédé, nous avons réalisé une feuille de calcul pour chaque opération qui contient le frais matériel, le frais personnel, les charges d'énergie, du lubrifiant, pièce de rechange, fil diamanté, l'eau et toutes autre charges imprévue.

4.5 Feuilles « op 1, op 2,... »

Elles sont les feuilles de calcul des couts de chaque opération et là où nous allons saisir les couts de références pour chaque charge du cout de l'opération.

Ces feuilles sont très importantes à la prise de décision et l'action corrective pour intervenir à chaque niveau du problème signalé.

Conclusion générale

Conclusion générale

Nous nous sommes intéressés dans cette étude aux coûts liés directement aux opérations de production de granite du projet de COSIDER. L'objectif était de détailler dans le cycle de production et de concevoir un outil permettant le contrôle des coûts réels liés à chaque phase du processus.

Pour cela nous avons classifié et organisé les différentes opérations de production du granite de l'ouverture à l'emballage du produit fini. Puis, nous avons conçu des tableaux pour chaque opération contenant des colonnes pour le saisi des charges journalières dépensées en ce qui concerne : l'amortissement des engins, la masse salariale des personnels, les consommables (énergie, pièces de rechange, ...). La somme de toutes les charges donne le coût journalier de chaque opération.

Le résultat de notre outil se représente dans un tableau comparatif qui calcule les écarts entre les coûts réels et les coûts de références (prévisionnels) tout en illustrant par un graphique les fluctuations des coûts de différentes opérations. L'analyse de cette grille permet de disposer d'informations sur les dépenses de l'entreprise et les référence par opération et par date.

A travers ce projet, nous avons approfondi nos connaissances dans l'économie et la comptabilité analytique. Nous avons eu quelques difficultés à comprendre l'objectif tout d'abord de ce projet, et ensuite dans la réalisation de l'outil qui répond à cet objectif.

Ce travail met un accent sur un enjeu majeur dans la conjoncture économique actuelle « Cost Control » et propose une méthodologie informatisée de calcul et analyse appliquée au processus de production du granite.

Le Cost Control donne aux employés des lignes directrices et des objectifs sur la façon dont ils doivent effectuer leur travail.

Le Cost Control, exercé en permanence, signale les problèmes potentiels afin d'éviter la crise. Il normalise également la qualité et la quantité de la production et fournit aux gestionnaires des informations sur les coûts des objectifs sur les performances des employés. La direction compare le rendement réel au prévisionnel et prend les mesures nécessaires pour corriger les écarts par rapport aux attentes budgétaires. Cela fait du Cost Control un moyen sûr de mettre en œuvre efficacement le budget dans les organisations contemporaines.

Dans ce contexte, ce document recommande donc vivement la création ou le renforcement d'une unité de Cost Control dans toutes les organisations du secteur privé et public. Cela améliorera considérablement la réalisation des objectifs budgétaires de l'entreprise.

En conclusion, nous gardons un agréable souvenir de cette période. L'accomplissement de la mission proposée a été très intéressant et très enrichissante. Elle nous permet d'élargir nos connaissances pluridisciplinaires et de s'enrichir dans le plan personnel.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] N, FAKED.2020. Business plan avec volet financier. Cosider.
- [2] «Résultats des travaux complémentaires sur le gisement de granite de Tesnou 1 wilaya de Tamanrasset». Cosider 2019.
- [3] Guy Galy, Albert Dilax « Évolution des techniques d'extraction du marbre à Caunes-Minervois », Patrimoines du sud [en ligne], 4 / 2016,
- [4] L'EXTRACTION A CIEL OUVERT
https://pierres-info.fr/extraction_a_ciel_ouvert/index.html#TRANSFO
- [5] Silvia Le Goff « Transport de marbre : la sécurité en jeu », transportinfo.fr, 19 septembre 2014
- [6] Extraction et façonnage
<https://www.granitdebretagne.bzh/granits-de-bretagne/extraction-et-faconnage/>
- [7] LA TRANSFORMATION INDUSTRIELLE
http://www.snroc.fr/fr/transformation-industrielle_55.html
- [8] MANUTENTION ET STOCKAGE
<https://www.ariosteaa.fr/ultra-technique/manutention-stockage>
- [9] Granite Marble Stone Packing
<https://www.jhansiredgranite.com/packing.html>
- [10] <http://www.pulitor.com/blades/discs-for-multiblade-block-cutter-machines-for-cutting-granite>
- [11] Kit de gestion pour les départements secondaires <http://www.unit.eu/cours/kit-gestion-ingenieur/general/toc.html>
- [12] Louis Durbulle, Didier Jourdain« Comptabilité analytique de gestion », 2013, P21.
- [13] Jean Magnan de Bornier. 2003-01-16.
<http://junon.univcezanne.fr/bornier/prod/node13.html>.
- [14] R.N.Anthony, Planing and control system, Framwork for analysis, Havard University, 1965.
- [15] ALAZARD CLAUDZ et SEPARI SABINE, contrôle de gestion, manuel et application, 4^{ème} édition,Ed.Dunond, Paris, 1998, P643.
- [16] DECF, contrôle de gestion 4^{ème} edition DUNOD
- [17] El bachir Rouimi, Le contrôle de gestion au service de la performance de l'entreprise, IBN ZOHR, 2010

[18] Henri BOUQUIN, université française spécialiste du contrôle de gestion, « le contrôle de gestion » 4^{ème} éd. PUF

[19] H. Loning, V. Malleret, et autres, « le contrôle de gestion, organisation outils et pratique », 3^{ème} édition, Dunod.

[20] DANIEL W. HALPIN, BOLIVAR A. SENIOR, « financial management and accounting fundamentals for construction », PURDUE UNIVERSITY, 2009

[21] FIDIHERY Toky Tantely, « SYSTEME D'INFORMATION ET ANALYSE DES ECARTS BUDGETAIRES », mémoire, Université d'Antananarivo, 2013

[22] Laurent GRANGER, Guide pour élaborer un tableau de bord, www.manager-go.com, consulté le 20 septembre 2020.

Annexes

Annexe : outil du contrôle

The screenshot shows the Microsoft Excel interface. The ribbon at the top includes the following groups: Font (with options for font face, size, bold, italic, underline, text color, background color), Alignment (with options for horizontal and vertical alignment, wrap text, merge cells), Number (with options for number format, percentage, thousands separator, decimal places, rounding), and Style (with options for conditional formatting and data tables). The spreadsheet grid shows columns B through J. A table is centered in the grid with the following data:

La production journalière	
Carrière	96,153
Usine	1602,56

The bottom of the screenshot shows the worksheet tabs: 'Production' (selected), 'Donnée de base', 'données journalières', 'Résultat' (highlighted in red), 'Op1', 'Op2', 'Op3', 'Op4', 'Op5', and 'Op6'.

Annexe 1 : Feuille de production

D8 Electricité (DA/kWh)

Tableau moyens matériel						Tableau des moyens humains		Les consommables	
Matériels	Location	Type d'énergie	P(Kw)	Prix	D	Moyens humains	Masse salariale /mois	le consommable	Prix unitaire (Dafl)
Machine à fil diamanté type pont avec accessoires	non	Electricité (DA/kWh)	50	3543333	15	Directeur	180000	Diesel	29,01
Machine à fil diamanté type rail avec accessoires	non	Electricité (DA/kWh)	60	3823333	15	Responsable d'exploitation	130000	Normal	43,71
Machine à retaille bloc, châssis mobile sur roue à tête fixe	non	Electricité (DA/kWh)	25	968571	15	Responsable de production	130000	Super	45,97
Machine à retaille bloc, châssis mobile sur roue à tête mobile	non	Electricité (DA/kWh)	25	1138889	15	Responsable RH	120000	Sans plomb	45,62
Chariot de forage	non	Diesel		20000000	15	Responsable comptabilité	120000	Electricité (DA/kWh)	4
Perforateur	non	Diesel		15000000	15	Responsable commerciale	120000		
Armoires électrique type 6*125A+5*63A+1*16A	non	Sans énergie		400000	15	Agent RH	150000	fil diamanté (m)	4 000
Armoires électrique type 4*125A+10*63A+1*16A	non	Sans énergie		366667	15	Agent comptable	150000	Eau (l)	0,012
Pompe à eau haute pression avec accessoires	non	Electricité (DA/kWh)	5	166667	15	Agent Commerciale	75000		
Pelle hydraulique sur chenille 52 T	non	Diesel		45000000	10	Acheteur démarcheur	70000		
Chargeuse sur pneus de 50 à 55 T	non	Diesel		45000000	15	Secrétaire de bureau	70000		
Groupe électrogène 550 KVA	non	Diesel		10000000	15	Topographe	90000		
Groupe électrogène 1 100 KVA	non	Diesel		25000000	15	ingénieur géologue	90000		
Chariot élévateur 3 T	non	Diesel		5000000	10	Ingénieur des mines	100000		
Chariot élévateur 5 T	non	Diesel		7000000	10	Manœuvres	1400000		
Compresseur à air 7 à 8 Bars	non	Diesel		3000000	10	Electriciens	270000		
Citerne d'eau fixe 50,000 L	non	Sans énergie		1500000	10	Mécaniciens	360000		
Citerne à gasoil fixe 50,000 L	non	Sans énergie		1500000	10	Soudeur	90000		
Citerne d'eau transportable 25 000 L	non	Sans énergie		1000000	10	opérateur pont roulant	180000		
Pont roulant	non	Electricité (DA/kWh)	22	5571428,57	20	Conducteur de chariot de fo	180000		
Tracteur routier 6*4	non	Diesel		20500000	10	Chauffeur lourd	85000		
Semi-remorque 40 T	non	Diesel		5000000	10	Chauffeur léger	65000		
Porte engin	non	Diesel		24000000	10	Chef de parc	70000		
Camion à benne 15 T	non	Diesel		22500000	10	Conducteur d'engin	70000		
Fourgon atelier	non	Diesel		8500000	5	Opérateur machine	80000		
Camion-citerne 18 000 L	non	Diesel		12000000	10	Ingénieurs électromécanique			

Production Donnée de base données journalières Résultat Op1 Op2 Op3 Op4 Op5 Op6 Op7 Op8 Op8 ...

Annexe 2 : feuille « données de base »

Voilà le résultat

Vider

Bouton pour passer à la feuille de résultat

Bouton pour vider les cellules oranges

Opération

Numéro de l'opération

1	Matériel	Qtt	Energie			Pièce de rechange		Fil diamanté	Consommation eau	Lubrifiant	Divers	
			Type d'énergie	Type de saisie	heure ou consomm	Détail	Montant				Détail	Montant
	Pelle hydraulique sur chenille 52		Diesel									
	Chargeuse sur pneus de 50 à 55		Diesel									
	Bull		Diesel									
	VTT Pick-Up		Super		consomation(l/j)							
	Camion à benne 15 T		Diesel		consomation(l/j)							
	appareil topo		Sans énergie		sans energie							

2	Matériel	Qtt	Energie			Pièce de rechange		Lubrifiant	Divers	
			Type d'énergie	Type de saisie	heure ou consomm	Détail	Montant		Détail	Montant

	Matériel	Qtt	Energie			Pièce de rechange		Lubrifiant	Divers	
			Type d'énergie	Type de saisie	heure ou consomm	Détail	Montant		Détail	Montant
	Chariot de forage	1	Diesel		consomation(l/j)					
	Perforateur	1	Diesel		consomation(l/j)					

Production | Donnée de base | **données journalières** | Résultat | Op1 | Op2 | Op3 | Op4 | Op5 | Op6 | Op7 | Op8 | Op9 ...

Annexe 3 : Feuille « données journalières »

Le cout réel dépasse le cout de référence

Données initiales

Données journalières

Une couleur rouge apparaîtra

Niveau	Opérations	Cout réel (DA/j)	DA/m3	Couts de référence	Ecart
Carrière	Travaux des pistes et préparation des plateformes	493631,38	5133,81	174404,92	-319226,46
	Elaboration des plans d'exploitation	0,00	0,00	0,00	0
	Foration	20331,91	211,45	14530,00	-5801,91
	Sciage	1574,07	16,37	0,00	-1574,07
	Ecartement, basculement et retaille des blocs	18127,19	188,52	18128,00	0,81
	Entreposage des blocs	6730,77	70,00	55384,62	48653,85
Acheminement	Chargement et transport des blocs	17948,72	186,67	999,00	-16949,72
	Déchargement et Stockage des blocs	892,86	9,29	895,00	2,14
Niveau	Opérations	Cout réel (DA/j)	DA/m2	Couts de référence	Ecart
Usine	Découpage vertical et horizontal	53281,51	33,25	53282,00	-0,49
	Polissage et dimensionnement	0	0,00	1555,00	1555,00
	Emballage et Entreposage du produit finis	0	0,00	9999999,00	9999999,00
	Livraison du produit	0	0,00	9999999,00	9999999,00

Une couleur verte

Le cout réel ne dépasse pas le cout de référence

production | Donnée de base | données journalières | **Résultat** | Op1 | Op2 | Op3 | Op4 | Op5 | Op6 | Op7

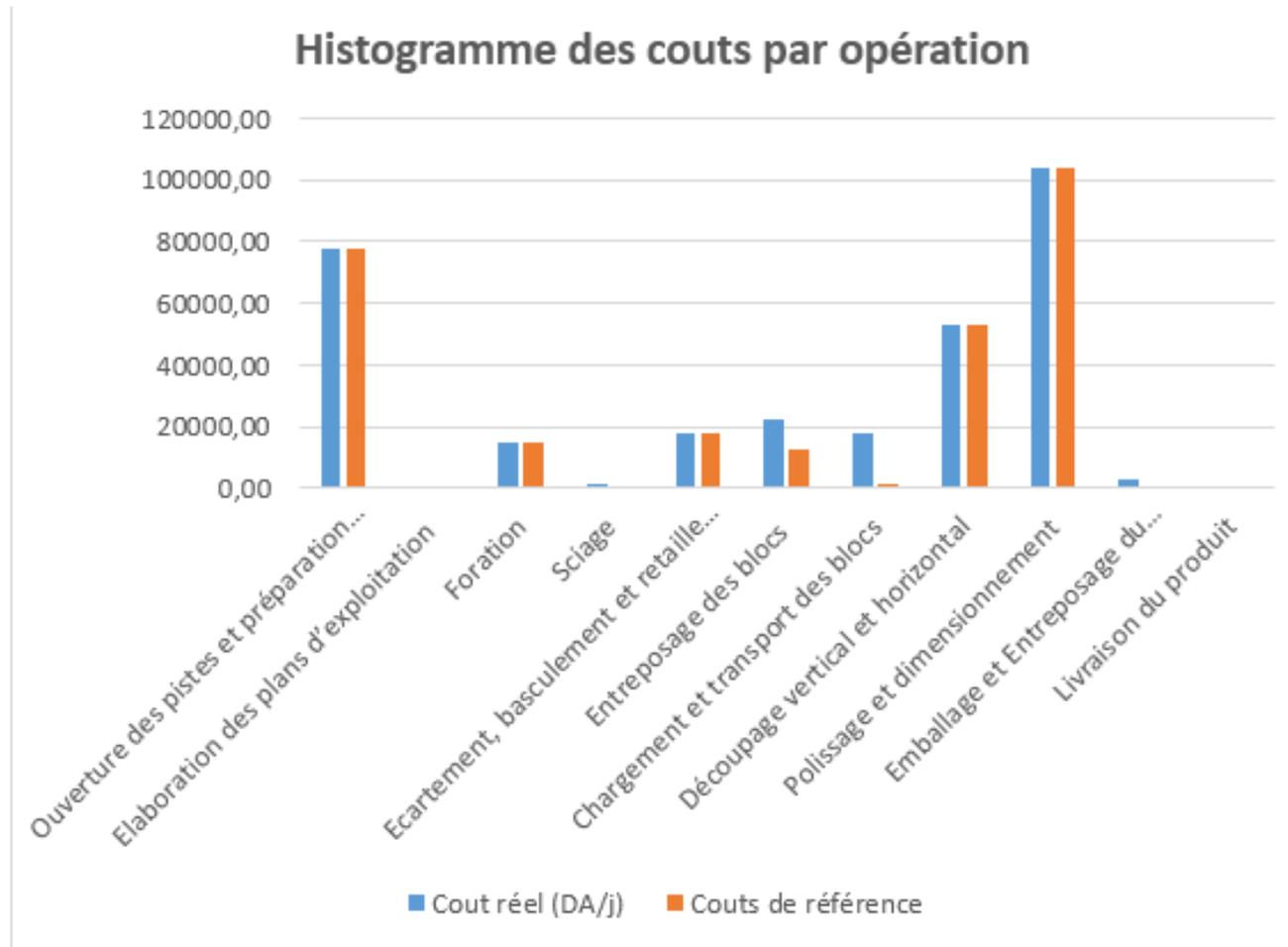
Annexe 4 : Feuille « Résultat »

Frais matériel							Lubrifiant	Energie				Pièce de rechange	diamant	Eau		Divers	Frais personnel				
Matériel	Qt	Location	Durée	Prix	Amortissement	Total (Da/j)	l/j	Type d'énergie	Prix unitaire	Puissan	Total (Da/j)	Montant	Prix unitaire	Total	Prix unitaire	Total (DA/j)	Montant(Da/	Personnel	Eff	Masse sal	Total (Da/j)
Pelle hydraulique sur chenille 52 T	1	non	10	45000000	4500000	14423,07692	20	Diesel	29,01	0	5802	10000	4000	4E+05	40,95	0	0	Conducteurs d'op	3	90000	10384,62
Chargeuse sur pneus de 50 à 55 T	1	non	15	45000000	3000000	9615,384615	0	Diesel	29,01	0	0	0	4000	0	40,95	0	0	Chauffeur léger	1	65000	2500
Bull	1	non	5	14482635	2896527	9283,740385	0	Diesel	29,01	0	0	0	4000	0	40,95	0	0	Chauffeur lourd	2	85000	6538,462
VTT Pick-Up	1	non	5	5000000	1000000	3205,128205	0	Super	45,97	0	0	0	4000	0	40,95	0	0	Topographe	1	90000	3461,538
Camion à benne 15 T	2	non	10	22500000	2250000	14423,07692	0	Diesel	29,01	0	0	0	4000	0	40,95	0	0	Ingénieur des mir	1	100000	3846,154
appareil topo	1	non	5	200000	40000	128,2051282	0	Sans énergie	0	0	0	0	4000	0	40,95	0	0		0		
	0					0						0	4000	0	40,95	0	0		0		
	0					0						0	4000	0	40,95	0	0		0		
	0					0						0	4000	0	40,95	0	0		0		
	0					0						0	4000	0	40,95	0	0		0		
Total						51078,61218	20				5802	10000		4E+05		0	0	Total	8		26730,77

	Coûts r	Coûts de r	Ecart
Frais matériel	51078,61	51078,61	0,00
Frais personnel	26730,77	117692,31	90961,54
Lubrifiant	20,00	21,00	1,00
Energie	5802,00	5613,00	-189,00
Consommation de l'eau	0,00		0,00
Fil diamanté	400000,00		-400000,00
divers	0,00		0,00
Pièce de rechange	10000,00		-10000,00
Total	493631,38	174404,92	-319226,46

Tableau des charges totales	

Annexe 5 : feuille « opération »



Annexe 6 : Histogramme des coûts