

République Algérienne Démocratique et Populaire

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique*

Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie Minier



Projet de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

Thème

*Recherche de corrélation entre
la quantité produite et les coûts opérationnels
« utilisation des régressions simples »*

Application : Entreprise Nationale des Granulats E.N.G

L'unité de Si-Mustapha

Présenté par :

 **AISSANI Ahmed Amine**

 **KAMEL Younes**

Proposé et dirigé par :

D^r A. AIT YAHATENE

Promotion : juin 2011

Remerciement

Nous voudrions avant d'entamer la présentation de ce mémoire remercier DIEU tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage d'établir ce travail.

Nous adressons également nos vifs remerciements à tous ceux et celles, de près ou de loin, qui nous ont aidé à élaborer ce mémoire.

Notre gratitude va plus particulièrement à :

*Notre promoteur **Dr A. AIT YAHIA TENE** car ces appréciations et remarques ont été précieuses pour mener à terme ce travail.*

*Notre immense reconnaissance à toute l'équipe travaillante à la carrière de Si-Mustapha, leur contribution en données et leurs générosités si rare méritent un grand éloge. Et particulièrement à Messieurs **Arezki ZAIDI** et **Rabah AMRANI**.*

Ainsi que l'ensemble des enseignants qui nous ont suivis durant notre cycle d'étude, plus spécialement ceux du département Génie Minier.

*Nos respects aux membres du jury : **Mr. HASBELLAOUI** et **Mme S. CHBOU** qui nous feront l'honneur de juger notre travail.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- *Mes très chers parents pour leur compréhension, sacrifice, patience leur soutien et encouragements, sans eux je n'aurai pas pu arriver à ce stade ;*
- *Mes très chers frères Abd Elwahab, Keir Eddine et Mehdi ;*
- *Mon grand-père et mère, Ma grande-père et mère, mes tantes: Hmama, Djamila, Naima et Amina, mon oncle Omar et toute ma famille;*
- *Tous mes amis de l'école nationale polytechnique qui ont contribué à rendre ces cinq dernières années plus agréables, à Salah (El-Houma), Redhouane, Omar, Farid, Arrachid GACEM et Ahmed EL-AICHAOUI qui m'aident et me soutiennent au quotidien, à ma promotion, et à mes amis d'ailleurs Mohamed Ali, Salim, Sofiane et Hicham, sans que j'oublie mes collègues de scout.*

A.A. AISSANI

Je dédie ce modeste travail à :

- *A mes très chers parents ;*
- *A mon frère Abderaouf ;*
- *A mes sœurs ;*
- *A mes tantes et leurs fils;*
- *A tous les membres de ma famille ;*
- *A tous mes amis de l'école nationale polytechnique.*

Y.KAMEL

ملخص

هذا العمل يهدف إلى تحديد دوال تقديرية لتكلفة الإنتاج، وسيتم استخدامها في تنبؤ تكاليف كل عملية إنتاجية على حدا في محجره سي مصطفى.

لتحقيق هذا الهدف استخدمنا أسلوب الانحدار الخطي البسيط على عينة من 31 يوما، مع استعمال متغيرين اثنين (التكلفة اليومية وكمية الإنتاج اليومي)، والتي ساعدتنا على أن تحديد نوع العلاقة التي تربط هذين المتغيرين، وتوفير أداة لدعم اتخاذ القرار في الشركة المعنية.

كلمات رئيسية : محجره، تحديد التكاليف والإنتاج، دوال التكاليف الإجمالية والتكاليف التشغيلية، التقدير، التنبؤ، الانحدار الخطي البسيط، أخذ القرار.

Résumé

Ce travail consiste à déterminer des fonctions estimées pour des coûts de production. Elles seront utilisées pour prévoir les coûts opérationnels correspondant à une quantité d'agrégat produite au niveau de la carrière de Si-Mustapha.

Pour atteindre cet objectif nous avons utilisé la méthode des régressions linéaires simples sur un échantillon de 31 jours, contenant deux variables (le coût journalier et la quantité d'agrégat produite), ce qui nous a aidé à conclure sur le type de corrélation qui relie ces deux variables et de mettre à la disposition de l'entreprise un outil de plus d'aide à la décision.

Mots clés : Carrière, identification des coûts, production, fonction des coûts, coûts total, coût opérationnel, estimation, prévision, régression, décision.

Abstract

The aim of this study is to determine the estimated functions for the production costs, which it might be used to foresee the operational costs corresponding to a quantity of aggregates produced by the career of Si-Mustapha.

To reach this goal, we used the method of a simple linear regression on a sample of 31 days, that contain two (02) variables such as the daily cost and the quantity of aggregates produced, which in fact enables us to conclude and verify the correlation type that links these two variables and set under the order of the relevant enterprise one more tool of decision making.

Key words: Career, identifying costs, production, total costs, operational costs, estimation, prediction, regression, decision.

TABLE DES MATIERES

Introduction générale	01
Chapitre I: Présentation de l'unité, généralités sur le gisement et la carrière de Si-Mustapha	03
1. Introduction :	4
2. Présentation de l'entreprise :	4
3. Présentation de l'unité de Si-Mustapha :	5
3.1 Organisation :	5
3.2 Régime de travail :	5
3.3 Moyens humains :	7
4. Situation géographique de gisement :	7
4.1 Limitation de gisement :	8
5. Géologie du gisement :	10
5.1 Stratigraphie :	10
5.2 Tectonique :	10
5.3 Hydrogéologique :	11
5.4 Caractéristiques de la roche :	11
5.4.1 Pétrographie :	11
5.4.2 Caractéristiques minéralogiques :	11
5.4.3 Caractéristiques chimiques :	11
5.4.4 Caractéristiques mécanique et physique :	12
5.5 Réserves géologiques :	13
6. Exploitation du gisement :	14
6.1 Principe générale :	14
6.2 Conditions actuelles d'exploitation du gisement de Si-Mustapha :	14
6.3 les éléments géométriques du plan de tir :	16
6.4 Type d'amorçages :	17
6.4.1 Les explosifs :	18
6.4.2 Remplissage du trou de mine :	19
7. Traitement mécanique des roches :	20
Description du processus des différentes installations de concassage de l'unité :	20
7.1 L'installation primaire :	20
7.2 Les installations secondaires :	22

Chapitre II: Identification des coûts au niveau de l'unité de Si-Mustapha.....	25
I. Introduction :.....	26
II. Notions Générales :.....	26
<hr/>	
1. Définitions :.....	26
2. Les différents types de coûts :.....	26
2.1 Les coûts fixes et les coûts variables :.....	26
2.2 Les charges directes et indirectes :.....	27
3. Les méthodes de calcul :.....	28
3.1 Les coûts complets :.....	28
3.2 Les coûts directs :.....	28
3.3 Les coûts standards ou préétablis :.....	28
4. L'utilité de chaque méthode :.....	28
4.1 L'utilité des coûts variables :.....	28
4.2 L'utilité des coûts complets :.....	28
4.3 L'utilité des coûts directs :.....	28
4.4 L'utilité des coûts standards :.....	28
5. Les fonctions de coût :.....	29
5.1 Le coût total (CT) :.....	29
5.2 Le coût unitaire moyen :.....	31
5.3 Le coût marginal :.....	31
5.3.1 La maximisation du profit :.....	32
5.3.2 Aide à la décision :.....	32
6. L'amortissement :.....	33
6.1 Définition :.....	33
6.2 Calcul d'Amortissement :.....	33
III. Identification des coûts au niveau de l'unité de Si-Mustapha:.....	34
<hr/>	
A. Introduction :.....	34
B. Structuration des coûts :.....	34
1. Identification du coût de l'unité de Si-Mustapha par chapitre de dépense :.....	35
1. Les coûts variables directement liés à la production :.....	36
1.1 Consommable sortie du magasin :.....	36
1.2 L'énergie électrique :.....	41
1.3 Les frais de minage :.....	41
2. Les coûts variables indirectement liés à la production :.....	43

2.1 Les consommables d'administration et de service maintenance :	43
2.2 Prestation du transport :	43
2.3 Impôt et taxe :	43
2.4 Sous-traitance des travaux :	44
3. Les coûts fixes directement liés à la production :	44
3.1 Les frais d'amortissement :	44
3.2 Les frais des personnels (services productifs) :	49
4. Les coûts fixes indirectement liés à la quantité produite :	49
4.1 Frais des personnels (services administratifs) :	49
4.2 Frais de formation :	50
4.3 Les frais du transport d'explosif :	50
4.4 Les frais liés à l'entretien curatif :	51
2. Identification du coût de l'unité de Si-Mustapha par opération :	51
1. Les coûts directement liés aux opérations de production :	51
2. Les coûts indirectement liés aux opérations de production :	51

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût :.....52

1. Introduction :	53
2. Analyse de la régression simple :	53
2.1 Modèle de régression linéaire simple :	53
2.2 Equation de la régression linéaire simple :	53
2.3 L'équation estimée de la régression linéaire :	54
3. La méthode des moindres carrés :	55
4. Variation expliquée et inexpliquée :	59
4.1 La variation expliquée par le modèle:	59
4.2 La variation inexpliquée par le modèle:	59
4.3 La variation totale de y:	59
4.4 Relation entre SCT, SCreg et SCres :	59
4.5 Coefficient de détermination r^2 :	60
4.6 Coefficient de corrélation r :	60
5. Inférence sur les paramètres du modèle	60
5.1 Test sur la pente β_1 :	60
5.2 Inférence concernant le paramètre β_0 :	60
6. Estimation et prévision :	62

6.1 Estimation ponctuelle :	63
6.2 Estimation par intervalle :	63
6.2.1 Estimation par intervalle de confiance de la valeur moyenne de y :	63
6.2.2 Estimation par intervalle de prévision d'une valeur individuelle de y :	64
7. Détermination des fonctions du coût :	65
7.1 La fonction du coût total :	65
7.1.1 Analyse des données :	65
7.1.2 Remarque et conclusion :	67
7.1.3 La nouvelle approche de la fonction du coût total :	67
7.1.4 Détermination de la fonction du coût total par régression linéaire simple :	69
7.1.5 Validation du modèle du coût total :	74
7.2 Les fonctions des coûts opérationnels :	76
7.2.1 Détermination des différentes fonctions du coût opérationnel par régression linéaire simple :	78
7.2.2 Interprétation des graphes :	84
7.2.3 Interprétation des différents modèles opérationnels :	85
7.2.4 Conclusion et constatation sur les différents modèles estimés :	90
7.3 Approche de la fonction du coût unitaire :	91
7.3.1 Détermination de la fonction du coût unitaire :	95
7.3.2 Analyse de la fonction du coût unitaire de la tonne:	96
7.3.3 Remarque :	97
Conclusion générale	98

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Organigramme de l'unité de Si-Mustapha	5
Figure I.2 : Organigramme de service carrière de l'unité Si-Mustapha.....	6
Figure I.3 : Carte de situation géographique de l'unité de si Mustapha.....	7
Figure I.4 : Situation topographique du périmètre d'étude	9
Figure I.5 Les différentes étapes d'exploitation dans une carrière.....	14
Figure I.6 : Les niveaux d'exploitation et de décapage.....	15
Figure I.7 :Les éléments géométriques du plan de tir.....	16
Figure I.8 : Schéma descriptif du plan d'amorçage.....	18
Figure I.9 : Plan de chargement d'un trou de mine.....	19
Figure I.10 : Schématisation de la station primaire.....	21
Figure I.11 : Schématisation de la station secondaire DRAGON.....	23
Figure I.12 : Schématisation de la station secondaire SANDVICK.....	24

Chapitre II

Figure II.1 : Proportionnalité entre les coûts et la quantité produite.....	27
Figure II.2 : Courbe du coût total, du coût fixe et du coût variable.....	30
Figure II.3 : L'optimum technique et l'optimum économique	32
Figure II.4 : Photo prise d'un bon de consommation.....	40
Figure II.5 : Photo prise d'un bon de sortie.....	40

Chapitre III

Figure III.1 : Droites de régression possibles dans une régression linéaire simple.....	54
Figure III.2 : Processus d'estimation dans le cadre d'une régression linéaire simple.....	54
Figure III.3 : Ajustement d'une droite de régression par la méthode des moindres carrés.....	55
Figure III.4 : La fonction des coûts totaux estimée dans un premier essai :	65
Figure III.5 : Equation du coût total estimée par régression	70
Figure III.6 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût total estimé $\hat{y}(x)$	74
Figure III.7 Le pourcentage des coûts pour chaque opération de production :	77
Figure III.8 Les équations des coûts opérationnels estimées par régression.....	83

Figure III.9 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}(x)$ pour le décapage.....	85
Figure III.10 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}(x)$ pour l'abattage	86
Figure III.11 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}(x)$ pour le chargement.....	87
Figure III.12 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}(x)$ pour le transport.....	88
Figure III.13 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}(x)$ pour le traitement.....	89
Figure III.14 : Nuage de point de l'échantillon de la production et prix de revient unitaire du mois de Mars :.....	93
Figure III.15 : Courbe de tendance de la fonction «exponentielle »de l'échantillon de la production et prix de revient unitaire journaliers du mois de Mars.....	94
Figure III.16 : Courbe de tendance de la fonction « Puissance »de l'échantillon de la production et prix de revient unitaire journaliers du mois de Mars.....	94
Figure III.17 : Courbe de la fonction unitaire de l'échantillon de la production et prix de revient unitaire journaliers du mois de Mars	96

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Les différentes filiales de l'ENG	4
Tableau I.2 : Effectif de l'unité.....	7
Tableau I.3 : Les coordonnées UTM qui délimite le gisement de Si-Mustapha	8
Tableau I.4 : Résultat moyen des analyses chimiques.	11
Tableau I.5 Caractéristique qualitative de la matière première :	12

Chapitre II

Tableau II .1 : Classification des coûts selon leurs natures	35
Tableau II.2 : Documents utilisés pour la gestion des stocks.	38
Tableau II .3 : Quelques exemples d'articles consommé par les services administratifs.	43
Tableau II .4 : Valeur d'acquisition, amortissement des engins de découverte d'abattage :	45
Tableau II .5 : Valeur d'acquisition, amortissement des engins de chargement :	45
Tableau II .6 : Valeur d'acquisition, amortissement des engins de transport :	46
Tableau II .7.a : Valeur d'acquisition, amortissement des équipements de traitement (station primaire et secondaire « DRAGON ») :	47
Tableau II .7.b : Valeur d'acquisition, amortissement des équipements de traitement (station secondaire SANDVICK) :	48
Tableau II .8.a : Les frais du personnel du mois de mars (service carrière et traitement)	49
Tableau II .8.b : Les frais du personnel du mois de mars (service carrière et traitement)	49
Tableau II .9 : Les frais et la durée de chaque formation prévue en 2011	50
Tableau II .10 : Les frais du transport d'explosif :	50
Tableau II .11 : Les coûts liés à l'entretien curatif pour chaque opération:	51

Chapitre III

Tableau III.1 : Coûts et production journaliers.....	54
Tableau III.2 : Coûts opérationnels et productions journaliers.....	54
Tableau III.3 : Détermination des différents modèles opérationnels par régression simple.....	79
Tableau III.4 : Quantité de production et prix de revient de production	92



INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Gérer une entreprise productive, aujourd'hui plus que jamais, consiste à rechercher la maîtrise de son devenir.

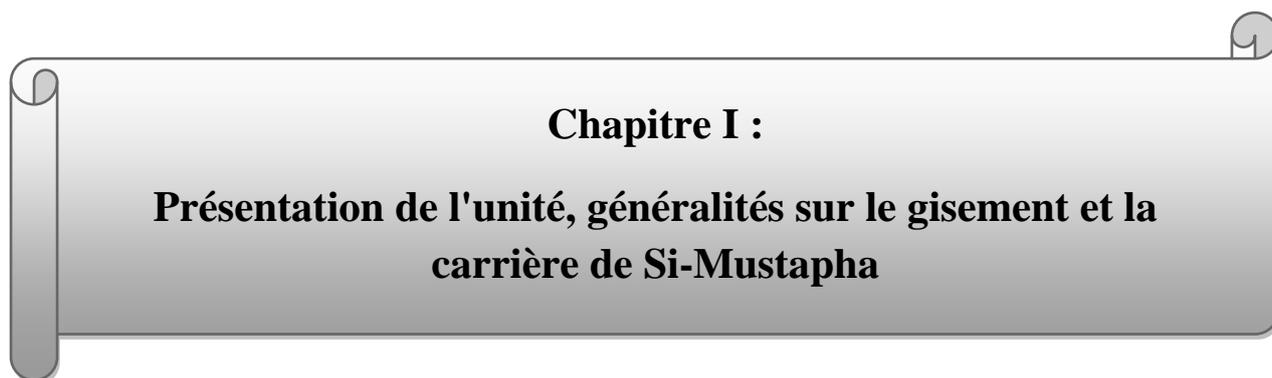
La maîtrise de gestion prévisionnelle nécessite de contrôler les différentes charges et dépenses réalisées par l'entreprise. Pour ce faire il faut tout d'abord une identification journalière des coûts. Malheureusement, l'absence de la comptabilité analytique au sein de l'entreprise « E.N.G » a compliqué le travail sur le prélèvement d'un échantillon des coûts journaliers.

Cette absence nous a obligé de suivre les mouvements des dépenses au sein de l'unité de Si-Mustapha durant le mois de mars. Au cours de cette période nous avons identifié un échantillon de 31 jours contenant ces charges.

Après identification d'échantillon, une estimation des fonctions du coût total ainsi que le coût opérationnel sera faite en appliquant la méthode des régressions simples.

La fonction du coût total nous aide à optimiser la production et nous donne la possibilité de contrôler la marge bénéficiaire de l'entreprise. Cependant les fonctions des coûts opérationnels nous aideront à identifier les opérations qui pour une raison ou une autre font l'objet d'une dépense excessive.

Le modèle obtenu s'il arrive à être validé peut constituer un précieux outil d'aide à la décision.



Chapitre I :
**Présentation de l'unité, généralités sur le gisement et la
carrière de Si-Mustapha**

1. Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de présenter l'Entreprise Nationale des Granulats « E.N.G » unité de Si-Mustapha, la géologie du gisement de granodiorite de Djebel Boukhenfer, ses caractéristiques, son mode d'exploitation, le fonctionnement de la carrière et le traitement mécanique des roches.

2. Présentation de l'entreprise :

Dénomination : Entreprise Nationale des Granulats « E.N.G ».

Statut juridique : EPE (Entreprise Publique Economique) et SPA (Société Par Action).

Date de création de l'entreprise : le 01/01/1987 à la suite de la restructuration de la société nationale des matériaux de construction "SNMC".

Capital Social : trois milliards de dinars.

L'ENG est une entreprise de production, de commercialisation et de développement des granulats, son patrimoine est constitué de neuf carrières de granulats réparties sur le territoire national :

Tableau I.1 : les différentes filiales de l'ENG

<i>Région</i>	<i>Unité</i>	<i>willaya</i>
<i>Centre</i>	El-Hachimia	BOUIRA
	Si-Mustapha qui fait l'objet de notre étude	BOUMERDES
<i>Ouest</i>	Sidi Ali Benyoub	SIDI BEL-ABBES
	Chaabat El-Leham	AIN-TEMOUCHENT
	El-Maleh	AIN-TEMOUCHENT
	Sidi Abdelli	TELEMCEN
<i>Est</i>	Elma Laabiod	TEBESSA
	El Khroub	CONSTANTINE
	Ain-Touta	BATNA
	Ben Azouz	SIKIKDA

Dans le cadre de son activité, l'ENG évolue dans des marchés fortement concurrentiels, dans la production et la commercialisation de granulats qui est l'appellation scientifique des produits d'agrégats qui comprennent :

- Sables (0/3 et 0/4 mm)
- Gravillons (3/8 ou 4/8, 8/15, 15/25 et 25/40 mm)
- Ballasts voies ferrées (25/50 mm)
- TVC (tout venant de carrière) (0/100 ,0/400 et 0/1000 mm)
- Pré-criblés (0/25, 0/40, et 0/70 mm).

3. Présentation de l'unité de Si-Mustapha :

L'unité de Si-Mustapha est subdivisée en plusieurs services qui s'accomplissent entre eux pour donner un meilleur fonctionnement à l'entreprise.

3.1 Organisation :

L'organigramme de l'unité est représenté sur la figure I.1 :

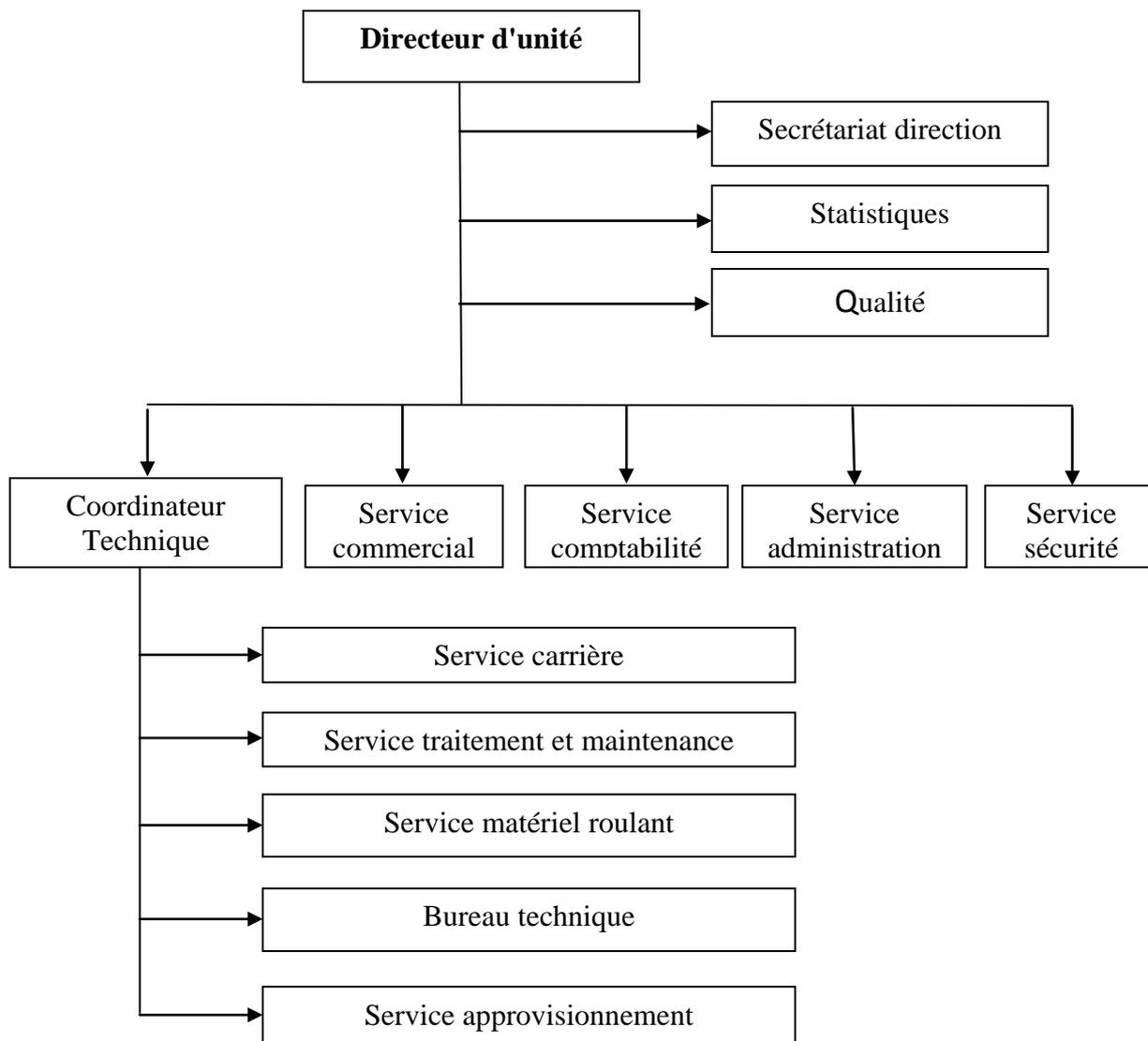


Figure I.1 : Organigramme de l'unité de Si-Mustapha

Le service carrière est décomposé comme suit :

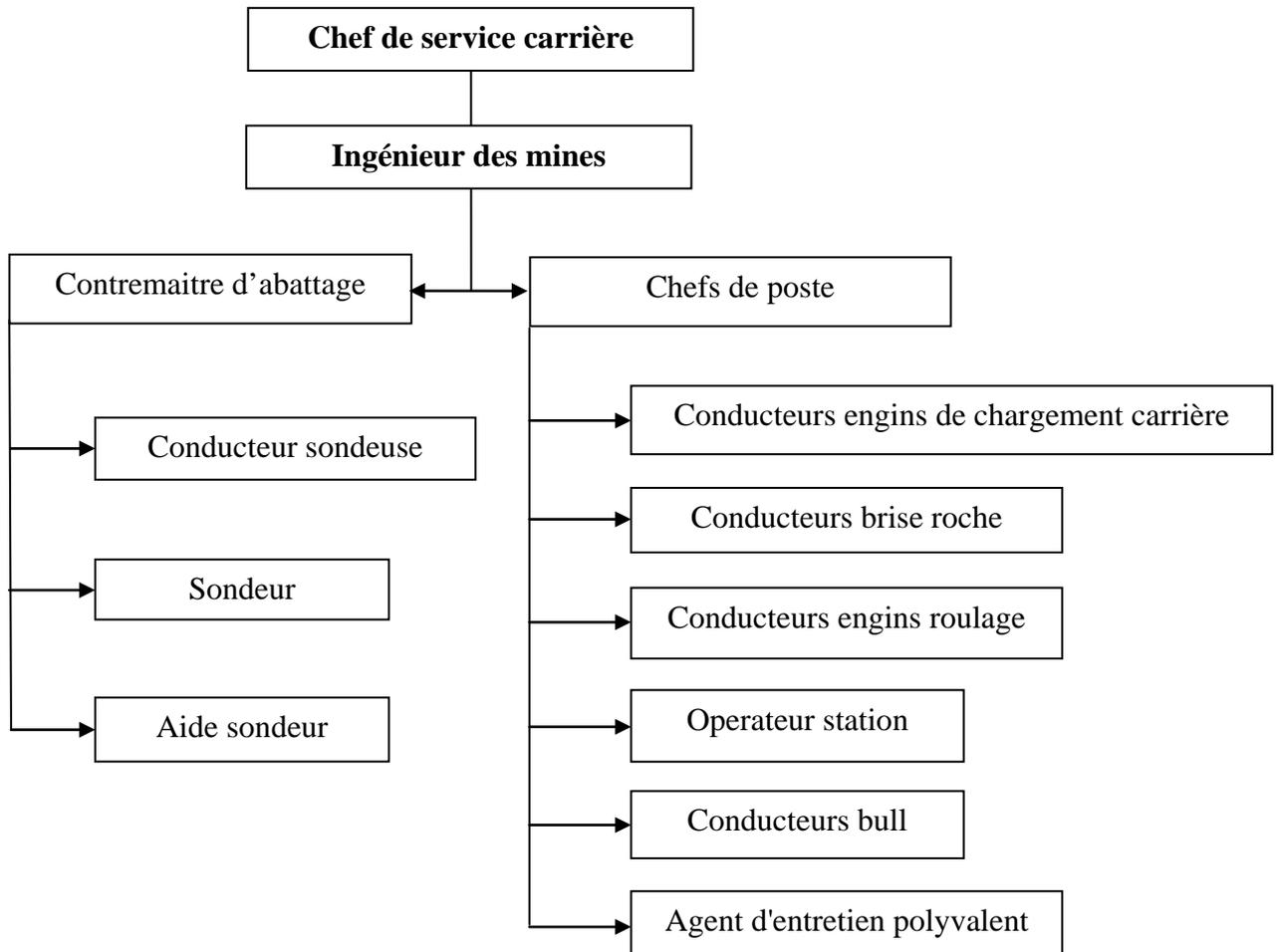


Figure I.2 : Organigramme de service carrière de l'unité Si-Mustapha

3.2 Régime de travail :

La carrière de Si-Mustapha fonctionne selon le régime suivant :

- ✓ Le nombre de jours ouvrables par semaine :
 - Transport, chargement, forage, abattage et concassage 7 jours.
 - L'administration et le service de maintenance5 Jours.
- ✓ Le nombre de postes de travail..... 1 postes /jour.
- ✓ Le nombre d'heures de travail par poste :
 - Transport, chargement, forage, abatage et concassage 12 H/ j
 - L'administration et le service de maintenance 8 H/ j

Pour assurer le bon fonctionnement de la carrière, deux postes de travail s'alternent successivement chaque deux jour.

3.3 Moyens humains :

Tableau I.2 : Effectif de l'unité

Groupe	Permanents					Temporaires	Apprentis	Totaux
	Cadre sup	Cadres	Maitrise	Exécution	S/total			
Nombre d'agents	1	8	32	69	110	31	1	142

4. Situation géographique de gisement :

Le gisement de Si-Mustapha est situé à 53 km à l'Est d'Alger et à 3 km au Nord-Est de la ville de Thénia, on accède au site via un chemin de wilaya qui relie la ville de Thénia à Zemmouri sur une distance de 3 Km. Administrativement il est rattaché au territoire de la commune de Si Mustapha.

- Lieu dit :Djebel Boukhenfer.
- Commune :Si-Mustapha.
- Daïra :ISSER.
- Wilaya :Boumerdès.

La région d'étude est caractérisée par une agriculture développée et une industrie en expansion, les conditions d'infrastructure sont bonnes.

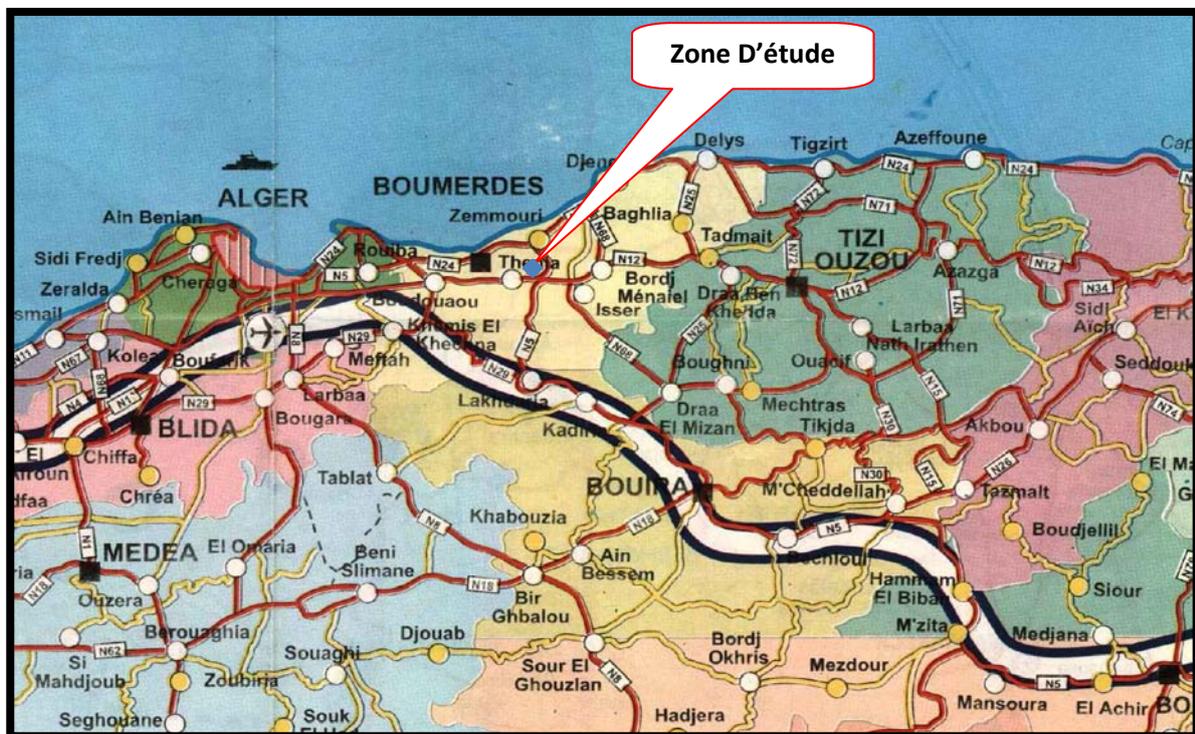


Figure I.3 : Carte de situation géographique de l'unité de si Mustapha

Extrait de la Carte touristique de l'Algérie de Nord Echelle 1/1 000 000°

4.1 Limitation de gisement :

Le gisement est situé dans la partie centrale du massif Djebel Boukhenfer. Géomorphologiquement le massif représente une élévation ovale de 411.2 m, en s'étendant dans la direction Nord-Ouest. Le gisement est défini par les coordonnées UTM ci-après, avec une superficie du 59 Ha,

Tableau I.3 : les coordonnées UTM qui délimite le gisement de Si-Mustapha

Borne	X	Y	Borne	X	y
1	552 800	4 065 800	13	552 000	4 065 500
2	552 800	4 065 700	14	552 000	4 065 600
3	552 700	4 065 700	15	552 100	4 065 600
4	552 700	4 065 600	16	552 100	4 065 700
5	552 600	4 065 600	17	552 300	4 065 700
6	552 600	4 064 800	18	552 300	4 065 900
7	552 200	4 064 800	19	552 400	4 065 900
8	552 200	4 065 200	20	552 400	4 066 000
9	552 000	4 065 200	21	552 600	4 066 000
10	552 000	4 065 300	22	552 600	4 065 900
11	551 900	4 065 300	23	552 700	4 065 900
12	551 900	4 065 500	24	552 700	4 065 800



Figure I.4 : Situation topographique du périmètre d'étude

Extrait de la Carte Topographique de BORDJ MENAIEL à l'Echelle. 1/50 000, Feuille N° NJ-31-V 4.

5. Géologie du gisement : [14]

5.1 Stratigraphie :

Les formations qui constituent la région du gisement de granodiorite Si-Mustapha sont représentées par le **Précambrien**, le **Néogène**, le **Quaternaire** et par des roches effusives et intrusives.

- Le **Précambrien** est formé par une série de schistes et de phyllades cristallins affleurant sur les talus et dans le Nord de la crête de BOU AROUS et renfermant des lentilles et des lits de calcaires marmorisés.
- Le **Néogène** est représenté par des dépôts miocènes et pliocènes.
 - Les dépôts **miocènes** comprennent des termes burdigaliens et helvétiens.
 - Le **Burdigalien** se développe dans la partie Sud-ouest de la région où il est représenté par des conglomérats rouges à blocs et galets avec passées gréseuses, des marnes bigarrées et des grés calcaires jaunâtres.
 - Les formations **helvétiennes** bordent, en bande étroite (jusqu'à 2.5 km), au Sud, au Nord et à l'Est les affleurements précambriens. Elles sont représentées par une série volcano-sédimentaire comprenant des conglomérats, des laves acides et des tufs.
 - Les dépôts **pliocènes** forment, par excellence, des zones de relief qui sont représentés par des marnes argileuses, des argiles calcaires avec rares passées de calcaires d'épaisseur décimétrique (Plésoncien) et des marnes gréseuses intercalées de grés calcaires (Astien).
- Les dépôts **Quaternaires** sont constitués de galets villafranchiens pluridimensionnels friables brun-rouge. Les galets sont représentés par les débris schisteux et phylliteux de grés et de quartz immergés dans du sable argileux à grains non calibrés.

5.2 Tectonique :

La carrière a été implantée à proximité de la faille régionale de Thénia, dans la partie Sud du massif de granodiorite, caractérisée par une puissante zone d'altération et d'hématisation et affectée par d'intenses mouvements tectoniques.

La région du gisement est caractérisée par un contexte tectonique complexe ; prédominance des accidents tectoniques E-W. Au Sud et Nord, le massif de granodiorite se trouve en contact tectonique avec les roches encaissantes. Vers le Sud, le contact passe par une faille qui est bien masquée sous les terrains quaternaire apparaît nettement sur les photos aériennes 1/25 000.

Les séries métamorphiques précambriennes forment un synclinal orienté sensiblement E-W dont les flancs sont affectés par des failles longitudinales. Le cœur de l'anticlinal est constitué de phyllades et les flancs de schistes cristallins. L'anticlinal s'étend sur une dizaine de km avec une amplitude des ailes atteignant 2,5 à 3,5 km. Il est compliqué par de nombreux accidents tectoniques locaux d'extension longitudinale, de zones de schistification intense et de petits plis.

Les accidents tectoniques sont orientés essentiellement N-W et sensiblement E-W : certaines failles prennent des directions N-E et approximativement N-S.

La fissuration a par ailleurs gagné l'ensemble du massif de granodiorite par endroit, elle forme un système de fissures faiblement prononcé, distantes de 10-80 cm, qui s'entendent en direction Ouest et N-O avec des pendages N et N-E 70-75°.

Le pourcentage d'agrégats de granodiorites meubles et altérées ne dépasse pas 5-10% du volume de ces zones.

5.3 Hydrogéologie :

La région est sillonnée par un réseau d'oueds bien développé, dont l'oued BOUDOUAOU et l'oued ISSER avec ses nombreux affluents, passant respectivement à 13 km à l'ouest et à 4 km au Sud du gisement.

La haute perméabilité des granodiorite fissurées favorise l'infiltration des eaux atmosphérique. La topographie disséquée de la région du gisement facilité l'émergence des eaux souterraines dont la quantité est fonction des précipitations annuelles qui peuvent atteindre 800 mm.

5.4 Caractéristiques de la roche :

5.4.1 Pétrographie :

Le gisement est constitué par des **granodiorites** fins et moyens souvent porphyroïdes et de diorites quartzique grises ou grises foncées teintées de vert.

Cette roche très hétéro granulaire montre des feldspaths plagioclases fortement zonés et des cristaux d'orthose sub-automorphes, ces deux types de feldspath sont parfois composites (syneusis), ce qui est typique à des feldspaths magmatique.

Le teint verdâtre est dû à la présence dans les roches de minéraux foncés de hornblende, de chlorite de biotite et plus rarement de pyroxène.

5.4.2 Caractéristiques minéralogiques :

le granodiorite représenté souvent par des porphyroïdes et des diorites quartziques, constitué de plagioclases (52-69 %), de Feldspaths .k(16.5 %) , de feldspaths.Na.Ca(38.5%) de quartz (10-25 %), de biotite (0-14%), de chlorite (5-10%) et d'amphibole (0-5%).

La roche est très altérée et chloritisée (la chloritisation a gagné la biotite et l'amphibole), du carbonate et de la montmorillonite se développent souvent au dépens des plagioclases.

5.4.3 Caractéristiques chimiques :

Les analyses chimiques confirment l'acidité de gisement de si Mustapha, le résultat moyen des différents échantillons est dans le Tableau I.4

Tableau I.4 : résultat moyen des analyses chimiques

Élément chimique	SiO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	P.F
Moy %	60.70	15.93	5.89	6.10	0.23	3.96	2.74	-----	3.66

5.4.4 Caractéristiques mécanique et physique :

Les granodiorites sont intensément fissurées et micro-fissurées, au voisinage des failles, on observe des zones de brèches.

L'érosion affecte les roches à partir de la surface de 1-10 m de profondeur. Dans les zones d'accidents tectoniques la profondeur d'altération peut atteindre 15-22 m.

Les granodiorites ont été étudiées dans le but de leur utilisation ; en tant qu'agrégats fins et grossiers aux bétons et dans la construction routière. D'après les essais physico-mécaniques, les agrégats de granodiorites présentent de hautes valeurs de broyabilité et d'abrasivité.

En même temps; l'existence dans le massif de granodiorite des zones de fissuration se traduit par une fluctuation de la broyabilité des agrégats pour la même raison le taux de récupération des agrégats (rendement) à partir de la roche abattue oscille entre 85 et 70 % et peut même descendre plus bas.

Les essais physico-mécaniques ont montré une homogénéité satisfaisante de granodiorites étudiées et leur aptitude à la production d'agrégats de qualité moyenne.

Les essais ont démontré l'aptitude des agrégats aux bétons de marque 250 à 400.

Les agrégats conviennent également pour l'utilisation dans le domaine routier.

Pour ce qui est du sable concassé (fraction 0 à 3 mm) ses hautes teneurs en particules argileuses ; limoneuses et poudreuses interdisent son emploi en tant qu'agrégat fin aux bétons. Par contre ; il peut être utilisé dans la voirie.

Tableau I.5 : Caractéristique qualitative de la matière première :

Essais	valeur		
	de	à	moyenne
Poids volumique	2,35	2,65	2,5
Absorption d'eau %	0,09	3,88	2
Porosité %	0,07	6,51	3,2
Poids spécifique g/cm ³	2,5	2,83	2,65
Résistance a la compression Kg/cm ²	199	1130	665
Los Angeles (%)	14,2	39,7	27
broyabilité	9,6	24,06	17
Taux de rendement des agrégats	79,6	89,1	84,35

5.5 Réserves géologiques :

- **Prospection** : Elle s'appuie sur les données géologiques et Historiques, la découverte de gîtes minéraux bénéficiant aussi des progrès de la Géochimie, des techniques des sondages et prélèvement d'échantillons carottés on été effectués en 1976 et 1978.

Le gisement occupe une superficie de 0,6 km². Il a été reconnu jusqu' à une profondeur de 171 m. néanmoins la superficie de périmètre de l'ENG est de 53 Ha.

- **réserve géologique** : le calcul des réserves, la densité de la maille d'investigation et le degré de connaissance de la qualité de la matière première sont autant de facteurs qui ont rendu possible l'estimation des réserves en catégories B, C1.

Les réserves mises en évidence, selon l'étude géologique faite en 1976 par l'Ingénieur Géologue I.MEDVIDEV, sont estimées à 86 986 000 tonnes [14].

- 8 405 000 tonnes dans la catégorie B jusqu'au niveau 325 m
- 33 186 000 tonnes ou 41 591 000 tonnes dans la catégorie C1 jusqu'au niveau 267 m

Actuellement et selon le rapport d'activité du première trimestre 2011 établit par le service carrière, les réserves exploitables sont de l'ordre de 33 888 673 tonnes et assureront une durée de vie de la carrière de 17 ans à raison de 2 000 000 tonnes/an.

6. Exploitation du gisement :

6.1 Principe général :

Selon la législation minière et à travers la loi n°01-10 du 3 juillet 2001, l'exploitation minière est définie comme suit : c'est « l'activité qui consiste en travaux préparatoires, développement des opérations d'extraction, concentration des substances minérales et de première transformation. »

Une carrière est un endroit d'où on extrait des matériaux de construction : pierres, gravillon, sable. Par opposition aux mines le terme carrière désigne également une installation industrielle complète comprenant un lieu d'extraction des roches et le servant à traiter la roche extraite, la figure ci-dessous montre les différentes étapes d'exploitation dans une carrière.

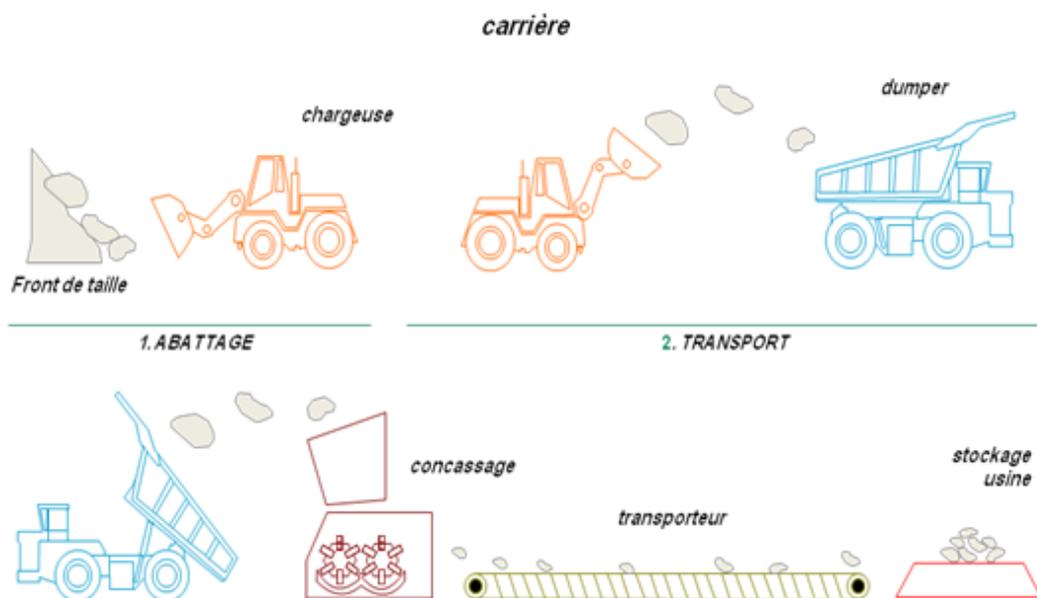


Figure I.5 Les différentes étapes d'exploitation dans une carrière.

6.2 Conditions actuelles d'exploitation du gisement de Si-Mustapha :

✚ L'exploitation est menée du haut vers le bas. Cette méthode est dictée par la morphologie du gisement. Ainsi, les travaux de production de la carrière sont rattachés essentiellement à trois gradins :

- ✓ Le niveau 387 m avec un front orienté Est-Ouest et avance vers le Nord.
- ✓ Le niveau 357 m avec un front orienté NE-SO et avance vers le Nord Ouest.
- ✓ L'ouverture d'un nouveau gradin au niveau 312 m avec un front orienté NO-SE vers Nord Est.

Les travaux de décapage s'effectuent à deux niveaux à 372 m et à 387 m, leurs fronts sont orientés NE-SO et avance vers le Sud Est, la figure ci-dessous montre les différents niveaux et avancements des fronts :

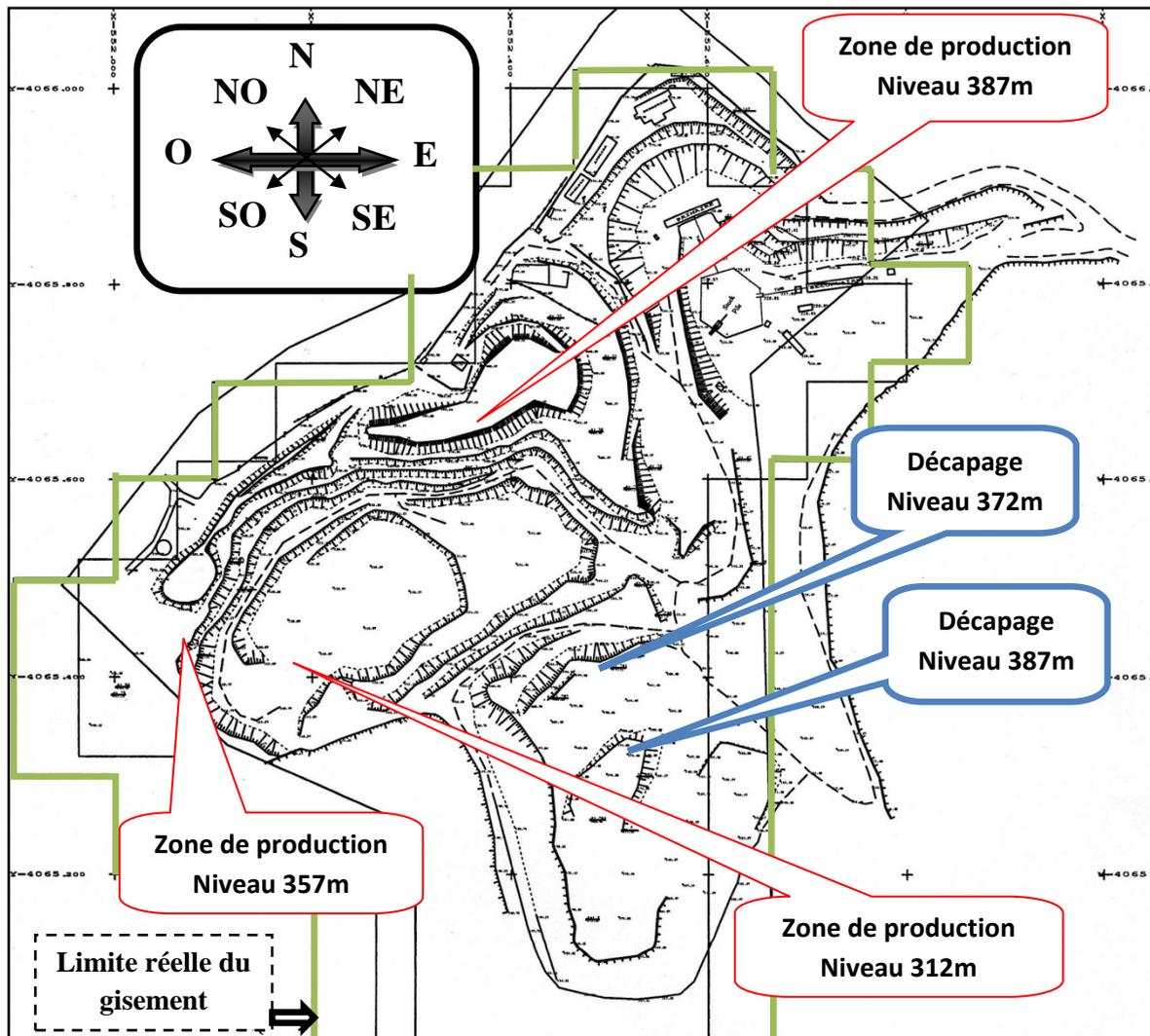


Figure I.6 : les niveaux d'exploitation et de décapage

Extrait du plan Topographique du gisement de Si-Mustapha à l'Echelle. 1/1000.

✚ L'angle des talus général de la carrière est de 60° , angle suffisante pour assurer une stabilité des talus.

✚ La pente des différentes pistes de la carrière varie de 7° à 10° , pente suffisante pour la circulation des engins de roulage en charge et à vide.

✚ Les équipements en service à la carrière sont :

- ❖ *Au niveau de l'abattage* : 02 chariots de foration et deux compresseurs; 01 brise roches.
- ❖ *Au niveau de décapage* : 01 chariot de foration et un compresseur, le déplacement de la roche stérile se fait par un sous-traitant.

- ❖ **Au niveau du chargement** : 03 chargeurs : KOMATSU (6 m^3), Le chargement se fait à l'aide de 3 pelles chargeuses de six mètres cubes de capacité de godet. Donc ces 3 engins assurent aisément le chargement dans les deux champs de l'exploitation.
- ❖ **Au niveau du roulage** : 04 Dumpers : TEREX DE 60 T, la carrière de Si-Mustapha a opté pour un transport par camion, à cet effet elle dispose actuellement de 4 Dumper TEREX en état de marche.
- ❖ **Au niveau du terrassement** : 01 Bulldozer KOMATSU D10, On emploie le bulldozer pour dégager le pied du gradin et rendre uniforme la plate forme afin de faciliter les travaux de transport et de chargement. Il est aussi utilisé pour la fragmentation des premiers mètres du front du gradin fissuré et friable à cause des effets de l'explosion.

6.3 Les éléments géométriques du plan de tir :

Pour que le tir soit parfait il faut identifier et respecter les paramètres de tir : Diamètre des trous forés, Nombres des trous, Hauteur de gradin, Profondeur de la sous foration, Profondeur des trous forés, Largeur de la banquette, Espacement entre trous, Nombre de rangées, Lieu de tir, Inclinaison des trous forés, Longueur de la volée, la figure ci-dessous montre ces différents éléments :

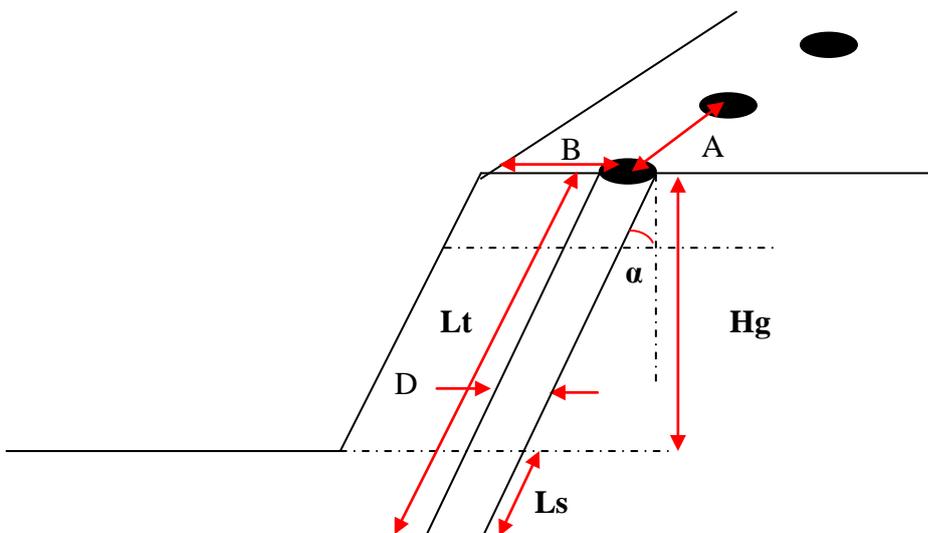


Figure I.7 : Les éléments géométriques du plan de tir

- ❖ **Diamètre du trou : (D)** Le diamètre du trou est de 105 mm, les chariots de foration sont équipés par des tiges ayant des taillants de diamètre 105 mm, Ce qui est adéquat pour des cartouches d'explosif ayant un diamètre égal à 80 mm.
- ❖ **L'inclinaison du trou : (α)** Les trous sont forés avec une inclinaison allant de 7° à 10° par rapport à la verticale.
- ❖ **La hauteur du gradin : (Hg)** Généralement, elle ne peut pas dépasser les 15 m.

- ❖ **La profondeur de sous-foration : (Ls)** La sous-foration permet d'avoir un bon pied de gradin, elle est de 0.9 à 1.2 m.
- ❖ **La profondeur du trou : (Lt)** La profondeur du trou est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$Lt = Ls + [Hg / \cos \alpha]$$

Hg : Hauteur du gradin (m);

Ls : Profondeur de sous-foration (m);

α : Inclinaison du trou, (en degré).

On obtient une profondeur de trou qui peut atteindre 16.4 m à raison de $Hg=15$ m et $\alpha=10^\circ$.

- ❖ **Banquette : (B)** On appelle banquette La distance entre rangées, elle est égale à 3.5m.
- ❖ **Ligne de moindre résistance : (w)** La ligne de moindre résistance, c'est la distance entre le trou et la surface libre du gradin et qui est de l'ordre de 4m.
- ❖ **Espacement : (A)** c'est la distance entre trous, Elle est de l'ordre de 4m.

6.4 Type d'amorçages :

Le type d'amorçage utilisé est l'amorçage latéral (avec cordeau détonant et détonateurs électriques instantanés (DEI) et à microretard (DMR)).

Le principe de fonctionnement d'une explosion est donné par les étapes suivantes :

- ✓ Envoie d'une énergie électrique.
- ✓ Transfert de l'énergie électrique en énergie chimique : allumage de l'explosif primaire dans le détonateur électrique.
- ✓ Allumage du cordeau détonant.
- ✓ Explosion puissante d'explosif mis en œuvre dans les forages.

La figure ci-dessous montre une schématisation d'un plan d'amorçage :

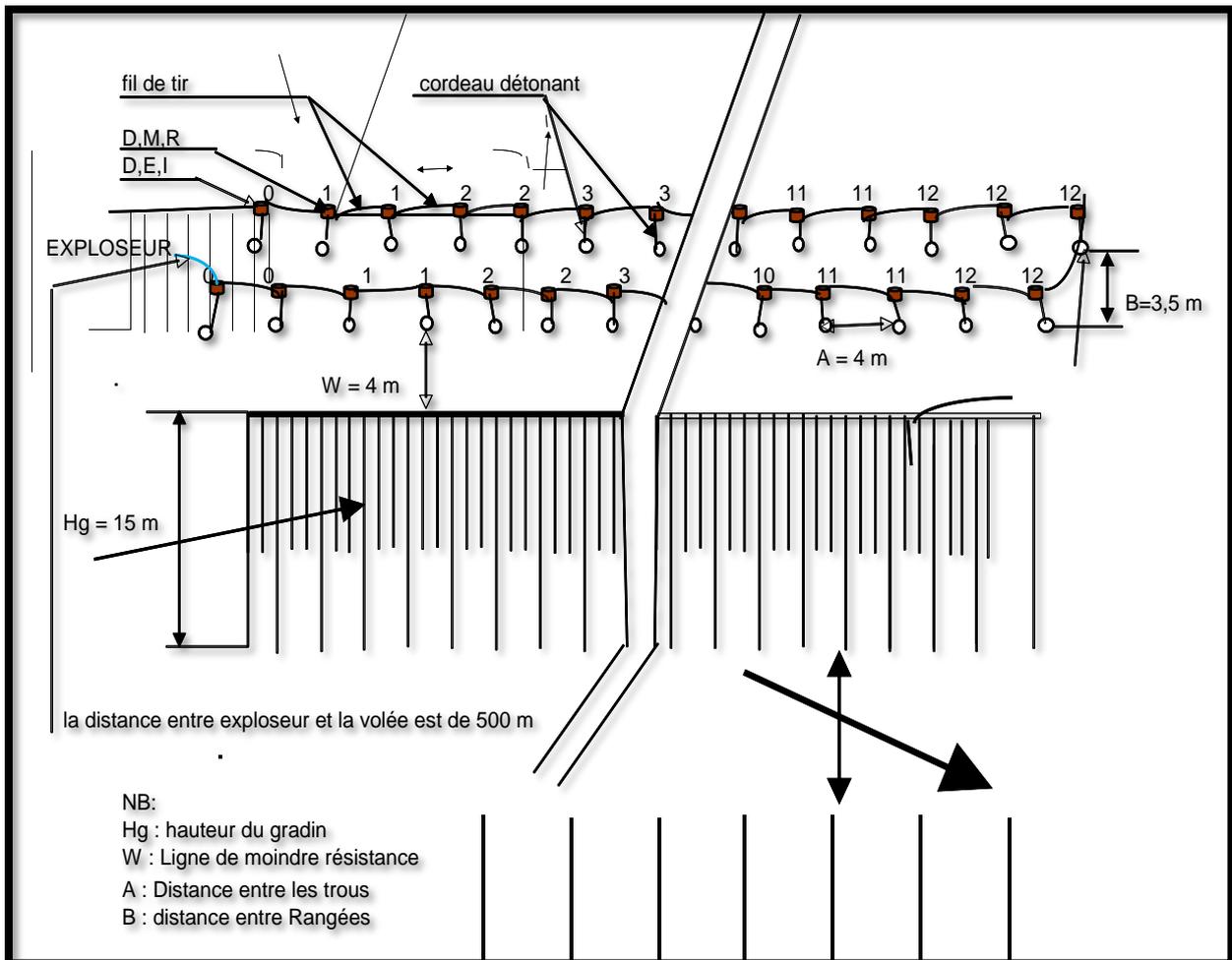


Figure I.8 : Schéma descriptif du plan d'amorçage

6.4.1 Les explosifs :

L'unité de Si-Mustapha utilise deux types d'explosifs avec plusieurs accessoires afin d'effectuer l'abatage à savoir :

- ✓ Temex 1 et 2 (cartouche de 2.5 kg) + l'Anfo-Tidj (sac de 25 kg).
- ✓ Les accessoires d'explosif :
 - cordon détonant (de type 20g) : une bobine de 75m.
 - fil électrique de tir de \varnothing 0,6 mm.
 - Le D.M.R : détonateur à micro retard.
 - Le D.E.I : détonateur électrique instantané.
 - Ohmmètre(Ω).
 - Exploseur.

Pratiquement, et selon l'expérience obtenue durant la réalisation des différents tirs le plan de chargement pour un trou de 15m sera comme suite :

10 cartouches de Temex ($10 \times 2.5 = 25$ kg) + Deux sacs d'Anfo-Tidj ($2 \times 25 = 50$ kg) ce qui donne : **une charge totale de : 75 kg d'explosif pour 1 trou de 15 m.**

6.4.2 Remplissage du trou de mine :

Le remplissage du trou se fait comme suite :

- ✓ **Charge du pied** : cartouche d'explosif de type **Temex** car il a un effet cisailant (énergie de choc).
- ✓ **Bourrage intermédiaire** : il se fait avec le produit 4/8.
- ✓ **Charge de la colonne** : poudre d'explosif de type **Anfo-Tidj** (elle donne une énergie de gaz).
- ✓ **Le bourrage final** : produit 8/15 (pour orienter le souffle vers le pied).

Calcul de la longueur de charge (Lch) pour les deux types d'explosifs :

- ✓ **Temex** : on a des cartouches qui font 0.4m de longueur, ce qui donne $Lch(\text{Temex}) = 10 \times 0.4 = 4\text{m}$.
- ✓ **Anfo-Tidi** : il est sous la forme d'une poudre, il est caractérisé par une densité $\gamma = 900 \text{ kg/m}^3$. on a aussi un diamètre de trou égal à 105 mm et une quantité de 50 kg/trou, ce qui donne un volume d'explosif par trou égal à : $V_{tr} = 50/900 = 0.055 \text{ m}^3$.
Donc $Lch(\text{Anfo-Tidi}) = V_{tr} / (\pi \cdot (D/2)^2) = 0.055 / (3.14 \cdot (0.105/2)^2) = 6.4\text{m}$.

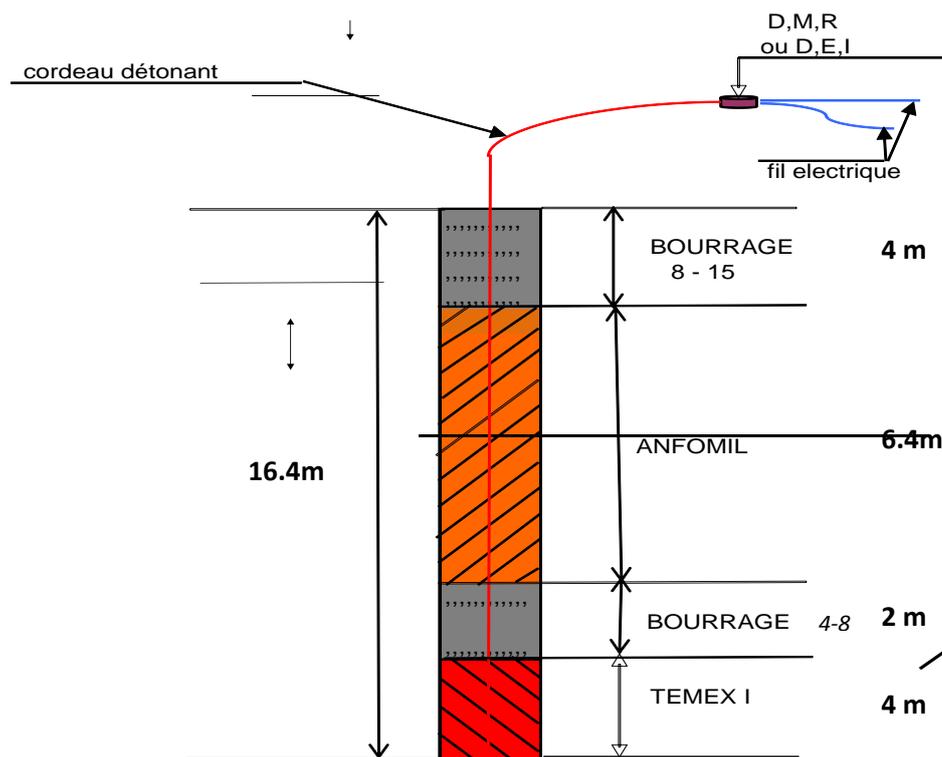


Figure I.9 : Plan de chargement d'un trou de mine

7. Traitement mécanique des roches :

Le traitement mécanique des roches est une opération qui a pour conséquence de modifier l'aspect de la roche afin de l'adapter à des conditions d'utilisation données (transformation de la matière première en produit fini).

Une fois les gros blocs de pierre détachés à l'aide d'explosifs, ces derniers peuvent être ensuite débités en blocs plus petits à l'aide de brise-roche, pour qu'ils puissent avoir des dimensions qui permettent de réduire encore la taille de la pierre au moyen d'un concasseur primaire à mâchoires, puis d'un concasseur secondaire.

Description du processus des différentes installations de concassage de l'unité :

Le concassage et la classification des granulats se fait à l'aide de deux installations :

- ✓ Une station primaire avec deux postes A et B.
- ✓ Deux stations secondaires :
 - L'installation DRAGON.
 - L'installation SANDVICK

7.1 L'installation primaire :

La station contient un alimentateur vibrant, deux concasseurs à mâchoires, un crible vibrant, un transporteur à bande et un système de contrôle électrique.

Les deux postes A et B peuvent fonctionner en même temps comme qu'ils peuvent fonctionner individuellement, chaque poste a son propre concasseur à mâchoire, le produit passant se divisera en deux classes : le stérile 0/40 et le 0/200 qui alimentera le pré-stock.

Le tout venant avec une grosseur de 1000 mm maximale est déversé à l'aide des dumpers (camions) dans une trémie réceptrice (appelée aussi alimentateur ou scalpeur).

La fraction supérieure à 200 mm sélectionnée par un alimentateur passe par un concasseur à mâchoire d'un débit de 800 t/h où elle subit une réduction à 200 mm.

La fraction inférieure à 200 mm passant à travers la grille de l'alimentateur et en fonction de sa qualité soit elle est soumise à un criblage préalable dans un crible à deux étages ou la fraction 0-40 mm est exclue comme stérile, soit elle rejoint le produit issu du concasseur à l'aide d'un by-pass pour un pré-stockage dans un chapeau chinois.

La schématisation de cette station est mentionnée dans la figure ci-dessous :

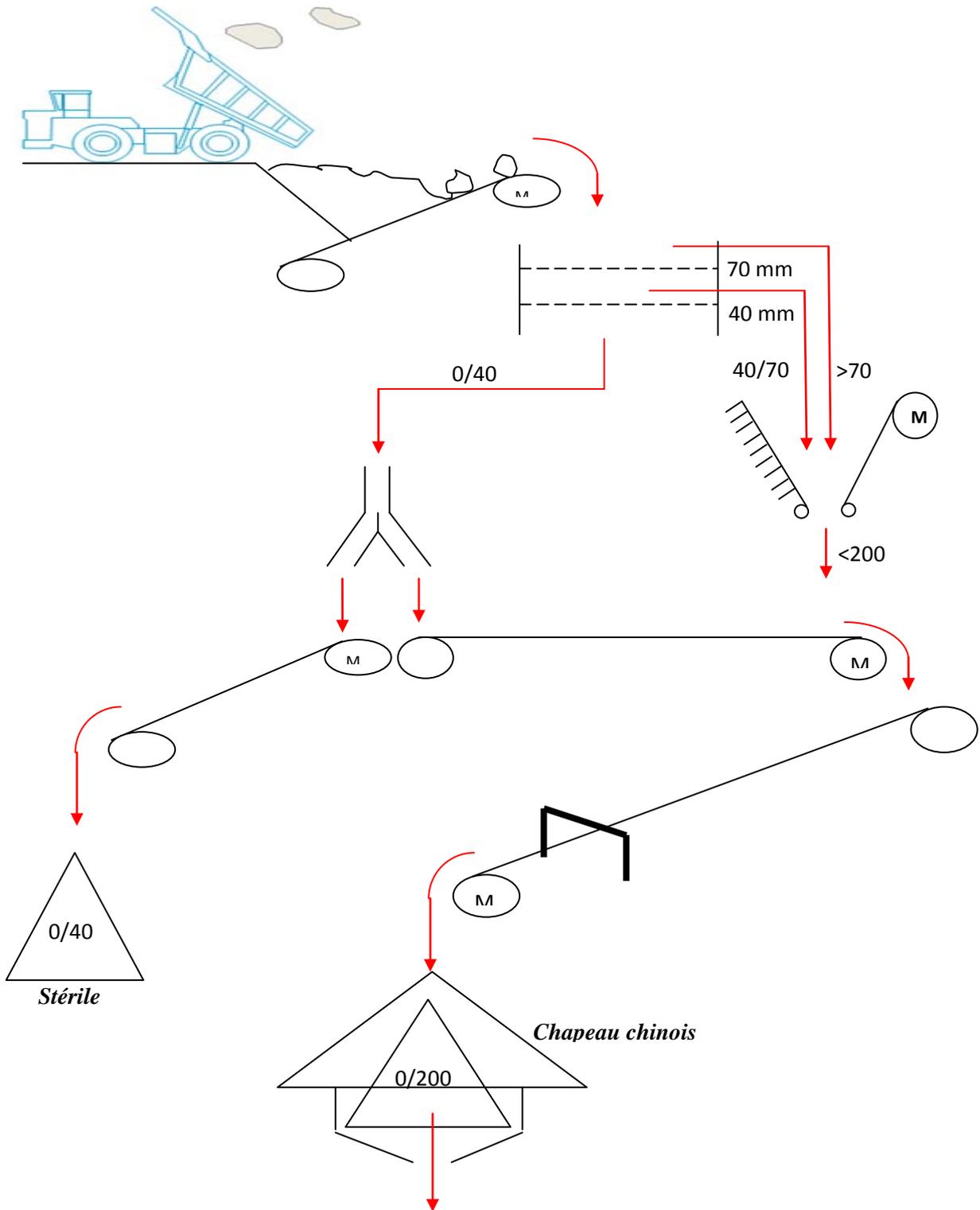


Figure I.10 : Schématisation de la station primaire

7.2 Les installations secondaires :

7.2.1 Station DRAGON :

Le produit de pré-stockage avec une grosseur de 0-200 mm est soumis dans une série de criblage sur trois cribles à deux étages 40-80, 20-30 et 5-10 mm.

Fractions du premier crible 40-80 mm :

Fraction supérieure à 70 mm stocké dans un silo1 avec chargement direct vers les camions ou avec la possibilité de la remettre dans le cycle pour un broyeur de 0/70 mm.

Fraction -70 + 40 mm stocké dans un silo1 avec chargement direct vers les camions ou avec la possibilité de la réduire dans un broyeur de 0/40 mm.

Fractions du deuxième crible 20-30 mm :

Fraction -40+25 mm avec la possibilité de la soumettre soit au stock dans le silo2 ou réduire par broyeur 0-25 mm puis recycler.

Fraction -25+15 mm stocké dans le silo3 sans recyclage.

Fractions du troisième crible 20-30 mm sans recyclage :

Fraction -15+8 mm stocké dans le silo4

Fraction -8+ 3 mm stocké dans le silo5

Fraction -3+0 mm stocké dans le silo6

La schématisation de l'installation secondaire DRAGON est représentée dans la figure ci-dessous:

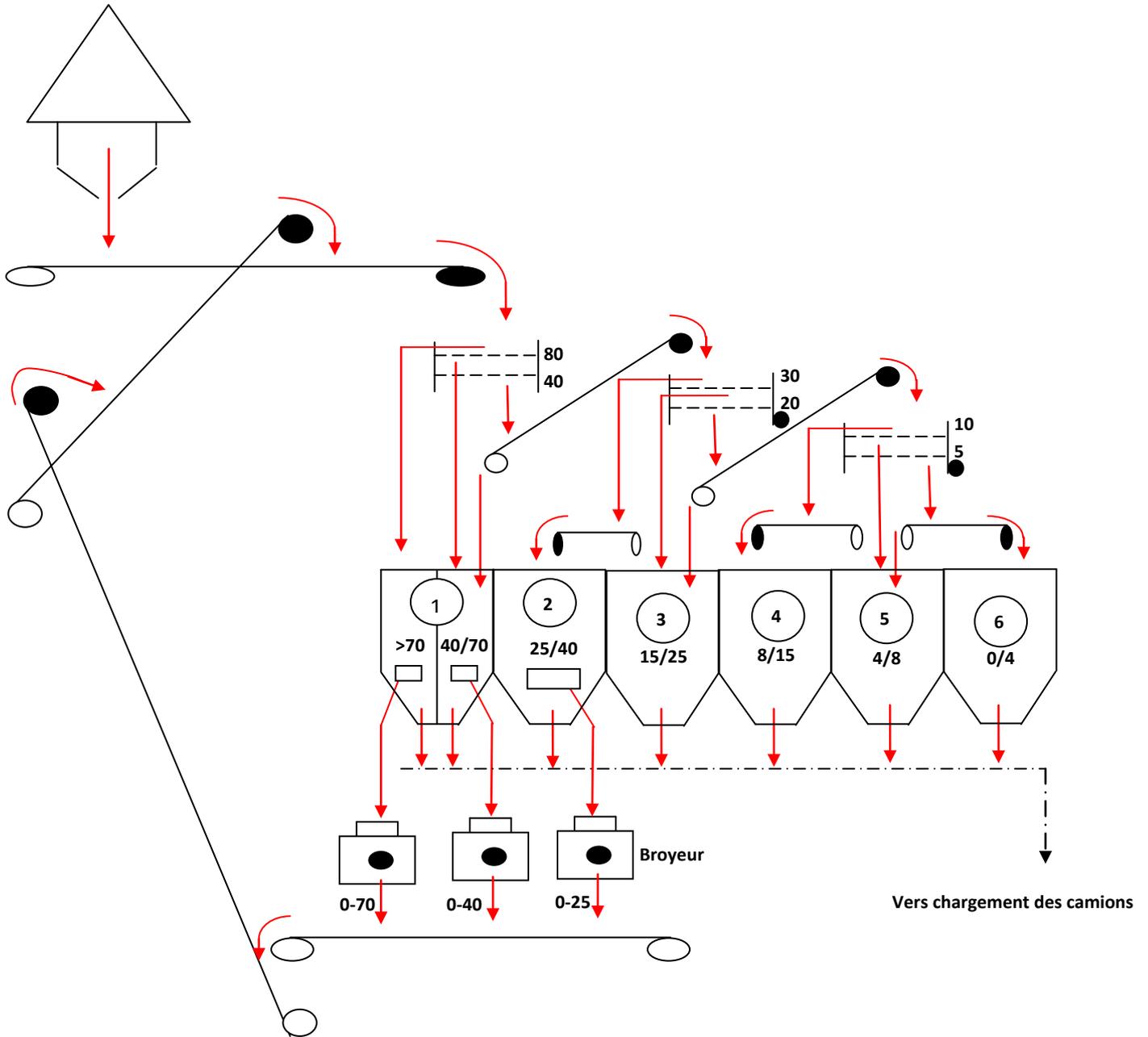


Figure I.11 : Schématisation de la station secondaire DRAGON

7.2.2 Station SANDVICK :

Le produit avec une granulométrie de 0 à 200 mm est soutiré du chapeau chinois à l'aide d'un extracteur pour alimenter le broyeur principale 0-80 mm à un débit de 400T/h, le produit est soumis dans une série de criblage sur trois cribles par le biais d'un convoyeur.

La schématisation de l'installation secondaire SANDVICK est représentée dans la figure ci-dessous:

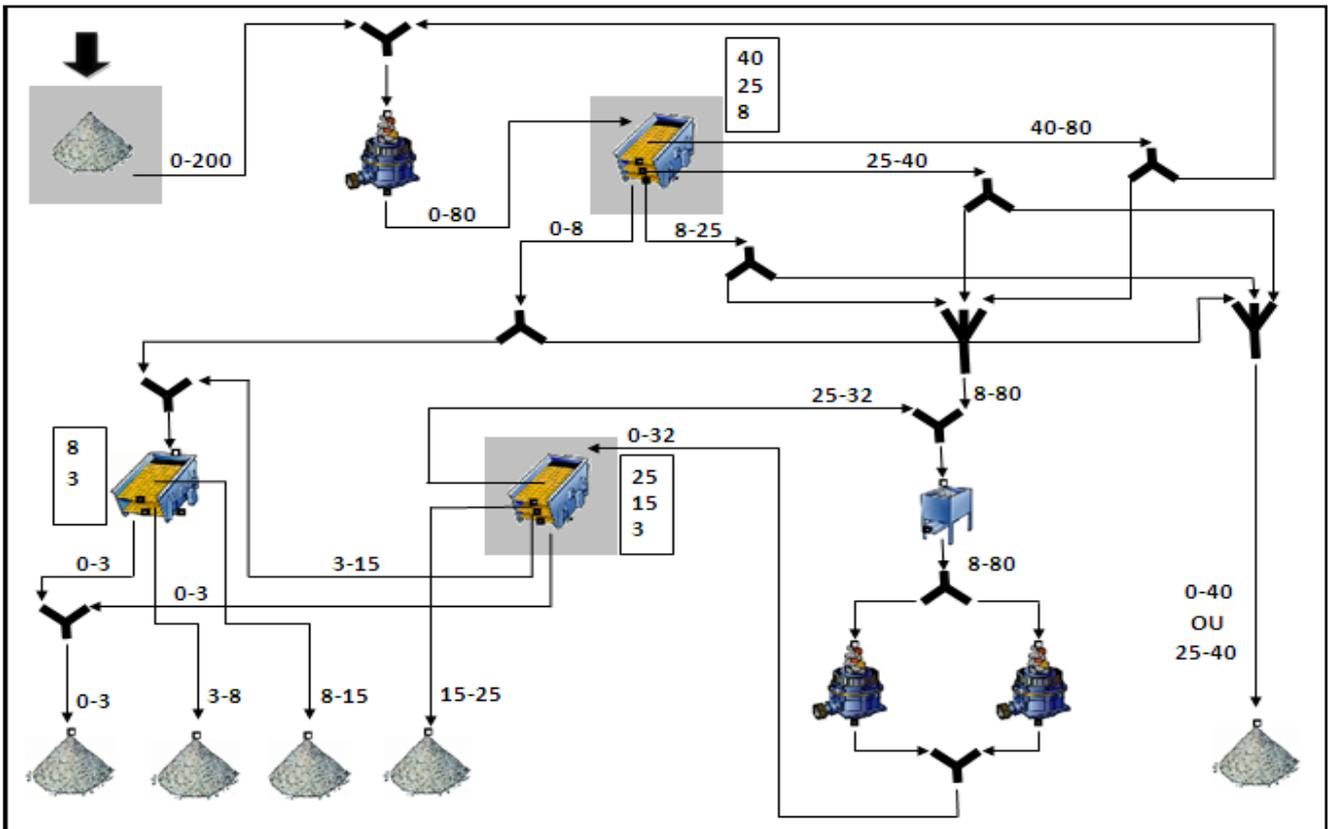
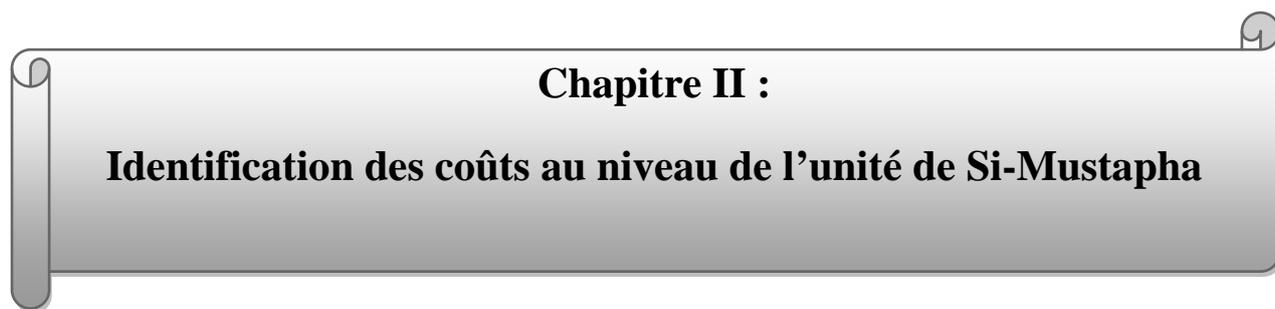


Figure I.12 : Schématisation de la station secondaire SANDVICK



Chapitre II :
Identification des coûts au niveau de l'unité de Si-Mustapha

I. Introduction :

Ce chapitre présente deux parties, la première sera théorique, elle est consacrée à des généralités englobant les différentes définitions des coûts qui interviennent dans la production.

Et la deuxième partie sera consacrée à l'identification des coûts et à la structuration des données obtenues durant notre stage pratique au niveau de l'unité de Si-Mustapha.

II. Notions Générales :

L'objectif de chaque entreprise productive est d'assurer une rentabilité optimale. A cet effet il est nécessaire de maîtriser les coûts. Cela permet à l'entreprise de :

- ✓ Connaître la rentabilité des produits,
- ✓ Prendre une décision d'investissement et trouver les meilleures solutions en termes de rentabilité et de risque,
- ✓ Établir des prix de vente
- ✓ Améliorer l'organisation d'un processus de l'entreprise : production, vente,...

1. Définitions : [1], [4], [5], [6]

Ne pas confondre prix, coût, charge et marge :

- ✓ **un prix** : est le résultat d'une transaction avec une personne extérieure à l'entreprise.
- ✓ **une charge** : est une consommation de ressources par l'entreprise.
- ✓ **un coût** : est une accumulation de charges sur un produit ou un service.
- ✓ **Une marge** : est calculée par différence entre le coût et le prix qui s'applique aux transactions d'une entreprise avec des tiers.

Afin de pouvoir calculer des coûts, il faut tout d'abord analyser les charges. L'analyse des charges et marges d'une entreprise constitue l'un des éléments importants de son pilotage.

Aussi, on distingue des charges directes, des charges indirectes, des charges fixes et des charges variables :

2. Les différents types de coûts :

2.1 Les coûts fixes et les coûts variables :

2.1.1 Coût fixe :

Est un coût dont le montant est indépendant du volume d'activité réalisé, il reste constant quelque soit le volume d'activité de l'entreprise (loyer, amortissement, services administratifs), les coûts fixes augmentent par paliers en fonction des investissements d'extension.

2.1.2 Coût variable :

Est un coût qui varie plus au moins proportionnellement au nombre d'unités produites ou vendues, la figure ci-dessous montre la proportionnalité des coûts en fonction d'unité produite :

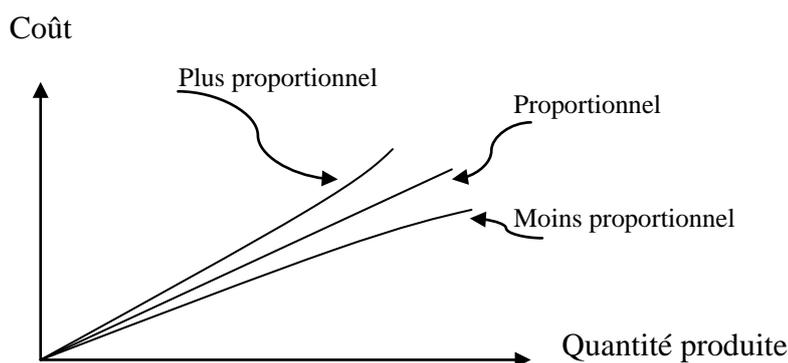


Figure II.1 : proportionnalité entre les coûts et la quantité produite

La distinction entre *coûts fixes* et *variables* n'est pas toujours simple. Et puis, de nombreux coûts sont 'semi variables' : Il y a l'exemple classique des factures téléphoniques dont l'abonnement est fixe et les consommations variables. Ou Celui de l'énergie (électricité, gaz...).

2.2 Les charges directes et indirectes :

2.2.1 Les charges directes :

Sont celles qui sont rattachables sans ambiguïté à l'article ou au service concerné.

2.2.2 Le terme charge indirecte :

Est largement employé en comptabilité de gestion. Il désigne habituellement les coûts qu'il n'est pas possible ou peu pratique d'affecter directement à un produit, à un service, à une opération ou à un centre de coûts [2].

Pour les charges indirectes il faudra utiliser des conventions, des clés de répartition : La méthode des centres d'analyse est alors utilisée pour répartir ces charges.

En général la méthode des clés de répartition est la mieux indiquée pour résoudre ce problème.

2.2.3 Le centre d'analyse :

Se définit comme un ensemble de moyens humains et matériels pratiquant un même savoir faire technique. L'atelier d'entretien, par exemple, va constituer un centre d'analyse dont les charges vont être affectées aux coûts des produits ou services.

2.2.4 La clé de répartition :

La méthode de répartition des charges indirectes dépendra de la nature de ces centres. Pour les sections opérationnelles, ce sera le plus souvent des unités physiques (heures hommes, heures machines,...) qui serviront à répartir les coûts. Pour les autres sections, Service du personnel ou comptabilité, les clés de répartition utilisées pourront être des effectifs, le volume de production, le chiffre d'affaires ...

3. Les méthodes de calcul :

3.1 Les coûts complets :

Dans le calcul d'un coût complet, la totalité des charges directes et indirectes de l'article est prise en compte, et pour toutes les phases successives allant de l'achat des matières jusqu'à la vente des produits finis. Chacune de ces étapes a un coût : coût d'acquisition, de production, de distribution, de commercialisation, de gestion,

3.2 Les coûts directs :

Les coûts directs regroupent :

- Les coûts variables directement liés à l'article concerné.
- Les coûts fixes spécifiques au produit ou service.

3.3 Les coûts standards ou préétablis :

Le coût standard d'un produit ou service, c'est celui qui est calculé par avance, pour l'année suivante.

4. L'utilité de chaque méthode :

4.1 L'utilité des coûts variables :

Leurs utilisations classiques sont :

- La recherche du point mort ou seuil de rentabilité. C'est-à-dire la quantité des produits ou prestations qu'il faut vendre afin d'équilibrer le résultat de l'entreprise, et qui permet d'absorber les coûts fixes.
- Le calcul de l'impact sur le résultat des variations d'activité, par exemple une forte croissance.

4.2 L'utilité des coûts complets :

Ils sont une méthode incontournable pour fixer les prix de vente des articles et pour produire chaque mois le compte de résultat analytique.

Dans le compte de résultat 'anglo-saxon', le coût des ventes est valorisé en 'coût complet Usine', excluant donc les frais commerciaux, de développement et d'administration. Ceux-ci se trouvent classés après la 'marge brute'.

4.3 L'utilité des coûts directs :

Ils sont utilisés pour mesurer l'impact de différents niveaux d'activité ou de tarification clients sur le résultat de l'entreprise.

C'est également le cas pour le lancement d'une activité ou d'un produit nouveau, le recours à la sous-traitance ou à l'externalisation complète.

4.4 L'utilité des coûts standards :

Ils ont deux avantages :

- La rapidité des délais de restitution des informations.
- Le standard constitue un objectif qui permet une meilleure réactivité ou prise de décision. Par opposition à la comptabilité en coûts réels qui n'est qu'un constat sans référence.

5. Les fonctions de coût : [7]

Il existe plusieurs conceptions générales du coût de production.

Le coût de production subi par une entreprise sera mesuré simplement par la somme d'argent que cette entreprise doit déboursier pour réaliser sa production.

5.1 Le coût total (CT)

Le coût total de production CT est la somme totale que la firme doit déboursier pour produire; il dépend du niveau de production, et se présente donc comme une fonction dont l'argument est la production: $CT = C(Q)$. Il est normalement croissant, c'est-à-dire que plus la production est importante, plus le coût est lui-même important.

On distingue deux composantes du coût total: le coût fixe CF et le coût variable $CV(Q)$, avec bien sûr $C(Q) = CF + CV(Q)$.

5.1.1 Le coût fixe (CF)

Est indépendant du niveau de production; la firme doit l'assumer quel que soit le niveau de son activité, y compris en cas de cessation d'activité. Il peut s'agir par exemple du remboursement d'un emprunt, ou de royalties en rémunération d'un brevet qui a été concédé pour une période de plusieurs années. Les coûts fixes sont en rapport avec l'équipement de longue durée de la firme.

5.1.2 Le coût variable (CV)

Est la partie du coût total qui dépend étroitement de la quantité produite; il concerne la rémunération des facteurs dont on peut se passer quand le niveau de production diminue ou quand l'activité cesse totalement (les consommables, électricité, travail...).

5.1.3 Courbe des coûts

Le graphique ci-dessous illustre une fonction de coût total à court terme. La forme de cette courbe peut être notée :

Elle est croissante, et on remarque qu'il y a une première zone, jusqu'à Q^* , où cette croissance se ralentit progressivement, alors qu'elle accélère pour une quantité supérieure à Q^* . Ceci correspond à l'hypothèse de rendements d'échelle qui seraient d'abord croissants, puis décroissants.

La courbe de coût total correspondant à une fonction de production à rendements constants serait pour sa part représentée par une droite (croissante).

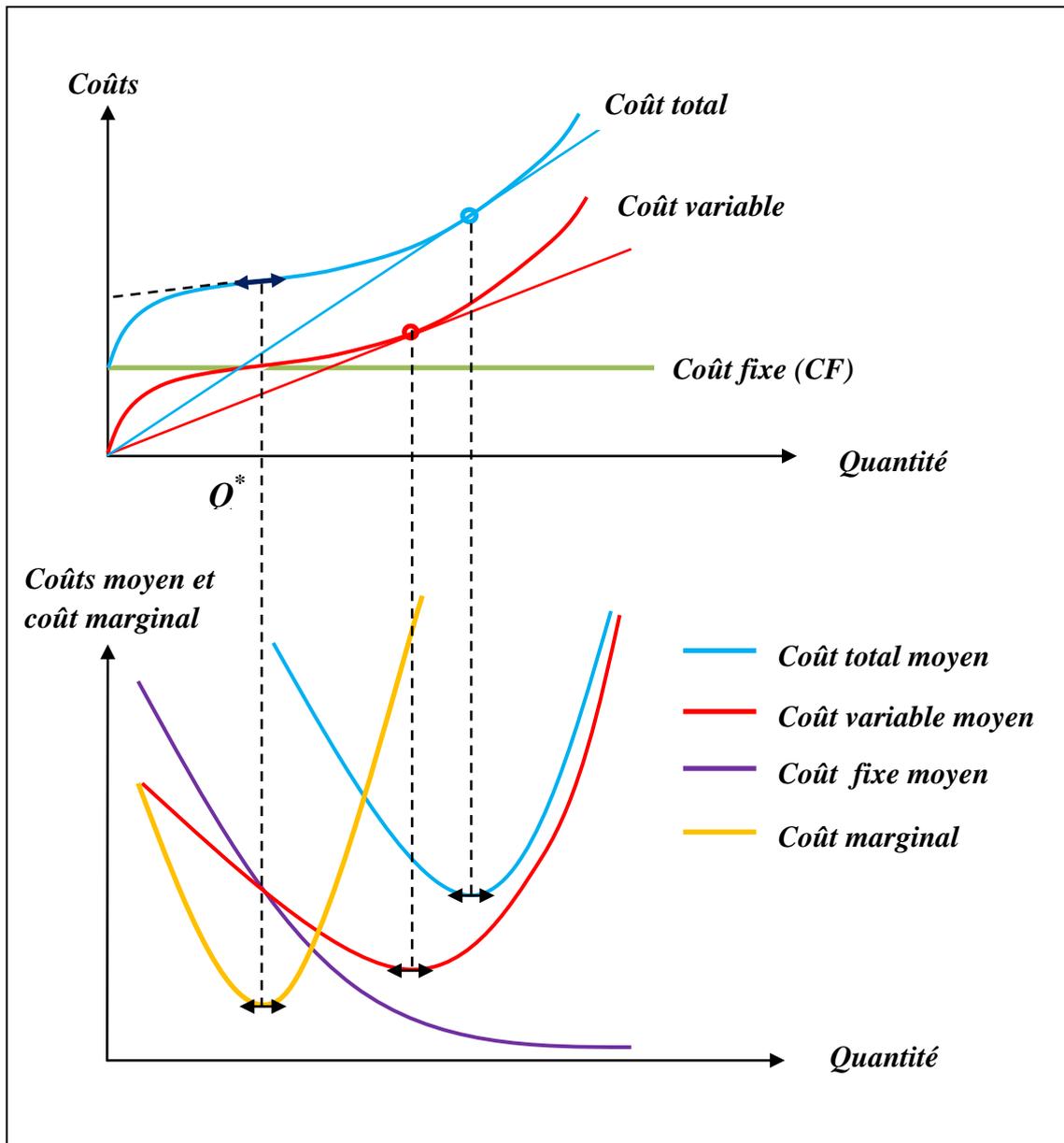


Figure II.2 : courbe du coût total, du coût fixe et du coût variable [8]

La fonction de coût moyen peut prendre plusieurs formes; la plus typique est la "forme en U" (graphique ci-dessus). Le coût moyen est d'abord décroissant, parce qu'on est dans une zone de rendements d'échelle croissants, puis augmente à nouveau quand les rendements d'échelle diminuent.

Si les rendements étaient constants, le coût moyen serait lui aussi constant (représenté par une demi-droite horizontale).

5.2 Le coût unitaire moyen :

Le coût unitaire moyen est calculé à partir du coût total, en le rapportant à une seule unité produite; les concepts principaux, dans le cas d'une firme mono productrice, sont le coût moyen et le coût marginal.

$$CM(Q) = \frac{CT(Q)}{Q}$$

C'est un concept très utile car il est facile à utiliser. Il représente ce que coûte chaque unité produite, et pourra utilement être comparé au prix de vente qui est aussi une variable unitaire.

On peut définir un coût moyen non seulement à partir du coût total, mais aussi à partir du coût variable; on obtient alors le coût moyen variable $CMV(Q) = \frac{CV(Q)}{Q}$

La différence entre les deux concepts est le coût fixe, pour lequel on peut aussi calculer une moyenne:

$$CMF(Q) = \frac{CF}{Q};$$

Ces différents coûts moyens s'additionnent exactement comme les coûts totaux correspondants:

$$CM(Q) = CMV(Q) + CMF(Q)$$

On note que le coût fixe moyen $CMF(Q)$ tend vers zéro quand la quantité produite augmente; cela signifie que les deux fonctions de coût moyen et coût moyen variable sont de plus en plus proches l'une de l'autre quand la production augmente.

5.3 Le coût marginal :

Le coût marginal C_m est la variation du coût total qui serait occasionnée par la production d'une unité supplémentaire. Il dépend donc du niveau de production atteint: il est lui aussi une fonction $C_m(Q)$ de la quantité produite.

On peut définir formellement le coût marginal de la manière suivante:

$$C_m(Q) = \frac{\Delta CT(Q)}{\Delta Q}$$

Ou encore, si la fonction de coût est dérivable:

$$C_m(Q) = \frac{\delta CT(Q)}{\delta Q}$$

Le coût marginal joue un rôle fondamental dans l'analyse des décisions de production; le chef d'entreprise peut en effet s'interroger à chaque instant sur l'opportunité d'augmenter sa production, ou de la diminuer; pour cela, le coût marginal est le concept à utiliser, et il n'est pas nécessaire de recourir au coût total ni au coût moyen.

5.3.1 La maximisation du profit :

Le profit de l'entreprise est simplement la différence entre sa recette ou chiffre d'affaire (le produit de la vente de la production) et son coût total:

$$\pi(Q) = p * Q - CT(Q)$$

Ici P est le prix de vente et $R(Q) = P * Q$ est donc la recette totale. Le profit dépend naturellement de la quantité vendue (et donc de la quantité produite), l'expression ci-dessus est donc la *fonction de profit*. Le profit est maximum à condition que la dérivée de la fonction de profit soit nulle; cela signifie simplement que la recette marginale doit être égale au coût marginal:

$$R_m(Q) = C_m(Q).$$

La recette marginale : supplément de chiffre d'affaires procuré par la dernière unité vendue.

$$\text{Le résultat marginal} = \text{recette marginale} - \text{coût marginal}.$$

5.3.2 Aide à la décision : [3]

La décision d'acceptation ou de refus d'une commande est fondée sur le raisonnement à la marge. Tant que la recette marginale est supérieure au coût marginal, l'entreprise acceptera la commande supplémentaire. La figure ci-dessous montre les deux optimums techniques et économiques :

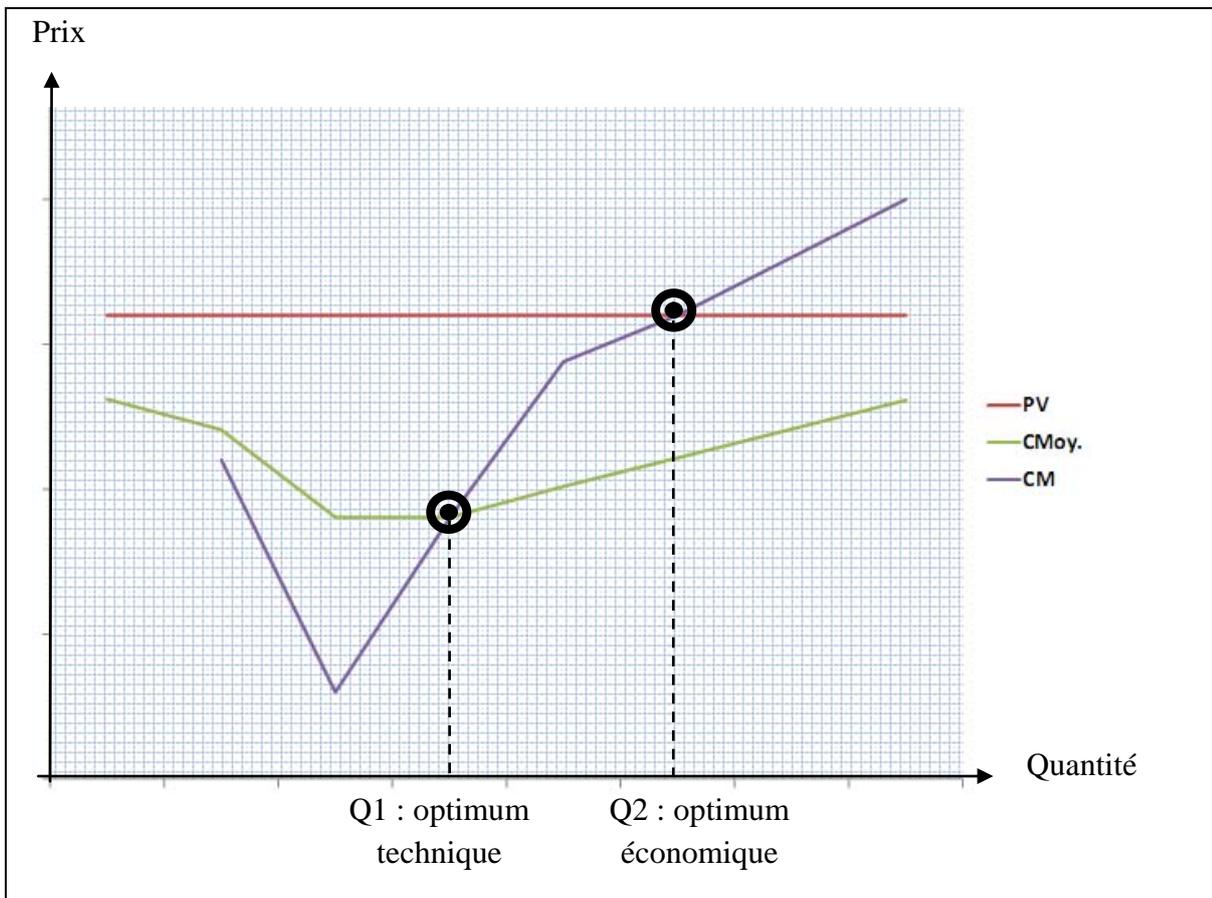


Figure II.3 : l'optimum technique et l'optimum économique [3]

L'optimum technique : C'est le niveau d'activité pour lequel le coût moyen est minimum. A ce niveau d'activité, la production est réalisée au moindre coût. Le coût moyen est minimum quand il est égal au coût marginal.

$$\text{Optimum technique : Coût marginal (Cm) = Coût Moyen (CM)}$$

L'optimum économique : C'est le niveau d'activité pour lequel le profit (résultat global) est maximum.

Pour un prix de vente constant, le résultat global est maximal quand le prix de vente est égal au coût marginal. En généralisant, le résultat est maximum quand le coût marginal égalise la recette marginale.

$$\text{Optimum économique : Coût marginal (Cm) = Recette marginale}$$

6. L'amortissement : [3]

6.1 Définition :

L'amortissement est la constatation comptable de la dépréciation irréversible des emplois (Actif) suite à l'usage ou l'obsolescence, ou de toute autre cause possible.

Il y'a deux principaux types d'amortissement :

- ✓ **L'amortissement linéaire** : ou constant qui signifie que le montant de la dépréciation, pour une même durée, est identique, quelque soit l'exercice comptable.
- ✓ **L'amortissement dégressif** : où l'on observe une dépréciation plus forte pour les premiers exercices.

6.2 Calcul d'Amortissement :

L'Amortissement est caractérisé par les frais d'acquisition du bien à amortir et de sa durée d'amortissement.

L'amortissement linéaire se calcule comme suit :

$$\text{Base} * \text{taux} * (\text{temps} / 360)$$

- ✓ Valeur d'origine (**FA**) : coût hors taxes d'acquisition ou de production de l'immobilisation.
- ✓ Taux d'amortissement : $Tc = (100 / N)$ en % (N : Durée de vie probable)
- ✓ Annuité d'amortissement : $a = (FA / N) * (Nm/12)$ ou bien $a = FA * Tc * (Nm/12)$
- ✓ Cumul des amortissements : $\Sigma A = FA * Tc * (Nm/12)$ Nm est le cumul des mois depuis l'acquisition jusqu'à la date de calcul de l'amortissement.
- ✓ Valeur nette d'amortissement : $VNA = FA - \Sigma A$

III. Identification des coûts au niveau de l'unité de Si-Mustapha :

A. Introduction :

L'objectif de cette partie est d'identifier les différentes charges et dépenses qui existent à l'unité de Si-Mustapha et qui constituent un coût journalier spécifié pour chaque opération de production dans la carrière.

B. Structuration des coûts :

De ce fait nous identifions tout d'abord les différents coûts obtenus durant notre stage au sein de l'unité de Si-Mustapha :

- ✓ Les frais d'acquisition et donc d'amortissement des engins pour chaque opération de production.
- ✓ Les frais liés aux personnels (salaires, primes, assurances, nourritures.....)
- ✓ Les frais liés à la sous-traitance des travaux de découverte.
- ✓ Les frais liés au minage (explosif et ses accessoires).
- ✓ Les frais de formation des personnels (selon la spécialité de la personne et la durée de sa formation).
- ✓ Les coûts liés à la prestation du transport par kilomètre.
- ✓ Les consommables :
 - ❖ Les pièces de rechange pour chaque engin et chaque structure dans la carrière.
 - ❖ Les huiles.
 - ❖ Les carburants (gasoil).
- ✓ L'Energie électrique (le compteur triphasé indique une consommation en électricité de « 305 039.61 DA/mois de mars »).
- ✓ Les coûts de maintenance liés aux deux ateliers d'usinage et de chaudronnerie.
- ✓ Des divers coûts liés à l'administration, la sécurité, l'éclairage, cuisine, les consommations dues aux véhicules administratifs.....etc.
- ✓ Les coûts liés aux impôts et taxes :
 - remise à l'état des lieux, 0.5% de chiffre d'affaire, (d'après l'article 176 de la loi minière ; loi n°01-10 du 3 juillet 2001) [12].
 - droit d'extraction, 6% de chiffre d'affaire, (d'après l'article 160 de la loi minière ; loi n°01-10 du 3 juillet 2001) [13].
 - taxe de pollution et assainissement estimée à « 9 000.00 DA », (d'après le service comptabilité de l'unité).
 - Taxe superficielle [15].

La structuration des coûts, selon les différentes opérations et selon leur nature c'est-à-dire directe indirecte fixe ou variable, est présentée dans le tableau II.1 ci-dessous :

Tableau II .1 : classification des coûts selon leurs natures

Charges	variables	fixes
directs	<ul style="list-style-type: none"> • Consommables (gasoil, huiles et pièces). • L'énergie électrique (triphasee). • Les frais de minage (coûts liés à la consommation d'explosif). 	<ul style="list-style-type: none"> • Les frais d'amortissement. • Certains frais personnels.
indirects	<ul style="list-style-type: none"> • Autre consommables (coûts liés à la consommation de maintenance, d'administration, de sécurité, cuisine...etc.) • Prestation de transport. • Sous-traitance des travaux de découverte. • Taxe et impôts. • L'énergie électrique (monophasée). 	<ul style="list-style-type: none"> • Autre frais personnels. • Frais de formation. • Les frais de minage (coûts liés au transport d'explosif). • Les frais d'entretien curatif (pièces de longue durée de vie).

Dans le but d'établir plusieurs fonctions qui expriment la relation entre les dépenses et la production journalière nous allons répartir les coûts par différentes méthodes à savoir :

- ✓ par chapitre.
- ✓ par opération.

1. Identification du coût de l'unité de Si-Mustapha par chapitre de dépense :

On a réparti les coûts au niveau de l'unité de Si-Mustapha en quatre chapitres :

- **Les coûts variables directement liés à la production**, ce sont des dépenses journalièrement réalisées en fonction de la quantité produite.
- **Les coûts variables mais indirectement liés à la production**, ont trait aux dépenses des différents services administratifs.
- **Les coûts fixes directement liés à la production**, (ce sont les charges de différentes structures qui interviennent directement dans la production journalière).
- **Les coûts fixes indirectement liés à la quantité produite**, ce sont des dépenses qui n'interviennent pas dans les différentes procédures de production.

1. Les coûts variables directement liés à la production :

Les coûts variables ou consommables englobent : les consommations du gasoil, des huiles et des pièces de rechange pour chaque engin et chaque équipement dans la carrière, la consommation d'énergie électrique qui alimente les stations de concassage et les frais de minage (quantité d'explosif destinés vers les champs de production).

1.1 Consommable sortie du magasin :

Les sorties du magasin pour consommation sont mentionnées sur un bon de consommation qui indique l'article, son unité de mesure, son prix unitaire, la quantité sortie et sa destination (le service ou l'engin utilisateur de cet article).

Donc toutes les quantités du gasoil des huiles et pièces de rechange consommées durant le mois de mars sont saisies et classées quotidiennement par le gestionnaire du stock du magasin.

Les tableaux de [4] à [9] dans la partie annexe résumeront la somme des consommables pour chaque opération de production.

1.1.1 Le gasoil :

C'est la quantité du gasoil consommée chaque jour par les différents engins de terrassement, de transport, de chargement et même par les compresseurs de foration.

Cette consommation journalière ne suit pas un programme préventif bien déterminé mais elle varie selon le type d'engin et de la cadence de son utilisation, le prix du litre du gasoil est de **12.823 DA**.

1.1.2 Les huiles :

Comme le gasoil la consommation des huiles n'est pas planifiée mais elle dépend des besoins et de cadence de l'utilisation des engins, il y'a plusieurs types d'huile utilisé, chacun d'eux a son prix unitaire.

1.1.3 Les pièces de rechange :

L'entretien préventif fait appel à une consommation journalière en pièce de rechange pour assurer la conservation du matériel en bonne état, cette consommation est gérée par le gestionnaire du magasin qui assure la saisie des coûts liés à cette consommation.

On peut citer à titre d'exemple les différentes pièces de rechange qui peuvent être utilisées ou consommées dans la carrière : les filtres, les pompes, les joints, les boulons, les vis, les flexibles, les écrous, les amortisseurs.....etc.

Le coût journalier lié à la consommation des pièces de rechange est relevé à partir des bons de consommations du magasin.

Une bonne gestion du magasin assure la saisie de toutes les consommables qui sortent pour l'utilisation quotidienne :

Gestion des stocks du magasin au niveau de l'entreprise :

La gestion des stocks du magasin est très importante dans une entreprise, elle aidera à identifier et à bien structurer les différents coûts des consommables durant l'opération de production.

La procédure de gestion des stocks du magasin de l'Entreprise E.N.G couvre les catégories d'articles suivants :

- ✓ la pièce de rechange;
- ✓ les matières, et fournitures consommables;
- ✓ les emballages.

La gestion du magasin n'intègre pas les rubriques suivantes:

- ✓ les mouvements des produits finis; les achats groupés et les achats à l'étranger; Le traitement des articles fabriqués par l'Entreprise; les cessions inter-unités; les immobilisations (investissements).

Ces dernières obéissent chacune à une gestion particulière et devant faire l'objet de procédures spécifiques.

La procédure de gestion des stocks s'articule autour des étapes suivantes :

1. achat et prévision;
2. la réception et le stockage;
3. la consommation;
4. l'analyse.

Eu égard au type d'organisation existantes, quatre fonctions interviennent au niveau de l'unité :

- ✓ La gestion des stocks;
- ✓ Le magasinage;
- ✓ Les achats (ou approvisionnement);
- ✓ la comptabilité.

A chacune de ces fonctions, il y a lieu:

- ✓ de créer des documents supports et de les faire circuler;
- ✓ de saisir des données, et de les sauvegarder;
- ✓ de procéder quotidiennement au classement des documents.

Le tableau ci-dessous montre les différents documents utilisés pour la gestion des stocks.

Tableau II.2 : Documents utilisés pour la gestion des stocks.

Nom du document	Code ENG	Emetteur	Répartition des exemplaires (destination finale)				
			Souche	Original	Copies		
			[0]	[1]	[2]	[2]	[4]
Bon de consommation		S.U	S.U	Mag	S.U	-	-
Demande d'achat		G.S	G.S	S.A	-	-	-
Bon de commande		S.A	S.A	Fournisseur	G.S	K	S.A
Bon de livraison		Fournisseur	-	Mag	S.A	-	-
Bon de réception		Mag	Mag	K	G.S	S.A	-
facture		Fournisseur		K	G.S	S.A	-
Demande de paiement		S.A	S.A	K	S.A	-	-
Fiche de suivie achat		S.A	S.A	K	-	-	-
Fiche de valorisation		K	K	G.S	-	-	-
Bon de sortie		Mag	Mag	G.S	-	-	-
Bon de réintégration		Mag	Mag	G.S	S.U	-	-

S.U : service utilisateur de l'article.

Mag : magasin.

G.S : gestion des stocks.

S.A : service achat.

K : comptabilité.

Les sorties du magasin :

Les sorties du magasin pour consommation obéissent à la conséquence suivante :

1. Le service utilisateur :

- a. Etablit le bon de consommation [figure II.4] en trois exemplaires, en indiquant le centre du frais.
- b. Transmet deux exemplaires de bon de consommation à la gestion du stock.

2. Le gestionnaire du stock : vérifie que les documents reçus émanant du service utilisateur de l'article portent bien :

- a. le visa du responsable dûment habilité.
- b. L'indication du centre de frais.

Dans le cas où le centre de frais n'est pas indiqué sur le bon de consommation, ce dernier doit être refusé.

- c. Consulte le fichier informatique des stocks.
- d. Porte sur les deux exemplaires reçus du bon de consommation les quantités théoriquement disponibles en magasin.
- e. Vise les deux exemplaires du bon de consommation.
- f. Remet les deux exemplaires du bon de consommation à l'utilisateur qui se présentera au magasin pour retrait des articles.

3. Le magasin :

- a. Procède aux vérifications d'usage et s'assure notamment que le bon de consommation est bien visé par le gestionnaire des stocks.
- b. Etablit le bon de sortie en s'assurant particulièrement de l'inscription du code article et du centre de frais.
- c. Livre les articles de consommation à l'agent chargé de l'enlèvement.

4. La gestion des stocks :

- a. Reçoit du magasin l'original du bon de sortie [figure II.5].
- b. Procède à la Saisie sur ordinateur de la sortie.
- c. Transmet chaque fin de mois à la comptabilité les originaux des journaux mensuels des entrées et des sorties dûment signés.

5. La comptabilité :

- a. Procède par sondage à des contrôles de conformité entre les données des supports papier et les données des fichiers informatiques.
- b. Procède aux traitements nécessaires et édite le journal des achats.

Les deux figures ci-dessous montrent un exemplaire de bon de consommation et un autre exemplaire de bon de sortie :

1.2 L'énergie électrique :

Nous distinguerons deux types de compteur électrique au niveau de l'unité : un compteur monophasé (220 V) qui alimente les bureaux administratifs, la cuisine et l'éclairage routier, et un autre compteur triphasé (380V) qui alimente les ateliers de maintenances et les stations de concassage.

La consommation mensuelle du mois de mars pour le deuxième compteur est relevée à partir de la facture mensuelle qui nous a donné le montant de l'énergie consommée durant ce mois.

Le montant mensuel de la consommation électrique est de : **305 039,61 DA**, ce qui donne une consommation journalière moyenne de : **9 840 DA**.

Mais ce montant moyen ne représente pas la consommation journalière réelle d'électricité, pour cela nous avons choisit la quantité journalière produite comme clé de répartition [I.1.3] afin de savoir le coût d'électricité lié à une tonne de quantité produite, le calcul se fait comme suite :

QPJ : quantité produite journalière.

QPT : quantité produite totale du mois.

CEJ : consommation d'électricité journalière.

CET : consommation d'électricité mensuelle.

$$CEJ = \frac{QPJ}{QPT} * CET$$

1.3 Les frais de minage :

On peut distinguer les coûts de minage selon leurs natures à savoir :

- **Les coûts liés à la consommation d'explosifs et ses accessoires** : ils sont considérés comme étant des coûts directs et proportionnels à la production mensuelle.
- **Les frais liés au transport d'explosif** : ce sont des coûts fixes et indirectement liés à la production (nous parlerons de ces coûts dans la partie des coûts fixes indirects).

La tonne de la quantité produite finale passe par plusieurs opérations de production, l'abattage des roches est l'une de ces opérations, donc on peut considérer les frais de minage (consommation d'explosif et ses accessoires) qui sont liés à cette opération comme des coûts directs et qui varient selon la quantité voulue produite chaque mois.

Durant le mois de mars deux tirs ont été effectués, le premier a eu lieu le 06/03/2011 et le deuxième le 23/03/2011.

Pour savoir le coût d'explosif inclus dans une tonne de quantité produite, on doit répartir le total de consommation d'explosif (HT) par rapport à la quantité produite par jour de la manière suivante :

TCExM : total de la consommation d'explosif durant le mois de mars.

QPJ : quantité produite journalière.

QPT : quantité produite total du mois.

CExJ : coût de la consommation d'explosif journalière.

$$CExJ = \frac{QPJ}{QPT} * TCExM \Rightarrow$$

Les frais de minage sont mentionnés dans les tableaux [1], [2] de la partie annexe des coûts, le coût total lié à la consommation d'explosif durant ce mois est : TCExM = **3 673 098.00 DA.**

2. Les coûts variables indirectement liés à la production :

Les coûts identifiés dans cette partie varient avec le niveau de production mais ils influent indirectement sur la quantité produite, et donc il n'y a pas mieux que de choisir la quantité journalière produite comme clé de répartition de ces charges.

2.1 Les consommables d'administration et de service maintenance :

La consommation des différents articles liés à l'administration et au service maintenance varie soit avec le niveau de production, soit selon les besoins de chaque service, ce tableau montre quelques exemples sur ces articles et le service consommateur :

Tableau II .3 : quelques exemples d'articles consommé par les services administratifs.

Service	Articles consommés
Administration	Rame papier extra, stylo, bloc bon de sortie, ruban imprimante, boîte d'archive, boîte agrafes, bloc bon de consommation, chemise cartonnée, classeur, registre.....
Maintenance	Savon en poudre, balai de nettoyage, boulon, baguette basic, graisse industrielle, outil à aléser, les écrous.....
Eclairage	Lampe à vis, douille, lampe de projecteur, disjoncteur.....

Les coûts liés à ces consommables sont relevés à partir du magasin, ils sont inclus dans la somme totale des coûts indirects tableau [10] de la partie annexe.

2.2 Prestation du transport

L'entreprise s'occupe de livrer les produits finis à ses clients, et pour ce fait, elle payera les frais de prestation du transport.

Ces coûts seront calculés par rapport au kilométrage et à la tonne de produit transporté, nous avons obtenu le coût total lié à cette prestation pour le mois de mars à partir du service commercial, il est égal à **970 317.84 DA**, cette somme varie avec les ventes du mois.

2.3 Impôt et taxe

- ✓ **taxe de pollution et assainissement** : est approximativement de **9 000 DA** annuellement, donc on obtient un montant mensuel de **750 DA** qui sera réparti par la suite sur la quantité journalière produite.
- ✓ **droit d'extraction** : il dépend de la capacité de production de la carrière, l'exploitation au niveau de la carrière de Si-Mustapha est de type industrielle c'est-à-dire que la production journalière est supérieure à 3000 t/j [11], et donc la redevance d'extraction est de 6% de chiffre d'affaire annuel [12].
On a un chiffre d'affaire mensuel de **44 245 943.41 DA**.
Donc pour ce mois, le prix à payer à l'état pour l'extraction sera égal à :
 $44\,245\,943.41 * 6\% = 2\,654\,756.60 \text{ DA}$.
- ✓ **Remise en état du lieu [13]** : il est de 0.5% du chiffre d'affaire, donc le prix à payer sera égal à :
 $44\,245\,943.41 * 0.5\% = 221\,229.72 \text{ DA}$.

- ✓ **Taxe superficière:** La détermination du montant total du droit proportionnel se fait par addition du droit calculé pour chacune des tranches concernées. Le montant total de la taxe exigible est égale à la somme du droit fixe correspondante à la surface octroyée par le titre minier (10 000 DA pour 59 Ha dans notre cas) et du droit proportionnel (égal à 200 DA/Ha, on aura donc une somme de 11 800DA/Année).[15]

Le coût mensuel lié à la taxe superficière sera égal donc $(10\ 000 + 11\ 800)/12=1\ 816.66\text{DA}$.

2.4 Sous-traitance des travaux :

Les travaux de découverte du gisement sont assurés par un sous-traitant qui a débuté les travaux le 20 /09/2010, le service carrière contrôle cette opération et quantifié le volume extrait chaque jour.

Le prix de revient de l'opération décapage est de 100 DA/t, **le tableau [3]** dans la partie annexe des coûts montre le volume journalier extrait et le montant à payer qui lui correspond.

A la fin du mois de mars le coût lié à cette opération a atteint une somme de : **4 674 000.00 DA.**

3. Les coûts fixes directement liés à la production :

Ces coûts sont fixes quelque soit le niveau de production et donc leur somme mensuelle sera divisée sur le nombre du jour du mois pour obtenir un coût journalier bien identifié.

3.1 Les frais d'amortissement :

L'amortissement caractérise l'usure du matériel durant son utilisation, dans ce qui suit nous avons établi des tableaux qui montrent les frais d'acquisition et d'amortissement mensuel et journalier pour les différents engins de roulage et installations fixes. L'unité de Si-Mustapha utilise l'amortissement linéaire :

3.1.1 Méthode de calcul de l'amortissement :

On cherche à calculer l'amortissement journalier pour chaque engin et installation dans la carrière, la somme de ces amortissements représente un coût journalier fixe quelque soit la production.

Pour le calcul, on a :

FA : Frais d'acquisition du matériel (DA).

N (ans): La durée d'amortissement (égal 6 ans pour les engins de roulage, et 12 ans pour les installations fixes)

Tc = (100/N) (%) : Taux d'amortissement.

AN : Annuité normale (DA).

CAJ : Coût d'amortissement journalier.

$$AN = \frac{FA}{Tc} \text{ (DA)}$$

$$CAJ = \frac{AN}{360} \text{ (DA)}$$

3.1.2 Les coûts d'amortissements par phase de production :

- ✓ **Découverte et abattage** : (la durée d'amortissement est de 60 mois)

Tableau II .4 : Valeur d'acquisition, amortissement des engins de découverte d'abattage

	engin	code	frais d'acquisition	date d'achat	amortissement	
					mensuel	journalier
Découverte	CHARIOT COMPRESSEUR	CPI 02024	7 339 642.00 DA	01/12/2008	122 327.37 DA	4 077.58 DA
	BULL D10	BDC 01001	2 214 022.77 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
Abattage	CHARIOT COMPRESSEUR	CPI 02018	3 281 911.14 DA	01/07/1995	Déjà amorti	Déjà amorti
	SONDEUSE TITON 400	FRS 45002	32 171 420.45 DA	01/06/2006	536 190.34 DA	17 873.01 DA
	CHARIOT COMPRESSEUR	CIP/NOUV	7 339 642.00 DA	01/12/2008	122 327.37 DA	4 077.58 DA
	BRISE ROCHE	LIEBHERR CHL	20 781 360.00 DA	01/01/2007	346 356.00 DA	11 545.20 DA

- ✓ **Chargement** : (la durée d'amortissement est de 60 mois)

Tableau II .5 : Valeur d'acquisition, amortissement des engins de chargement

	engin	code	frais d'acquisition	date d'achat	amortissement	
					mensuel	journalier
Chargement	DRESSER	PND 02005	5 500 000.00 DA	11/01/1998	Déjà amorti	Déjà amorti
	KAWAZAKI	PNK 03002	446 500.00 DA	01/11/1997	Déjà amorti	Déjà amorti
	KOMATSU	PNK 02012	36 252 246.00 DA	30/04/2007	604 204.10 DA	20 140.14 DA
	KOMATSU	PNK 02014	36 252 246.00 DA	30/04/2007	604 204.10 DA	20 140.14 DA
	KOMATSU	PNK 02024	37 710 283.00 DA	01/12/2008	628 504.72 DA	20 950.16 DA

- ✓ **Transport** : (la durée d'amortissement est de 60 mois)

Tableau II .6 : Valeur d'acquisition, amortissement des engins de transport

	engin	code	frais d'acquisition	date d'achat	amortissement	
					mensuel	journalier
Transport	EUCLID 35	DPE 02027	3 708 966.00 DA	01/01/1991	Déjà amorti	Déjà amorti
	EUCLID 35	DPE 02039	5 643 877.20 DA	01/10/1994	Déjà amorti	Déjà amorti
	EUCLID 35	DPE 02014	266 590.76 DA	01/01/1990	Déjà amorti	Déjà amorti
	EUCLID 25	DPE 02019	845 074.84 DA	07/01/1989	Déjà amorti	Déjà amorti
	TEREX	DPT 19006	36 583 136.60 DA	01/08/2006	609 718.94 DA	20 323.96 DA
	TEREX	DPT 19007	36 583 136.60 DA	01/08/2006	609 718.94 DA	20 323.96 DA
	TEREX	DPT 19016	38 625 285.00 DA	08/02/2007	643 754.75 DA	21 458.49 DA
	TEREX	DPT 19017	38 625 285.00 DA	08/02/2007	643 754.75 DA	21 458.49 DA

✓ **Traitement** : (la durée d'amortissement est de 120 mois)

Tableau II .7.a : Valeur d'acquisition, amortissement des équipements de traitement (Station primaire et secondaire « DRAGON »)

	engin	code	frais d'acquisition	date d'achat	amortissement	
					mensuel	journalier
station primaire	concasseur à mâchoire	CCD 01043	3 371 487.75 DA	01/01/2007	28 095.73 DA	936.52 DA
	crible VSD	CRD 01033	3 362 995.47 DA	31/12/1997	Déjà amorti	Déjà amorti
	crible	CRC 11003	7 890 970.59 DA	15/04/2004	65 758.09 DA	2 191.94 DA
	transporteur fixe	TBD 010081	29 280.74 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010082	29 280.74 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010083	421 435.97 DA	01/01/2007	3 511.97 DA	117.07 DA
	transporteur fixe	TBD 010084	29 476.54 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
station secondaire DRAGON	transporteur fixe	TBD 010085	235 891.06 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010086	207 518.39 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010087	26 341.07 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010088	7 188.14 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010089	22 466.17 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010090	7 185.57 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010091	7 185.57 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010092	16 818.71 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	transporteur fixe	TBD 010093	60 545.30 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	broyeur	CCD 01016	994 209.39 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	broyeur	CCD 01017	1 330 773.40 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	broyeur	CCD 01042	158 731.75 DA	01/01/1993	Déjà amorti	Déjà amorti
	crible	CRD 01035	3 362 995.47 DA	31/07/1997	Déjà amorti	Déjà amorti
	crible	CRS 44001	12 503 262.00 DA	30/06/2004	104 193.85 DA	3 473.13 DA
	crible	CRS 44002	12 503 262.00 DA	30/06/2004	104 193.85 DA	3 473.13 DA
	alimentateur à tablier métal	ALD 01015	1 765 545.00 DA	01/01/1991	Déjà amorti	Déjà amorti
	alimentateur à tablier métal	ALD 18001	16 580 591.99 DA	01/01/2007	138 171.60 DA	4 605.72 DA
	compresseur fixe	CFC 35001	1 468 700.00 DA	01/01//2007	12 239.17 DA	407.97 DA

Ces deux stations : primaire et secondaire « DRAGON » sont des anciennes installations, on remarque que leurs équipements sont presque tous amortis, elles se sont renforcés par trois cribles et un concasseur à mâchoire en 2004, un alimentateur à tablier métal et un compresseur fixe en 2007.

Tableau II .7.b : Valeur d'acquisition, amortissement des équipements de traitement (station secondaire SANDVICK)

	engin	code	frais d'acquisition	date d'achat	amortissement	
					mensuel	journalier
station secondaire SANDVICK	extracteur électrique	XTA 18019	2 634 120.36 DA	01/01//2007	21 951.00 DA	731.70 DA
	extracteur électrique	XTA 18020	1 281 463.96 DA	01/01//2007	10 678.87 DA	355.96 DA
	extracteur électrique	XTA 18021	1 281 463.96 DA	01/01//2007	10 678.87 DA	355.96 DA
	transporteur fixe	TBS 44001	6 253 069.50 DA	01/01//2007	52 108.91 DA	1 736.96 DA
	transporteur fixe	TBS 44002	6 609 031.71 DA	01/01//2007	55 075.26 DA	1 835.84 DA
	transporteur fixe	TBS 44003	3 547 756.70 DA	01/01//2007	29 564.64 DA	985.49 DA
	transporteur fixe	TBS 44004	3 559 622.11 DA	01/01//2007	29 663.52 DA	988.78 DA
	transporteur fixe	TBS 44005	3 939 315.13 DA	01/01//2007	32 827.63 DA	1 094.25 DA
	transporteur fixe	TBS 44006	5 458 087.23 DA	01/01//2007	45 484.06 DA	1 516.14 DA
	transporteur fixe	TBS 44007	5 564 875.89 DA	01/01//2007	46 373.97 DA	1 545.80 DA
	transporteur fixe	TBS 44008	3 239 256.12 DA	01/01//2007	26 993.80 DA	899.79 DA
	transporteur fixe	TBS 44009	3 239 256.12 DA	01/01//2007	26 993.80 DA	899.79 DA
	transporteur fixe	TBS 44010	5 232 644.50 DA	01/01//2007	43 605.37 DA	1 453.51 DA
	transporteur fixe	TBS 44011	2 266 292.74 DA	01/01//2007	18 885.77 DA	629.53 DA
	transporteur fixe	TBS 44012	3 974 911.35 DA	01/01//2007	33 124.26 DA	1 104.14 DA
	transporteur fixe	TBS 44013	6 431 050.61 DA	01/01//2007	53 592.09 DA	1 786.40 DA
	transporteur fixe	TBS 44014	4 880 597.87 DA	01/01//2007	40 671.65 DA	1 355.72 DA
	transporteur fixe	TBS 44015	4 880 597.87 DA	01/01//2007	40 671.65 DA	1 355.72 DA
	transporteur fixe	TBS 44016	4 880 597.87 DA	01/01//2007	40 671.65 DA	1 355.72 DA
	transporteur fixe	TBS 44017	5 647 933.74 DA	01/01//2007	47 066.11 DA	1 568.87 DA
	BROYEUR	BRS 44001	42 312 041.46 DA	01/01//2007	352 600.35 DA	11 753.34 DA
	BROYEUR	BRS 44002	28 210 005.21 DA	01/01//2007	235 083.38 DA	7 836.11 DA
	BROYEUR	BRS 44003	28 210 005.21 DA	01/01//2007	235 083.38 DA	7 836.11 DA
	CRIBLE	CRS 44003	24 122 372.49 DA	01/01//2007	201 019.77 DA	6 700.66 DA
	CRIBLE	CRS 44004	24 122 372.49 DA	01/01//2007	201 019.77 DA	6 700.66 DA
	CRIBLE	CRS 44005	19 138 901.54 DA	01/01//2007	159 490.85 DA	5 316.36 DA
	TREMIE	SLS 44001	3 488 429.66 DA	01/01//2007	29 070.25 DA	969.01 DA
	compresseur fixe SANDVIK	CFC 35002	1 216 458.00 DA	01/01//2007	10 137.15 DA	337.91 DA

Après calcul, nous avons obtenu un montant d'amortissement mensuel total de : **8 079 364.39DA**, et donc le montant journalier sera égal à **260 624.66 DA**.

3.2 Les frais des personnels (services productifs) :

Le personnel de l'unité de Si-Mustapha se divise en deux groupes : productif et administratif, le premier groupe englobe les frais des personnels de service carrière et traitement, il est directement lié aux opérations de production.

Les frais du personnel du mois de mars pour ces deux services sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II .8.a : Les frais du personnel du mois de mars (service carrière et traitement)

	Opération	Nombre des personnels	Répartition des dépenses mensuelle selon le nombre des personnels pour chaque opération
Personnels directement liés aux opérations de production	découverte	6	423 162.24 DA
	abattage	22	1 551 594.88 DA
	chargement	8	564 216.32 DA
	transport	6	423 162.24 DA
	traitement	35	2 468 446.40 DA
TOTAL		75	5 430 582.08 DA

Ce montant sera divisé sur le nombre de jours du mois et il intervient dans la fonction des coûts comme un coût fixe.

4. Les coûts fixes indirectement liés à la quantité produite :

4.1 Frais des personnels (services administratifs) :

Le deuxième groupe de personnel englobe les services administratifs (administration, sécurité, cuisine) et le service de la maintenance, ces personnels sont indirectement liés aux processus de production.

Tableau II .8.b : Les frais du personnel du mois de mars (services administratifs et maintenance)

	SERVICE	Nombre des personnels	Répartition des dépenses mensuelle selon le nombre des personnels
personnels indirectement liés aux processus de production	administration, sécurité, maintenance.	65	4 584 257.60 DA
TOTAL		65	4 584 257.60 DA

4.2 Frais de formation :

Au début de l'année 2011, l'entreprise a lancé un programme de formation du personnel. La formation se déroule à la nouvelle école des mines d'El Abed.

Les coûts liés à cette formation sont totalement pris en charge par l'entreprise Tableau II .9.

Tableau II .9 : Les frais et la durée de chaque formation prévue en 2011

Spécialités	Durée de formation	Montant (TTC)	Nombre d'effectifs	TOTAL
Boutefeu (formation initiale)	03 semaines	100 000.00 DA	7	700 000.00 DA
Foreur -mineur	03 semaines	75 000.00 DA	2	150 000.00 DA
Chef de poste carrière	02 mois	180 000.00 DA	2	360 000.00 DA
Conducteur engin	02 semaines	50 000.00 DA	2	100 000.00 DA
Contrôleur de qualité	02 semaines	50 000.00 DA	2	100 000.00 DA
Chef d'entretien	03 semaines	75 000.00 DA	1	75 000.00 DA
Chef de station	03 semaines	75 000.00 DA	2	150 000.00 DA
Chef de poste forage hydraulique	03 moins et demi	380 000.00 DA	1	380 000.00 DA
Atelier de formation	03 jours	30 000.00 DA	2	60 000.00 DA
MONTANT TOTAL ANNUEL				2 075 000.00 DA
MONTANT TOTAL MENSUEL				172 916.67 DA

4.3 Les frais du transport d'explosif :

L'entreprise payera à chaque réalisation du tir les frais liés au transport et à l'escorte d'explosif par les gendarmeries, ces coûts sont fixes quelque soit la quantité d'explosif transportée, ce tableau résume ces frais :

Tableau II .10 : Les frais du transport d'explosif

Camion d'explosifs	30 000.00 DA
Véhicule d'accessoires	6 000.00 DA
Total Transport (HT)	36 000.00 DA

L'entreprise effectue deux tirs chaque mois, et le coût mensuel sera égal à **72 000.00 DA.**

4.4 Les frais liés à l'entretien curatif :

La réparation des pannes dépend de plusieurs paramètres (disponibilité des pièces, de la main d'œuvre qualifiée.....etc.), cette réparation nécessite parfois une consommation des pièces qui ont une longue durée de vie (les pneus, les dents de godet, les tiges de foration, démarreur complet, plaque de frein, roulement.....) et donc le montant lié à cette consommation sera considéré comme un coût fixe, le tableau suivant résume les coûts liés à la panne pour chaque opération :

Tableau II .11 : les coûts liés à l'entretien curatif pour chaque opération

DATE	Découverte	Abattage		Chargement	Transport	Traitement	Total par date
		Terrassement	Foration				
09/03/2011	0	0	0	32885,68	0	0	32 885,68
13/03/2011	0	0	0	0	0	86718,95	86 718,95
14/03/2011	0	0	353731,56	265368,25	0	64500	683 599,81
15/03/2011	0	0	0	0	0	79526,71	79 526,71
16/03/2011	41683,41	341248,91	0	233145,85	671763,62	2697512,97	3 985 354,76
17/03/2011	0	0	0	0	0	52348,73	52 348,73
22/03/2011	0	0	0	340900	22267,89	58000	421 167,89
27/03/2011	0	0	0	0	324294,45	19355,56	343 650,01
Total par opération	41 683,41	341 248,91	353 731,56	872 299,78	1 018 325,96	3 057 962,92	5 685 252,54

2. Identification du coût de l'unité de Si-Mustapha par opération :

1. Les coûts directement liés aux opérations de production :

Dans le but d'analyser les différentes fonctions (coût/production), nous synthétisons les coûts journaliers par phase de production, cela nous permettra d'interpréter et de tirer des conclusions sur les relations entre la production et les coûts de chaque opération dans la carrière, les tableaux de 4 à 8 dans la partie annexe des coûts mentionnent les charges prises en considération pour chaque opération :

Découverte : Les différents coûts liés à l'opération de la découverte du gisement (Tableau 4).

Abattage : Les différents coûts liés à l'opération de l'abattage des roches (Tableau 5).

Chargement : Les différents coûts liés à l'opération de chargement (Tableau 6).

Transport : Les différents coûts liés à l'opération de transport (Tableau 7).

Traitement : Les différents coûts liés à l'opération de traitement (Tableau 8).

2. Les coûts indirectement liés aux opérations de production :

Nous avons choisit la quantité produite comme clé de répartition [II.2.2.4] pour répartir les différents coûts indirects, le tableau [9] dans la partie annexe résume ces coûts.

Chapitre III :
**Application des régressions linéaires simples et détermination
des différentes fonctions du coût**

1. Introduction :

Dans une entreprise productive il est nécessaire de contrôler les coûts, de ce fait il faut connaître la relation qui existe entre la production et les différents coûts. Dans ce chapitre nous cherchons à identifier une relation entre les dépenses opérationnelles et la quantité produite par jour de la carrière de Si-Mustapha. Pour déterminer la fonction qui traduit cette relation nous appliquerons la méthode de régression simple sur un échantillon de 31 jours de production.

2. Analyse de la régression simple : [10]

L'analyse de la régression simple permet de construire une équation indiquant de quelle manière deux variables sont liées.

La variable que l'on cherche à prévoir est appelée **variable dépendante** (elle est notée **y**), la variable utilisée pour prévoir la valeur de la variable dépendante est appelée **variable indépendante** (elle est notée **x**).

En analysant, dans notre cas, les effets de la production sur les dépenses opérationnelles, donc nous cherchons à renseigner sur les coûts d'une quantité Q donnée (la production correspond donc à la variable indépendante (**x**) et les dépenses opérationnelles correspondent à la variable dépendante (**y**), utilisée pour prévoir les coûts.

2.1 Modèle de régression linéaire simple :

L'équation qui décrit la relation qui lie y à x a un terme d'erreur, correspond à un modèle de régression. Le modèle de régression utilisé dans une régression linéaire simple s'écrit de la façon suivante :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \dots\dots\dots (1)$$

β_0 : correspond à l'ordonnée à l'origine de la droite de régression.

β_1 : correspond à la pente de la droite de régression.

ε : est une variable aléatoire appelée terme d'erreur.

Le terme d'erreur prend en compte la variabilité de y qui n'est pas expliquée par la relation linéaire entre **x** et **y**.

2.2 Equation de la régression linéaire simple :

$$E(y) = \beta_0 + \beta_1 x \dots\dots\dots (2)$$

L'équation de la régression linéaire simple est représentée graphiquement par une ligne droite.

E(y) : est la moyenne de y pour une valeur donnée de **x**.

La figure III.1 regroupe quelques exemples de droites de régression possibles, dans le cadre d'une régression linéaire simple :

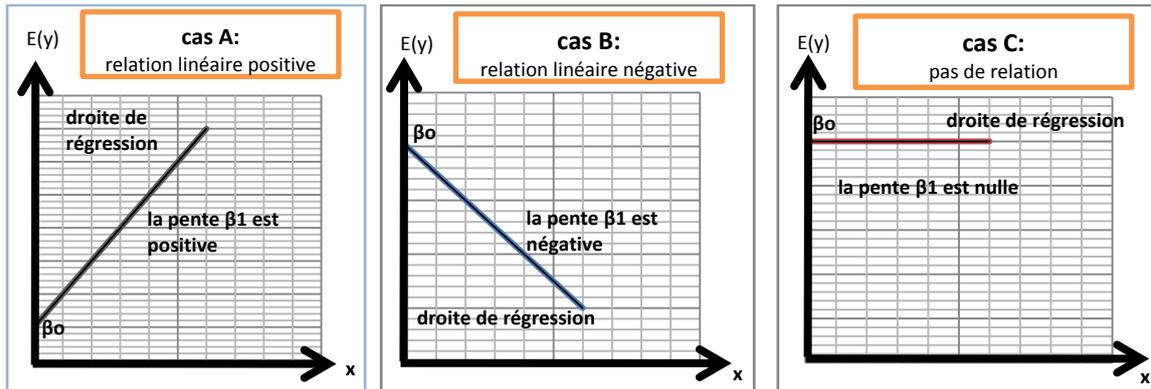


Figure III.1 : Droites de régression possibles dans une régression linéaire simple

2.3 L'équation estimée de la régression linéaire :

En pratique, la valeur des paramètres β_0 et β_1 n'est pas connue, elle doit être estimée en utilisant les données d'un échantillon. Les statistiques d'échantillon (notées b_0 et b_1) servent d'estimation des paramètres β_0 et β_1 .

L'équation estimée de la régression, dans le cadre d'une régression linéaire simple, s'écrit:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \dots\dots\dots(3)$$

Le graphique de l'équation estimée est appelé **droite de régression estimée**.

Où b_0 : correspond à l'ordonnée à l'origine de la droite de régression estimée.

b_1 : correspond à la pente de la droite de régression estimée.

\hat{y} : la valeur estimée de y pour une valeur donnée de x.

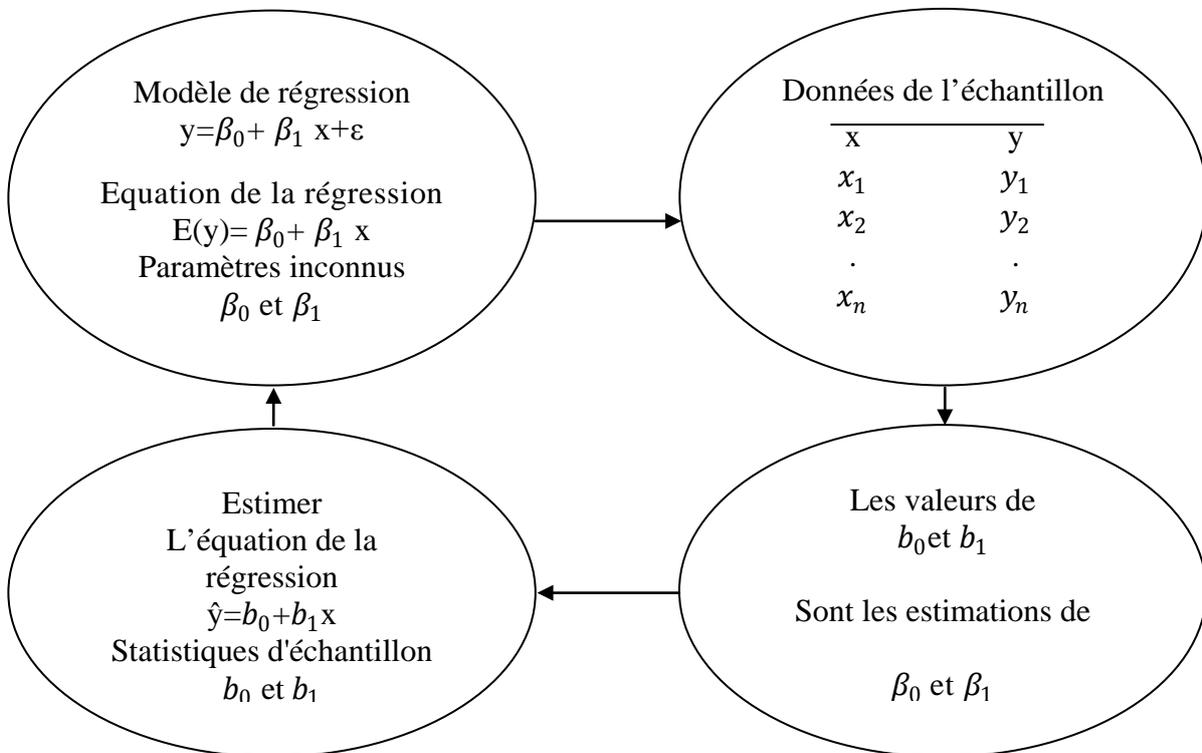


Figure III.2 : Processus d'estimation dans le cadre d'une régression linéaire simple

3. La méthode des moindres carrés : [10]

Un ajustement d'une droite sur le nuage de points serait assez discutable, car il serait difficile de trancher entre deux droites possibles qui ne différeraient que légèrement. Il faut donc un critère pour choisir l'une de ces droites. Ce critère choisi s'appelle **Méthode des moindres carrés**.

La méthode des moindres carrés est une procédure qui permet d'utiliser les données de l'échantillon pour estimer l'équation de la régression.

On utilise les données de l'échantillon pour déterminer les valeurs de b_0 et b_1 dans l'équation estimée de la régression linéaire simple. Pour le $i^{\text{ème}}$ échantillon, l'équation estimée de la régression s'écrit :

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_i \dots \dots \dots (4)$$

Le critère que l'on retient est basé sur l'écart e_i , c'est-à-dire la distance verticale entre le point observé (x_i, y_i) et le point correspondant (x_i, \hat{y}_i) sur la droite tel qu'illustré sur la figure

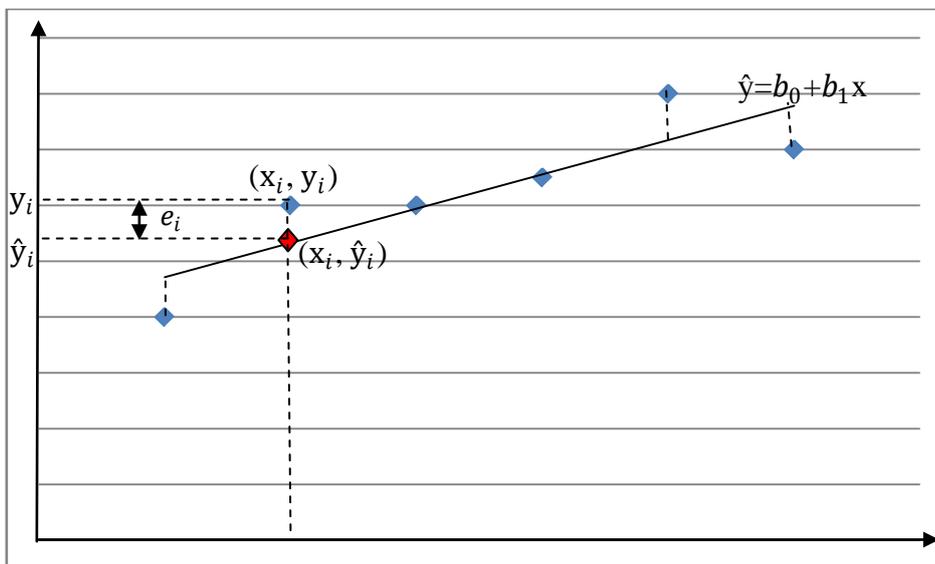


Figure III.3 : Ajustement d'une droite de régression par la méthode des moindres carrés.

Tel que :

$$e_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - b_0 - b_1 x_i \dots \dots \dots (5)$$

e_i : sont appelées les résidus du modèle.

La droite déterminée s'appelle la droite de régression linéaire ou droite des moindres carrés. Les coefficients b_0 et b_1 sont appelés coefficients de régression.

✓ **Critère des moindres carrés :**

Il semble raisonnable de déterminer (estimer) les coefficients b_0 et b_1 qui minimisent la somme des écarts au carré entre les valeurs observées de la variable dépendante y_i et les valeurs estimées \hat{y}_i .

$$\text{Min } \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Où :

y_i : correspond à la valeur observée de la i^{e} observation de la variable dépendante.

\hat{y}_i : correspond à la valeur estimée de la i^{e} observation de la variable dépendante.

Si l'écart entre les valeurs observées et les valeurs estimées est plus faible, on peut considérer que la droite de régression estimée est bien adaptée aux données.

Mais on a un problème de minimisation d'une fonction à deux variables.

Pour avoir notre solution nous avons utilisée la fonction Q (appelée la fonction objective) en fonction des valeurs b_0 et b_1 .

$$\begin{aligned} Q(b_0, b_1) &= \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \\ &= \sum (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2 \end{aligned}$$

La valeur de Q minimum doit annuler les dérivées partielles du 1^{er} ordre.

$$\frac{\partial Q(b_0, b_1)}{\partial b_0} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial Q(b_0, b_1)}{\partial b_1} = 0$$

On a :

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q(b_0, b_1)}{\partial b_0} = 0 &\Rightarrow \frac{\partial [\sum (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2]}{\partial b_0} = 0 \\ &\Rightarrow \frac{\partial [\sum ((y_i - b_1 x_i) - b_0)^2]}{\partial b_0} = 0 \\ &\Rightarrow \frac{\partial [\sum ((y_i - b_1 x_i)^2 + b_0^2 - 2b_0(y_i - b_1 x_i))]}{\partial b_0} = 0 \\ &\Rightarrow \sum (2b_0 - 2(y_i - b_1 x_i)) = 0 \\ &\Rightarrow -2 \sum (y_i - b_1 x_i - b_0) = 0 \\ &\Rightarrow \sum (y_i - b_1 x_i - b_0) = 0 \\ &\Rightarrow \sum e_i = 0 \end{aligned}$$

On a aussi :

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q(b_0, b_1)}{\partial b_1} = 0 &\Rightarrow \frac{\partial [\sum (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2]}{\partial b_1} = 0 \\ &\Rightarrow \frac{\partial [\sum ((y_i - b_0) - b_1 x_i)^2]}{\partial b_1} = 0 \\ &\Rightarrow \frac{\partial [\sum ((y_i - b_0)^2 + (b_1 x_i)^2 - 2b_1 x_i (y_i - b_0))]}{\partial b_1} = 0 \end{aligned}$$

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

$$\begin{aligned} \Rightarrow \sum (2 b_1 x_i - 2 x_i (y_i - b_0)) &= 0 \\ \Rightarrow -2 \sum x_i (y_i - b_1 x_i - b_0) &= 0 \\ \Rightarrow x_i \sum (y_i - b_1 x_i - b_0) &= 0 \\ \Rightarrow \sum e_i x_i &= 0 \end{aligned}$$

Alors :

$$\frac{\partial Q(b_0, b_1)}{\partial b_0} = \sum e_i = 0 \dots\dots\dots (6)$$

$$\frac{\partial Q(b_0, b_1)}{\partial b_1} = \sum e_i x_i = 0 \dots\dots\dots (7)$$

En distribuant le signe de sommation et en transformant, on est conduit aux équations, c'est-à-dire :

$y_1 = b_0 + b_1 x_1$		$x_1 y_1 = b_0 x_1 + b_1 x_1^2$
$y_2 = b_0 + b_1 x_2$		$x_2 y_2 = b_0 x_2 + b_1 x_2^2$
$y_i = b_0 + b_1 x_3$		$x_3 y_1 = b_0 x_3 + b_1 x_3^2$
·	→	·
·		·
·		·
$y_n = b_0 + b_1 x_n$		$x_n y_n = b_0 x_n + b_1 x_n^2$
$\sum y_i = n b_0 + b_1 \sum x_i$		$\sum x_i y_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2$

Donc :

$$\sum y_i = n b_0 + b_1 \sum x_i \dots\dots\dots (8)$$

$$\sum x_i y_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 \dots\dots\dots (9)$$

On multiplier l'équation (8) fois $\frac{1}{n}$, on obtient :

$$\frac{1}{n} \sum y_i = b_0 + \frac{1}{n} b_1 \sum x_i \dots\dots\dots (10)$$

L'équation (III.9) peut s'écrire comme suit :

$$\bar{y} = b_0 + b_1 \bar{x} \dots\dots\dots (11)$$

Tel que :

La moyenne arithmétique est la somme des valeurs de la variable divisée par le nombre d'individus :

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad \text{et} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

D'après l'équation (III.10), on obtient :

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \dots\dots\dots (12)$$

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

On a appelé \hat{y} la fonction estimée par le modèle lorsque la droite de régression passe par le point moyen (\bar{x}, \bar{y}) de l'échantillon, on a : (l'équation (4))

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \quad \text{avec} \quad b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}$$

On obtient :

$$\hat{y} = \bar{y} - b_1 \bar{x} + b_1 x = \bar{y} + b_1 (x - \bar{x})$$

On remplace $b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}$ dans l'équation (III.9), on obtient :

$$\begin{aligned} \sum x_i y_i &= (\bar{y} - b_1 \bar{x}) \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 \Rightarrow \sum x_i y_i = \bar{y} \sum x_i - b_1 \bar{x} \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 \\ &\Rightarrow \sum x_i y_i = \bar{y} \sum x_i + b_1 (\sum x_i^2 - \bar{x} \sum x_i) \\ &\Rightarrow \sum x_i y_i - \bar{y} \sum x_i = b_1 (\sum x_i^2 - \bar{x} \sum x_i) \end{aligned}$$

D'où :

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{\sum x_i y_i - \bar{y} \sum x_i}{\sum x_i^2 - \bar{x} \sum x_i} \Rightarrow b_1 = \frac{\sum x_i y_i - \frac{1}{n} \sum y_i \sum x_i}{\sum x_i^2 - \frac{1}{n} \sum x_i \sum x_i} \\ &\Rightarrow b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i} \\ &\Rightarrow b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

Alors, pente et ordonnée à l'origine de l'équation estimée de la régression sont :

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \dots\dots\dots (12)$$

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad \text{Ou} \quad b_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Où :

- x_i : correspond à la valeur de la i^e observation de la variable indépendante.
- y_i : correspond à la valeur de la i^e observation de la variable dépendante.
- \bar{x} : correspond à la moyenne de la variable indépendante.
- \bar{y} : correspond à la moyenne de la variable dépendante.
- n : correspond au nombre total d'observations.

4. Variation expliquée et inexpliquée : [10] [9]

Il est important dans l'approche de la fonction de coût de déterminer dans quelle mesure cette fonction est utile à expliquer la variation existante dans les observations y_i , c'est-à-dire de tester si la fonction que nous venons de déterminer est significative.

Ceci peut être vérifié en effectuant l'analyse de la variance. Elle va nous permettre :

- De quantifier la variation totale dans les observations et de la décomposer en deux sources de variation, soit :
 - ✓ **une variation attribuable à la régression**, cette variation est expliquée par la fonction (droite de régression).
 - ✓ **une variation résiduelle**, c'est la variation inexpliquée par la fonction.
- De définir un indice qui donne une mesure descriptive de la qualité de l'ajustement des points expérimentaux (x_i, y_i) par la droite de régression.

4.1 La variation expliquée par le modèle :

Traduite par une somme des écarts $(\hat{y}_i - \bar{y})$, elle détermine dans quelle mesure les valeurs \hat{y}_i de la droite de régression estimée dévient de \bar{y} , cette somme est appelée somme des carrés de la régression (SCreg).

$$SC_{reg} = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

4.2 La variation inexpliquée par le modèle:

Traduite par une somme des écarts $(y_i - \hat{y}_i)$, elle mesure l'ajustement des observations autour de la droite \hat{y} , cette somme est appelée somme des carrés des résidus (SCres).

$$SC_{res} = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

4.3 La variation totale de y:

Traduite par la somme des carrés des écarts $y_i - \bar{y}$, elle est appelée la somme des écarts totale est notée SCT et déterminée par la formule :

$$SCT = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

4.4 Relation entre SCT, SCreg et SCres :

Variation total de y = Variation expliquée par le modèle + Variation inexpliquée par le modèle

$$SCT = SC_{reg} + SC_{res}$$

$$\text{Avec : } SCT = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

$$\text{Alors : } \sum (y_i - \bar{y})^2 = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2 + \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

L'équation estimée de la régression \hat{y} s'ajuste parfaitement aux données si toutes les valeurs de la variable dépendante y_i se trouvent sur la droite de régression estimée.

C'est à dire : $e_i = y_i - \hat{y}_i = 0 \Rightarrow SC_{res} = 0$ pour chaque observation i .

Et l'équation $SCT = SC_{reg} + SC_{res}$ devient : $SCT = SC_{reg}$, le ratio SC_{reg}/SCT sera donc égal à 1.

Plus l'ajustement est imparfait, plus la valeur de SCres est grande. Or on a $SCres = SCT - SCreg$, par conséquent, la plus grande valeur de SCres (l'ajustement le plus imparfait) intervient lorsque $SCres = 0$ et $SCreg = SCT$.

Le ratio ($SCreg/SCT$), compris entre zéro et un, est utilisé pour évaluer l'adéquation de l'équation estimée de la régression. Ce ratio est appelé coefficient de détermination.

4.5 Coefficient de détermination r^2 :

Le coefficient de détermination (R^2) est un indicateur qui permet de juger la qualité d'une régression linéaire, simple ou multiple. D'une valeur comprise entre 0 et 1, il mesure l'adéquation entre le modèle et les données observées.

Le coefficient de détermination exprimé en pourcentage par la relation linéaire entre x et y.

$$R^2 = \frac{\text{variation expliquée}}{\text{variation totale}} = \frac{SCreg}{SCT} = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$$

4.6 Coefficient de corrélation r :

La relation entre le coefficient de corrélation et le coefficient de détermination est :

$$r = (\text{Signe de } b_1) \sqrt{\text{coefficient de détermination}}$$

Le signe du coefficient de corrélation d'un échantillon est positif si l'équation estimée de la régression est de pente positive ($b_1 > 0$) et négative si l'équation estimée de la régression est de pente négative ($b_1 < 0$).

Le coefficient de corrélation est toujours compris entre (-1) et (+1). Une valeur égale à (+1) indique que les deux variables x et y sont parfaitement liés de façon positive. En d'autres termes, tous les points sont sur une ligne droite de pente positive. Une valeur égale à (-1) indique que x et y sont parfaitement liés de façon négative, tous les points étant sur une ligne droite de pente négative. Des valeurs proches de zéro indiquent que x et y ne sont pas linéairement liés.

5. Inférence sur les paramètres du modèle [9] :

Nous allons voir dans cette section comment effectuer des tests d'hypothèse sur les paramètres β_1 et β_0 du modèle de régression simple ainsi que sur la manière de construire des intervalles de confiance.

5.1 Test sur la pente β_1 :

La distribution d'échantillonnage de l'estimateur b_1 est une distribution normale de moyenne :

$$E(b_1) = \beta_1$$

Et de variance:

$$\sigma^2(b_1) = \frac{\sigma^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$$

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

$\sigma(b_1)$: écart-type de b_1 est estimée par $s(b_1) = \sqrt{s^2(b_1)}$,

Le test significatif de student est basé que le fait que la statistique de test :

$$t = \frac{b_1 - \beta_1}{s(b_1)}$$

Soit une loi de student avec $(n-2)$ degré de liberté.

Si l'hypothèse nulle est vraie :

$$H_0 : \beta_1 = 0$$

Contre l'hypothèse alternative :

$$H_1 : \beta_1 \neq 0$$

Alors on prend $t = \frac{b_1}{s(b_1)}$ comme statistique de test.

En effet, le non-rejet de l'hypothèse nulle implique un modèle avec un seul paramètre :

$$\hat{y}_i = \beta_0 + e_i$$

Par contre, si cette hypothèse est rejetée, c'est-à-dire :

$$t = \frac{|b_1|}{s(b_1)} > t_{(\frac{\alpha}{2}; n-2)}$$

On dit que la relation entre les x_i et les y_i est significative au seuil de signification α .

➤ Intervalle de confiance pour β_1 :

On définit un intervalle de confiance ayant un niveau de confiance $100(1-\alpha)$ % de contenir la vraie valeur de β_1 comme suit :

$$b_1 - t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} * s(b_1) \leq \beta_1 \leq b_1 + t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} * s(b_1)$$

$t_{\frac{\alpha}{2}; n-2}$: représente la valeur tabulée de la distribution de Student avec $n-2$ degré de liberté.

Telle que la probabilité que t soit compris entre $-t_{\frac{\alpha}{2}; n-2}$ et $+t_{\frac{\alpha}{2}; n-2}$ est $1-\alpha$.

5.2 Inférence concernant le paramètre β_0 :

L'interprétation pratique du paramètre β_0 représente un certain intérêt, pour notre cas le paramètre β_0 représente théoriquement les frais fixes de production. Pour avoir une estimation fiable des frais fixes il faudra avoir suffisamment de données sur les coûts de la production pour des faibles quantités à produire.

➤ Estimation de β_0 par intervalle de confiance :

Tout comme dans le cas de β_1 le calcul d'un intervalle de confiance autour de β_0 ou l'exécution d'un test statistique sur β_0 requiert la connaissance des principales caractéristiques de la distribution d'échantillonnage de b_0 .

La distribution d'échantillonnage de l'estimateur b_0 est une distribution normale.

$$\text{Var}(b_0) = \sigma^2(b_0) = \frac{\sigma^2 \sum x_i^2}{n \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Où:

$$\sigma^2 = \text{var}(y_i) = \text{var}(\epsilon_i) \text{ et } \sigma(b_0) = \sqrt{\sigma^2(b_0)}$$

Ils sont estimés respectivement par

$$s^2(b_0) = \sigma^2(b_0) = \frac{\sigma^2 \sum x_i^2}{n \sum (x_i - \bar{x})^2} \text{ et } s(b_0) = \sqrt{s^2(b_0)}$$

La fluctuation de l'écart réduit sous la loi de Student est $t = \frac{b_0 - \beta_0}{s(b_0)}$

On définit un intervalle de confiance ayant un niveau de confiance de $100(1-\alpha) \%$ de contenir la vraie valeur de β_0 comme suit :

$$b_0 - t_{\left(\frac{\alpha}{2}; n-2\right)} * s(b_0) \leq \beta_0 \leq b_0 + t_{\left(\frac{\alpha}{2}; n-2\right)} * s(b_0)$$

6. Estimation et prévision [9] [10] :

Lorsque les hypothèses du modèle sont vérifiées, on peut également calculer des intervalles de prédiction, l'équation estimée de la régression servira à faire des estimations et des prévisions, elle contribuera alors directement ou indirectement à la prise de décision.

Il existe deux types d'estimation :

- ✓ l'estimation ponctuelle
- ✓ l'estimation par intervalle de confiance.

6.1 Estimation ponctuelle :

L'équation estimée de la régression linéaire peut être utilisée pour effectuer une estimation ponctuelle de la moyenne de y pour une valeur particulière de x ou pour prévoir la valeur de y associée à une valeur particulière de x.

Or il s'avère que l'estimation ponctuelle d'une valeur de y est la même que l'estimation ponctuelle de la valeur \bar{y} .

Les estimations ponctuelles ne fournissent donc aucune information sur la précision de l'estimation, contrairement aux estimations par intervalle.

6.2 Estimation par intervalle :

On distingue deux types d'estimations :

6.2.1 Estimation par intervalle de confiance de la valeur moyenne de y :

La procédure d'estimation par intervalle de confiance est décrite comme suit:

$$\hat{y}_p = b_0 + b_1 x$$

Correspond à l'estimation de $E(y_p)$ lorsque $x = x_p$

Avec : x_p est une valeur particulière ou donnée de la variable indépendante x ;

$E(y_p)$ correspond à la moyenne ou à l'espérance mathématique de la variable dépendante y ;

En général, \hat{y}_p n'est pas exactement égal à $E(y_p)$, il faut estimer la variance de y_p par la formule suivante :

$$s^2(\hat{y}_p) = s^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right]$$

L'estimation de l'écart type de y_p correspond à :

$$s(\hat{y}_p) = s \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

L'expression générale d'une estimation par intervalle de confiance de $E(y_p)$ s'écrit de la façon suivante :

$$\hat{y}_p - t_{(\frac{\alpha}{2}; n-2)} * s(\hat{y}_p) \leq E(y_p) \leq \hat{y}_p + t_{(\frac{\alpha}{2}; n-2)} * s(\hat{y}_p)$$

Notes:

à $x_p = 0$ $S(\hat{y}_p) = S(b_0)$

à $x_p = \bar{x}$ $S(\hat{y}_p) = \frac{s}{\sqrt{n}}$ qui est la valeur minimale que peut prendre $s(\hat{y}_p)$.

6.2.2 Estimation par intervalle de prévision d'une valeur individuelle de y :

Pour effectuer une estimation par intervalle de prévision, nous devons tout d'abord estimer la variance associée à l'utilisation de \hat{y}_p comme estimateur de la valeur individuelle de y lorsque $x_p = x$.

Cette variance est composée de la somme des deux éléments suivants :

1. La variance des valeurs individuelles de y, estimée par s^2 .
2. La variance associée à l'utilisation de \hat{y}_p pour estimer $E(y_p)$, estimée par $s_{\hat{y}_p}^2$

La formule pour estimer la variance d'une valeur individuelle de y_p , notée s_{ind}^2 , est :

$$s_{ind}^2 = s^2 + s_{\hat{y}_p}^2$$
$$\Rightarrow s_{ind}^2 = s^2 + s^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n} \right]$$

Par conséquent une estimation de l'écart type d'une valeur individuelle de y_p est donnée par :

$$s_{ind} = s \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n}}$$

Estimation par intervalle de prévision de y_p :

$$\hat{y}_p - t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} * s_{ind} \leq \hat{y}_p \leq \hat{y}_p + t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} * s_{ind}$$

Avec :

Le coefficient de confiance est égal à $1 - \alpha$.

7. Détermination des fonctions du coût :

7.1 La fonction du coût total :

La fonction des coûts totaux englobe toutes les charges qui influent sur les dépenses journalières, cette fonction a comme objectif de réunir tous les différents coûts identifiés précédemment.

Dans cette fonction nous avons pris les charges du magasin comme des coûts directs, les frais d'amortissement et de personnels comme des coûts fixes et pour les autres frais et charges nous avons réparti leurs totalités sur la quantité journalière produite (nous avons choisi la quantité produite comme clé de répartition).

7.1.1 Analyse des données :

Pendant un mois de stage dans la carrière de Si-Mustapha nous avons identifié un échantillon de 31 jours, L' $i^{\text{ième}}$ élément de l'échantillon, x_i correspond à la quantité d'agrégat produite pour une journée (en tonnes) et y_i correspond aux coûts (dépenses journaliers en DA).

Dans un premier essai, et pour analyser l'échantillon identifié nous avons représenté les valeurs de x_i et y_i associées aux 31 éléments dans le tableau [11] partie annexe.

Pour déterminer un modèle signifiant la relation entre la production x_i et les coûts y_i , nous avons représenté un graphe (**Figure III.4**), tel que les valeurs de la variable indépendante x sur l'axe des abscisses et les valeurs de la variable dépendante y sur l'axe des ordonnées :

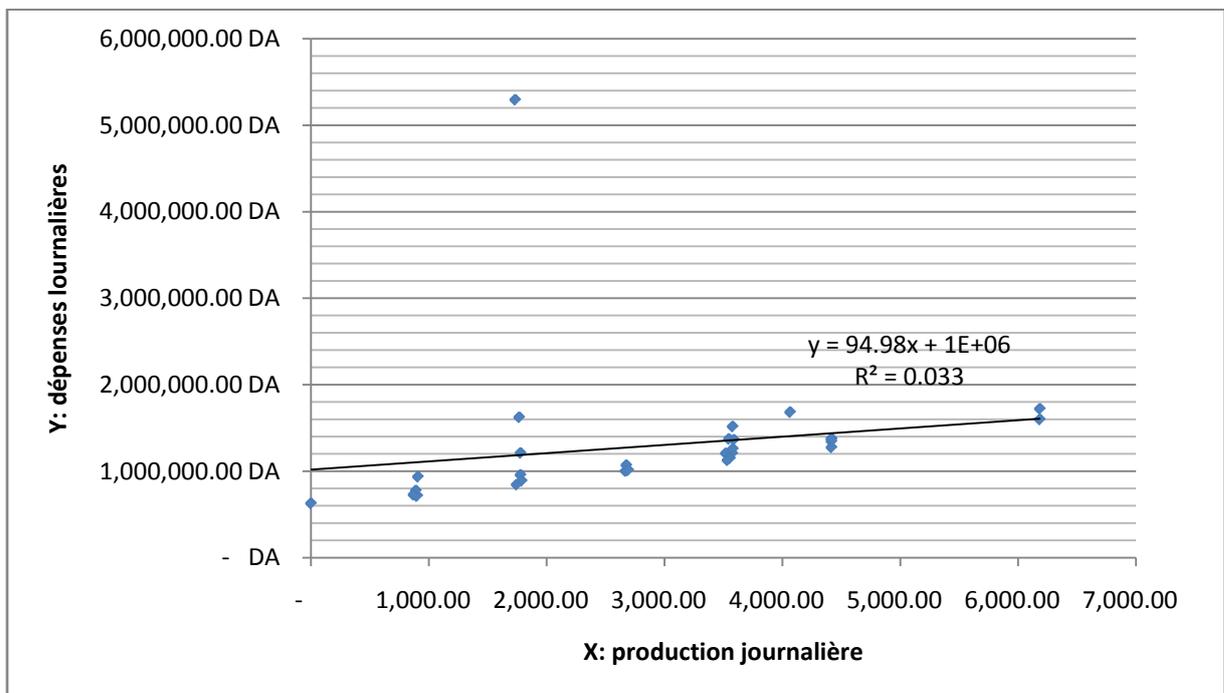


Figure III.4 : la fonction des coûts totaux estimée dans un premier essai

✓ **Interprétation du modèle :**

L'application de la régression linéaire simple nous a donné les paramètres suivants :

$$b_1 = 94,98 \quad b_0 = 1\,018\,940,47$$

$$SC_{\text{reg}} = \sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2 = 649\,804\,123\,882,19$$

$$SC_{\text{res}} = \sum(y - \hat{y})^2 = 18\,643\,331\,575\,416,30$$

$$SCT = \sum(y - \bar{y})^2 = 19\,293\,135\,699\,298,50$$

$$\sum(x - \bar{x})^2 = 72\,031\,022,39$$

On obtient:

$$S^2 = \sum(y - \hat{y})^2 / (n-2) = 642\,873\,502\,600,56$$

Calcul de R^2 et test statistique :

$$R^2 = \frac{SC_{\text{reg}}}{SCT} = 0,0337$$

On veut tester l'hypothèse nulle $H_0 : \beta_1 = 0$

Contre l'hypothèse alternative : $H_1 : \beta_1 \neq 0$

Pour cela on calcule :

$$S^2(b_1) = \frac{S^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} = 8\,924,95$$

Et la statistique :

$$t = \frac{b_1}{s(b_1)} = 1,01$$

Or la valeur critique pour un seuil de signification $\alpha = 0.05$ est égal à :

$$t_{\left(\frac{\alpha}{2}; n-2\right)} = t_{0,025; 29} = 2,04522961$$

Comme $|t| < t_{0,025; 29}$, on ne peut pas rejeter H_0 , c'est-à-dire que l'on conclut que la relation entre le coût journalier (y) et la quantité produite (x) n'est pas significative.

Donc le modèle ne peut pas être estimé par une fonction linéaire, car il ne sera pas significatif dans ce cas.

7.1.2 Remarque et conclusion

On a remarqué qu'il y'a des points singuliers qui sont des anomalies à éclaircir car cela a provoqué l'altération de la linéarité de notre fonction.

La consultation des coûts variables (consommables du magasin) nous a permis de connaître la cause qui a créé la singularité de ces points (9, 13, 14,15, **16**,17, 22 et 27^{ème} journée).

Cette singularité est due à la consommation des pièces de rechange (ayant une longue durée de vie) utilisées pour la réparation des pannes [chapitre II.II.B.4.c], les coûts de ces pièces sont très grands et loin d'être considérés comme journaliers.

Pour cela nous avons été obligés de considérer ces coûts comme étant des coûts fixes, la nouvelle répartition des coûts est résumée dans le **tableau III.1**.

7.1.3 La nouvelle approche de la fonction du coût total :

On fait l'hypothèse que les données du **tableau III.1** sont liées par un modèle de régression simple de type :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon$$

C'est-à-dire que le coût journalier dépend de la quantité produite par jour.

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

Tableau III.1 : coûts et production journaliers

DATE	production journalière (tonne) (X_i)	dépense journalière totale (Y_i)
01/03/2011	2676.00	1 253 243.74 DA
02/03/2011	2669.00	1 185 700.52 DA
03/03/2011	1778.00	1 141 256.46 DA
04/03/2011	896.00	898 617.95 DA
05/03/2011	902.00	900 750.73 DA
06/03/2011	0.00	813 483.37 DA
07/03/2011	4417.00	1 527 486.77 DA
08/03/2011	4417.00	1 558 720.80 DA
09/03/2011	3520.00	1 356 724.28 DA
10/03/2011	3575.00	1 388 904.76 DA
11/03/2011	2685.00	1 194 629.69 DA
12/03/2011	1788.00	1 072 294.36 DA
13/03/2011	3580.00	1 353 917.08 DA
14/03/2011	1767.00	1 124 127.25 DA
15/03/2011	6185.00	1 699 136.74 DA
16/03/2011	1733.00	1 493 406.84 DA
17/03/2011	3546.00	1 503 695.86 DA
18/03/2011	1745.00	1 028 753.07 DA
19/03/2011	2692.00	1 195 915.56 DA
20/03/2011	4417.00	1 457 339.50 DA
21/03/2011	3556.00	1 332 206.26 DA
22/03/2011	4066.00	1 443 862.26 DA
23/03/2011	890.00	961 695.56 DA
24/03/2011	4417.00	1 553 202.01 DA
25/03/2011	870.00	913 221.65 DA
26/03/2011	3534.00	1 309 115.18 DA
27/03/2011	1778.00	1 051 125.96 DA
28/03/2011	3589.00	1 545 908.85 DA
29/03/2011	908.00	1 120 206.17 DA
30/03/2011	6185.00	1 901 903.06 DA
31/03/2011	3578.00	1 698 926.12 DA
TOTAL	88359.00	39 979 478.41 DA

7.1.4 Détermination de la fonction du coût total par régression linéaire simple :

En utilisant la méthode des moindres carrés [II], on obtient les paramètres suivants :

La moyenne des coûts journaliers : $\bar{y} = 1\,289\,660.59$ DA

La moyenne de la production journalière : $\bar{x} = 2\,850.29$ tonne

Les variations expliquées et inexpliquées de ce modèle sont traduites par les sommes carrées suivantes :

$$SC_{\text{reg}} = \sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2 = 1\,818\,713\,426\,080.88$$

$$SC_{\text{res}} = \sum(y - \hat{y})^2 = 375\,740\,452\,336.78$$

$$SCT = \sum(y - \bar{y})^2 = 2\,194\,453\,878\,417.67$$

$$\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 6\,841\,495\,113.98$$

Donc :

$$b_1 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} = 158.90$$

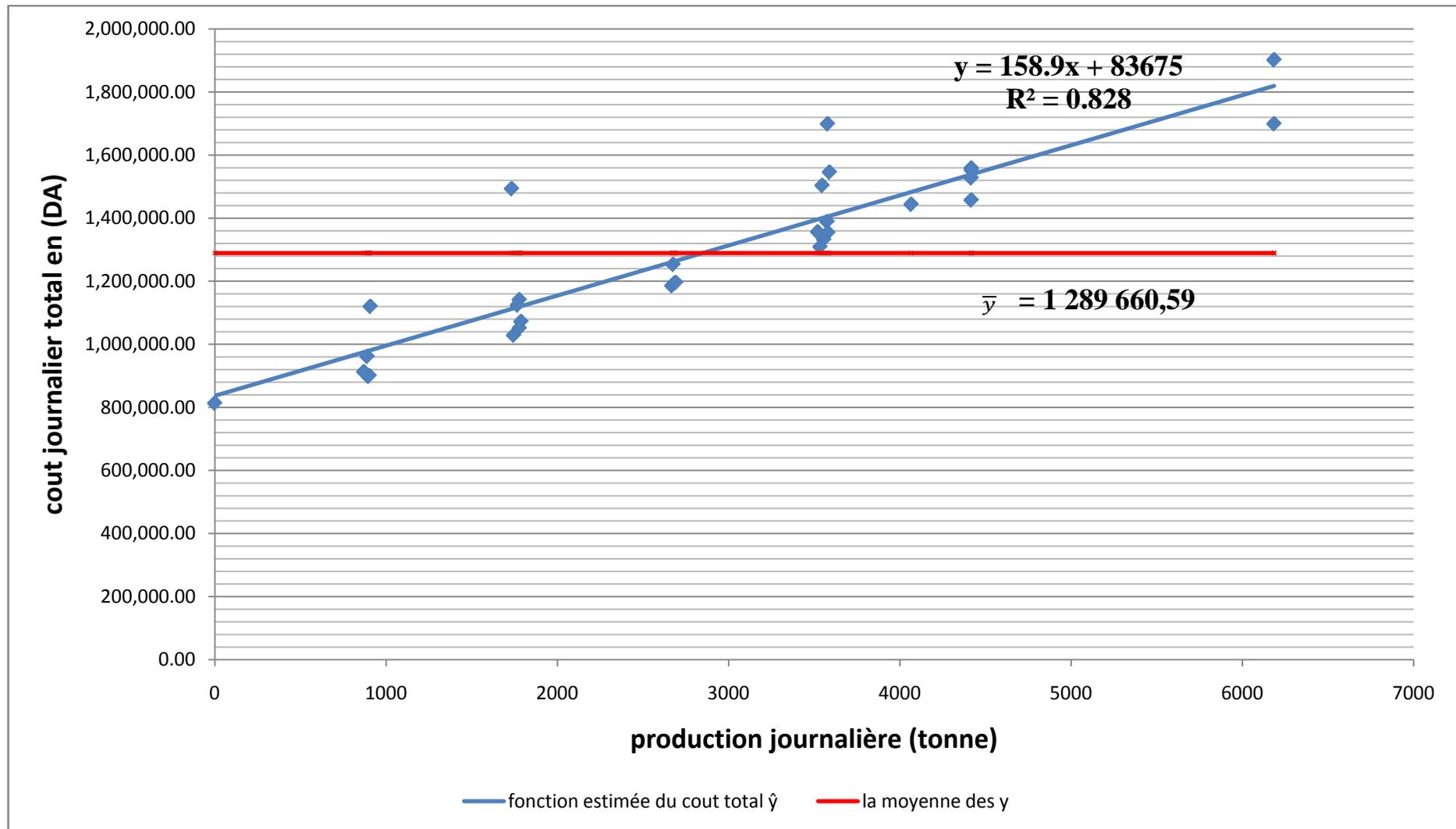
$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 836\,751.08$$

L'équation estimée de la régression est donnée par :

$$\hat{y}_i = 836\,751.08 + 158.90 x_i$$

La figure III.5 représente cette équation au milieu du nuage de point.

Figure III.5 : Équation du coût total estimée par régression



Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

Par ailleurs, on peut calculer l'estimateur de s^2 définit précédemment.

Or on a:

$$\sum(x - \bar{x})^2 = 72\,031\,022.39$$

On obtient:

$$S^2 = \sum(y - \hat{y})^2 / (n-2) = \frac{375\,740\,452\,336.78}{29} = 12\,956\,567\,321.96$$

a. Inférence sur la pente β_1 :

On veut tester l'hypothèse nulle

$$H_0 : \beta_1 = 0$$

Contre l'hypothèse alternative :

$$H_1 : \beta_1 \neq 0$$

Pour ce fait on calcule :

$$S^2(b_1) = \frac{S^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} = \frac{12\,956\,567\,321.96}{72\,031\,022.39} = 179.87$$

Et la statistique :

$$t = \frac{b_1}{s(b_1)} = \frac{158.90}{\sqrt{179.87}} = 11.85$$

Or la valeur critique pour un seuil de signification $\alpha = 0.05$ est égal à :

$$t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} = t_{0.025; 29} = 2.04522961$$

Comme $|t| > t_{0.025; 29}$, on rejette H_0 pour H_1 , c'est-à-dire que l'on conclut que la relation entre le coût journalier (y) et la quantité produite (x) est significative.

Pour ailleurs, on a un intervalle de confiance pour β_1 au niveau $1 - \alpha = 0.95$ en calculant :

$$\beta_1 \pm b_1 + t_{\left(\frac{\alpha}{2}; n-2\right)}^* s(b_1)$$

Et on obtient l'intervalle :

$$[186.33 \text{ DA} ; 131.47 \text{ DA}]$$

Qui contient la vraie valeur de β_1 avec une probabilité de 95%.

b. Inférence sur l'ordonnée à l'origine β_0 :

On veut tester l'hypothèse nulle

$$H_0 : \beta_0 = 0$$

Contre l'hypothèse alternative :

$$H_1 : \beta_0 \neq 0$$

Pour cela on calcule :

$$S^2(b_0) = \frac{S^2 \sum(x_i)^2}{n \sum(x_i - \bar{x})^2} = \frac{12\,956\,567\,321.96 * 323\,879\,825.00}{31 * 72\,031\,022.39} = 1\,879\,284\,704.31$$

Et la statistique :

$$t = \frac{b_0}{s(b_0)} = \frac{836\,751.08}{\sqrt{1\,879\,284\,704.31}} = 19.30$$

Or la valeur critique pour un seuil de signification $\alpha = 0.05$ est égal à :

$$t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} = t_{0.025; 29} = 2.04522961$$

Comme $|t| > t_{0.025; 29}$, on rejette H_0 pour H_1 , c'est-à-dire que l'on conclut que la droite de régression ne passe pas par l'origine.

Par ailleurs, on a un intervalle de confiance pour β_0 au niveau $1 - \alpha = 0.95$ en calculant :

$$\beta_0 = b_0 \pm t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} * s(b_0)$$

Et on obtient l'intervalle :

$$[748\,088.91 \text{ DA} ; 925\,413.25 \text{ DA}]$$

Qui contient la vraie valeur de β_0 avec une probabilité de 95%, on remarque que la valeur 0 n'est pas comprise dans l'intervalle.

c. Interprétation du modèle :

La valeur de $b_1 = 158.90$ DA, pente de la droite, représente l'augmentation du **coût total** par rapport à une tonne d'agrégat produite x_i , c'est-à-dire que l'augmentation d'une unité de production (x_{i+1}) provoque une augmentation par ($b_1 = 158.90$ DA) au coût total.

Donc on peut dire que la valeur b_1 représente le coût variable pour une unité de production en plus, c'est-à-dire que b_1 est un coût marginal [chapitre II.5.3]:

$$C_m(Q) = \frac{\delta CT(Q)}{\delta Q} = \frac{\delta \hat{y}_i(x)}{\delta x} = \frac{\delta (836\,751.08 + 158.90 x_i)}{\delta x} = 158.90 \text{ DA}$$

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

A $x_i=0$, alors $\hat{y}_i = b_0 = 836\,751.08$ DA.

On pourrait interpréter cette valeur comme une estimation qui regroupe les frais fixes.

L'intérêt principal de cette fonction estimée est de pouvoir l'utiliser pour prévoir la valeur de y (coût journalier) pour une valeur donnée de x (quantité de production journalière d'agrégat).

Par exemple si nous voulions prévoir les coûts pour une quantité produite de 3000 tonnes, nous estimerons un coût journalier total de :

$$\hat{y}_i(x = 3000) = 836\,751.08 + 158.90 \cdot (3000) = \mathbf{1\,313\,449,38\ DA}$$

d. Intervalle de confiance :

Comme $\bar{x} = 2\,850.29$; l'estimation de la variance de \hat{y}_p est donnée par :

$$s^2(\hat{y}_p) = s^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right] = 12\,956\,567\,321.96^2 \left[\frac{1}{31} + \frac{(x_p - 2\,850.29)^2}{72\,031\,022.39} \right]$$

Par exemple, pour $x_p = 3000$ tonnes on a :

$$\hat{y}_{(3000)} = \mathbf{1\,313\,449,38}$$

$$\text{Et : } S(\hat{y}_{(3000)}) = \sqrt{12\,956\,567\,321.96^2 \left[\frac{1}{31} + \frac{(3\,000 - 2\,850.29)^2}{72\,031\,022.39} \right]} = \mathbf{20\,542,28}$$

Comme $t_{0.025;29} = 2.04522961$ on obtient l'intervalle de confiance pour $\hat{y}_{(3\,000)}$ au niveau 95% :

$$1\,313\,449,38 \pm 20\,542,28 \cdot 2.04522961 = [\mathbf{1\,271\,435,69\ DA} ; \mathbf{1\,355\,463,06\ DA}]$$

✓ Interprétation :

La variance de $\hat{y}_{(x)}$ augmente lorsque x s'éloigne de \bar{x} , les intervalles de confiance au niveau 0.95 pour $\hat{y}_{(x)}$ avec $x \neq \bar{x}$ sont plus large. La figure III.6 Nous montre tous ces intervalles. On voit que lorsque l'on s'éloigne de \bar{x} , la précision de la régression diminue.

e. Intervalle de prédiction :

Afin de calculer des intervalles de prédiction, notons que :

$$s_{ind} = \sqrt{12\,956\,567\,321.96^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{31} + \frac{(x_p - 2\,850.29)^2}{323\,879\,825.00 - (88\,359.00)^2/31} \right)}$$

Par exemple pour $x_p = 3000$ tonnes on a :

$$s_{ind} = \mathbf{115\,665,69}$$

Comme $t_{0.025;29} = 2.04522961$ on obtient l'intervalle de prédiction pour $\hat{y}_{(3\,000)}$ au niveau 95% :

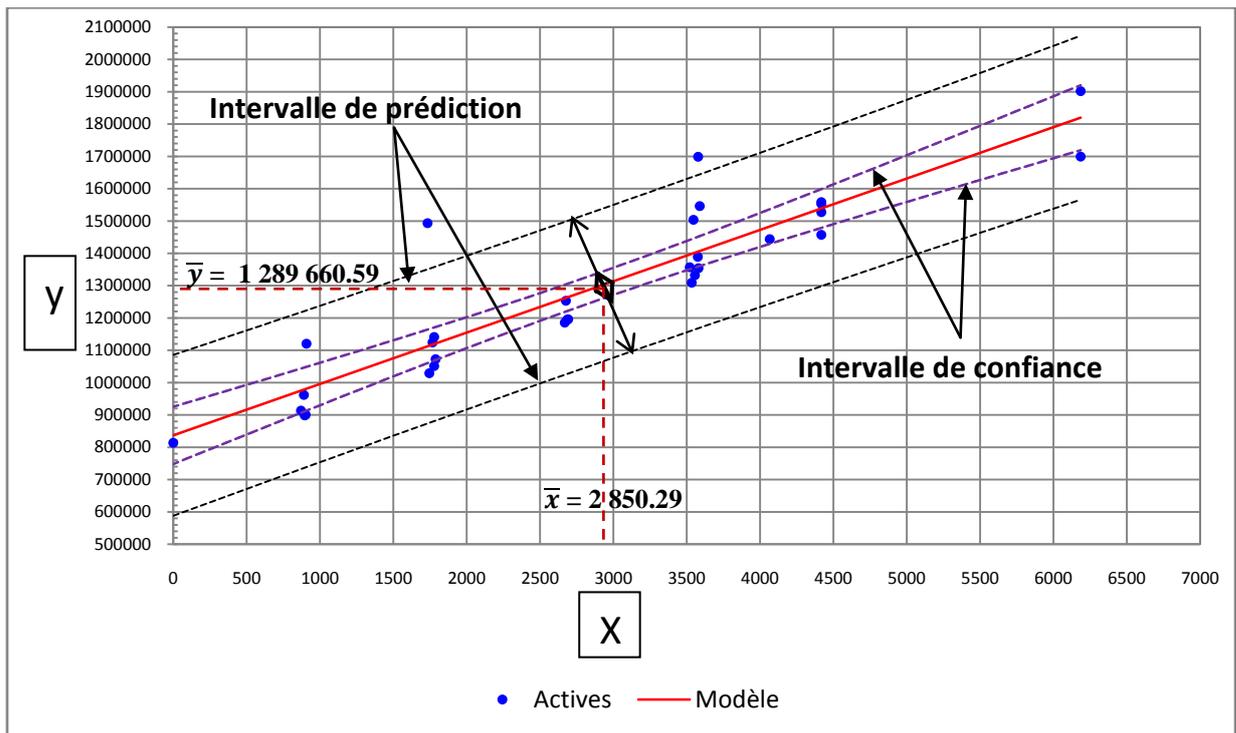
$$1\,313\,449,38 \pm \mathbf{115\,665,69} \cdot 2.04522961 = [\mathbf{1\,076\,886,48\ DA} ; \mathbf{1\,550\,012,28\ DA}]$$

✓ **Interprétation :**

L'utilisation de l'équation estimée de la régression nous permet d'effectuer un intervalle de prévision des coûts d'un montant entre **1 076 886,48 DA** et **1 550 012,28 DA** pour avoir une quantité produite de 3 000 tonnes.

Les intervalles de confiance et de prédiction pour $x_p = x$ sont représentés ci-dessous :

Figure III.6 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût total estimé $\hat{y}_{(x)}$



7.1.5 Validation du modèle du coût total :

L'estimation de la fonction des coûts ne suffit pas pour dire que notre modèle signifie le coût réel, pour cela il faut intégrer une validation du modèle en le comparant avec la fonction des coûts réels, malheureusement l'absence de la comptabilité analytique au sein de l'entreprise ne nous permettra pas de connaître ces coûts réels.

Mais la connaissance de chiffre d'affaire nous permettra de supposer un pourcentage de marge bénéficiaire dans lequel notre modèle soit valable.

On a un chiffre d'affaire mensuel égal à **44 245 943.41 DA** et une quantité produite par mois égale à **88 359.00 tonne**, donc on aura un prix de vente moyen de l'unité égal à **500.75 DA**.

- ✓ On suppose que la marge bénéficiaire pratiquée par l'entreprise est de 20% au coût moyen (CM) c'est-à-dire :

$$PV = CM \times (1+20\%) = CM \times 1,2$$

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

$$\Rightarrow CM = \frac{pv}{1,2} = \frac{500,75}{1,2} = 417,3 \text{ DA}$$

Vérification:

- ❖ D'après notre courbe d'estimation, on a un intervalle de prévision pour une quantité produite $x = \bar{x} = 2\ 850,29$ tonne :

$$1\ 053\ 133,34 \text{ DA} < CT < 1\ 526\ 187,85 \text{ DA}$$

On aura donc un coût moyen : $CM = \frac{CT}{Q}$

On prend $Q = \bar{x} = 2\ 850,29$ tonne, on obtiendra un coût moyen dans un intervalle de prévision :

$$\frac{1\ 053\ 133,34}{2\ 850,29} < \frac{CT}{Q} < \frac{1\ 526\ 187,85}{2\ 850,29}$$

$$369,48 \text{ DA} < CM < 535,45 \text{ DA}$$

Donc $CM = 417,3$ DA pour une marge bénéficiaire de 20% est incluse dans l'intervalle de prévision.

On cherche à déterminer un intervalle de marge bénéficiaire là où notre modèle soit validé, pour cela nous utilisons l'intervalle de prévision de notre modèle pour voir quel est le pourcentage de cette marge bénéficiaire que l'entreprise prenne pour que nous pouvons dire que notre modèle est validé.

$$PV = CM * (1 + X \%)$$

$$\Rightarrow PV = CM + CM * X$$

$$\Rightarrow PV - CM = CM * X$$

$$\Rightarrow X = \frac{PV - CM}{CM} = \frac{PV}{CM} - 1$$

Avec X est le pourcentage de la marge bénéficiaire.

- ❖ Pour $x = \bar{x} = 2\ 850,29$ tonne l'intervalle de prévision des coûts sera entre [1 053 133,34 DA et 1 526 187,85 DA], ce qui donne un intervalle du coût unitaire moyen entre [369,48 DA et 535,45] : donc les deux limites de la marge seront :

$$X \text{ max} = \frac{PV}{CM} - 1 = \frac{500,75}{369,48} - 1 = \mathbf{36\%}$$

Et

$$X \text{ min} = \frac{PV}{CM} - 1 = \frac{500,75}{535,45} - 1 = \mathbf{-6\%}$$

Donc, notre modèle du coût estimé est validé dans un intervalle de prévision si l'entreprise effectue une marge bénéficiaire entre **36%** ou un déficit de **6%**.

7.2 Les fonctions des coûts opérationnels :

Dans le but de connaître la relation existant entre les coûts opérationnels (pour chaque phase de production) et la production journalière, nous présenterons le tableau ci-dessous qui résumera les dépenses opérationnelles totales par jour y compris les coûts indirects.

Tableau III.2 : coûts opérationnels et productions journaliers

DATE	production journalière (tonne) (X _i)	Coûts opérationnels par jour (Y _i)				
		décapage	abattage	chargement	transport	traitement
01/03/2011	2676.00	258 990,05 DA	265 928,07 DA	192 594,34 DA	175 287,46 DA	388 323,70 DA
02/03/2011	2669.00	258 368,82 DA	247 540,18 DA	174 322,77 DA	178 641,09 DA	352 024,46 DA
03/03/2011	1778.00	176 731,51 DA	192 465,30 DA	176 960,44 DA	167 598,60 DA	363 755,22 DA
04/03/2011	896.00	98 457,51 DA	152 032,50 DA	122 068,25 DA	144 653,87 DA	292 494,19 DA
05/03/2011	902.00	98 989,99 DA	149 315,73 DA	129 888,49 DA	141 359,69 DA	292 695,64 DA
06/03/2011	0.00	18 941,07 DA	106 469,73 DA	146 625,15 DA	127 368,89 DA	262 897,35 DA
07/03/2011	4417.00	413 859,55 DA	331 441,79 DA	238 360,34 DA	209 088,06 DA	449 676,94 DA
08/03/2011	4417.00	438 468,46 DA	350 563,87 DA	249 068,24 DA	256 740,99 DA	411 741,18 DA
09/03/2011	3520.00	331 327,10 DA	299 187,94 DA	213 500,61 DA	204 278,21 DA	384 630,66 DA
10/03/2011	3575.00	336 490,24 DA	300 352,76 DA	218 813,31 DA	193 917,74 DA	422 511,58 DA
11/03/2011	2685.00	257 224,16 DA	237 141,86 DA	188 322,64 DA	169 015,56 DA	376 389,08 DA
12/03/2011	1788.00	182 427,83 DA	197 317,70 DA	164 437,38 DA	177 772,44 DA	322 443,99 DA
13/03/2011	3580.00	339 216,46 DA	293 548,13 DA	233 523,64 DA	197 938,32 DA	383 754,59 DA
14/03/2011	1767.00	175 755,30 DA	191 923,47 DA	174 246,77 DA	154 776,59 DA	396 188,75 DA
15/03/2011	6185.00	571 935,92 DA	425 753,59 DA	246 110,07 DA	256 991,97 DA	470 077,74 DA
16/03/2011	1733.00	175 302,54 DA	202 192,79 DA	164 908,66 DA	180 856,04 DA	347 724,78 DA
17/03/2011	3546.00	336 199,09 DA	283 622,99 DA	206 332,71 DA	219 341,96 DA	431 866,92 DA
18/03/2011	1745.00	173 802,89 DA	190 839,80 DA	146 646,81 DA	163 626,55 DA	323 000,62 DA
19/03/2011	2692.00	260 153,52 DA	239 923,03 DA	195 682,77 DA	181 301,96 DA	352 796,71 DA
20/03/2011	4417.00	410 932,29 DA	322 455,86 DA	215 335,77 DA	246 993,98 DA	412 681,40 DA
21/03/2011	3556.00	337 086,55 DA	284 155,40 DA	206 047,15 DA	212 212,37 DA	383 281,62 DA
22/03/2011	4066.00	382 347,03 DA	315 917,60 DA	209 973,17 DA	213 000,82 DA	400 763,85 DA
23/03/2011	890.00	97 925,03 DA	167 381,42 DA	158 390,04 DA	153 853,82 DA	292 292,73 DA
24/03/2011	4417.00	423 710,44 DA	335 234,01 DA	319 827,93 DA	204 842,70 DA	410 715,34 DA
25/03/2011	870.00	96 150,11 DA	147 739,48 DA	135 125,46 DA	151 895,24 DA	291 621,21 DA
26/03/2011	3534.00	332 569,54 DA	283 064,84 DA	197 850,67 DA	206 101,24 DA	381 067,72 DA
27/03/2011	1778.00	181 614,59 DA	199 147,04 DA	142 552,26 DA	167 703,27 DA	330 375,67 DA
28/03/2011	3589.00	337 450,57 DA	382 863,39 DA	244 550,76 DA	198 914,98 DA	383 207,53 DA
29/03/2011	908.00	99 522,46 DA	149 611,27 DA	169 102,20 DA	145 171,42 DA	295 988,40 DA
30/03/2011	6185.00	579 397,90 DA	527 314,45 DA	237 721,89 DA	304 652,61 DA	475 376,74 DA
31/03/2011	3578.00	340 584,62 DA	285 239,06 DA	201 965,08 DA	201 096,15 DA	389 643,46 DA
TOTAL	88359.00	8 521 933,15 DA	8 057 685,08 DA	6 020 855,77 DA	5 906 994,61 DA	11 472 009,79 DA

➤ **Méthode de calcul pour la répartition des coûts indirects sur les coûts opérationnels :**

COMD_i : coût opérationnel mensuel direct pour une seule phase de production.

COJD_i : coût opérationnel journalier direct pour une seule phase de production

SMCD : somme mensuelle des coûts directs.

Avec :

$$SMCD = \sum_1^5 COMD_i = COMD_1 \text{ (décapage)} + COMD_2 \text{ (abattage)} + COMD_3 \text{ (chargement)} + COMD_4 \text{ (transport)} + COMD_5 \text{ (traitement)}$$

SMCId : somme mensuelle des coûts indirects.

COTJ_i : coût opérationnel total par jour après répartition des coûts indirects (à déterminer).

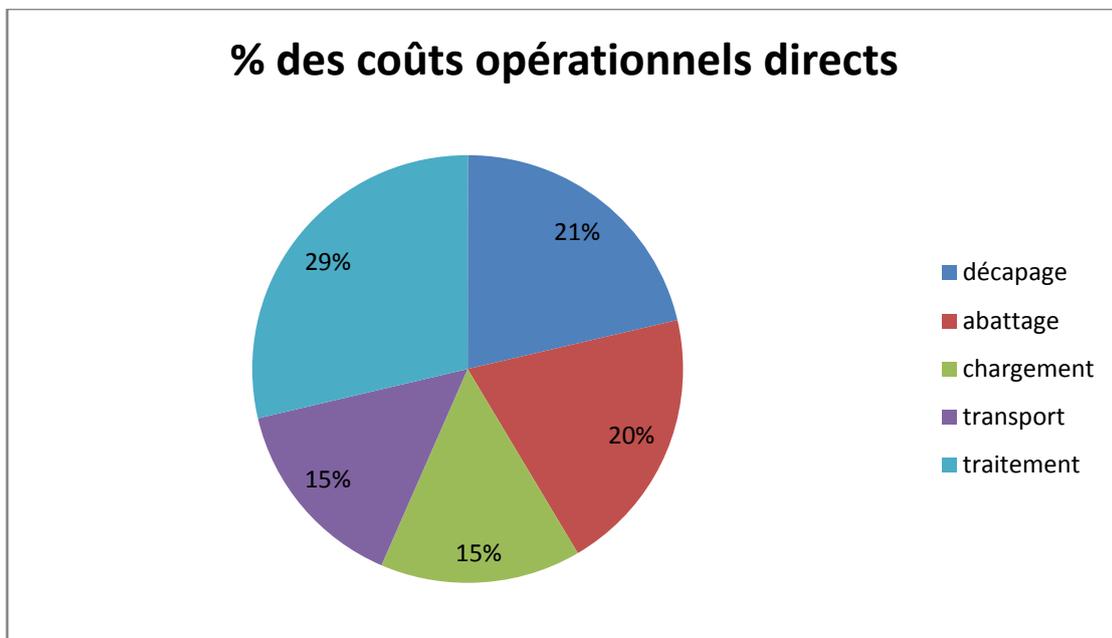
QPJ : quantité produite journalière.

QPT : quantité produite totale du mois.

$$COTJ_i = COJD_i + \left(\frac{COMD_i}{SMCD} * SMCId \right) * \frac{QPJ}{QPT}$$

Dans cette méthode de calcul nous avons réparti les charges indirectes selon le pourcentage mensuel des coûts directs pour chaque opération et selon la quantité produite par jour.

Figure III.7 Le pourcentage des coûts pour chaque opération de production :



7.2.1 Détermination des différentes fonctions du coût opérationnel par régression linéaire simple :

Le tableau III.2 contient une liste d'un échantillon de 31 jours. Pour chaque jour, on a un coût opérationnel bien identifié y_i ainsi que la quantité journalière produite x_i .

On fait l'hypothèse que la quantité produite et les coûts opérationnels sont liés par des modèles opérationnels de régression simple de type :

$$(Y_i)_j = \beta_0 + \beta_1 (x_i)_j + \varepsilon$$

Tel que : i : représente les journées de production (varie de 1 à 31).

j : représente l'opération de production considérée (varie de 1 à 5).

C'est-à-dire que le coût opérationnel journalier dépend de la quantité produite par jour.

En utilisant la méthode des moindres carrés, on obtient pour chaque modèle opérationnel les données mentionnées dans le tableau III.3.

Après calculs des différents coefficients pour chaque modèle, nous avons pu représenter graphiquement les équations estimées correspondantes aux coûts opérationnels pour chaque phase de production [figure III.8]

Tableau III.3 : Détermination des différents modèles opérationnels par régression simple.

	<i>Décapage (j=1)</i>	<i>Abattage (j=2)</i>	<i>Chargement (j=3)</i>	<i>Transport (j=4)</i>	<i>Traitement (j=5)</i>
Valeur estimée de β_1 : (b1)	90,37	57,33	23,59	23,65	33,23
Valeur estimée de β_0 : (b0)	17 308,66	96 509,50	126 995,08	123 125,87	275 337,90
L'équation estimée de la régression $(\hat{y}_i)_j$	$(\hat{y}_i)_1 = 17\,308,66 + 90,37 x_i$	$(\hat{y}_i)_2 = 96\,509,50 + 57,33 x_i$	$(\hat{y}_i)_3 = 126\,995,08 + 23,59 x_i$	$(\hat{y}_i)_4 = 123\,125,87 + 23,65 x_i$	$(\hat{y}_i)_5 = 275\,337,90 + 33,23 x_i$
La moyenne des coûts opérationnels journaliers \bar{y}	274 901,07	259 925,32	194 221,15	190 548,21	370 064,83
La moyenne de la production journalière \bar{x}	2 850.29 tonne				
$SC_{reg} = \sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2$	588 311 737 264 ,23	236 771 603 549,25	40 069 767 389,11	40 304 080 853,37	79 558 818 470,56
$SC_{res} = \sum(y - \hat{y})^2$	724 487 618,19	16 762 467 707,57	16 185 365 991,55	5 377 296 494,17	11 295 637 755,86

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions de coût

$SCT = \sum(y - \bar{y})^2$	589 036 224 882,42	253 534 071 256,81	56 255 133 380,66	45 681 377 347,54	90 854 456 226,42
$\sum(x - \bar{x})^2$	72 031 022,39				
$S^2 = \sum(y - \hat{y})^2 / (n-2)$	24 982 331,66	578 016 127,85	558 116 068,67	185 424 017,04	389 504 750,2
Inférence sur la pente β_1 :	On veut tester l'hypothèse nulle : $H_0 : \beta_1 = 0$ Contre l'hypothèse alternative : $H_1 : \beta_1 \neq 0$				
$S^2(b1) = \frac{S^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$	0,35	8,02	7,75	2,57	5,41
$t = b1/s(b1)$	153,46	20,24	8,47	14,74	14,29
$t_{\frac{\alpha}{2}; n-2}$	$t_{0,025; 29} = 2.04522961$				
Test d'hypothèse	$ t > t_{0,025; 29}$ On rejette H_0	$ t > t_{0,025; 29}$ On rejette H_0	$ t > t_{0,025; 29}$ On rejette H_0	$ t > t_{0,025; 29}$ On rejette H_0	$ t > t_{0,025; 29}$ On rejette H_0
Intervalle de variation de β_1 $\beta_1 \pm b1 + t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} * s(b1)$	[89,17 ; 91,58]	[51,54 ; 63,13]	[17,89 ; 29,28]	[20,37 ; 26,94]	[28,48 ; 37,99]

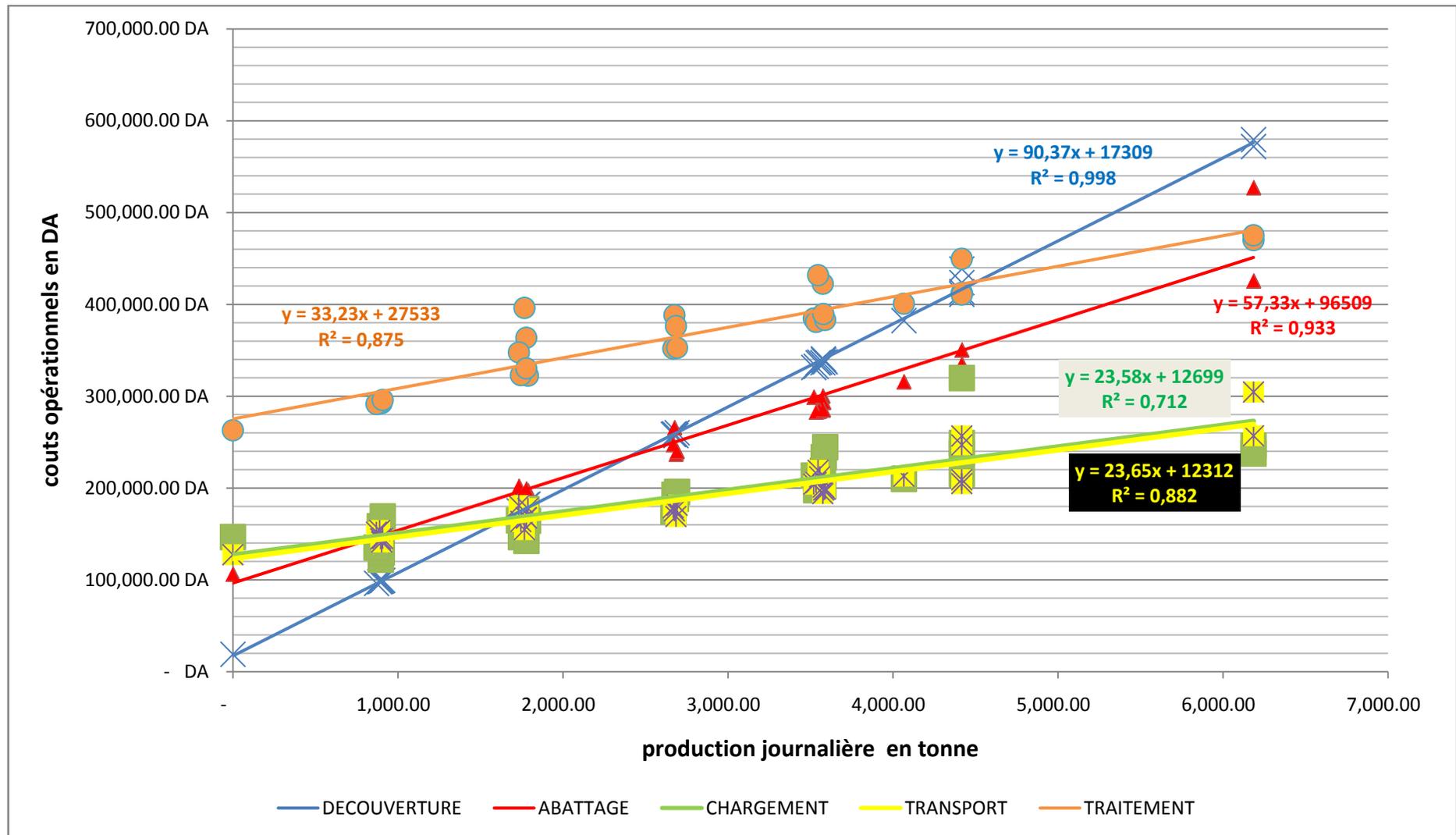
Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions de coût

Inférence sur l'ordonnée à l'origine β_0 :	On veut tester l'hypothèse nulle : $H_0 : \beta_0 = 0$ Contre l'hypothèse alternative : $H_1 : \beta_0 \neq 0$				
$S^2(b_0) = \frac{S^2 \sum(x_i)^2}{n \sum(x_i - \bar{x})^2}$	3 623 561,13	83 838 322,37	80 951 919,21	26 894 817,92	56 495 698,37
$t = \frac{b_0}{s(b_0)}$	9,09	10,54	14,11	23,74	36,63
$t_{\frac{\alpha}{2}; n-2}$	$t_{0,025;29} = 2.04522961$				
Test d'hypothèse	$ t > t_{0,025;29}$ On rejete H_0	$ t > t_{0,025;29}$ On rejete H_0	$ t > t_{0,025;29}$ On rejete H_0	$ t > t_{0,025;29}$ On rejete H_0	$ t > t_{0,025;29}$ On rejete H_0
Intervalle de variation de β_0 $\beta_0 \pm b_0 + t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} * s(b_0)$	[13 415,43 ; 21 201,89]	[77 782,71 ; 115 236,29]	[108 593,48 ; 145 396,69]	[112 519,27 ; 133 732,42]	[259 965,21 ; 290 710,59]
Inférence sur la droite de régression :					
l'estimation de la variance de \hat{y}_p : $s^2(\hat{y}_p) = s^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \right]$ Pour : $x_p = \bar{x} = 2\ 850.29$					

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions de coût

$\hat{y}_{(x_p)}$	274 901,07	259 925,32	194 221,15	206 182,44	344 048,11
$s^2(\hat{y}_p)$	805 881,67	18 645 681,51	18 003 744,15	5 981 420,08	12 564 669,05
Intervalle de confiance pour \hat{y}_p : $\hat{y}_p \pm t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} * s(\hat{y}_p)$	[273 065,05; 276 737,09]	[251 093,89; 268 756,76]	[185 543,08; 202 899,23]	[185 546,21; 195 550,22]	[362 815,17; 377 314,49]
$s_{ind}^2 =$ $s^2 + s^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n} \right]$	25 788 213,33	596 661 809,39	57 119 812,83	191 405 442,5	402 069 409,67
Intervalle de prédiction pour \hat{y}_p $\hat{y}_p \pm t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} * s_{ind}$	[264 514,96; 285 287,17]	[209 967,19; 309 883,46]	[145 130,54 ; 243 311,77]	[162 252,59; 218 843,83]	[329 054,56; 411 075,10]

Figure III.8 : Les équations des coûts opérationnels estimées par régression simple



7.2.2 Interprétation des graphes :

Les graphes de la figure III.8 nous permettent de faire les conclusions suivantes :

1. La relation (coût/production) dans toutes les opérations peut être approchée par une fonction linéaire croissante.
2. Le coefficient de corrélation diffère d'une courbe à une autre, c'est-à-dire que le taux de signification de la relation (coût/production) n'est pas le même pour les différentes phases de production, par exemple pour la fonction de décapage nous avons un coefficient de détermination le plus élevé, il est égale à **0.998**, et pour la fonction du chargement, un coefficient le plus faible, il est égale à **0.712**.
3. L'intersection entre les courbes et l'axe des coûts nous donnera le coût journalier fixe pour chaque opération, ces coûts sont représentés par les valeurs de b_0 pour chaque équation, par exemple :
 - ❖ Pour le traitement la somme des coûts fixes égale à **275 337,90 DA**.
 - ❖ Et pour l'abattage, on a une somme de **96 509,50 DA**.
4. Le coût fixe nous permettra de comparer le nombre d'effectif et la capacité des structures pour chaque opération de production.

7.2.3 Interprétation des différents modèles opérationnels :

a. Décapage :

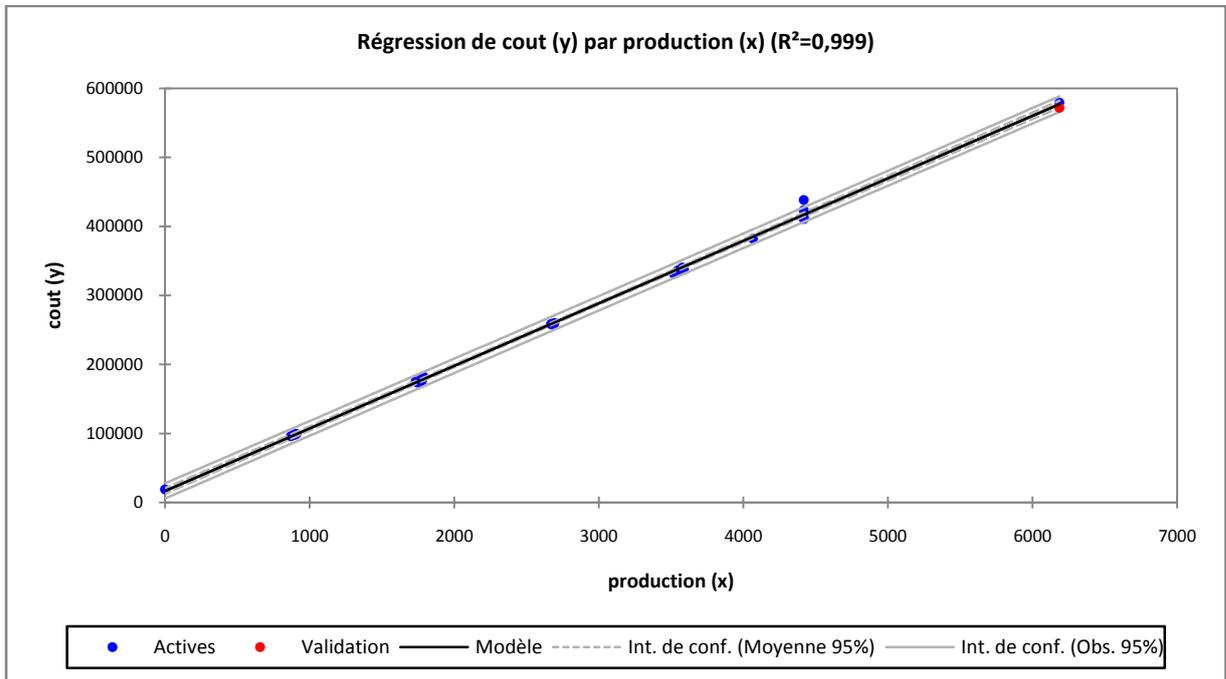


Figure III.9 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}_{(x)}$ pour le décapage

✓ Interprétation :

La valeur de $b_1 = 90,37$ DA, pente de la droite, représente l'augmentation du **coût opérationnel de décapage** par rapport à une tonne d'agrégat produite x_i , c'est-à-dire que l'augmentation d'une unité de production provoque une augmentation par **(90,37 DA)** au coût de décapage.

A $x_i=0$, alors $(\hat{y}_i)_1 = b_0 = 17\ 308,66$ DA.

On pourrait interpréter cette valeur comme une estimation qui regroupe les frais fixes de l'opération de décapage.

L'intérêt principal pour la fonction estimée des coûts de décapage est de pouvoir l'utiliser pour prévoir la valeur de y (coût journalier de décapage) pour une quantité de production journalière d'agrégat.

Par exemple si nous voulions prévoir les coûts de décapage pour une quantité produite de 2 850.29 tonnes, nous estimerons un coût journalier total de :

$$(\hat{y}_i)_1 (x = \bar{x} = 2\ 850.29) = 17\ 308,66 + 90,37 * (2\ 850.29) = 274\ 901,07\text{DA}$$

L'utilisation de l'équation estimée de la régression nous a permis de prévoir des coûts de décapage d'un montant allant de 264 514,96DA à 285 287,17DA pour une quantité de 2 850.29 tonnes.

b. Abattage :

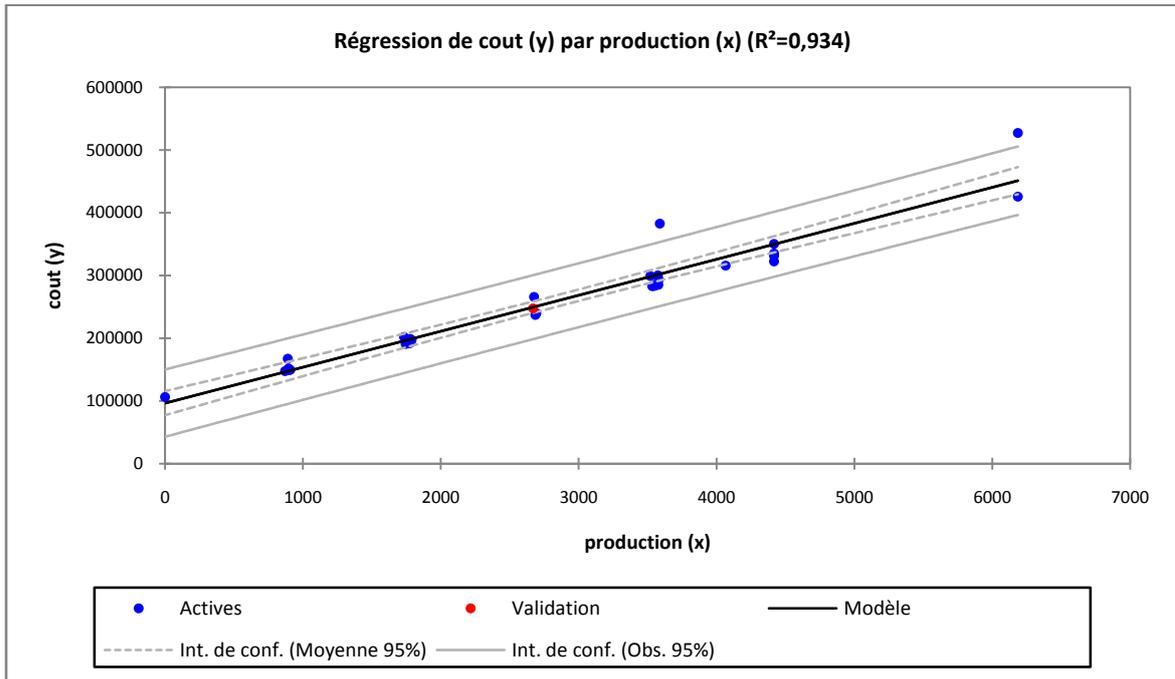


Figure III.10 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}_{(x)}$ pour l’abattage

✓ Interprétation :

La valeur de $b_1 = 57,33$ DA, représente l’augmentation du **coût opérationnel d’abattage** d’une tonne d’agrégat produite, c’est-à-dire que l’augmentation d’une unité de production provoque une augmentation par (**57,33** DA) au coût d’abattage.

A $x_i=0$, alors $(\hat{y}_i)_2 = b_0 = 96\ 509,50$ DA.

Cette valeur regroupe les frais fixes de l’opération d’abattage.

L’intérêt principal pour la fonction estimée des coûts d’abattage est de prévoir la valeur de y (coût journalier d’abattage) pour une quantité de production journalière d’agrégat.

Par exemple si nous voulions prévoir les coûts d’abattage pour une quantité produite de 2 850.29 tonnes, nous estimerons un coût journalier total de :

$$(\hat{y}_i)_2 (x = \bar{x} = 2\ 850.29) = 96\ 509,50 + 57,33 * (2\ 850.29) = 259\ 925,32\text{DA}$$

L’utilisation de l’équation estimée de la régression nous a permis de prévoir des coûts d’abattage d’un montant allant de 209 967,19DA à 309 883,46DA pour une quantité de 2 850.29 tonnes.

c. Chargement :

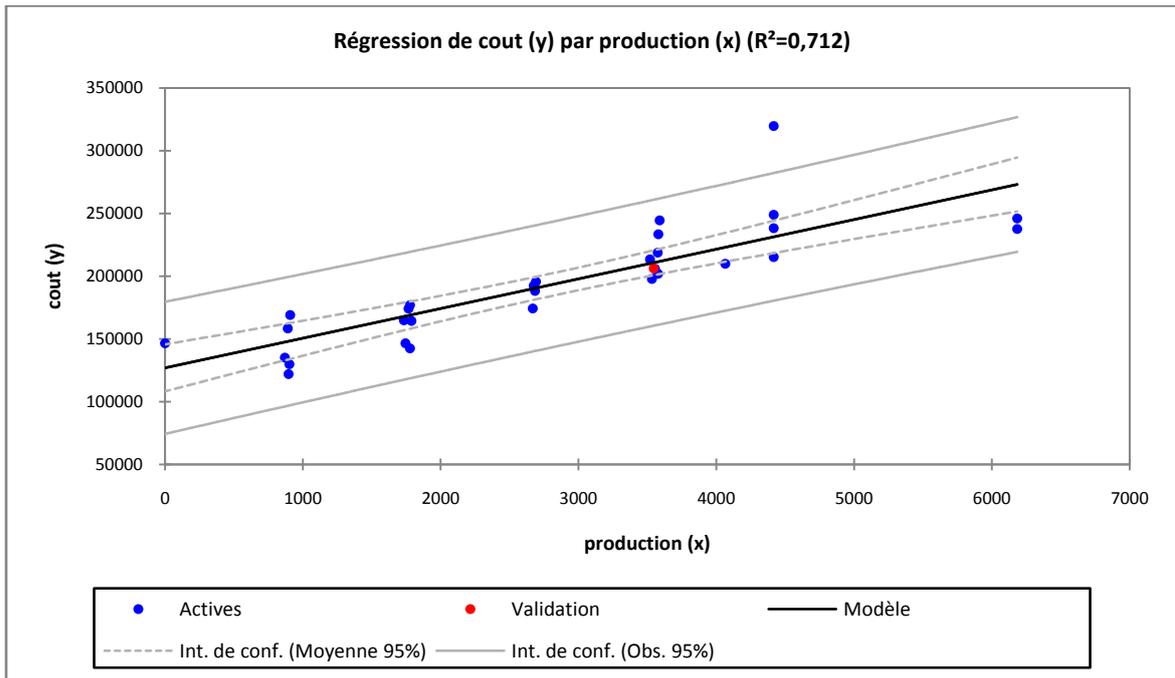


Figure III.11 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}_{(x)}$ pour le chargement

✓ **Interprétation :**

La valeur de $b_1 = 23,59$ DA, représente l'augmentation du **coût opérationnel de chargement** d'une tonne d'agrégat produite, c'est-à-dire que l'augmentation d'une unité de production provoque une augmentation par (23,59 DA) au coût de chargement.

A $x_i = 0$, alors $(\hat{y}_i)_3 = b_0 = 126\ 995,08$ DA.

Cette valeur regroupe les frais fixes de l'opération de chargement.

L'intérêt principal pour la fonction estimée des coûts de chargement est de prévoir la valeur de y (coût journalier de chargement) pour une quantité de production journalière d'agrégat.

Par exemple si nous voulions prévoir les coûts de chargement pour une quantité produite de 2 850.29 tonnes, nous estimerons un coût journalier total de :

$$(\hat{y}_i)_3(x = \bar{x} = 2\ 850.29) = 126\ 995,08 + 23,59 * (2\ 850.29) = 194\ 221,15 \text{ DA}$$

L'utilisation de l'équation estimée de la régression nous a permis de prévoir des coûts de chargement d'un montant allant de 145 130,54 DA à 243 311,77DA pour une quantité de 2 850.29 tonnes.

d. Transport :

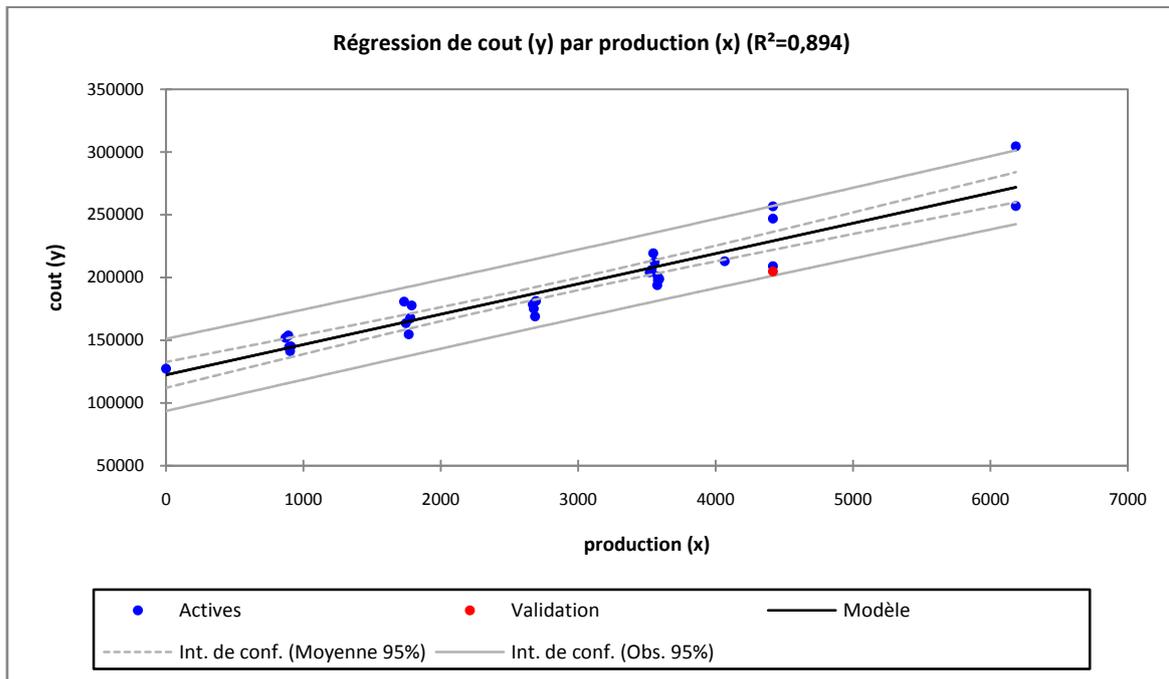


Figure III.12 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}_{(x)}$ pour le transport

✓ Interprétation :

La valeur de $b_1 = 23,65$ DA, représente l'augmentation du **coût opérationnel de transport** d'une tonne d'agrégat produite, c'est-à-dire que l'augmentation d'une unité de production provoque une augmentation par (23,65 DA) au coût de transport.

A $x_i=0$, alors $(\hat{y}_i)_4 = b_0 = 123\ 125,87$ DA.

Cette valeur regroupe les frais fixes de l'opération de transport.

L'intérêt principal pour la fonction estimée des coûts de transport est de prévoir la valeur de y (coût journalier de transport) pour une quantité de production journalière d'agrégat.

Par exemple si nous voulions prévoir les coûts de transport pour une quantité produite de 2 850.29 tonnes, nous estimerons un coût journalier total de :

$$(\hat{y}_i)_4 (x = \bar{x} = 2\ 850.29) = 123\ 125,87 + 23,65 * (2\ 850.29) = 206\ 182,44\text{DA}$$

L'utilisation de l'équation estimée de la régression nous a permis de prévoir des coûts de transport d'un montant allant de 162 252,59DA à 218 843,83DA pour une quantité de 2 850.29 tonnes.

e. Traitement :

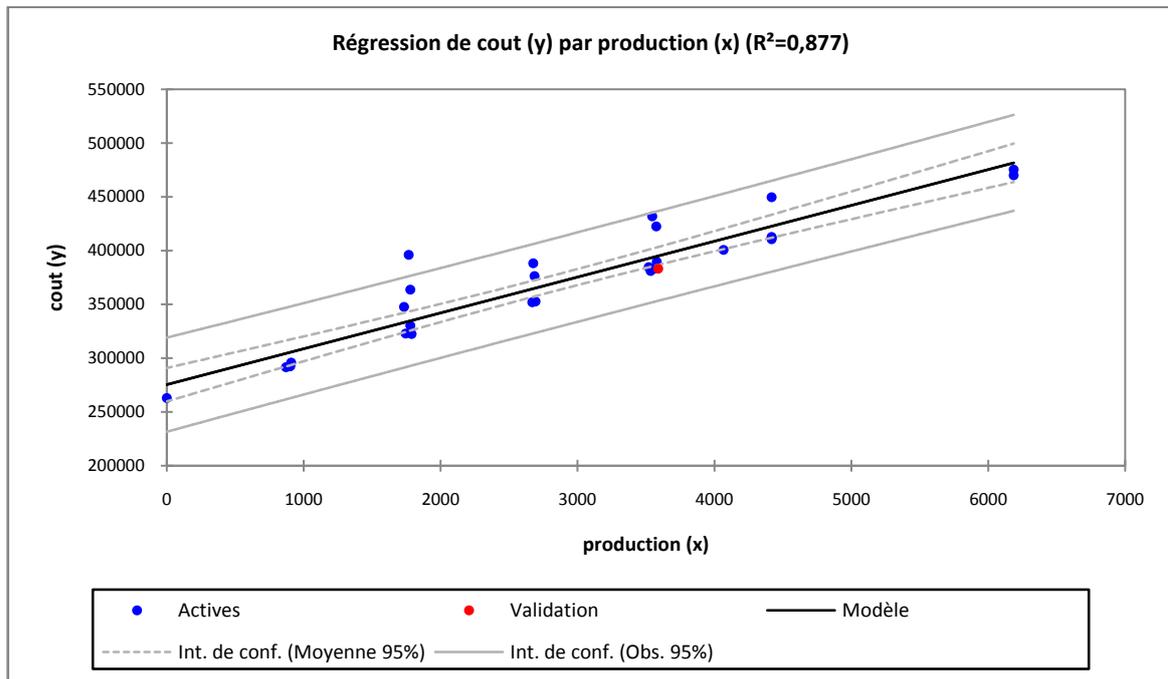


Figure III.13 : Ensemble des intervalles de confiance et de prédiction du coût opérationnel estimé $\hat{y}_{(x)}$ pour le traitement

✓ **Interprétation :**

La valeur de $b_1 = 33.23$ DA, représente l'augmentation du **coût opérationnel de traitement** d'une tonne d'agrégat produite, c'est-à-dire que l'augmentation d'une unité de production provoque une augmentation par (33.23 DA) au coût de traitement.

A $x_i=0$, alors $(\hat{y}_i)_5 = b_0 = 275\,337,90$ DA.

Cette valeur regroupe les frais fixes de l'opération de traitement.

L'intérêt principal pour la fonction estimée des coûts de traitement est de prévoir la valeur de y (coût journalier de traitement) pour une quantité de production journalière d'agrégat.

Par exemple si nous voulions prévoir les coûts de traitement pour une quantité produite de 2 850.29 tonnes, nous estimerons un coût journalier total de :

$$(\hat{y}_i)_5 (x = \bar{x} = 2\,850.29) = 275\,337,90 + 33.23 * (2\,850.29) = 344\,048,11 \text{ DA}$$

L'utilisation de l'équation estimée de la régression nous a permis de prévoir des coûts de traitement d'un montant allant de 329 054,56 DA et 411 075,10 DA pour avoir quantité de 2 850.29 tonnes.

7.2.4 Conclusion et constatation sur les différents modèles estimés :

L'opération du traitement a un coût fixe très élevé par rapport aux autres opérations ce qui est justifié par :

- ✓ Le nombre du personnel majoritaire par rapport aux autres services.
- ✓ Des structures de grandes capacités (trois stations de concassage).
- ✓ Une consommation très élevée dans ce mois en pièces de rechange pour la réparation des pannes.
- ✓ Ces pannes ont perturbé la régularité de production journalière, on remarque qu'elle varie entre 896 et 6185 tonne/jour, avec une moyenne de production 2850,29 tonne/jour.
- ✓ Cette irrégularité de production est due aussi au projet qui est en cours de réalisation, qui a pour but d'augmenter la capacité de la station DRAGON. cependant ces travaux nécessitent parfois des arrêts de fonctionnement de la station ce qui influe sur la régularité de production journalière.
- ✓ Le 6 du mois de mars, la production a été nulle. Dans ce jour on a effectué un tir de mine, et donc tout l'effectif du service carrière et traitement a laissé son poste pour la réalisation du tir.

On remarque que les courbes représentatives des trois opérations chargement, transport et traitement sont presque parallèles ce qui justifie la successibilité entre ces trois phases de production dans la carrière.

Les deux courbes de chargement et transport sont presque superposées, car la même quantité sera chargée et transportée.

Le point d'intersection entre la courbe d'abattage et de découverte ($x=2489$ tonne) peut être considéré comme référence pour diminuer les coûts liés à la découverte du gisement, parce que au-delà les coûts de découverte dépasseront les coûts d'abattage.

On remarque bien que les coûts fixes liés à l'opération de découverte sont très faibles, à cause de la sous-traitance des travaux, un seul chariot de foration a été alloué pour cette opération.

Les deux courbes d'abattage et découverte ont un coefficient de corrélation très élevé, et cela est justifié par l'augmentation des coûts indirects qui ont été répartis sur la quantité journalière produite.

7.3 Approche de la fonction du coût unitaire :

La fonction du coût unitaire peut être déduite des données utilisées pour la détermination de la fonction des coûts. Elle traduit le coût de revient unitaire pour une tonne de production par la relation suivante : $P_i = y_i/x_i$

Avec :

P_i : Le coût de revient unitaire.

y_i : Le coût journalier total.

x_i : La quantité produite.

Pour définir le type de relation qui lie le coût unitaire à la quantité de production, la meilleure solution est la représentation graphique de l'équation $P_i = y_i/x_i$ à partir des données du tableau suivant :

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

Tableau III.4 : quantité de production et prix de revient de production

date	dépense journalière totale (DA) (Y)	production journalière (t) (X)	Prix de revient unitaire (DA)
01/03/2011	1 253 243.74 DA	2 676,00	468,33
02/03/2011	1 185 700.52 DA	2 669,00	444,25
03/03/2011	1 141 256.46 DA	1 778,00	641,88
04/03/2011	898 617.95 DA	896	1 002,92
05/03/2011	900 750.73 DA	902	998,62
06/03/2011	813 483.37 DA	0	/
07/03/2011	1 527 486.77 DA	4 417,00	345,82
08/03/2011	1 558 720.80 DA	4 417,00	352,89
09/03/2011	1 356 724.28 DA	3 520,00	385,43
10/03/2011	1 388 904.76 DA	3 575,00	388,50
11/03/2011	1 194 629.69 DA	2 685,00	444,93
12/03/2011	1 072 294.36 DA	1 788,00	599,72
13/03/2011	1 353 917.08 DA	3 580,00	378,19
14/03/2011	1 124 127.25 DA	1 767,00	636,18
15/03/2011	1 699 136.74 DA	6 185,00	274,72
16/03/2011	1 493 406.84 DA	1 733,00	861,75
17/03/2011	1 503 695.86 DA	3 546,00	424,05
18/03/2011	1 028 753.07 DA	1 745,00	589,54
19/03/2011	1 195 915.56 DA	2 692,00	444,25
20/03/2011	1 457 339.50 DA	4 417,00	329,94
21/03/2011	1 332 206.26 DA	3 556,00	374,64
22/03/2011	1 443 862.26 DA	4 066,00	355,11
23/03/2011	961 695.56 DA	890	1 080,56
24/03/2011	1 553 202.01 DA	4 417,00	351,64
25/03/2011	913 221.65 DA	870	1 049,68
26/03/2011	1 309 115.18 DA	3 534,00	370,43
27/03/2011	1 051 125.96 DA	1 778,00	591,18
28/03/2011	1 545 908.85 DA	3 589,00	430,74
29/03/2011	1 120 206.17 DA	908	1 233,71
30/03/2011	1 901 903.06 DA	6 185,00	307,50
31/03/2011	1 698 926.12 DA	3 578,00	474,83
total	39 979 478,4	88 359	452.46

On veut tracer la fonction $P_i = y_i/x_i$; nous éliminons le 6^{ème} point qui correspond $x=0$ car on ne peut pas calculer la valeur de P_6 (prix unitaire correspond à la 6^{ème} journée) pour cela on obtient le graphe suivant :

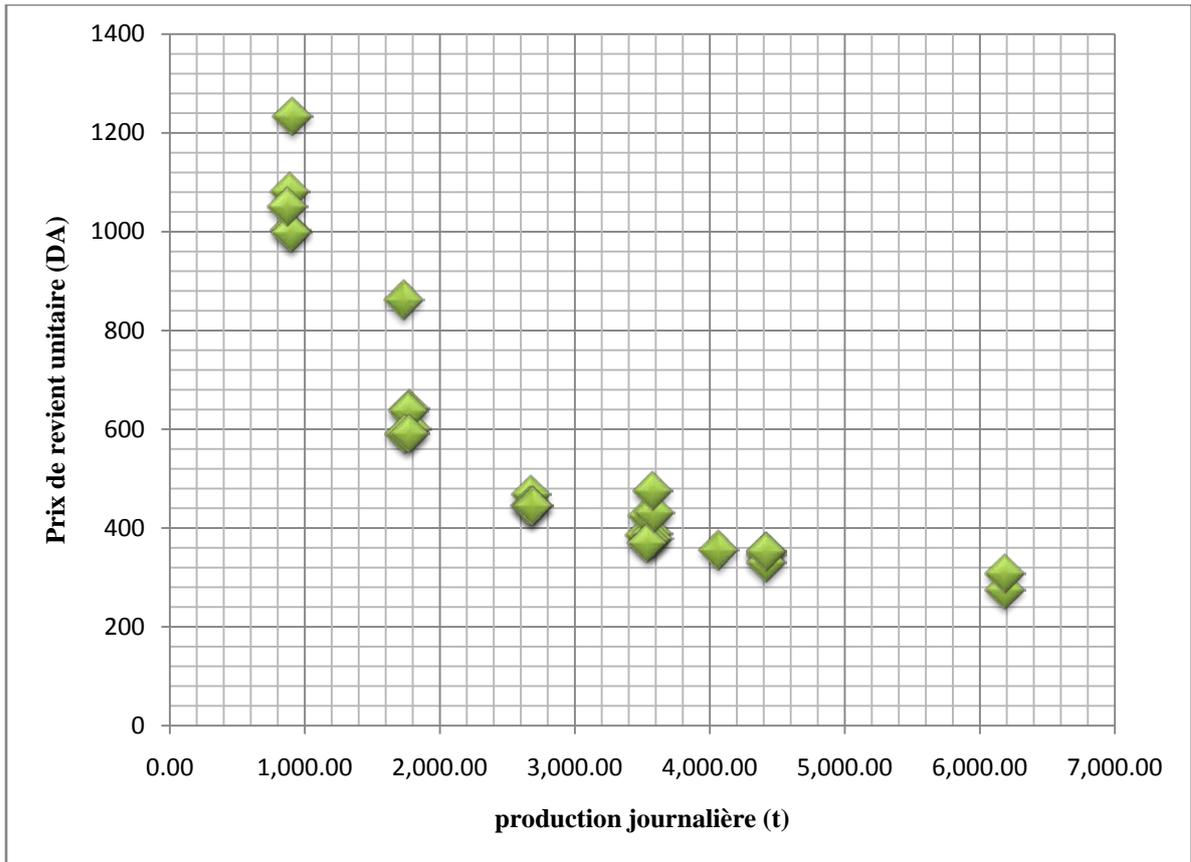


Figure III.14 : Nuage de point de l'échantillon de la production et prix de revient unitaire du mois de Mars :

✓ **Interprétation :**

D'après la répartition du nuage de point, il est difficile de voir le type de fonction appropriée. Néanmoins les fonctions les plus probables sont la fonction exponentielle ou puissance.

Le tracé des courbes de tendance dans les deux cas donne les graphiques suivants :

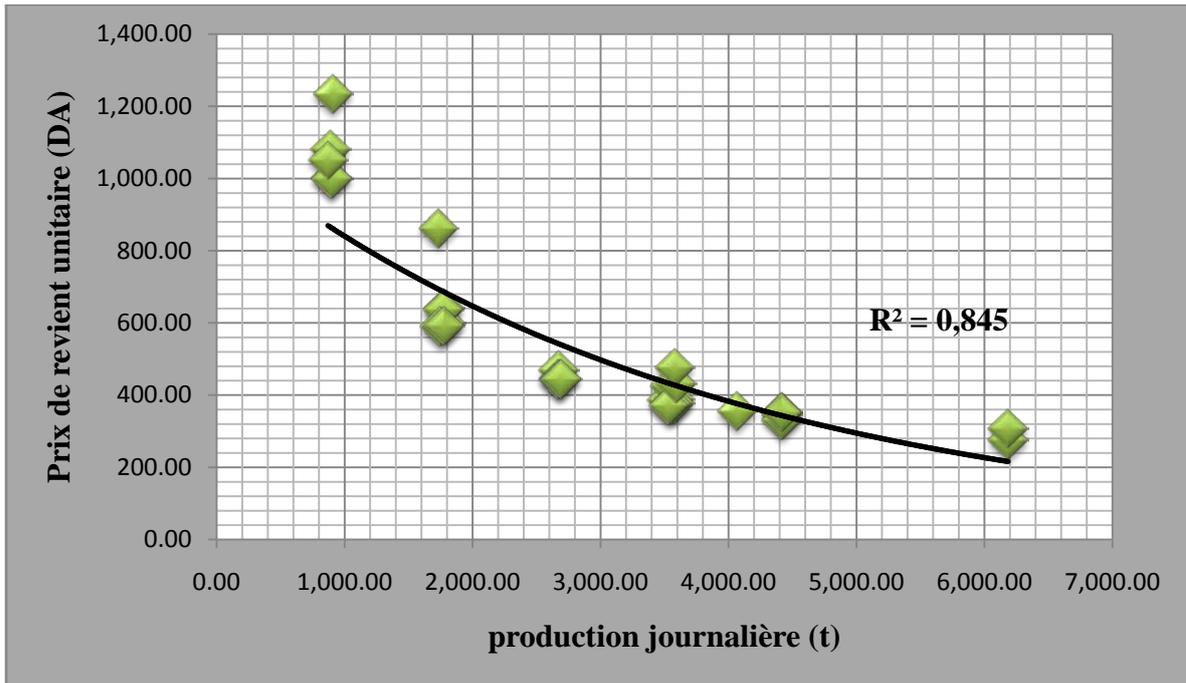


Figure III.15 : Courbe de tendance de la fonction «exponentielle »de l'échantillon de la production et prix de revient unitaire journalier du mois de Mars

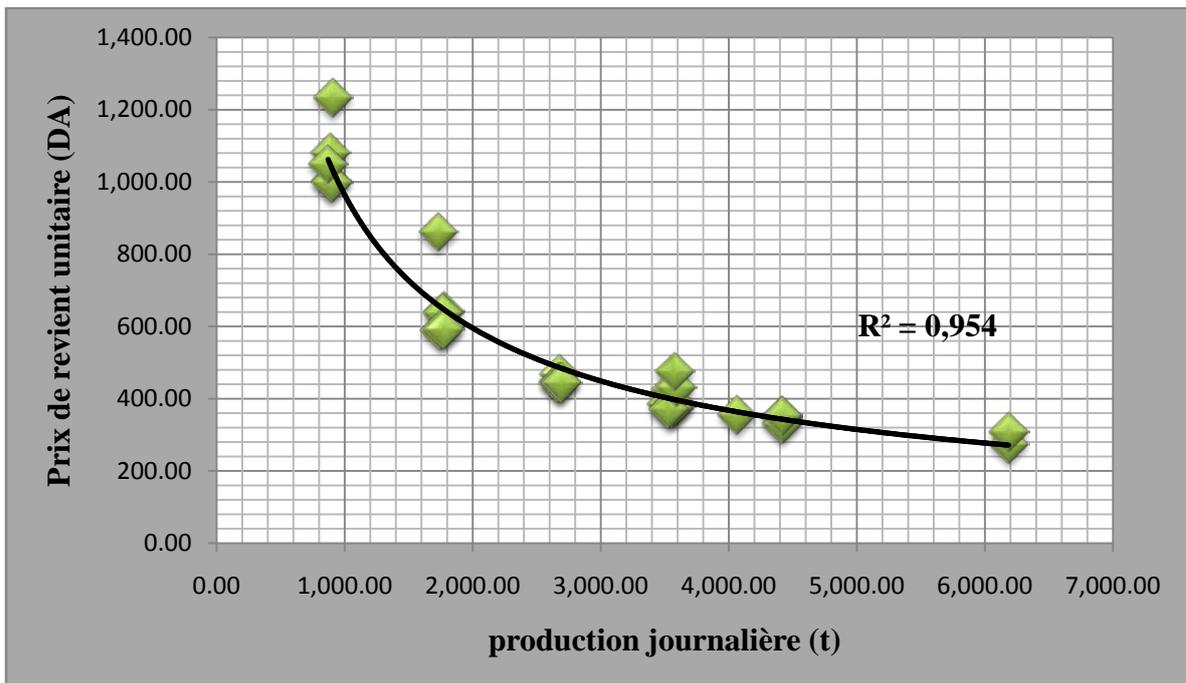


Figure III.16 : Courbe de tendance de la fonction « Puissance »de l'échantillon de la production et prix de revient unitaire journalier du mois de Mars

On remarque que :

$$r^2 (\text{puissance}) > r^2 (\text{exponentielle})$$

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

La comparaison entre les coefficients de détermination des deux graphes montre que la fonction qui représente le mieux notre nuage de point qui traduit la variation du coût unitaire en fonction de la quantité de production est une fonction puissance.

En posant $z = a t + b$, équation de la droite d'ajustement cela signifie que

$$\ln(\hat{p}_i) = a \ln(x) + b.$$

Il existe donc une relation en puissance entre \hat{p} et x de la forme suivante:

$$\hat{p} = e^z = e^b x^a = k x^a$$

Avec :

$$a = \frac{\sum(t_i - \bar{t})(z_i - \bar{z})}{\sum(t_i - \bar{t})^2}$$

$$k = \frac{\exp(\bar{z})}{\exp(a \bar{t})} \quad (e = 2,718)$$

$$t_i = \ln(x_i)$$

\bar{t} : La moyenne des t_i ($\ln(x_i)$)

$$z_i = \ln(\hat{p}_i)$$

\bar{z} : La moyenne des z_i ($\ln(\hat{p}_i)$)

x_i : La quantité de production de la journée i .

\hat{p}_i : Le prix de revient de la tonne correspondant à la quantité x_i .

7.3.1 Détermination de la fonction du coût unitaire :

Calcul des coefficients de l'équation :

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n} = \frac{\sum \ln(x_i)}{n} = 7,84$$

$$\bar{z} = \frac{\sum z_i}{n} = \frac{\sum \ln(\hat{p}_i)}{n} = 6,22$$

$$a = \frac{\sum(t_i - \bar{t})(z_i - \bar{z})}{\sum(t_i - \bar{t})^2} = -0,69$$

$$k = \frac{\exp(\bar{z})}{\exp(a \bar{t})} = 117\,496,5$$

L'équation représentative du coût unitaire en fonction de la production est déterminée comme suit :

$$\hat{p} = k x^a = 117\,496,5 x^{-0,69}$$

Le choix de la fonction pouvait se faire aussi en calculant le coefficient de détermination R^2 , la meilleure fonction est celle qui a le coefficient de détermination plus proche de 1.

$$R^2 = \frac{\text{variation expliquée}}{\text{variation totale}} = \frac{S_{\text{Creg}}}{S_{\text{CT}}} = \frac{\sum(\hat{p}_i - \bar{p})^2}{\sum(p_i - \bar{p})^2}$$

$$R^2 = 0,954$$

Autrement dit, 95% des variations du coût unitaire en fonction du volume de production sont expliquées par la fonction $\hat{p} = 117\,496,5 x^{-0,69}$

La fonction du coût unitaire est représentée dans la figure suivante :

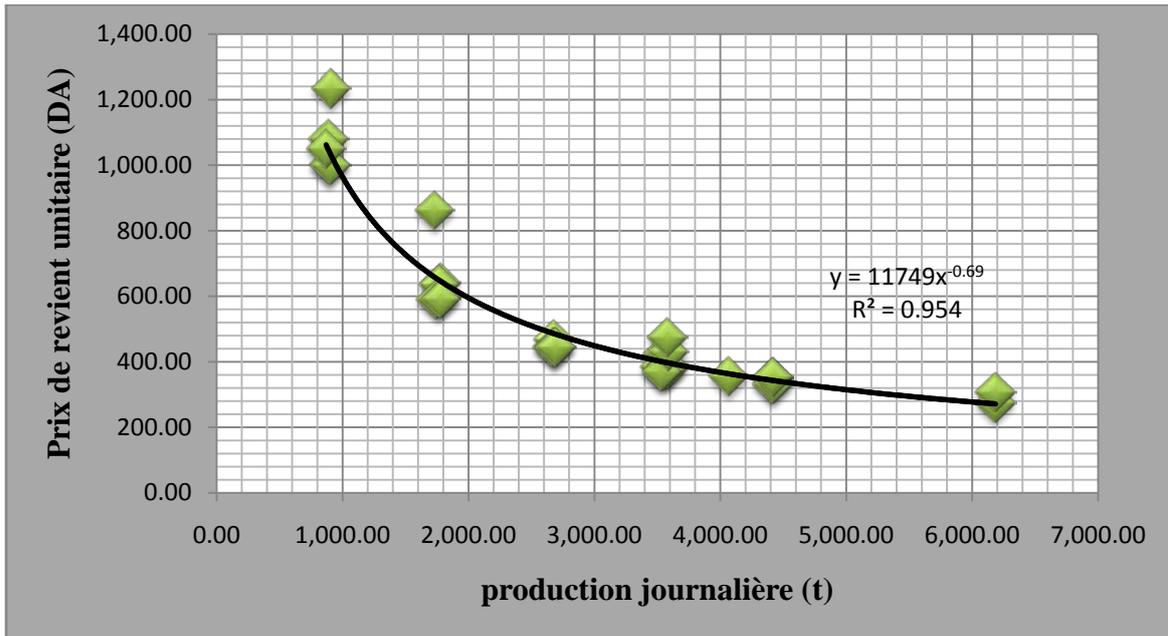


Figure III.17 : Courbe de la fonction unitaire de l'échantillon de la production et prix de revient unitaire journaliers du mois de Mars

7.3.2 Analyse de la fonction du coût unitaire de la tonne:

La fonction du coût unitaire de la tonne est définie comme étant le rapport du coût total par la production, est qui peut être également considéré comme le coût total moyen (CMT) de la production.

Plus la quantité de la production est importante et plus le prix de revient correspondant diminue, et inversement. En effet, les économies d'échelle concernant les entreprises qui disposent d'un coût fixe important comme les entreprises extractives, font qu'il y a un rabais sur les grandes quantités et une rationalisation de la production.

Plus le coût fixe est grand le rapport (CF/Q) devient très important et donne un coût de revient total plus grand et le coût variable est proportionnel à la production) :
(CTM=CF/Q+CV/Q).

Pour $x = 0$, bien que la fonction $\hat{p}=117\,496,5 x^{-0,69}$ donne un prix de revient infini.

En réalité une quantité de production égale à zéro donne un prix de revient maximal. Le prix de revient minimal de la tonne de produit correspond au prix de revient de la quantité de production journalière maximale car la fonction est décroissante.

7.3.3 Remarque :

- On note qu'on peut utiliser la fonction du coût total pour déterminer le prix de la tonne de produit ou utiliser la fonction du prix de revient de la tonne pour déterminer le coût total de production, mais la fonction du coût unitaire est plus précise que la fonction du coût total dans l'estimation du prix de la tonne de produit pour un volume de production donnée.

Chapitre III : Application des régressions linéaires simples et détermination des différentes fonctions du coût

- dans le cas où les conditions actuelles changeraient, il serait nécessaire de faire des corrections des fonctions. Dans le cas par exemple où l'on achèterait de nouveaux matériels ou l'on augmenterait le nombre d'ouvriers ou encore dans le cas où les coûts des consommables changeraient.
- les méthodes d'estimation et de prévision pour la fonction du coût unitaire se fait de la même façon que celle des coûts totaux, il suffit de faire un changement de variables : $y = \ln(p)$ et $X = \ln(x)$ pour avoir les mêmes formes d'équation $y = b_0 + b_1X$.



CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'unité Si-Mustapha, qui produit des agrégats de différentes fractions avec une production moyenne annuelle de 2 000 000 tonnes, a été notre lieu de stage où nous avons effectué le prélèvement des données nécessaires à la réalisation de notre projet de fin d'étude et cela durant une période de 35 jours.

Ce projet de fin d'étude nous a permis de déterminer la fonction du coût journalier total et le coût opérationnel de chaque phase de production à partir des données de la production et les dépenses prélevées quotidiennement au sein de l'unité, ainsi que la fonction du coût unitaire moyen.

La fonction déterminée par notre modèle étant croissante, le coût marginal sera toujours inférieur au coût unitaire moyen. Ce qui nous permet de dire qu'on peut augmenter la production sans limite. Nous concluons donc que la limitation de la production est assurée seulement par les capacités de production de l'entreprise et la demande sur le marché.

L'analyse des coûts opérationnels nous a montré que l'opération de décapage consomme des dépenses énormes, ce qui peut être vrai pour une autre opération.

On peut dire aussi que notre modèle du coût total estimé est validé si et seulement si la marge de l'entreprise varie entre un bénéfice de 36% et un déficit de 06%, cet intervalle peut être utilisé pour la prévision des coûts.

Ce travail nous a permis d'atteindre deux objectifs :

- ❖ La recherche d'une fonction du coût total.
- ❖ L'approche des fonctions des coûts opérationnels.

Le détail du travail fait sur Excel est joint dans un CD.



ANNEXE

ANNEXE DES COÛTS :

➤ les frais de minage :

Tableau 1 : facture de premier tir du mois de mars.

LE TIR DE 06/03/2011				
désignation	quantité	unité	prix unitaire	montant
Temex 2/80	9700	kg	140,00	1 358 000,00 DA
Anfo-Tidj	4875	kg	93,50	455 812,50 DA
cordeau 20g	3975	m	54,72	217 512,00 DA
DMR 3m	205	u	180,00	36 900,00 DA
DEI 3m	17	u	120,00	2 040,00 DA
fil de tir	2000	m	9,72	19 440,00 DA
Total de la consommation d'explosif et ces accessoires (HT)				2 089 704,50 DA
camion d'explosifs				30 000,00 DA
véhicule d'accessoires				6 000,00 DA
Total transport (HT)				36 000,00 DA
TVA 17%				361 369,77 DA
TOTAL				2 487 074,27 DA

Tableau 1.a : consommation d'explosif destiné vers les chantiers de production.

consommation d'explosif pour l'abattage 06/03/2011				
désignation	quantité	unité	prix unitaire	montant
Temex 2/80	6500	kg	140,00	910 000,00 DA
Anfo-tidj	3250	kg	93,50	303 875,00 DA
cordeau 20g	2625	m	54,72	143 640,00 DA
DMR 3m	125	u	180,00	22 500,00 DA
DEI 3m	14	u	120,00	1 680,00 DA
fil de tir	1500	m	9,72	14 580,00 DA
Total produits (HT)				1 396 275,00 DA

Tableau 1.b : consommation d'explosif destiné vers les chantiers de découverte.

consommation d'explosif pour le décapage 06/03/2011				
désignation	quantité	unité	prix unitaire	montant
Temex 2/80	3200	kg	140,00	448 000,00 DA
Anfo-tidj	1625	kg	93,50	151 937,50 DA
cordeau 20g	1350	m	54,72	73 872,00 DA
DMR 3m	80	u	180,00	14 400,00 DA
DEI 3m	3	u	120,00	360,00 DA
fil de tir	500	m	9,72	4 860,00 DA
Total produits (HT)				693 429,50 DA

ANNEXE

Tableau 2 : facture de deuxième tir de mois de mars

LE TIR DE 23/03/2011				
désignation	quantité	unité	prix unitaire	montant
Temex 1/80	7180	kg	142,00	1 019 560,00 DA
Anfo-Tidj	3825	kg	93,50	357 637,50 DA
cordeau 20g	2925	m	54,72	160 056,00 DA
DMR 3m	170	u	180,00	30 600,00 DA
DEI 3m	8	u	120,00	960,00 DA
fil de tir	1500	m	9,72	
Total de consommation d'explosif et ces accessoires (HT)				1 583 393,50 DA
camion d'explosifs				30 000,00 DA
véhicule d'accessoires				6 000,00 DA
Total transport (HT)				36 000,00 DA
TVA 17%				275 296,90 DA
TOTAL				1 894 690,40 DA

Tableau 2.a : consommation d'explosif destiné vers les chantiers de production.

consommation d'explosif pour l'abattage 23/03/2011				
désignation	quantité	unité	prix unitaire	montant
Temex 1/80	5060	kg	142,00	718 520,00 DA
Anfo-tidj	2525	kg	93,50	236 087,50 DA
cordeau 20g	1875	m	54,72	102 600,00 DA
DMR 3m	105	u	180,00	18 900,00 DA
DEI 3m	6	u	120,00	720,00 DA
fil de tir	1000	m	9,72	9 720,00 DA
Total produits (HT)				1 086 547,50 DA

Tableau 2.b : consommation d'explosif destiné vers les chantiers de découverte.

consommation d'explosif pour le décapage 23/03/2011				
désignation	quantité	unité	prix unitaire	montant
Temex 1/80	2120	kg	142,00	301 040,00 DA
Anfo-tidj	1300	kg	93,50	121 550,00 DA
cordeau 20g	1050	m	54,72	57 456,00 DA
DMR 3m	65	u	180,00	11 700,00 DA
DEI 3m	2	u	120,00	240,00 DA
fil de tir	500	m	9,72	4 860,00 DA
Total produits (HT)				496 846,00 DA

ANNEXE

➤ sous-traitance des travaux :

Tableau 3 : Coûts liés à la sous-traitance des travaux de découverte : 100DA/m³

les coûts journaliers liés à la sous-traitance des travaux de découverte			
date	nombre de voyage par jour	Volume journalier extrait (m ³)	Coût (DA) HT
01/03/2011	125	1500	150 000.00
02/03/2011	92	1104	110 400.00
03/03/2011	139	1668	166 800.00
04/03/2011	0	0	-
05/03/2011	164	1968	196 800.00
06/03/2011	55	660	66 000.00
07/03/2011	156	1872	187 200.00
08/03/2011	159	1908	190 800.00
09/03/2011	186	2232	223 200.00
10/03/2011	175	2100	210 000.00
11/03/2011	0	0	-
12/03/2011	195	2340	234 000.00
13/03/2011	182	2184	218 400.00
14/03/2011	173	2076	207 600.00
15/03/2011	120	1440	144 000.00
16/03/2011	163	1956	195 600.00
17/03/2011	134	1608	160 800.00
18/03/2011	0	0	-
19/03/2011	65	780	78 000.00
20/03/2011	50	600	60 000.00
21/03/2011	125	1500	150 000.00
22/03/2011	111	1332	133 200.00
23/03/2011	49	588	58 800.00
24/03/2011	168	2016	201 600.00
25/03/2011	0	0	-
26/03/2011	200	2400	240 000.00
27/03/2011	181	2172	217 200.00
28/03/2011	191	2292	229 200.00
29/03/2011	190	2280	228 000.00
30/03/2011	153	1836	183 600.00
31/03/2011	194	2328	232 800.00
		total	4 674 000.00

ANNEXE

➤ Coûts rassemblés par opération :

LES COÛTS INDIRECTS :

Tableau 4 : Les différents coûts liés à l'opération de la découverte du gisement :

DATE	DECOUVERTURE						TOTAL
	CONSOMMABLES	CONSOMMATION DES PIÈCES (destinées vers la réparation des pannes)	FRAIS DU PERSONNELS	FRAIS D'AMORTISSEMENT	frais liés à la consommation d'explosif	SOUS TRAITANCE DES TRAVAUX DE DECOUVERTURE	
01/03/2011	2 564.60 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	36 048.14 DA	141 554.61 DA	199 108.41 DA
02/03/2011	2 564.60 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	35 953.84 DA	141 184.33 DA	198 643.83 DA
03/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	23 951.27 DA	94 052.35 DA	136 944.68 DA
04/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	12 069.93 DA	47 396.46 DA	78 407.46 DA
05/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	12 150.75 DA	47 713.85 DA	78 805.67 DA
06/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	- DA	- DA	18 941.07 DA
07/03/2011	2 927.26 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	59 500.98 DA	233 649.75 DA	315 019.05 DA
08/03/2011	27 536.17 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	59 500.98 DA	233 649.75 DA	339 627.96 DA
09/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	47 417.58 DA	186 200.39 DA	252 559.03 DA
10/03/2011	282.11 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	48 158.48 DA	189 109.77 DA	256 491.42 DA
11/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	36 169.37 DA	142 030.69 DA	197 141.13 DA
12/03/2011	4 808.86 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	24 085.97 DA	94 581.33 DA	142 417.23 DA
13/03/2011	2 564.60 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	48 225.83 DA	189 374.26 DA	259 105.75 DA
14/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	23 803.09 DA	93 470.48 DA	136 214.63 DA
15/03/2011	4 100.65 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	83 317.53 DA	327 173.12 DA	433 532.37 DA
16/03/2011	2 564.60 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	23 345.07 DA	91 671.95 DA	136 522.69 DA
17/03/2011	2 564.60 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	47 767.82 DA	187 575.73 DA	256 849.22 DA
18/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	23 506.73 DA	92 306.73 DA	134 754.52 DA
19/03/2011	2 308.14 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	36 263.67 DA	142 400.98 DA	199 913.85 DA
20/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	59 500.98 DA	233 649.75 DA	312 091.79 DA
21/03/2011	2 564.60 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	47 902.53 DA	188 104.71 DA	257 512.90 DA
22/03/2011	2 564.60 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	54 772.69 DA	215 082.61 DA	291 360.96 DA
23/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	11 989.10 DA	47 079.08 DA	78 009.24 DA
24/03/2011	12 778.15 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	59 500.98 DA	233 649.75 DA	324 869.94 DA
25/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	11 719.69 DA	46 021.12 DA	76 681.87 DA
26/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	47 606.17 DA	186 940.96 DA	253 488.19 DA
27/03/2011	4 883.08 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	23 951.27 DA	94 052.35 DA	141 827.76 DA
28/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	48 347.07 DA	189 850.34 DA	257 138.47 DA
29/03/2011	- DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	12 231.58 DA	48 031.24 DA	79 203.88 DA
30/03/2011	11 562.63 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	83 317.53 DA	327 173.12 DA	440 994.35 DA
31/03/2011	4 110.25 DA	1 344.63 DA	13 650.39 DA	3 946.04 DA	48 198.89 DA	189 268.46 DA	260 518.67 DA
TOTAL	93 249.50 DA	41 683.41 DA	423 162.24 DA	122 327.37 DA	1 190 275.50 DA	4 674 000.00 DA	6 544 698.02 DA

ANNEXE

Tableau 5 : Les différents coûts liés à l'opération de l'abattage des roches :

DATE	ABATTAGE						TOTAL
	CONSOMMABLES	CONSOMMATION DES PIÈCES (destinées vers la réparation des pannes)		FRAIS DU PERSONNELS	FRAIS D'AMORTISSEMENT	frais liés à la consommation d'explosif	
		foration production	terrassment				
01/03/2011	29 229.53 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	75 193.62 DA	209 308.60 DA
02/03/2011	11 186.44 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	74 996.92 DA	191 068.82 DA
03/03/2011	- DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	49 960.48 DA	154 845.94 DA
04/03/2011	3 012.32 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	25 176.94 DA	133 074.71 DA
05/03/2011	- DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	25 345.53 DA	130 230.99 DA
06/03/2011	1 584.28 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	- DA	106 469.73 DA
07/03/2011	8 985.93 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	124 114.43 DA	237 985.81 DA
08/03/2011	28 108.01 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	124 114.43 DA	257 107.89 DA
09/03/2011	20 916.06 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	98 909.39 DA	224 710.91 DA
10/03/2011	19 371.72 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	100 454.85 DA	224 712.03 DA
11/03/2011	- DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	75 446.51 DA	180 331.97 DA
12/03/2011	4 359.82 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	50 241.48 DA	159 486.75 DA
13/03/2011	12 320.80 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	100 595.35 DA	217 801.60 DA
14/03/2011	- DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	49 651.39 DA	154 536.85 DA
15/03/2011	16 210.45 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	173 793.92 DA	294 889.83 DA
16/03/2011	11 944.08 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	48 696.02 DA	165 525.55 DA
17/03/2011	4 070.42 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	99 639.98 DA	208 595.85 DA
18/03/2011	- DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	49 033.21 DA	153 918.66 DA
19/03/2011	2 436.37 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	75 643.21 DA	182 965.03 DA
20/03/2011	- DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	124 114.43 DA	228 999.88 DA
21/03/2011	4 110.25 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	99 920.97 DA	208 916.67 DA
22/03/2011	10 751.12 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	114 251.59 DA	229 888.16 DA
23/03/2011	18 656.78 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	25 008.34 DA	148 550.57 DA
24/03/2011	12 778.15 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	124 114.43 DA	241 778.03 DA
25/03/2011	- DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	24 446.36 DA	129 331.81 DA
26/03/2011	4 103.36 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	99 302.78 DA	208 291.60 DA
27/03/2011	6 681.74 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	49 960.48 DA	161 527.68 DA
28/03/2011	101 192.74 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	100 848.24 DA	306 926.44 DA
29/03/2011	- DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	25 514.13 DA	130 399.58 DA
30/03/2011	117 771.31 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	173 793.92 DA	396 450.69 DA
31/03/2011	4 110.25 DA	11 008.03 DA	11 410.70 DA	50 051.45 DA	32 415.28 DA	100 539.15 DA	209 534.86 DA
TOTAL	453 891.93 DA	341 248.91 DA	353 731.56 DA	1 551 594.88 DA	1 004 873.71 DA	2 482 822.50 DA	6 188 163.49 DA

ANNEXE

Tableau 6 : Les différents coûts liés à l'opération de chargement :

DATE	CHARGEMENT				TOTAL
	CONSOMMABLES	CONSOMMATION DES PIÈCES (destinées vers la réparation des pannes)	FRAIS DU PERSONNELS	FRAIS D'AMORTISSEMENT	
01/03/2011	44 692.71 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	150 287.19 DA
02/03/2011	26 531.81 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	132 126.29 DA
03/03/2011	43 256.05 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	148 850.53 DA
04/03/2011	2 308.14 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	107 902.62 DA
05/03/2011	10 033.52 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	115 628.00 DA
06/03/2011	41 030.67 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	146 625.15 DA
07/03/2011	62 933.77 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	168 528.25 DA
08/03/2011	73 641.67 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	179 236.15 DA
09/03/2011	52 255.47 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	157 849.95 DA
10/03/2011	56 698.63 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	162 293.11 DA
11/03/2011	40 278.72 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	145 873.20 DA
12/03/2011	30 574.89 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	136 169.37 DA
13/03/2011	71 329.91 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	176 924.39 DA
14/03/2011	40 716.29 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	146 310.77 DA
15/03/2011	42 731.69 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	148 326.17 DA
16/03/2011	31 915.71 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	137 510.19 DA
17/03/2011	44 676.51 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	150 270.99 DA
18/03/2011	13 464.15 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	119 058.63 DA
19/03/2011	47 528.18 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	153 122.66 DA
20/03/2011	39 909.20 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	145 503.68 DA
21/03/2011	44 232.85 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	149 827.33 DA
22/03/2011	40 095.85 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	145 690.33 DA
23/03/2011	38 724.79 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	144 319.27 DA
24/03/2011	144 401.36 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	249 995.84 DA
25/03/2011	15 776.41 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	121 370.89 DA
26/03/2011	36 384.19 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	141 978.67 DA
27/03/2011	8 847.87 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	114 442.35 DA
28/03/2011	82 214.74 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	187 809.22 DA
29/03/2011	49 152.38 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	154 746.86 DA
30/03/2011	34 343.51 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	139 937.99 DA
31/03/2011	39 802.97 DA	28 138.70 DA	18 200.53 DA	59 255.26 DA	145 397.45 DA
TOTAL	1 350 484.61 DA	872 299.78 DA	564 216.32 DA	1 836 912.92 DA	4 623 913.63 DA

ANNEXE

Tableau 7 : Les différents coûts liés à l'opération de transport :

DATE	TRANSPORT				TOTAL
	CONSOUMMABLES	CONSOMMATION DES PIECES (destinées vers la réparation des pannes)	FRAIS DU PERSONNELS	FRAIS D'AMORTISSEMENT	
01/03/2011	6 411.50 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	133 780.39 DA
02/03/2011	9 873.71 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	137 242.60 DA
03/03/2011	12 651.39 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	140 020.28 DA
04/03/2011	3 387.25 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	130 756.14 DA
05/03/2011	- DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	127 368.89 DA
06/03/2011	- DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	127 368.89 DA
07/03/2011	13 207.69 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	140 576.58 DA
08/03/2011	60 860.62 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	188 229.51 DA
09/03/2011	22 311.08 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	149 679.97 DA
10/03/2011	11 097.51 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	138 466.40 DA
11/03/2011	- DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	127 368.89 DA
12/03/2011	22 670.13 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	150 039.02 DA
13/03/2011	15 040.54 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	142 409.43 DA
14/03/2011	- DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	127 368.89 DA
15/03/2011	33 688.39 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	161 057.28 DA
16/03/2011	26 606.82 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	153 975.71 DA
17/03/2011	36 971.55 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	164 340.44 DA
18/03/2011	9 191.20 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	136 560.09 DA
19/03/2011	12 177.83 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	139 546.72 DA
20/03/2011	51 113.61 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	178 482.50 DA
21/03/2011	29 686.85 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	157 055.74 DA
22/03/2011	22 564.76 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	149 933.65 DA
23/03/2011	12 680.26 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	140 049.15 DA
24/03/2011	8 962.33 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	136 331.22 DA
25/03/2011	11 031.90 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	138 400.79 DA
26/03/2011	23 916.96 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	151 285.85 DA
27/03/2011	12 756.06 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	140 124.95 DA
28/03/2011	15 877.60 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	143 246.49 DA
29/03/2011	3 718.67 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	131 087.56 DA
30/03/2011	81 349.03 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	208 717.92 DA
31/03/2011	18 229.39 DA	32 849.22 DA	13 650.39 DA	80 869.27 DA	145 598.28 DA
TOTAL	588 034.63 DA	1 018 325.96 DA	423 162.24 DA	2 506 947.39 DA	4 536 470.22 DA

ANNEXE

Tableau 8 : Les différents coûts liés à l'opération de traitement :

DATE	TRAITEMENT					TOTAL
	CONSOMMABLES	CONSOMMATION DES PIECES (destinées vers la réparation des pannes)	frais liés à la consommation d'énergie électrique	FRAIS DU PERSONNELS	FRAIS D'AMORTISSEMENT	
01/03/2011	36 064.20 DA	98 643.97 DA	9 238.29 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	307 712.56 DA
02/03/2011	- DA	98 643.97 DA	9 214.12 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	271 624.20 DA
03/03/2011	41 646.99 DA	98 643.97 DA	6 138.15 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	310 195.21 DA
04/03/2011	- DA	98 643.97 DA	3 093.24 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	265 503.31 DA
05/03/2011	- DA	98 643.97 DA	3 113.95 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	265 524.03 DA
06/03/2011	487.27 DA	98 643.97 DA	- DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	262 897.35 DA
07/03/2011	38 961.60 DA	98 643.97 DA	15 248.70 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	316 620.38 DA
08/03/2011	1 025.84 DA	98 643.97 DA	15 248.70 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	278 684.62 DA
09/03/2011	4 033.00 DA	98 643.97 DA	12 152.01 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	278 595.09 DA
10/03/2011	40 067.24 DA	98 643.97 DA	12 341.88 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	314 819.20 DA
11/03/2011	23 827.40 DA	98 643.97 DA	9 269.36 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	295 506.84 DA
12/03/2011	- DA	98 643.97 DA	6 172.67 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	268 582.74 DA
13/03/2011	1 142.37 DA	98 643.97 DA	12 359.15 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	275 911.59 DA
14/03/2011	74 449.85 DA	98 643.97 DA	6 100.17 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	342 960.10 DA
15/03/2011	- DA	98 643.97 DA	21 352.32 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	283 762.40 DA
16/03/2011	27 127.47 DA	98 643.97 DA	5 982.79 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	295 520.34 DA
17/03/2011	50 396.29 DA	98 643.97 DA	12 241.77 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	325 048.13 DA
18/03/2011	2 000.39 DA	98 643.97 DA	6 024.22 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	270 434.69 DA
19/03/2011	- DA	98 643.97 DA	9 293.53 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	271 703.60 DA
20/03/2011	1 966.06 DA	98 643.97 DA	15 248.70 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	279 624.84 DA
21/03/2011	1 475.23 DA	98 643.97 DA	12 276.29 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	276 161.60 DA
22/03/2011	1 833.69 DA	98 643.97 DA	14 036.95 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	278 280.72 DA
23/03/2011	- DA	98 643.97 DA	3 072.53 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	265 482.60 DA
24/03/2011	- DA	98 643.97 DA	15 248.70 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	277 658.78 DA
25/03/2011	- DA	98 643.97 DA	3 003.48 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	265 413.56 DA
26/03/2011	- DA	98 643.97 DA	12 200.34 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	274 610.42 DA
27/03/2011	8 267.44 DA	98 643.97 DA	6 138.15 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	276 815.66 DA
28/03/2011	293.13 DA	98 643.97 DA	12 390.22 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	275 093.42 DA
29/03/2011	3 091.30 DA	98 643.97 DA	3 134.67 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	268 636.04 DA
30/03/2011	5 299.00 DA	98 643.97 DA	21 352.32 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	289 061.40 DA
31/03/2011	7 098.40 DA	98 643.97 DA	12 352.24 DA	79 627.30 DA	84 138.81 DA	281 860.72 DA
TOTAL	370 554.16 DA	3 057 962.92 DA	305 039.61 DA	2 468 446.40 DA	2 608 303.02 DA	8 810 306.11 DA

ANNEXE

➤ LES COÛTS INDIRECTS :

Tableau 9 : Les différents coûts indirectement liés aux opérations de production :

DATE	CONSOMMABLES	FRAIS DU PERSONNELS (services administratifs)	frais de formation des personnels	frais de prestation du transport	frais liés au transport d'explosif	impot et taxe	TOTAL
01/03/2011	4 968.10 DA	147 879.28 DA	5 236.87 DA	29 386.60 DA	2 322.58 DA	63 253.15 DA	253 046.58 DA
02/03/2011	7 172.33 DA	147 879.28 DA	5 223.18 DA	29 309.73 DA	2 322.58 DA	63 087.69 DA	254 994.78 DA
03/03/2011	35 166.33 DA	147 879.28 DA	3 479.51 DA	19 525.18 DA	2 322.58 DA	42 026.94 DA	250 399.81 DA
04/03/2011	- DA	147 879.28 DA	1 753.45 DA	9 839.46 DA	2 322.58 DA	21 178.93 DA	182 973.70 DA
05/03/2011	- DA	147 879.28 DA	1 765.19 DA	9 905.35 DA	2 322.58 DA	21 320.75 DA	183 193.16 DA
06/03/2011	979.32 DA	147 879.28 DA	- DA	- DA	2 322.58 DA	- DA	151 181.18 DA
07/03/2011	36 999.89 DA	147 879.28 DA	8 643.97 DA	48 505.46 DA	2 322.58 DA	104 405.51 DA	348 756.69 DA
08/03/2011	4 077.86 DA	147 879.28 DA	8 643.97 DA	48 505.46 DA	2 322.58 DA	104 405.51 DA	315 834.66 DA
09/03/2011	14 380.95 DA	147 879.28 DA	6 888.56 DA	38 655.02 DA	2 322.58 DA	83 202.94 DA	293 329.33 DA
10/03/2011	11 162.55 DA	147 879.28 DA	6 996.20 DA	39 259.00 DA	2 322.58 DA	84 502.99 DA	292 122.60 DA
11/03/2011	- DA	147 879.28 DA	5 254.49 DA	29 485.43 DA	2 322.58 DA	63 465.88 DA	248 407.66 DA
12/03/2011	- DA	147 879.28 DA	3 499.08 DA	19 634.99 DA	2 322.58 DA	42 263.31 DA	215 599.24 DA
13/03/2011	621.38 DA	147 879.28 DA	7 005.98 DA	39 313.91 DA	2 322.58 DA	84 621.18 DA	281 764.31 DA
14/03/2011	1 904.86 DA	147 879.28 DA	3 457.98 DA	19 404.38 DA	2 322.58 DA	41 766.93 DA	216 736.01 DA
15/03/2011	1 146.02 DA	147 879.28 DA	12 103.91 DA	67 920.82 DA	2 322.58 DA	146 196.08 DA	377 568.69 DA
16/03/2011	390 764.78 DA	147 879.28 DA	3 391.44 DA	19 031.01 DA	2 322.58 DA	40 963.27 DA	604 352.36 DA
17/03/2011	118 691.87 DA	147 879.28 DA	6 939.45 DA	38 940.54 DA	2 322.58 DA	83 817.51 DA	398 591.22 DA
18/03/2011	- DA	147 879.28 DA	3 414.93 DA	19 162.79 DA	2 322.58 DA	41 246.91 DA	214 026.49 DA
19/03/2011	- DA	147 879.28 DA	5 268.19 DA	29 562.30 DA	2 322.58 DA	63 631.34 DA	248 663.69 DA
20/03/2011	880.00 DA	147 879.28 DA	8 643.97 DA	48 505.46 DA	2 322.58 DA	104 405.51 DA	312 636.80 DA
21/03/2011	2 466.90 DA	147 879.28 DA	6 959.02 DA	39 050.35 DA	2 322.58 DA	84 053.88 DA	282 732.01 DA
22/03/2011	49 789.71 DA	147 879.28 DA	7 957.07 DA	44 650.94 DA	2 322.58 DA	96 108.85 DA	348 708.44 DA
23/03/2011	2 530.47 DA	147 879.28 DA	1 741.71 DA	9 773.57 DA	2 322.58 DA	21 037.11 DA	185 284.72 DA
24/03/2011	10 811.39 DA	147 879.28 DA	8 643.97 DA	48 505.46 DA	2 322.58 DA	104 405.51 DA	322 568.19 DA
25/03/2011	- DA	147 879.28 DA	1 702.57 DA	9 553.94 DA	2 322.58 DA	20 564.36 DA	182 022.73 DA
26/03/2011	- DA	147 879.28 DA	6 915.96 DA	38 808.76 DA	2 322.58 DA	83 533.86 DA	279 460.44 DA
27/03/2011	1 154.07 DA	147 879.28 DA	3 479.51 DA	19 525.18 DA	2 322.58 DA	42 026.94 DA	216 387.55 DA
28/03/2011	94 222.69 DA	147 879.28 DA	7 023.60 DA	39 412.74 DA	2 322.58 DA	84 833.91 DA	375 694.80 DA
29/03/2011	172 719.63 DA	147 879.28 DA	1 776.94 DA	9 971.24 DA	2 322.58 DA	21 462.58 DA	356 132.24 DA
30/03/2011	50 318.04 DA	147 879.28 DA	12 103.91 DA	67 920.82 DA	2 322.58 DA	146 196.08 DA	426 740.71 DA
31/03/2011	374 946.37 DA	147 879.28 DA	7 002.07 DA	39 291.95 DA	2 322.58 DA	84 573.90 DA	656 016.15 DA
TOTAL	1 387 875.51 DA	4 584 257.60 DA	172 916.67 DA	970 317.84 DA	72 000.00 DA	2 088 559.34 DA	9 275 926.95 DA

ANNEXE

➤ LE COÛT TOTAL :

Tableau 10 : la somme des coûts directs et indirects :

DATE	TOTAL DES COÛTS DIRECTS	TOTAL DES COÛTS INDIRECTS	COÛT TOTAL
01/03/2011	1 000 197.16 DA	253 046.58 DA	1 253 243.74 DA
02/03/2011	930 705.74 DA	254 994.78 DA	1 185 700.52 DA
03/03/2011	890 856.65 DA	250 399.81 DA	1 141 256.46 DA
04/03/2011	715 644.24 DA	182 973.70 DA	898 617.95 DA
05/03/2011	717 557.58 DA	183 193.16 DA	900 750.73 DA
06/03/2011	662 302.19 DA	151 181.18 DA	813 483.37 DA
07/03/2011	1 178 730.07 DA	348 756.69 DA	1 527 486.77 DA
08/03/2011	1 242 886.13 DA	315 834.66 DA	1 558 720.80 DA
09/03/2011	1 063 394.95 DA	293 329.33 DA	1 356 724.28 DA
10/03/2011	1 096 782.16 DA	292 122.60 DA	1 388 904.76 DA
11/03/2011	946 222.03 DA	248 407.66 DA	1 194 629.69 DA
12/03/2011	856 695.12 DA	215 599.24 DA	1 072 294.36 DA
13/03/2011	1 072 152.77 DA	281 764.31 DA	1 353 917.08 DA
14/03/2011	907 391.23 DA	216 736.01 DA	1 124 127.25 DA
15/03/2011	1 321 568.05 DA	377 568.69 DA	1 699 136.74 DA
16/03/2011	889 054.49 DA	604 352.36 DA	1 493 406.84 DA
17/03/2011	1 105 104.63 DA	398 591.22 DA	1 503 695.86 DA
18/03/2011	814 726.59 DA	214 026.49 DA	1 028 753.07 DA
19/03/2011	947 251.87 DA	248 663.69 DA	1 195 915.56 DA
20/03/2011	1 144 702.69 DA	312 636.80 DA	1 457 339.50 DA
21/03/2011	1 049 474.25 DA	282 732.01 DA	1 332 206.26 DA
22/03/2011	1 095 153.83 DA	348 708.44 DA	1 443 862.26 DA
23/03/2011	776 410.84 DA	185 284.72 DA	961 695.56 DA
24/03/2011	1 230 633.81 DA	322 568.19 DA	1 553 202.01 DA
25/03/2011	731 198.92 DA	182 022.73 DA	913 221.65 DA
26/03/2011	1 029 654.73 DA	279 460.44 DA	1 309 115.18 DA
27/03/2011	834 738.41 DA	216 387.55 DA	1 051 125.96 DA
28/03/2011	1 170 214.05 DA	375 694.80 DA	1 545 908.85 DA
29/03/2011	764 073.93 DA	356 132.24 DA	1 120 206.17 DA
30/03/2011	1 475 162.35 DA	426 740.71 DA	1 901 903.06 DA
31/03/2011	1 042 909.97 DA	656 016.15 DA	1 698 926.12 DA
TOTAL	30 703 551.45 DA	9 275 926.95 DA	39 979 478.41 DA

ANNEXE

Tableau 11 : La production journalière en fonction des coûts totaux (premier essai sur l'identification de notre échantillon).

DATE	dépense journalière totale (DA) (Y)	production journalière (t) (X)
01/03/2011	1 069 706,48 DA	2 676,00
02/03/2011	1 002 157,55 DA	2 669,00
03/03/2011	956 987,45 DA	1 778,00
04/03/2011	713 630,23 DA	896,00
05/03/2011	715 767,91 DA	902,00
06/03/2011	627 765,54 DA	-
07/03/2011	1 345 368,17 DA	4 417,00
08/03/2011	1 376 602,20 DA	4 417,00
09/03/2011	1 206 760,44 DA	3 520,00
10/03/2011	1 206 100,05 DA	3 575,00
11/03/2011	1 011 099,76 DA	2 685,00
12/03/2011	888 033,50 DA	1 788,00
13/03/2011	1 257 835,40 DA	3 580,00
14/03/2011	1 623 449,09 DA	1 767,00
15/03/2011	1 597 985,52 DA	6 185,00
16/03/2011	5 294 455,93 DA	1 733,00
17/03/2011	1 373 216,25 DA	3 546,00
18/03/2011	844 457,18 DA	1 745,00
19/03/2011	1 012 391,33 DA	2 692,00
20/03/2011	1 275 220,90 DA	4 417,00
21/03/2011	1 149 386,07 DA	3 556,00
22/03/2011	1 682 625,54 DA	4 066,00
23/03/2011	776 702,96 DA	890,00
24/03/2011	1 371 083,41 DA	4 417,00
25/03/2011	728 212,75 DA	870,00
26/03/2011	1 126 277,06 DA	3 534,00
27/03/2011	1 210 506,96 DA	1 778,00
28/03/2011	1 363 115,55 DA	3 589,00
29/03/2011	935 228,23 DA	908,00
30/03/2011	1 721 225,13 DA	6 185,00
31/03/2011	1 516 123,86 DA	3 578,00
TOTAL	39 979 478,41 DA	88 359,00

ANNEXE

ANNEXE REGRESSION :

➤ Tableau de Student :

$\alpha/2$	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
n						
1	1	3,07768354	6,31375151	12,7062047	31,8205159	63,6567412
2	0,81649658	1,88561808	2,91998558	4,30265273	6,96455673	9,9248432
3	0,76489233	1,63774435	2,35336343	3,1824463	4,54070286	5,84090931
4	0,74069708	1,53320627	2,13184678	2,77644511	3,74694739	4,60409487
5	0,72668684	1,47588404	2,01504837	2,57058183	3,36493	4,03214298
6	0,7175582	1,43975575	1,94318027	2,44691185	3,1426684	3,70742802
7	0,71114178	1,41492393	1,8945786	2,36462425	2,99795157	3,4994833
8	0,70638661	1,39681531	1,85954803	2,30600413	2,89645945	3,35538733
9	0,70272215	1,38302874	1,83311292	2,26215716	2,82143792	3,24983554
10	0,69981206	1,37218364	1,8124611	2,22813884	2,76376946	3,16927267
11	0,69744533	1,36343032	1,79588481	2,20098516	2,71807918	3,10580651
12	0,69548287	1,35621733	1,78228755	2,17881283	2,68099799	3,05453959
13	0,6938293	1,35017129	1,77093338	2,16036865	2,65030884	3,01227583
14	0,69241707	1,34503037	1,76131012	2,14478668	2,62449406	2,97684273
15	0,69119695	1,34060561	1,75305033	2,13144954	2,60248029	2,94671288
16	0,69013225	1,33675717	1,74588367	2,11990529	2,58348718	2,92078162
17	0,68919508	1,33337939	1,73960672	2,10981556	2,56693397	2,89823052
18	0,68836381	1,33039094	1,73406359	2,10092204	2,55237962	2,87844047
19	0,68762146	1,32772821	1,72913279	2,09302405	2,53948319	2,8609346
20	0,6869545	1,32534071	1,72471822	2,08596344	2,527977	2,84533971
21	0,68635199	1,32318787	1,72074287	2,07961384	2,51764801	2,83135955
22	0,68580503	1,32123674	1,71714434	2,07387306	2,50832455	2,81875606
23	0,68530628	1,31946024	1,71387152	2,0686576	2,49986674	2,80733568
24	0,68484963	1,31783593	1,71088207	2,06389855	2,49215947	2,7969395
25	0,68442996	1,31634507	1,70814075	2,05953854	2,48510717	2,78743581
26	0,68404297	1,31497186	1,7056179	2,05552942	2,47862982	2,77871452
27	0,68368498	1,31370291	1,70328842	2,05183049	2,4726599	2,77068295
28	0,68335284	1,31252678	1,70113091	2,04840711	2,46714009	2,76326244
29	0,68304386	1,31143365	1,699127	2,04522961	2,46202135	2,7563859
30	0,68275569	1,31041503	1,69726085	2,04227245	2,45726153	2,74999565
31	0,68248631	1,30946355	1,69551874	2,03951344	2,45282418	2,74404192
32	0,68223392	1,30857279	1,6938887	2,03693333	2,44867762	2,73848148
33	0,68199698	1,30773712	1,69236026	2,03451529	2,44479418	2,73327664
34	0,6817741	1,30695159	1,6909242	2,0322445	2,44114961	2,72839436
35	0,68156408	1,3062118	1,68957244	2,03010792	2,43772253	2,72380559
36	0,68136582	1,30551389	1,68829769	2,02809399	2,43449404	2,71948463
37	0,68117838	1,30485438	1,6870936	2,02619245	2,43144474	2,71540872
38	0,68100088	1,3042302	1,68595446	2,02439415	2,42856763	2,7115576
39	0,68083256	1,30363859	1,68487512	2,0226909	2,42584141	2,70791318
40	0,68067272	1,30307705	1,68385101	2,02107537	2,42325677	2,70445926

ANNEXE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : AVRIL O. (Juin 2006) : Article publié sur l'utilité des méthodes de calcul des coûts.
- [2] : MENARD L. (1994) : Dictionnaire de la comptabilité et de la gestion financière. Institut Canadien des Comptables Agréés.
- [3] : AIT YAHIA TENE A. (2011) : Cours d'économie, ENP.
- [4] : LUC J.B., CRETAL J.P., JOLIVERT J., KOSKAS S. (31 juillet 1975) : Analyse et contrôle des coûts, Paris.
- [5] : SIMON C., BURLAUD A.: Comptabilité de gestion « coûts-contrôle ».
- [6] : ENGEL F., KLETZ F. (Mars 2005) : Cours de comptabilité analytique. École des mines de paris.
- [7] : MAGNAN F. (16-01-2003) : Les fonctions des coûts.
- [8] : SIDIBE A. (2007) : Approche d'une fonction des couts dans une exploitation a ciel ouvert, «Mémoire de fin d'études de l'école nationale polytechnique», ENP.
- [9] : DODGE Y., ROUSSON V. (Octobre 2004) : Analyse de régression appliquée.
- [10]: ANDERSON D.R., SWEENEY D.J., WILLIAMS T.A. (2004): Statistiques pour l'économie et la gestion.
- [11] : Article 18 de la loi minière n°01-10 du 3 juillet 2001 : « Est considérée comme exploitation industrielle, toute exploitation dont les capacités d'extraction sont égales ou supérieures à 3 000 tonnes/jour ».
- [12] : Article 160 de la loi minière n°01-10 du 3 juillet 2001.
- [13] : Article 176 de la loi minière n°01-10 du 3 juillet 2001.
- [14] : MEDVEDEV I. (1976) : Étude géologique sur le gisement de BOUKHENFER.
- [15] : Annexe N° 2 A. loi minière n°01-10 du 3 juillet 2001.